

# ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM

SCHRIFTLITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN

78. JAHRGANG

BERLIN, DEZEMBER 1928

HEFT 12

Alle Rechte vorbehalten.

## Die Grünanlagen der Stadt Köln.

Von Theo Nußbaum, Parkarchitekt und Stadtbaurat in Köln.

Um die Jahrhundertwende hatte die Stadt Köln verhältnismäßig wenig Grünanlagen. Sie teilte damit das Los anderer Festungsstädte, wo ebenfalls ein wehrhafter Ring die Schaffung von Grünanlagen nur in bescheidenem Umfange zuließ. Lediglich eine durch die Entwicklung der Schießtechnik bedingte Schleifung unzulänglicher Festungswerke ermöglichte, daß von Fall zu Fall Grünanlagen kleineren Umfanges geschaffen werden konnten. So finden wir heute in der Altstadt manches dekorative Grün an Kirchen, Museen, Klöstern und ehemaligen Wällen, auch Bäume auf Straßen und Plätzen, aber nichts, was ernsthaft als eine öffentliche Erholungsanlage angesprochen werden könnte.

### Grünanlagen aus früherer Zeit.

Erst mit der Stübbenschen Stadterweiterung entstanden um das Jahr 1880 im Zuge der damals niedergelegten Stadtumwallung verschiedene Grünanlagen, von denen der Ubierring, Sachsenring, Kaiser-Wilhelm-Ring, Hansaring und Deutsche Ring, sowie Königsplatz und Sudermannplatz als die bedeutendsten genannt werden. Nachdem heute die Ringstraße sich zu einer Verkehrsstraße erster Ordnung entwickelt hat, kommen die Ringgrünstreifen kaum noch als Erholungsanlagen in Betracht. Zur Zeit der Stübbenschen Stadterweiterung entstanden auch der Volksgarten, der Stadtgarten und der Römerpark vor der jetzigen Universität, in Marienburg der Südpark und in Lindenthal der Stadtwald. Sämtlich in Form des damals üblichen „landschaftlichen“ Gartenstils angelegt, enthalten sie mit ihren alten, schönen Baumbeständen, gepflegten Rasenflächen und malerischen Teichanlagen kostbare Bilder landschaftlicher Kleinkunst. Ihre geringe Flächengröße läßt eine praktische Ausnutzung im Sinne eines neuzeitlichen Volksparkes nur in bescheidenem Maße zu. Eine Ausnahme macht lediglich der im Jahre 1889 angelegte und 1911 erweiterte 105 ha große Stadtwald Lindenthal, dessen große Volkswiesen heute für Spiel und Sport freigegeben werden, und der inzwischen viele andere nützliche Einrichtungen wie Planschbecken, Naturtheater, Rodelbahn, Wildpark u. dergl. Dinge erhalten hat. So bot die Stadt vor noch nicht zu langer Zeit mit ihren engen Straßen und Gassen, einer stets wachsenden Bevölkerungszahl, einem gewaltig pulsierenden Wirtschaftsleben, aber eingeengt in einen jede Entwicklung hemmenden Festungsring das Bild eines städtebaulich verkümmerten Gemeinwesens mit einer unerhörten Sehnsucht nach

### Luft, Licht und Grün.

Ebenso düster erschien auch das Zukunftsbild der Stadt. Die nähere Umgebung ist arm an Naturschönheiten, wie sie viele deutsche Großstädte in verschwenderischem Maße auszeichnen. Wohl gibt der Rhein mit seinen malerischen Baumgruppen von Pappeln und Weiden und

seinen grünen Uferwiesen dem Landschaftsbilde ein urwüchsiges natürliches Gepräge, aber die nächsten Wälder liegen in so weiter Entfernung, daß sie als tägliche Erholungsgebiete für die Bevölkerung nicht in Betracht kommen können. Der Mangel an großen Erholungsanlagen in der Nähe des Stadtgebietes treibt die Bevölkerung an Sonn- und Feiertagen zu Tausenden in das Bergische Land. Aber für den größten Teil der Kölner Bevölkerung bleibt die Sehnsucht nach sonntäglicher Entspannung in waldreicher Umgebung unbefriedigt.

Als eine Erscheinung von geradezu katastrophaler Bedeutung muß im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Stadt die immer schneller vor sich gehende Ausdehnung des Braunkohlenbergbaues bezeichnet werden, dessen Interessengebiete heute schon bis an die linksrheinische Stadtgrenze reichen. Ungeheuer sind die Abholzungen, die in sichtbarer Nähe des am stärksten bevölkerten linksrheinischen Stadtgebietes vorgenommen werden. An Stelle bewaldeter Hänge entstehen die typischen, in Rauch gehüllten Bilder der Braunkohlenindustrie mit großen Schornsteinen und weit verzweigten Förderanlagen, die bei westlichen Winden Rauch und Ruß über das Stadtgebiet treiben.

Oberbürgermeister Dr. Adenauer hat als erster diese der Stadt drohende Gefahr mit klarem Blick erkannt. Kurz nach Beendigung des Krieges ist auf seine Veranlassung ein Gesetzentwurf der Nationalversammlung vorgelegt und von ihr einstimmig genehmigt worden, der das Enteignungsrecht der Gemeinden bei Aufhebung oder Ermäßigungen von Rayonbeschränkungen vorsieht. Hierdurch wurde den Festungsstädten das Verfügungsrecht über große Geländeflächen gegeben, die ihrer Entwicklung bisher hindernd im Wege standen.

Ueber die Bedeutung dieses Gesetzentwurfs für die Zukunft Kölns äußerte er sich in einer von ihm verfaßten Denkschrift wie folgt:

„Was bedeutet das Gesetz für Köln? Mit einem Wort: seine ganze Zukunft. Wenn überhaupt auf die Zukunft geschlossen werden darf, so ist der Schluß sicher, daß Köln an Einwohnerzahl noch stark zunehmen wird; die Zunahme während der letzten sieben Monate um 20 000 Köpfe ist schon ein Anzeichen dafür. Mit welcher Schnelligkeit die Zunahme erfolgen wird, das wird wesentlich von dem Zeitmaß des wirtschaftlichen Wiedererstarkens Deutschlands abhängen. Das Zeitmaß ist aber gleichgültig. Zeiträume von 10 und 20 Jahren spielen bei der Frage, um die es sich hier handelt, deswegen keine Rolle, weil jetzt in Wahrheit Köln am Scheidewege steht: Jetzt muß es sich entscheiden, ob Köln dereinst eine riesige Steinwüste sein wird oder aber eine Stadt, deren Bewohner ein menschenwürdiges Dasein führen können. Dieser Blick in die Zukunft zeigt uns ein endloses Häusermeer, ohne



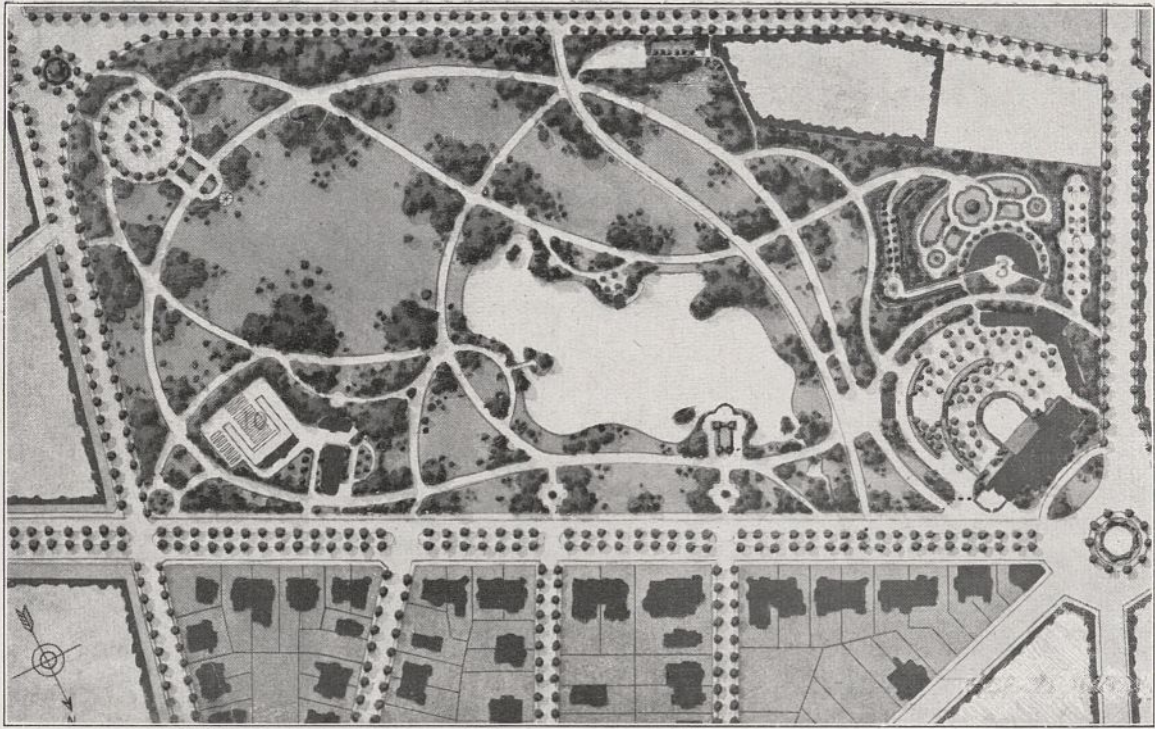


Abb. 1. Volksgarten. Größe 15 ha. Ausführung 1888. M. 1 : 5000.

Licht, ohne Grün, ohne Zusammenhang mit der Natur, in dessen Randstraßen die in der Zwischenzeit vom Vorgebirge herabgestiegenen Braunkohlenzeden hineinrauchen. Eine solche Entwicklung zu verhüten, gibt es nur eine Möglichkeit: Verwendung des einzigen noch von Bauwerken freien, sich breit um Köln herumziehenden Streifens, des zu diesem Zwecke zu enteignenden Rayongeländes zu öffentlichen Zwecken, zu Wald- und Wiesenanlagen.

Auf der linken Rheinseite soll der Rayongürtel, als Wald, Feld und Wiese angelegt, den Einwohnern Kölns wahre und lebensnotwendige Erholung im großen Maßstabe bieten und Schutz vor den Braunkohlenzeden gewähren. Vom Rhein bis zum Rhein sich in einer Länge von 25 km hinziehend und von allen Punkten der Stadt auf einem Dutzend jetzt schon vorhandener, die Menschenmassen verteiler Straßenbahnlinien leicht erreichbar, wird er allen Bewohnern des zukünftigen Kölns den Zusammenhang mit der Natur wiedergeben. Sportplätze, Spielplätze, Luft- und Sonnenbäder, Schwimmbäder, Waldschulen, Tageserholungsheime für Kinder und Erwachsene soll dieser Gürtel in sich aufnehmen. Dauernde Pachtgärten (nicht Gärten, die der fortschreitenden Bebauung

weichen müssen, sondern Pachtgärten, die jeder Bürger sich auf 10, auf 20, auf 50 Jahre pachten kann) werden, wie einst vor 100 Jahren, wo so viele vor den Toren ihren Garten besaßen, den weitesten Kreisen der Bürgerschaft wieder die Fühlung mit der verjüngenden Erde geben. Schulgärten werden an den schulfreien Nachmittagen unsere Jugend beschäftigen. Von diesem Gürtel aus sollen weiter Waldstreifen in das nach Abbau der Braunkohle wieder neu aufzuforstende Vorgebirge führen, und mit dem zukünftigen linksrheinischen Stadtkern wird dieser Wald- und Wiesengürtel in Verbindung stehen durch den Vorgebirgspark, den Stadtwald mit dem Umlegungsgebiet und den Blücherpark. Breite Ströme von Licht und Luft werden diese Kanäle bis in den Mittelpunkt der zukünftigen linksrheinischen Stadt hineinführen, und in umgekehrter Richtung werden sie die Menschen verlocken, auch ohne Benutzung der Straßenbahn durch Grün- und Parkanlagen hindurch den Wald- und Wiesengürtel aufzusuchen.

Die rechte Rheinseite \*) ist infolge der zerstreuten Bauweise und der näher herantretenden Wälder

\*) Deutzer Seite.



Abb. 2. Planschbecken und Spielwiese im Stadtwald.



Abb. 3. Teich im Volksgarten.



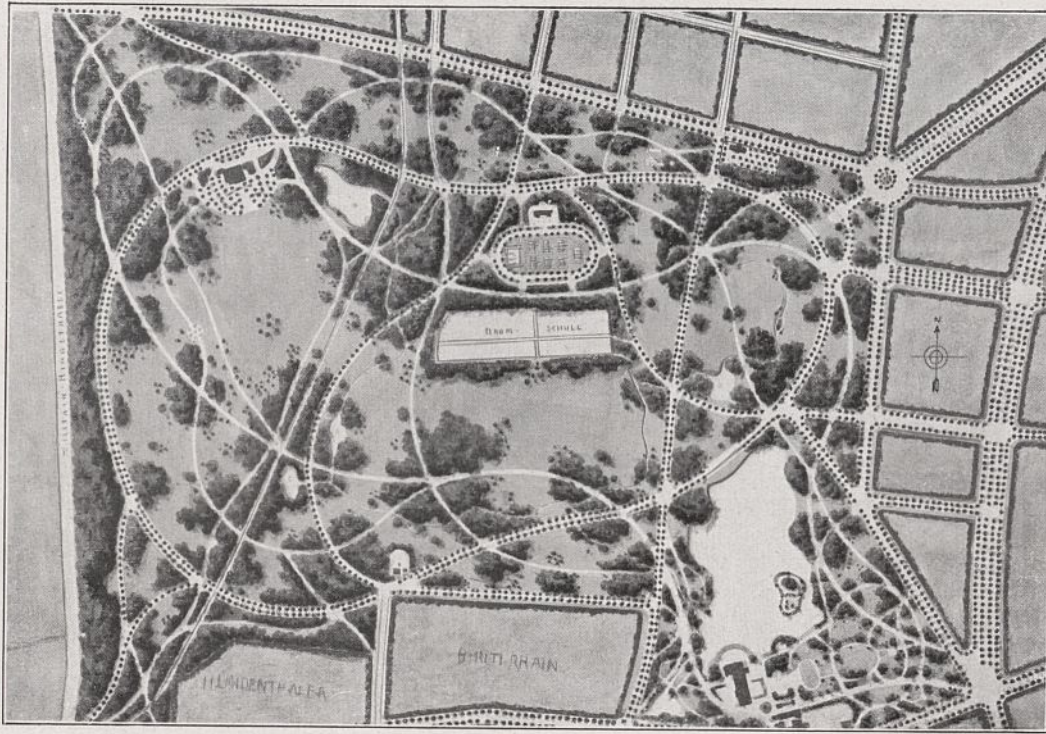


Abb. 4. Stadtwald Lindenthal. Größe 100 ha. Ausführung 1896. M. 1:10000.

besser gestellt wie die linke. Hier soll das zu enteignende Gelände dem Kleinwohnungsbau dienen und ferner die Möglichkeit geben, für die dichter besiedelten Stadtteile Erholungsplätze, Spiel- und Sportplätze zu schaffen und für das ganze rechtsrheinische Köln den Zusammenhang mit den Wäldern und Höhen des Bergischen Landes herzustellen und dauernd zu sichern. Unser Geschlecht ist das erste, das in Großstädten aufgewachsen ist; und wahrhaftig, diese Probe ist schlecht ausgefallen. Die traurigen Ergebnisse unserer Großstadtkultur in körperlicher und geistiger Beziehung schreien zum Himmel; sie sind eine Folge davon, daß man die Großstadteinwohner von der Natur losgerissen hat. Unsere Großstadtbewohner hatten kein Spiel und keinen Sport, keine Luft, keine Sonne, keine Pflege des Bodens, keine Berührung mit der heiligenden Erde. Bitter hat sich das gerächt und die körperlichen und geistigen Krankheiten hervorgerufen, unter denen wir alle so furchtbar leiden. Soll das in Köln auch so bleiben oder sogar sich verschlimmern? Niemals!“

Nachdem die damalige Stadtverordnetenversammlung sich einmütig hinter diesen Plan gestellt hat und auch die bisherigen Mehrheiten des Kollegiums den Vorschlägen grundsätzlich zugestimmt haben, waren somit die Richtlinien für die städtebauliche Entwicklung Groß-Kölns in wesentlichen Zügen festgelegt. Die inzwischen erfolgte Aufhebung des Festungsrayons sowie die Durchführung der Entfestigungsbestimmungen des Versailler Vertrages, die eine Sprengung sämtlicher um die Stadt liegender Festungswerke (Forts, Zwischenwerke, Stützpunkte) vorsahen, gaben bald Gelegenheit, einen Teil des zukünftigen Grünflächenplanes auch in die Tat umzusetzen. Dies geschah erstmalig durch Erweiterung des Stadtwaldes und durch Neuanlage eines Sportparks in Anlehnung an die Stadtwalderweiterung. Bestimmend hierfür war allerdings in erster Linie die Sorge, der damals aus dem Felde heimströmenden großen Zahl von Erwerbslosen Arbeitsmöglichkeiten zu schaffen und sie dem wirtschaftlichen Arbeitsprozeß wieder zuzuführen.

Fast zu gleicher Zeit hatte man mit der Sprengung der Befestigungswerke, die sich in einem Kreis von 40 km um das Stadtgebiet legten, begonnen. Große Teile der Anlagen wurden in verhältnismäßig kurzer Zeit in Trümmerstätten verwandelt. Es war damals eine der größten Sorgen der Stadtverwaltung, die Zerstörungsarbeiten so zu beeinflussen, daß die Werke mit den denk-

bar geringsten Mitteln als öffentliche Anlagen ausgestaltet werden konnten. Durch Vereinbarungen mit der Entfestigungsbehörde wurde erreicht, daß in Verbindung mit den Entfestigungsarbeiten Abschachtungen und Einebnungen über die von der Entente geforderten Entfestigungsbestimmungen hinaus vorgenommen, auf den Werken vorhandener Kulturboden vor Beginn der Sprengungen gelagert und die gesprengten Mauer- und Betontrümmer zum Zwecke des späteren Ausbaues gesichert werden konnten. Durch diese Maßnahmen war die Möglichkeit gegeben, die gärtnerische Ausgestaltung später mit den geringsten Mitteln durchzuführen.

#### Grünflächen im äußeren Festungsgürtel.

Die in Köln herrschende große Arbeitslosigkeit zwang die Stadtverwaltung, baldigst mit dem Ausbau der Werke als öffentliche Anlagen zu beginnen. Die gartenkünstlerische Ausgestaltung wurde vor allem auf die praktischen Bedürfnisse zugeschnitten. Es fehlten damals an der äußeren Stadtgrenze Sportplätze, Waldschulen, Kindererholungsanlagen, Gartenarbeitsschulen und auch öffentliche Grünflächen für einen großen Teil der Vorortbevölkerung. Die verschiedenartigen Bedürfnisse gaben Veranlassung zu mannigfaltiger Gestaltung. In den erhalten gebliebenen Kasernen wurden Räume für die verschiedenen Bedürfnisse der Sportvereine, der Schulverwaltung und des Gesundheitsamtes, wie auch Wohnungen und Wirtschaftsräume für das Arbeiterpersonal der Verwaltung eingerichtet. Auf den Werken selbst entstanden Sportplätze, Laufbahnen, Spielwiesen, Planschbecken, Schulgärten und Waldschulen für kranke Kinder. Die gesprengten Flankengräben, die durchweg das trostloseste Bild der Entfestigungsarbeiten boten, wurden in die öffentlichen Anlagen und Schulgärten einbezogen. Auf der Trümmerfeldern entstanden alpine Einzelgärten, durch die verschlungene Pfade und Wege führen, und in denen heute alle Arten von Felspflanzen und Steinbrechgewächsen blühen und gedeihen. Mehrere Hundert im Freien liegende zusammengesprengte kleine Stützpunkte kamen für eine praktische Ausnutzung nicht in Frage. Sie wurden lediglich mit Mutterboden verfüllt und mit Waldgehölzen aufgeforstet. So sind in einem Zeitraum von sechs Jahren rund 150 ha Festungswerke zu Grünanlagen umgestaltet und der Bevölkerung zur Benutzung übergeben worden.



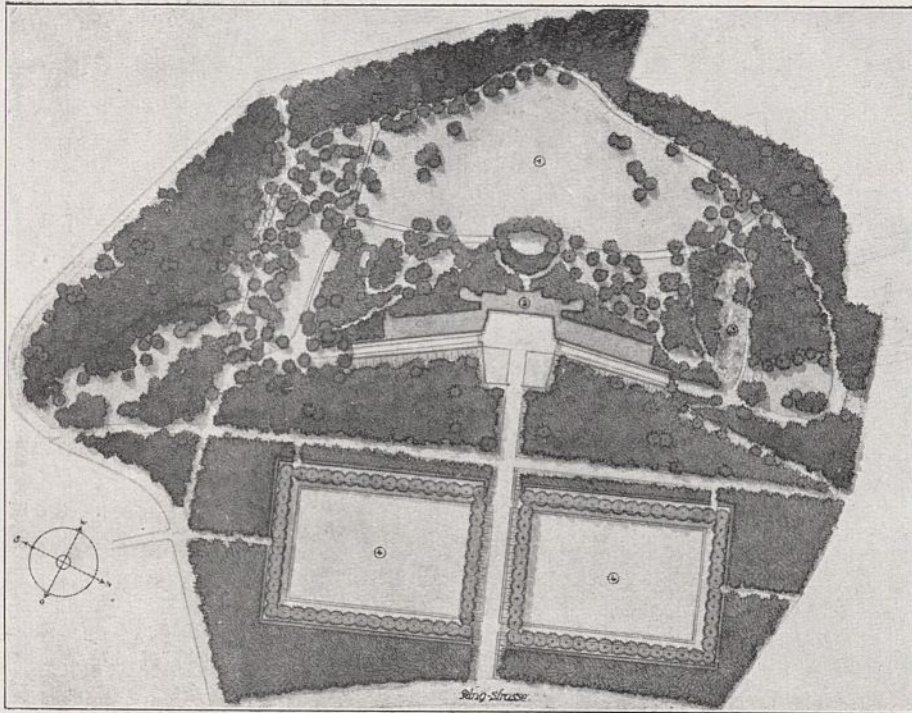


Abb. 5.  
ERHOLUNGS- UND SPORTANLAGE AUF  
DEM EHEMALIG. FORT VI (DECKSTEIN)  
GRÖSSE 15 ha, AUSFÜHRUNG 1923 U. 1927.  
M. 1 : 4500.

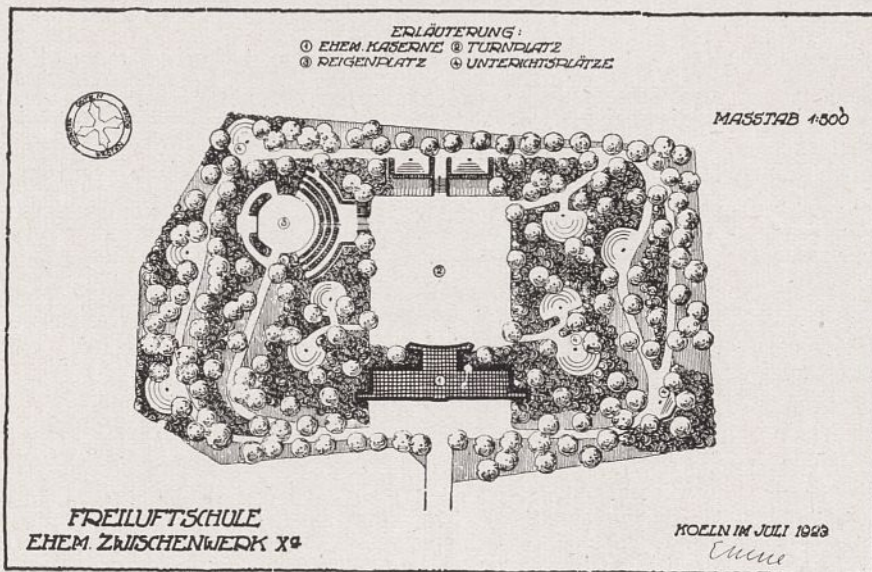


Abb. 6.  
EHEMALIGES ZWISCHENWERK Xa ALS  
FREILUFTSCHULE.

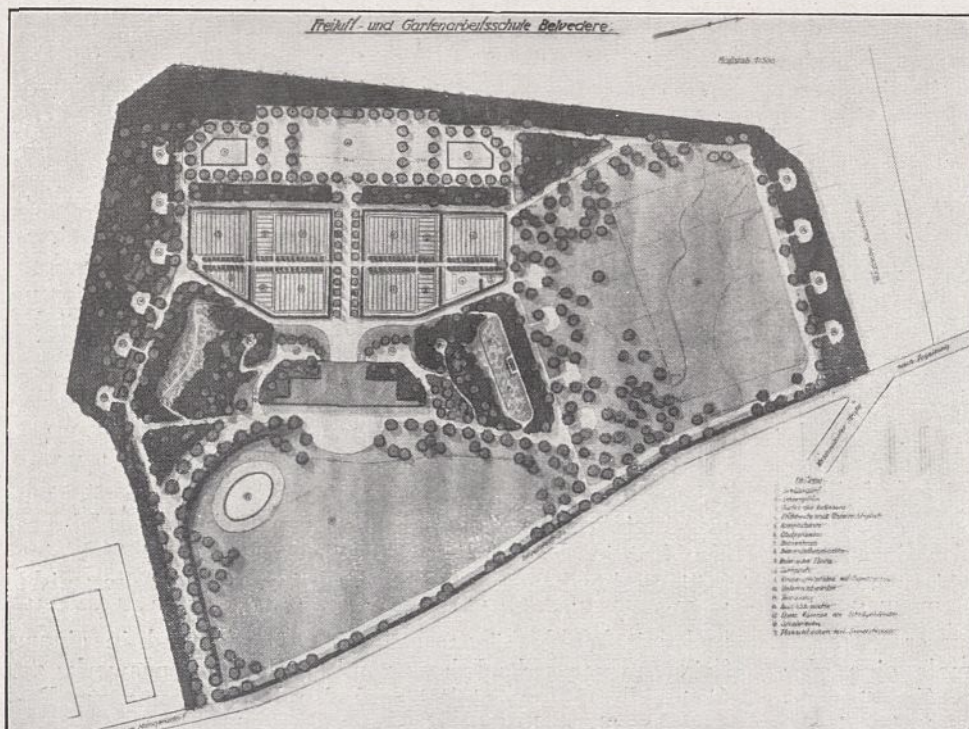


Abb. 7.  
FREILUFT- UND GARTENARBEITS-  
SCHULE AUF DEM EHEM. ZWISCHEN-  
WERK Va BEI KÖLN - MÜNGERSDORF.  
GRÖSSE 6 ha, AUSFÜHRUNG 1923. M. 1:5300.



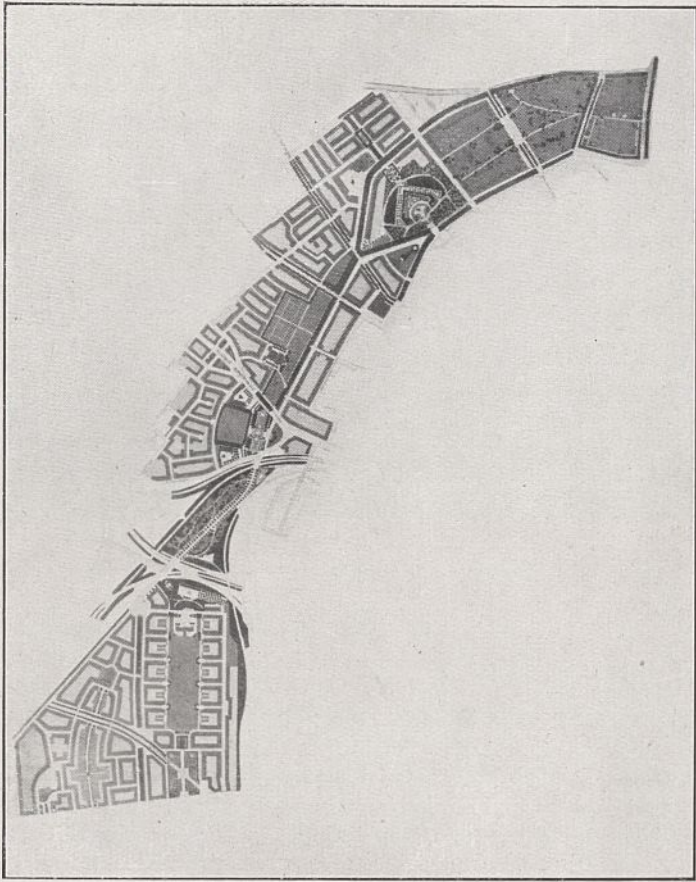


Abb. 8. Anlagen des Umlegungsgebietes vom Rheinstrom bis Subbelratherstraße. Größe 40 ha. Ausführung 1923. M. 1:25000.

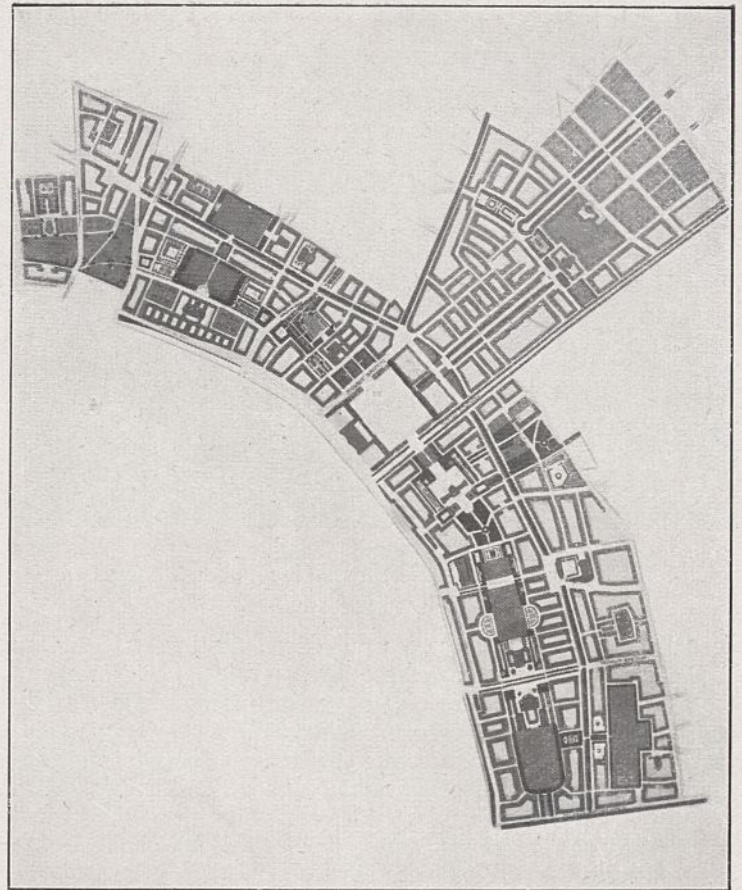


Abb. 9. Anlagen des Umlegungsgebietes von Luxemburger bis Subbelratherstraße. Größe 40 ha. Ausführung 1923. M. 1:25000.

#### Grünflächen im inneren Festungsgürtel.

Eine für die städtebauliche Entwicklung Kölns ebenso bedeutungsvolle Aufgabe erwuchs aus der Gestaltung des inneren Festungsrayons. Die um die Stübbensche Neustadt gezogenen Festungsanlagen fielen nach kurzer Lebensdauer im Jahre 1910 und damit auch die militärischen Beschränkungen, die zwischen den Vororten und dem Stadtkern eine unbebaute Freizone von 7 km Länge und 400 m Tiefe vorsahen. Im Jahre 1914 lag bereits ein von Rehorst aufgestellter Bebauungsplan für dieses Gebiet mit offener Villenbebauung ohne zusammenhängende Grünflächen vor. Nach dem Kriege drängten die veränderten Verhältnisse, insbesondere die große Wohnungsnot, zu neuen Lösungen. Oberbürgermeister Dr. Adenauer berief den Hamburger Baudirektor Fritz Schumacher

nach Köln, der neben einem Bebauungsplan für das ganze Stadtgebiet auch einen solchen für den inneren Festungsrayon aufstellte, der stärkere Bebauung und große zusammenhängende Grünflächen vorsah. So entstanden im Zuge des ehemaligen inneren Festungsrayons rund 100 ha öffentliche Grünflächen, die sich in etwa 7 km Länge und 100 bis 150 m Breite um das bisherige dichtbebaute Stadtgebiet legen und von denen radial ausströmende Grünstreifen zum Stadtwald und damit in den geplanten äußeren Grüngürtel führen.

Die innerpolitischen Verhältnisse während der Ruhrbesetzung und des passiven Widerstandes zwangen die Stadtverwaltung, bald wieder große Arbeitsmöglichkeiten zu suchen. Eine willkommene Gelegenheit fand sich in den Erd- und Wegebauarbeiten für den inneren Grüngürtel. Diese Arbeiten wurden während der schlimmsten



Abb. 10. Wildpark im Stadtwald.



Abb. 11. Steingarten im ehem. Wallgraben des Forts Deckstein.



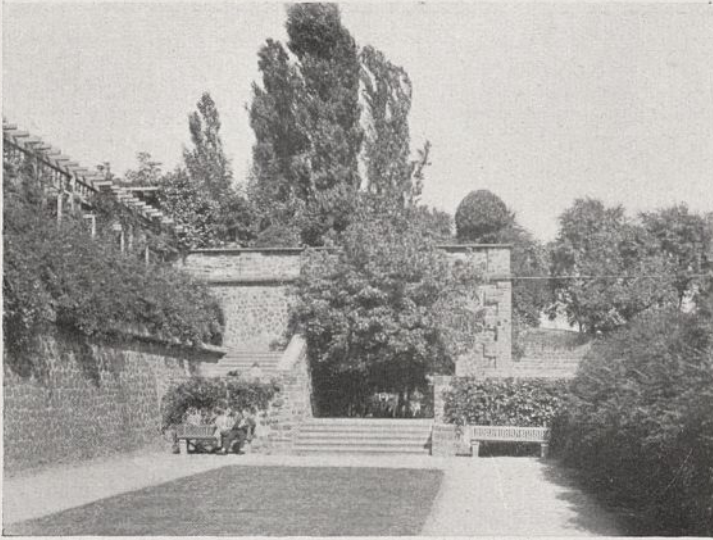


Abb. 12. Ehem. Fort I. Treppenaufgang vom Wallgraben zum Kernwerk.

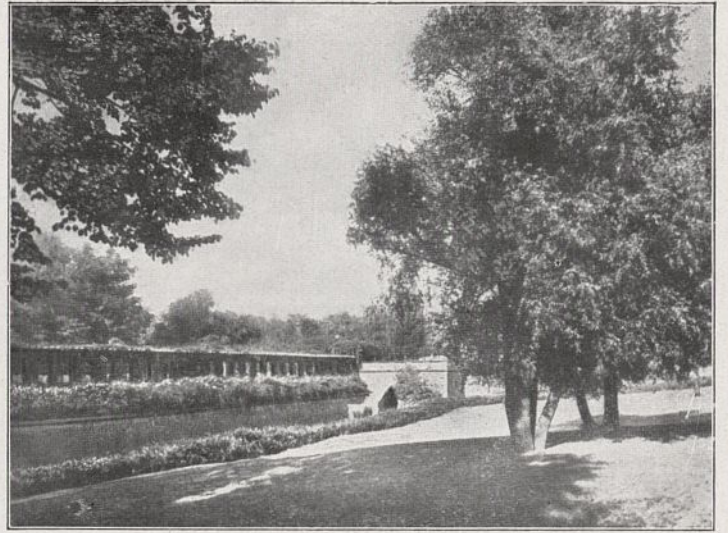


Abb. 13. Das Fort I vom Oberländer Ufer aus gesehen.

Zeiten der Ruhrbesetzung und der Inflation mit etwa 5000 Erwerbslosen durchgeführt. Die Grünanlagen bestehen im wesentlichen aus großen Wiesen für Spiel und Sport, aus Promenaden, Kleingärten, Blumengärten und aus Wasserflächen zum Kahnfahren. Die starke Inanspruchnahme dieser Anlagen durch die Bevölkerung des dichtbebauten und mit Grün recht kümmerlich bedachten Stadtkerns ist heute schon der beste Beweis für die Notwendigkeit dieser Parkschöpfungen.

Durch diese mit der Entfestigung zusammenhängende bauliche Entwicklung der Stadt wurden der Grünflächen-gestaltung neue Wege gewiesen und ungewöhnliche Entwicklungsmöglichkeiten gegeben. Trotzdem verdient hervorgehoben zu werden, daß eine auf die neuzeitlichen Bedürfnisse zugeschnittene Grünflächengestaltung hier viel früher eingesetzt hat. Das zeigen die kurz vor dem Kriege geschaffenen neuen Außenparks, wie auch die bis dahin entstandenen Stadtplätze und Festungsgrünanlagen.

#### Neuere Volksparkanlagen.

werden der Vorgebirgspark, der Blücherpark und Von den neueren Außenparks verdienen genannt zu der Humboldtpark. Der Vorgebirgspark war m. W. der

erste Park, der im Jahre 1911 im Sinne des englischen Parkgedankens angelegt wurde und der auch heute noch allgemein als ein Vorbild mustergültiger Flächenausnutzung angesehen werden kann. Die Anlage besteht im wesentlichen aus einer freien, großen, mit Trupps von Einzelbäumen bepflanzten Wiesenfläche, über die schmale Fußpfade führen. Nur nach den Verkehrsstraßen zu sind geschlossene Anpflanzungen angelegt. Die Wiesenflächen sind der Bevölkerung zur uneingeschränkten Benutzung freigegeben. An abgegrenzter Stelle ist ein großes Planschbecken angelegt, das sich während des Sommers einer dauernden Inanspruchnahme erfreut.

Das starke Bedürfnis nach Blumenanlagen, das in der Großstadt stets in großem Maße vorhanden ist, gab Veranlassung, besondere Blumengärten zu schaffen, die Stauden, Rosen und Sommerblumen in allen Formen und Farben aufweisen, und die mit ihren Terrassen, Mauern, Lauben, Pergolen die Verwendung der Pflanzen in seltener Vielseitigkeit zeigen. Dieser an sich ideale Gedanke der Zusammenfassung von Blumengärten im Volkspark hat auch den Vorzug leichterer Ueberwachung und die Möglichkeit vollständiger Absperrung bei Eintritt der Dunkelheit. Alles in allem genommen ist

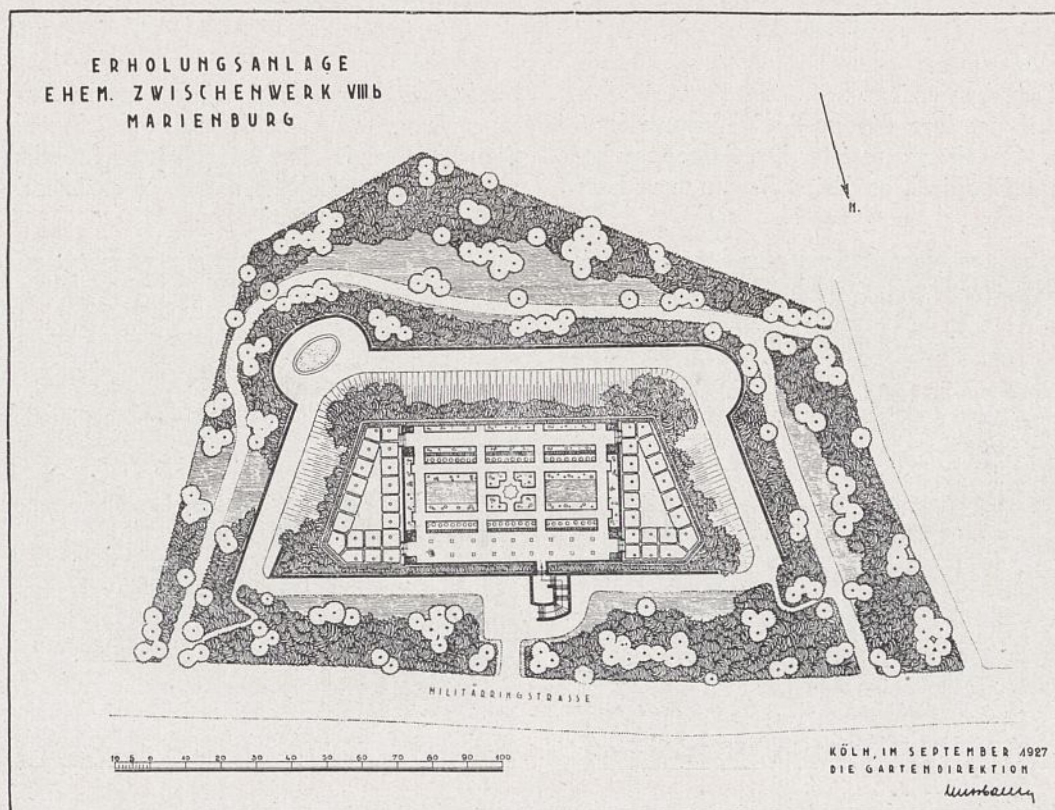


Abb. 14.





Abb. 15. Volksmiese im Vorgebirgspark.

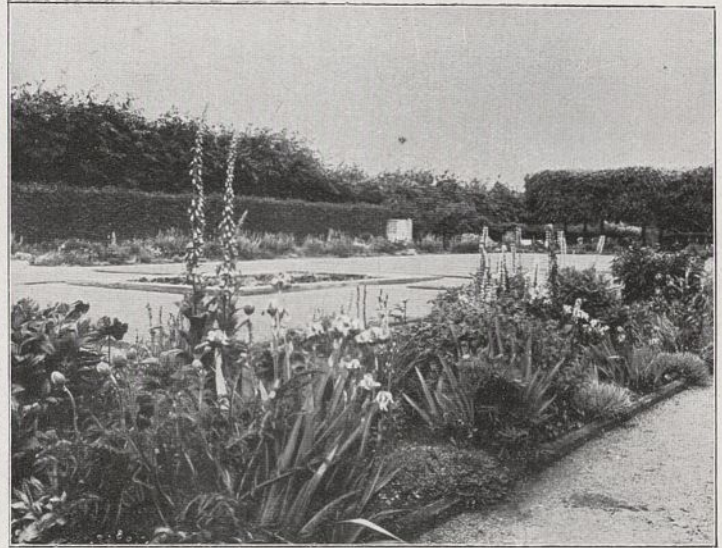


Abb. 16. Staudenrabatte im Vorgebirgspark.

diese Anlage das typische Bild eines neuzeitlichen Großstadtparks, das unter veränderten Verhältnissen wohl anders gestaltet, aber in seiner auf großstädtische Bedürfnisse zugeschnittenen Einfachheit und Zweckmäßigkeit kaum noch übertroffen werden kann.

Der Blücherpark bei Ehrenfeld ist im Gegensatz zum Vorgebirgspark als ein streng regelmäßig gestalteter Volkspark angelegt. Trotzdem sind alle praktischen Erfordernisse wie eine Volkswiese, Kinderspielplätze, Blumengärten, Wasserflächen zum Kahnfahren, Tennisplätze sowie Ruhe- und Erholungsplätze in vielseitiger Ausgestaltung vorhanden. Leider ist das Parkhaus als beherrschender Mittelpunkt der Anlage noch nicht verwirklicht.

Der Humboldtpark mit seinem viel geringeren Flächenraum bot für große Volkswiesen keinen Raum. Eine vorwiegend dekorative Ausgestaltung war im Herzen der Industriesiedlung Kalk unmöglich. Er ist darum zu einem räumlich großen Kinderspielplatz ausgebaut und mit Sandspielbecken und Spieltischen versehen worden. Für die Ruhe suchenden Anwohner wurde ein besonderer Blumengarten geschaffen; die Gesamtanlage ist von einer hainartig angelegten Grenzpflanzung mit Promenadenwegen umgeben.

### Stadtplatzanlagen.

Besondere Beachtung verdienen einzelne, vor dem Kriege geschaffene Stadtplatzanlagen inmitten mehrstöckiger Bebauung. Eine Gestaltung in rein dekorativem Sinne kam aus Gründen der Zweckmäßigkeit nicht in Frage. Es schien vielmehr wichtig, die einzelnen Anlagen auf die praktischen Bedürfnisse der Anwohner zuzuschneiden. So ergaben sich je nach ihrer Lage und Größe verschiedenartige Typen, von dem einfachen Spielplatz bis zum hausgartenartig gestalteten Blumengarten, oder auch eine Kombination beider Anlagen. An Plätzen dieser Art sind der Lortzing-, Nikolaus-, Manderscheider-, Vorgebirgs- und Theophanoplatz sowie die auf einem alten Umwallungsgelände entstandene Anlage Helenenwall in Köln-Deutz zu nennen. Besonders die letztere Anlage und der Manderscheiderplatz sind mustergültige Beispiele zweckmäßiger Kleinflächengestaltung.

### Aeltere Festungsgrünanlagen.

Als im Jahre 1910 sämtliche die Stübbsche Neustadt umschließenden linksrheinischen Festungswerke niedergelegt wurden, blieben davon die mit schönen alten Bäumen bestandenen, südlich und nördlich fast an den Rhein grenzenden Forts I und X erhalten. Es war eine ungemein dankbare Aufgabe, die zu öffentlichen Grünanlagen bestimmten Werke gartenkünstlerisch auszugestalten.

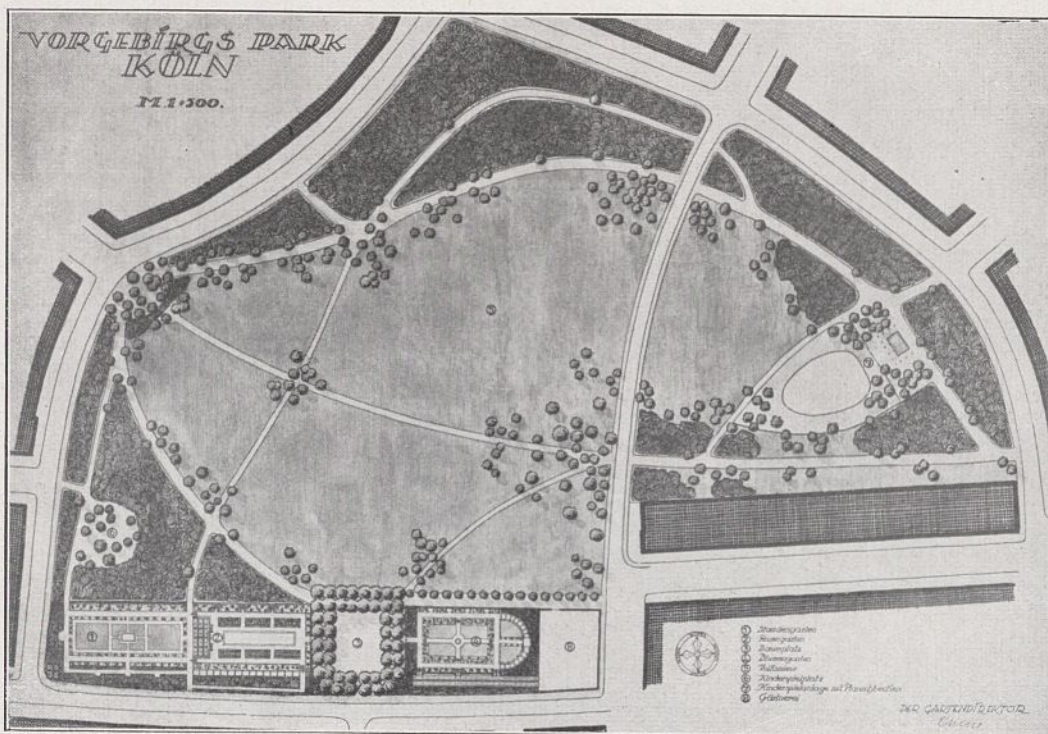


Abb. 17.







Das bei der Südbrücke an den Rhein grenzende Fort I wurde bereits im Jahre 1914 in Ausführung genommen, jedoch erst während des Krieges fertiggestellt. Wie alle unsere damaligen Festungsbauten bestand es aus einem mit Erde überdeckten Kernwerk, tiefen Gräben und stark armierten Aufbauten. Bei dem Ausbau der Anlagen ist nach dem Gesichtspunkte verfahren worden, die charakteristische Gestalt der Werkanlagen in ihren Grundzügen zu erhalten. Nach diesem Grundsatz hat man sämtliche Einzelaufbauten in Trümmer gelegt, die Erdwälle abgeschachtet und die tiefen Wallgräben bis zu einer erträglichen Höhe damit angeschüttet. Als Ergebnis dieser Maßnahmen entstanden, angelehnt an die Grundform der Festungsanlagen, terrassierte Flächen, die in Sondergärten aufgelöst, durchweg die schönsten und wertvollsten Teile der Festungsanlagen für die Erholungssuchenden bilden. Von den tiefen Wallgräben führen Treppenanlagen zu den verschiedenen Terrassengärten des Kernwerks. Der Hof der Anlage ist als Kinderspielplatz eingerichtet. Der pflanzliche Rahmen wird von alten Bäumen der ehemaligen Wallpflanzung gebildet, die an heißen Tagen als schattige Lagerplätze für die Parkbesucher dienen.

Eine ebenso dankbare Aufgabe bestand in der Umgestaltung des ehemaligen Forts X im Norden der Stadt. Das Werk war aus einem halbkreisförmigen Kasernenbau mit Innenhof gebildet, um das sich schützend ein von tiefen Festungsgräben umgebenes Kernwerk legte. Die Festungsbauten, Mauern und Gräben waren in ihren Grundzügen erhalten geblieben. Für eine gärtnerische Ausgestaltung kamen nur das Kernwerk, die Gräben und die um die Anlage sich hinziehende Glacispflanzung in Frage. Die auf dem Kernwerk vorhandenen Unterstandsbauten wurden gesprengt, die Gräben mit dem Abraum zur Hälfte angeschüttet. Auf der Plattform des Kernwerks ist, angelehnt an die Grundform der Festungsanlage, ein terrassierter Rosengarten geschaffen worden. In den Wallgräben wurden Kinderspielplätze und Ruheplätze für Erwachsene eingerichtet. Die kahlen Festungsmauern wie auch die Böschungen des Kernwerks hat man mit Schlinggewächsen und Wildrosen begrünt, die vorhandenen Glacispflanzungen durch Promenadenwege abgeschlossen und pflanzlich ergänzt.

#### Der Rhein- und Ausstellungspark.

Zu den öffentlichen Grünanlagen gehören auch die im Ueberschwemmungsgebiet liegenden Rheinwiesen bei Poll, Deutz und Mülheim. Sie sind durchweg dem Sport und Spiel nutzbar gemacht. Der städtebaulich interessanteste Teil zwischen Deutz und Mülheim hat im Jahre 1914 die Werkbundaussstellung beherbergt. Im Jahre 1921 ist daraus der Rheinpark geschaffen worden, der sich in fast 2 km Länge von der Hohenzollernbrücke bis nach Mülheim hinzieht, und der mit seinen alten malerischen Pappeln und Weiden und den

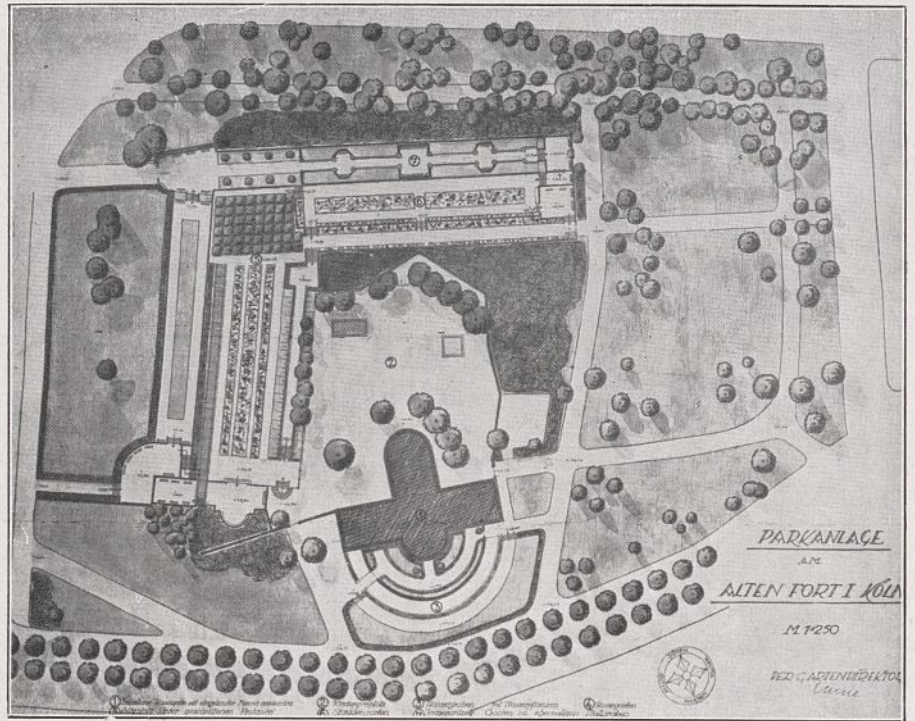


Abb. 21. Anlage auf dem ehem. Fort I. Größe 4 ha. Ausführung 1915 und 1924.

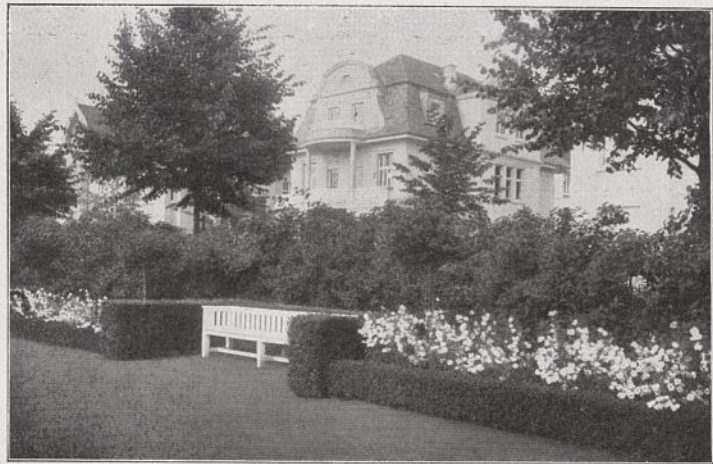


Abb. 22. Lortzingplatz. Sitzplatz zwischen Blumenbeeten.

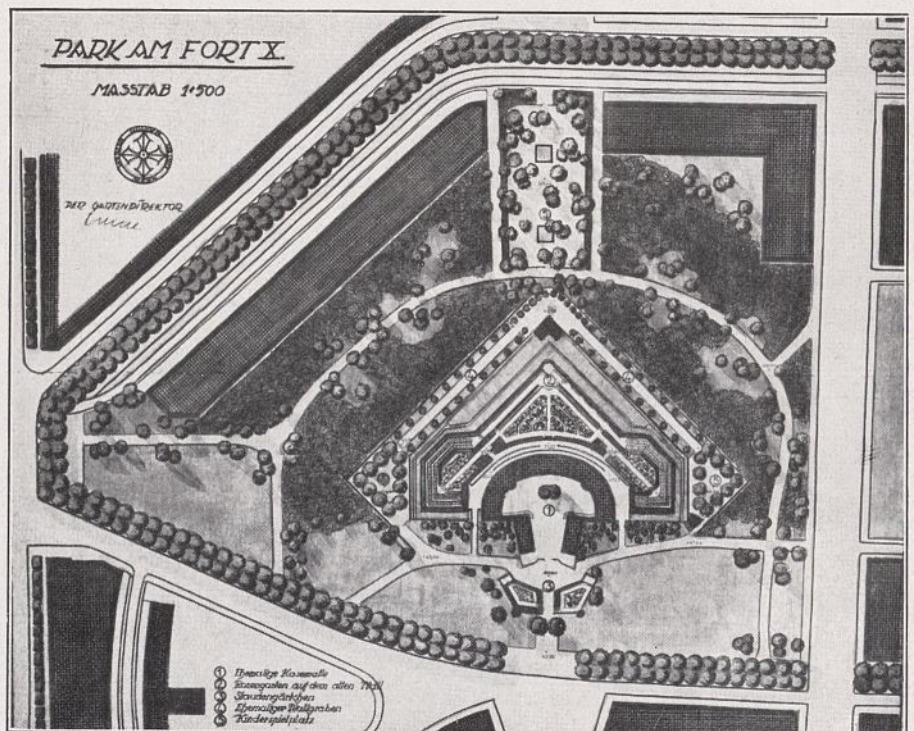


Abb. 25. Anlagen auf dem ehem. Fort X. Größe 5 ha. Ausführung 1919.  
M. 1:5400.



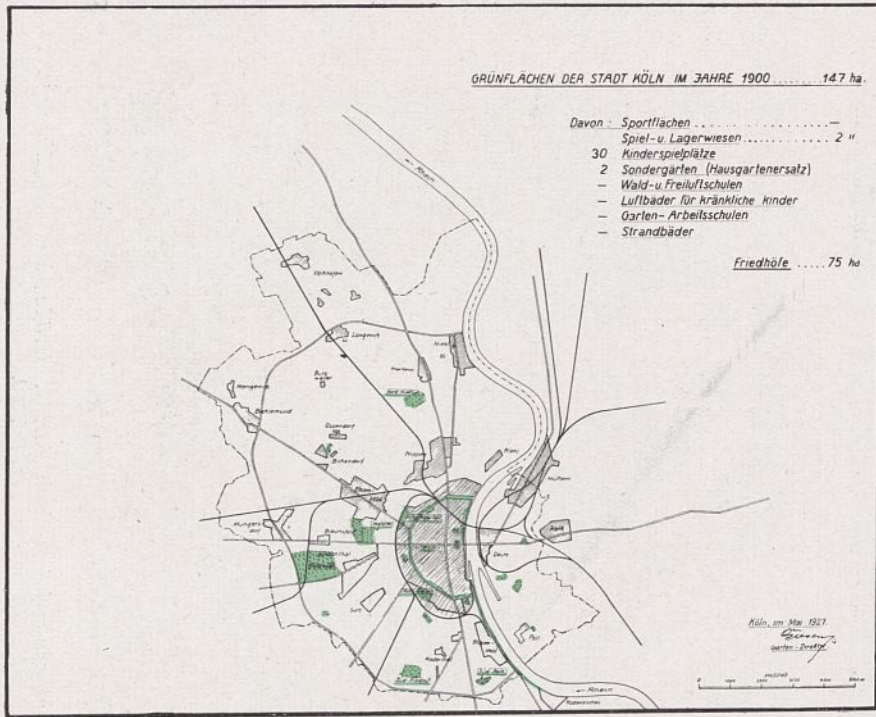


Abb. 24 (links).  
Grünflächen der Stadt Köln  
im Jahre 1900.

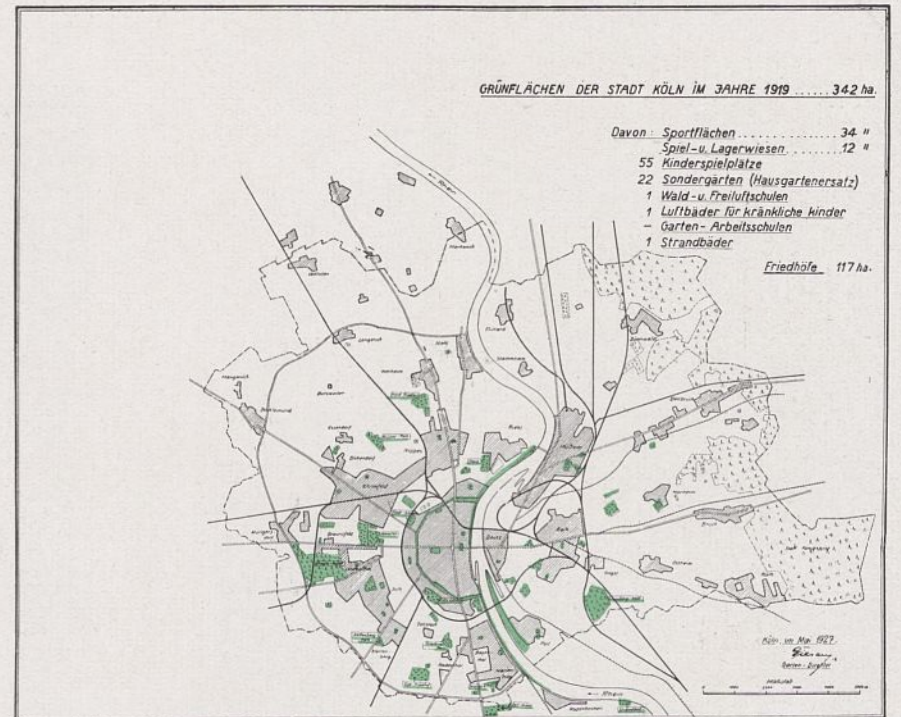


Abb. 25 (rechts).  
Grünflächen der Stadt Köln  
im Jahre 1919.

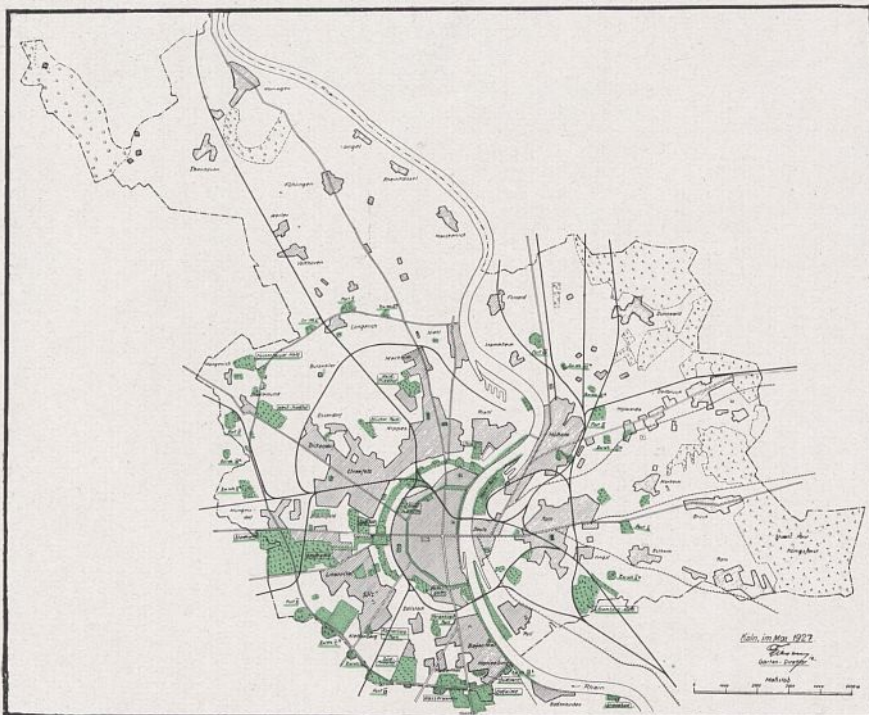


Abb. 26 (links).  
Grünflächen der Stadt Köln  
im Jahre 1922.

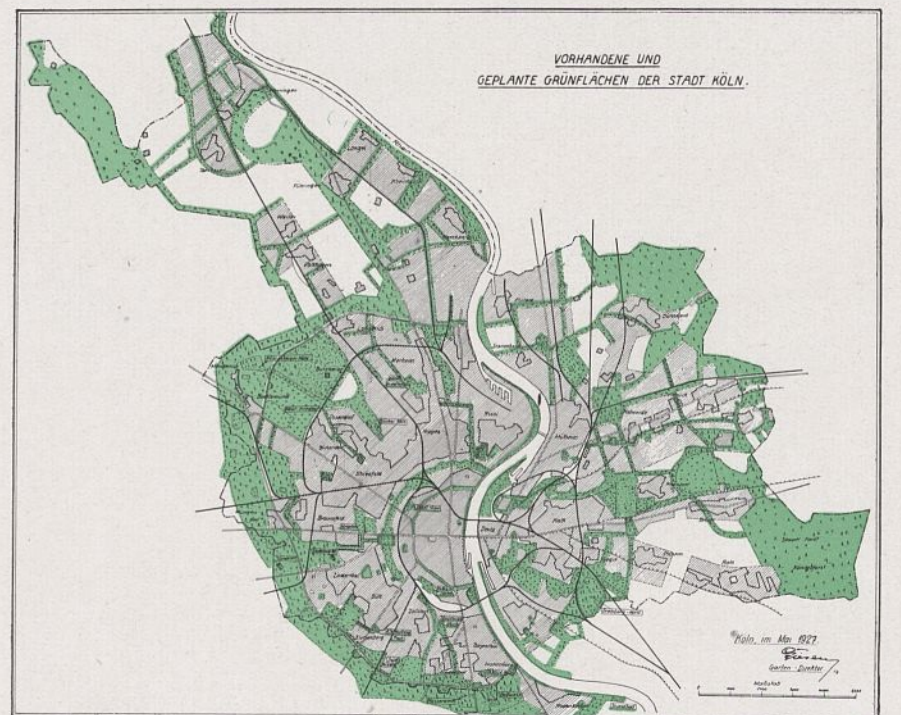


Abb. 27 (rechts).  
Geplantes Grünsystem  
der Stadt Köln.





Abb. 28. Stadion. Hauptgebäudegruppe. Architekt Baudirektor Abel.

großen, für Spiel und Sport freigegebenen Wiesen das Ideal eines neuzeitlichen Großstadtparks darstellt.

Ein besonders charakteristischer Teil der Anlage ist das von alten Bäumen umstandene ehemalige Fort mit dem Teehaus von Wilhelm Kreis und das ehemalige Niederrheinische Dorf der Werkbundaussstellung. Der südliche Teil enthält die neugeschaffenen Ausstellungs- und Messeanlagen von Baudirektor Abel, die bis zur Hängebrücke reichen. — Damit hat auch der bisher noch unbebaute Teil zwischen dem Teehaus und der Hohenzollernbrücke seine endgültige Gestalt erhalten. Um ein großes, grünes Forum mit rundem Wasserbecken gruppieren sich die Rheinterrassen und eine Pfeilerhalle, an die sich nach rückwärts bei der Internationalen Presseausstellung 1928 das Staatenhaus anschloß. Große Verbindungsachsen führen von hier aus zu den Messegebäuden und dem Teehaus auf dem ehemaligen Befestigungswerk. Das in die Ausstellungsanlagen einbezogene Grundstück der umgebauten ehemaligen Kürassierkaserne zwischen den beiden Brücken ist in dezenter Weise mit Grün durchsetzt und durch eine geräumige Rheinpromenade in den rechtsrheinischen Grünzug eingefügt worden. Diese wie auch die gesamten, in die Ausstellungsanlagen einbezogenen Teile des Rheinparkes sind nach Beendigung der Ausstellung wieder als Erholungsanlage freigegeben worden.

### Sportanlagen und Stadion.

Im Jahre 1914 besaß Köln nur wenige städtische Sportanlagen. Die größte Anlage dieser Art war die auf den Poller Rheinwiesen. Hier sind heute noch sieben Plätze für Fußball, Hockey und Leichtathletik und zehn Tennisplätze vorhanden.

Die nach dem Kriege stark einsetzende Sportbewegung machte die Schaffung weiterer Sportplätze notwendig. So entstanden, wie schon an anderer Stelle aufgeführt, viele Anlagen dieser Art auf den ehemaligen Befestigungswerken und als größte und schönste Anlage der Sportpark in Köln-Müngersdorf. Er ist, wie alle neueren Grünanlagen, mit Hilfe von Notstandsarbeitern in den Jahren 1921 bis 1925 geschaffen worden. Die Anlage enthält eine Großkampfbahn mit einem Fassungsvermögen von 60 000 Zuschauern, zwei kleine Kampfbahnen, zwei Hockeyplätze, eine Fliegerbahn, eine Schwimmbahn, einen Platz für Schwerathletik, 25 Tennisplätze, darunter fünf Turnierplätze, eine Reitturnierbahn, ein Licht- und Luftbad sowie eine Spielwiese von 6 ha Größe. Die Anlage ist vorzugsweise als eine Stätte für sportliche Veranstaltungen großen Stils geschaffen worden, doch werden auch an den übrigen Tagen des Jahres sämtliche Flächen für Uebungsspiele von Kölner Vereinen und Schulen in Anspruch genommen. Hier ist somit der zeit-

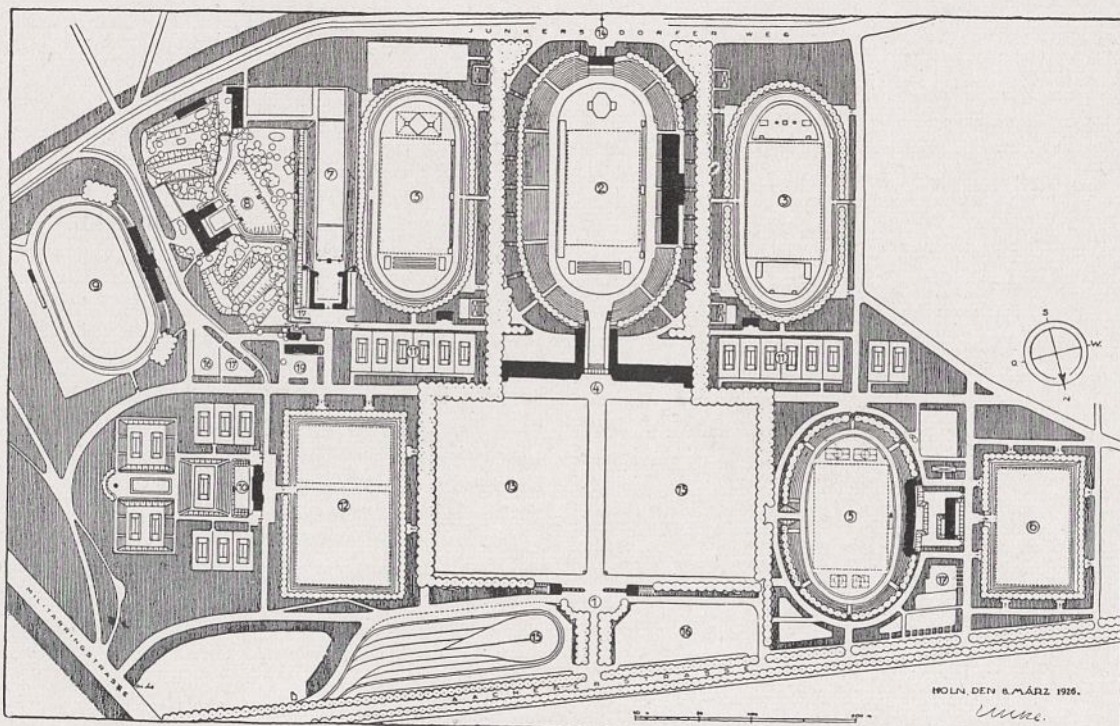


Abb. 29. Plan des Sportparkes mit Stadion.





Abb. 50. Vogelschau vom Pressaturn in Köln.

gemäße Jugendparkgedanke in praktischer Weise verwirklicht. Der Mangel an Baumaterialien jeder Art und die Absicht, Erdarbeiten für viele Arbeitslose zu schaffen, waren vor allem bestimmend für die bauliche Gestalt der Anlage. Um jede der einzelnen Kampfbahnen ist ein Erdwäll geschaffen worden, der platzseitig in Rasenterrassen für Zuschauer ausgebaut und außenseits mit einer starken und hohen Waldpflanzung versehen ist. An die Errichtung der erforderlichen Bauten konnte damals nicht gedacht werden. Erst in den letzten Jahren und gezwungen durch große Veranstaltungen, wie die Deutschen Olympischen Spiele und das Deutsche Turnfest, ist man dazu übergegangen, Tribünen und Gebäude zu errichten, von denen besonders die von Baudirektor Abel geschaffenen Hauptgebäude vor der großen Wiese, am Eingang zur Hauptkampfbahn, wegen ihrer großzügigen architektonischen Gestaltung besondere Beachtung verdienen. In Verbindung mit dem Sportpark ist noch eine 8 ha große Sport- und Spielwiese angelegt worden, auf der im Juli dieses Jahres das große Schauturnen der Deutschen Turnerschaft stattfand.

#### Kleingärten.

Der Ueberblick über die Kölner Grünflächenentwicklung wäre unvollständig, wenn nicht auch der Kleingartenanlagen gedacht würde. Das Bedürfnis nach Ansiedlung im Freien wächst in dem Maße, wie die Entwicklung der Großstadt voranschreitet. Der Bebauungsplan von Groß-Köln sieht darum in den äußeren Randgebieten eine staffelförmige Auflösung der Bebauung vor, die einem großen Prozentsatz der Bevölkerung den Besitz des Eigen Gartens ermöglicht. Den zur Zeit herrschenden Bedürfnissen entsprechend wurden in den letzten Jahren sehr viele Anlagen dieser Art neu geschaffen. Zur Zeit sind im Stadtgebiet etwa 55 000 Kleingärten vorhanden, die mit dem Ausbau des zukünftigen Grünsystems in Daueranlagen umgewandelt werden.

#### Baumpflanzungen auf Straßen und Plätzen.

Die Stadt besitzt zur Zeit etwa 250 km Baumpflanzungen auf Straßen und Plätzen. Die bedeutendsten sind die Promenaden auf der inneren Ringstraße sowie das grüne Band der Rheinpromenade, das sich von Rodenkirchen bis nach Mülheim hinzieht. Die Anpflanzung von Bäumen auf Straßen und Plätzen ist auch hier vor Jahren in großem Umfange und oft ohne Rücksicht auf die Entwicklungsmöglichkeiten der Pflanzen und die Gesundheit der Anwohner in verschwenderischem Maße durchgeführt worden. Für die Bewohner der eng bebauten Straßen ist dagegen Luft, Licht und Sonne viel wichtiger als ein grüner Baum. Grundsätzlich werden darum heute nur Straßen mit Bäumen versehen, die mindestens eine Bürgersteigbreite von 6 m aufweisen. Aber auch hier kommen nur kleinkronige Baumarten in Frage, während größer werdende Bäume erst bei Bürgersteigbreiten von 8 m und mehr, sowie bei Mittelpromenaden in Erwägung gezogen werden.

Ich habe mich darauf beschränkt, die Entwicklung des Kölner Grünflächenwesens in großen Zügen zu schildern und dabei nur typische Gestaltungsformen in Plänen und Bildern zu zeigen. Ein klares Bild über die Entwicklung des Grünflächenwesens ergeben die hier abgebildeten Stadtpläne, die den Entwicklungsstand in den Jahren 1900—1919—1927 und den endgültigen Zustand zeigen. Die bis zum Jahre 1905 entstandenen Grünanlagen stammen von dem damaligen Gartendirektor Kowallek. Die neueren Anlagen sind nach Entwürfen von Gartendirektor Encke geschaffen worden. Nachdem Gartendirektor Encke im Jahre 1926 in den Ruhestand getreten ist, wurde dem Verfasser dieses Aufsatzes die gartenkünstlerische Planung des gesamten zukünftigen Grünflächenwesens übertragen. Die praktische Ausführung obliegt dem Gartendirektor Giesen.



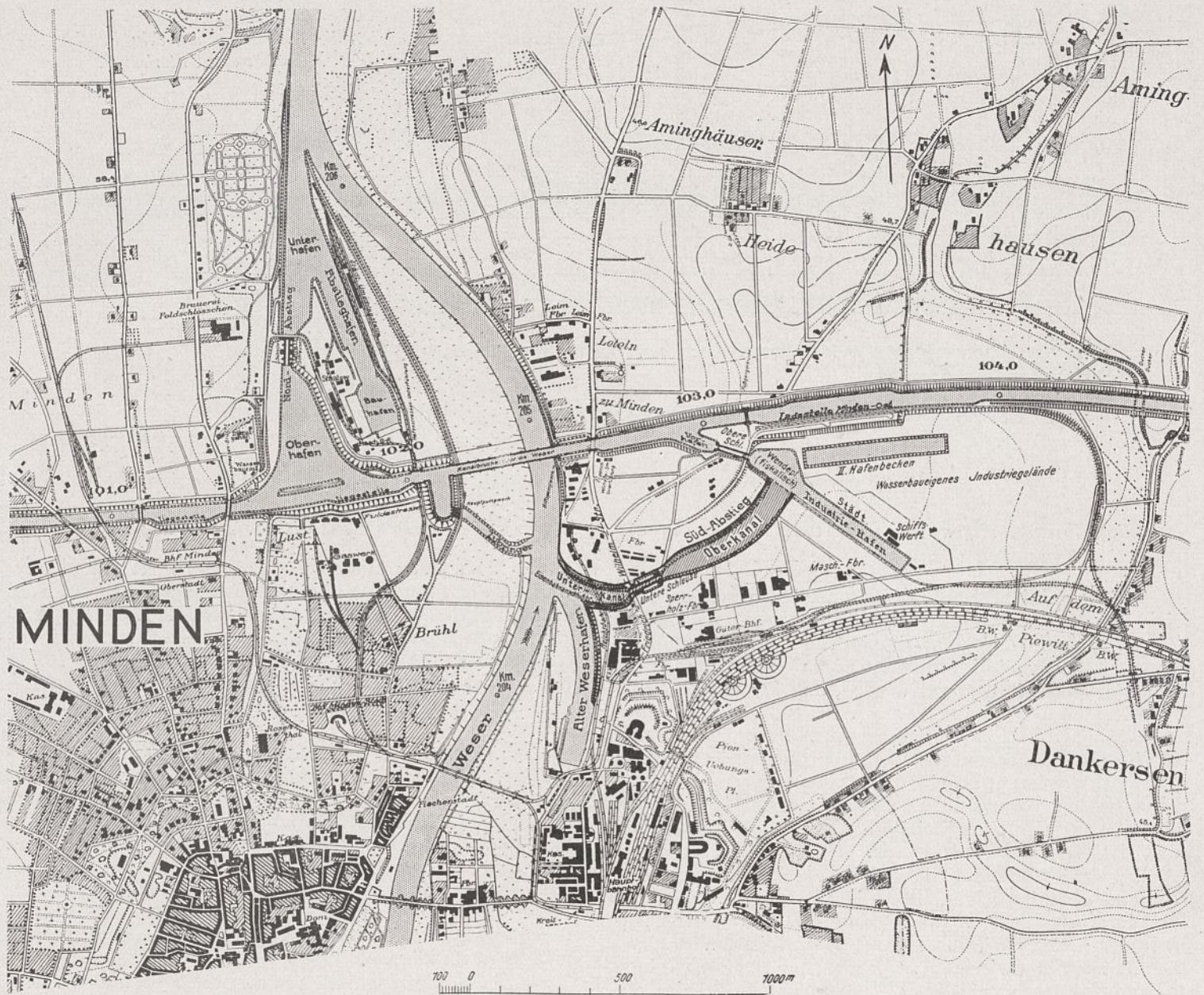


Abb. 1. Lageplan des Nord- und Südabstiegs bei Minden i. W.

# Der Südabstieg des Mittellandkanals bei Minden i. W.

## II. Weserabstieg

Von Regierungs- und Baurat Werner Hassenstein in Münster i. W.

### 1. Begründung des Baubedürfnisses.

An der Kreuzung des Mittellandkanals mit der Weser bei Minden i. W. war bisher der Abstieg vom Kanal zur Weser nur durch die Schachtschleuse des „Nordabstiegs“ möglich, so daß schon verhältnismäßig geringe Ausbesserungsarbeiten an den Toren oder den Verschlüßvorrichtungen, falls sie eine zeitweise Sperrung der Schachtschleuse erforderten, eine recht empfindliche Störung des Schiffahrtbetriebes verursachen mußten. Die Herstellung eines zweiten Abstieges zur Weser an dieser bedeutsamen Kreuzung erschien deshalb notwendig. Der lebhafteste Schiffsverkehr vom rheinisch-westfälischen Industriegebiet weserabwärts nach Bremen bzw. weseraufwärts und der ganze West-Ost-Verkehr vom rheinisch-westfälischen Industriegebiet nach Hannover und später nach der Elbe wird in Zukunft nunmehr ohne Störungen vor sich gehen können, selbst wenn aus irgendwelchem Anlaß eine größere Ausbesserungs- oder Unterhaltungsarbeit an der über die Weser führenden Kanalbrücke notwendig werden sollte. Ferner wird durch den neuen Abstieg der

Verkehr im städtischen Industriebahnhof zu Minden wesentlich befruchtet werden. Schließlich ist jetzt die Möglichkeit geschaffen, das östlich des Industriebahnhofs gelegene staatliche Gelände von rd. 55 ha Größe an den Weserverkehr anzuschließen und damit für großindustrielle Anlagen noch wertvoller zu machen.

Alle diese Gründe haben sowohl im Hinblick auf die geplante Weserkanalisierung und den dadurch mit Sicherheit zu erwartenden großen Verkehrszuwachs als auch angesichts der in der Ausführung begriffenen Verlängerung des Kanals bis zur Elbe eine erhöhte Bedeutung gewonnen. Erwähnt sei, daß die erste Stufe dieser Schleusentreppe des Südabstiegs, d. h. die Oberschleuse (Dankerser Schleuse) schon im Jahre 1915 zusammen mit dem Hauptkanal hergestellt worden ist. Demnach konnte die Vollen- dung des zweiten Abstieges mit verhältnismäßig geringen Kosten durch Anlage eines nur etwa 800 m langen Verbindungskanals und mit einer zweiten Schleuse bewirkt werden.



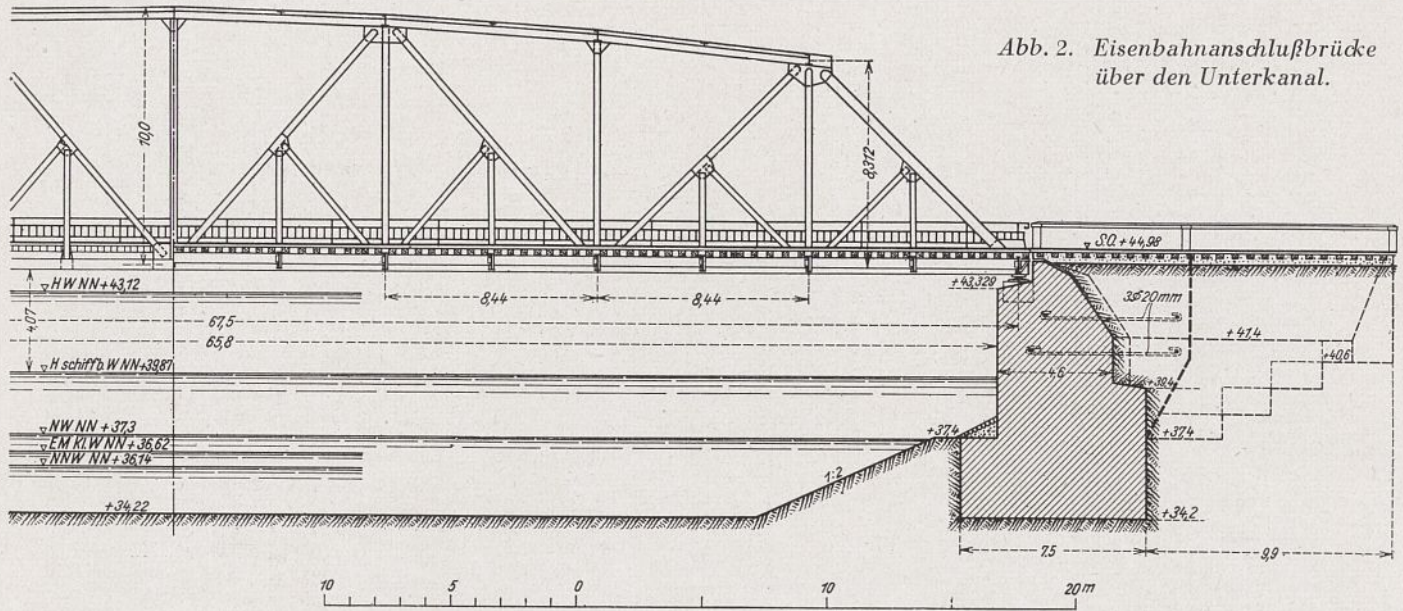


Abb. 2. Eisenbahnanschlußbrücke über den Unterkanal.

2. Linienführung, allgemeine Lage und Anordnung der Neubauten (siehe Lageplan Abb. 1).

Bei der Linienführung des Südbstiegs waren manche sich z. T. widersprechende Vorbedingungen zu erfüllen. Zunächst mußte die Abzweigung von dem fiskalischen Wendeplatz am städtischen Industriehafen im Unterwasser der Oberschleuse so gelegt werden, daß für die Ein- und Ausfahrt in die Oberschleuse vom Industriehafen aus noch genügend Raum vorhanden war. Sodann durfte die südlich vom Oberkanal liegende Sperrholzfabrik nicht angeschnitten werden, da ein Erwerb der ganzen Fabrik zu hohe Kosten verursacht hätte und aus Betriebsgründen ein Verkauf nur eines Teiles des Fabrikgrundstücks von den Besitzern abgelehnt wurde. Dasselbe galt von dem südlich des Unterkanals liegenden Fabrikgrundstück. Der für eine günstige Einmündung in den alten Weserhafen und in die Weser notwendige Grunderwerb von der nördlich des Unterkanals liegenden Glasfabrik „Wittekind“ konnte nach langwierigen Verhandlungen nur durch einen Flächenaustausch getätigt werden, so daß auch hier der Ausbildung einer günstigen Ausfahrtskurve Beschränkungen auferlegt waren. Außerdem mußte Rücksicht auf eine möglichst geringe Spannweite der Eisenbahnanschlußbrücke genommen werden. Schließlich war noch die Bedingung zu erfüllen, die Lage der Schleuse nebst ihrer Einfahrtsrichtung so zu wählen, daß die auf der Weser zu Berg ankommenden Schiffe nach dem Loswerfen der Schlepptrasse mit der noch vorhandenen Eigengeschwindigkeit den Unterkanal der Schleuse erreichen und mit nicht allzu schwierigen Rudermanövern in die Schleuse einfahren oder längsseits des Leitwerks anlegen können. Die durch alle diese schwerwiegenden Bedingungen erwachsenen Schwierigkeiten wurden noch vergrößert durch die Forderung, die Sohle des Oberkanals 60 m, des Unterkanals 40 m und der Einmündung in die Weser 50 m breit zu machen.

Zur Ueberführung der Friedrich-Wilhelm-Straße und der Mindener Kreisbahn über das Unterhaupt der Schleuse mußte eine 14,05 m breite Eisenbetonbrücke vorgesehen werden. Außerdem war, wie bereits erwähnt, als Ersatz für das durch den Unterkanal abgeschnittene Eisenbahnanschlußgleis nach der nördlich liegenden Glasfabrik „Wittekind“ eine eiserne Eisenbahnbrücke herzustellen, die den bestehenden Reichsbahnanschluß dieser Fabrik sicherstellte (Abb. 2).

Das Fabrikgrundstück an die unmittelbar östlich daran vorbeiführende Kreisbahn anzuschließen, war nicht möglich, da in diesem Falle eine völlige Umwälzung des Werkbetriebes hätte eintreten müssen, die von der Werkleitung abgelehnt wurde, da sie ihren ganzen Betrieb völlig unwirtschaftlich gestaltet hätte.

5. Die Unterschleuse (Abb. 3 u. 4 auf Tafel).

a) Hauptabmessungen. Es erschien notwendig, die Frage der Hauptabmessungen der Schleuse grundsätzlich im Zusammenhange mit der weiteren Ausgestaltung des westdeutschen Wasserstraßennetzes zu entscheiden. Deshalb entschloß man sich, die bisher übliche nutzbare Länge von 85 m beizubehalten, ein Maß, das der Regellänge aller einschiffigen Kanalschleusen entspricht.

Die neuerdings für Kanalschleusen übliche Regellänge von 12 m wurde jedoch auf 12,50 m erhöht, wie bei den neueren Weserschleusen üblich, und zwar einmal mit Rücksicht auf die sehr ungünstigen Einfahrtsverhältnisse der Schleuse, und dann im Hinblick darauf, daß diese neue Schleuse den zum Teil 12 m breiten Seitenrad-dampfern die Durchfahrt nach dem städtischen Industriehafen ermöglichen sollte, um hier auf einer Schiffswerft und in einer Maschinenfabrik ihre Ausbesserungsarbeiten ausführen zu können.

Der Oberdremmel ist 5 m unter den normalen Wasser-spiegel der Zwischenhaltung gelegt, während die Höhe des Unterdremmels rd. 5 m unter dem „erhöhten Mittelkleinwasser“ der Weser (E. M. Kl. W.) angeordnet ist, in der Annahme, daß die Zuschußwassermengen der Eder-talsperre ein Absinken der Weser unter diesen mittleren Sommer-Niedrigwasserstand voraussichtlich verhindern werden. Die Schleusenplattform liegt entsprechend den Leinpfaden und Ufermauern am Oberkanal und am Industriehafen 1 m über dem normalen Oberkanalwasser-stand, so daß die Leinpfade mit der Schleusenplattform sich in gleicher Höhe befinden. Eine Herabsetzung dieses Maßes auf 0,50 m erschien untunlich, da dann der verhältnismäßig geringen Kostenersparnis an Beton sehr erhebliche Nachteile infolge zu tiefer Lage der elek-trischen Kabel und Elektromotoren gegenübergestanden hätten. Die hierdurch bedingte mangelhafte Entwässerung der Kabelkanäle hätte aber mit Sicherheit häufig Kurzschluß zur Folge gehabt.

b) Maßgebende Wasserstände. Die maßgebenden Wasserstände in der Schleuse sind folgende:

1. Normales Oberwasser = Hafenwasserstand  
in dem Industriehafen . . . . . = NN + 44,00 m
2. Angespanntes Oberwasser . . . . . = NN + 44,30 m
- Weserwasserstand (Unterwasser)
1. HHW von 1841 (nach Erbauung  
der Talsperre 2650 m<sup>3</sup>/sek) . . . . . = NN + 45,12 m
2. Niedrigstes Niedrigwasser NNW = NN + 36,14 m

Das Schleusengefälle schwankt somit bei normalem Oberwasserstand zwischen 0,88 m und 7,86 m. Da der Wasserstand des Hauptkanals bei Minden zur Zeit auf NN + 49,90 m gehalten wird, so beträgt das Gefälle des



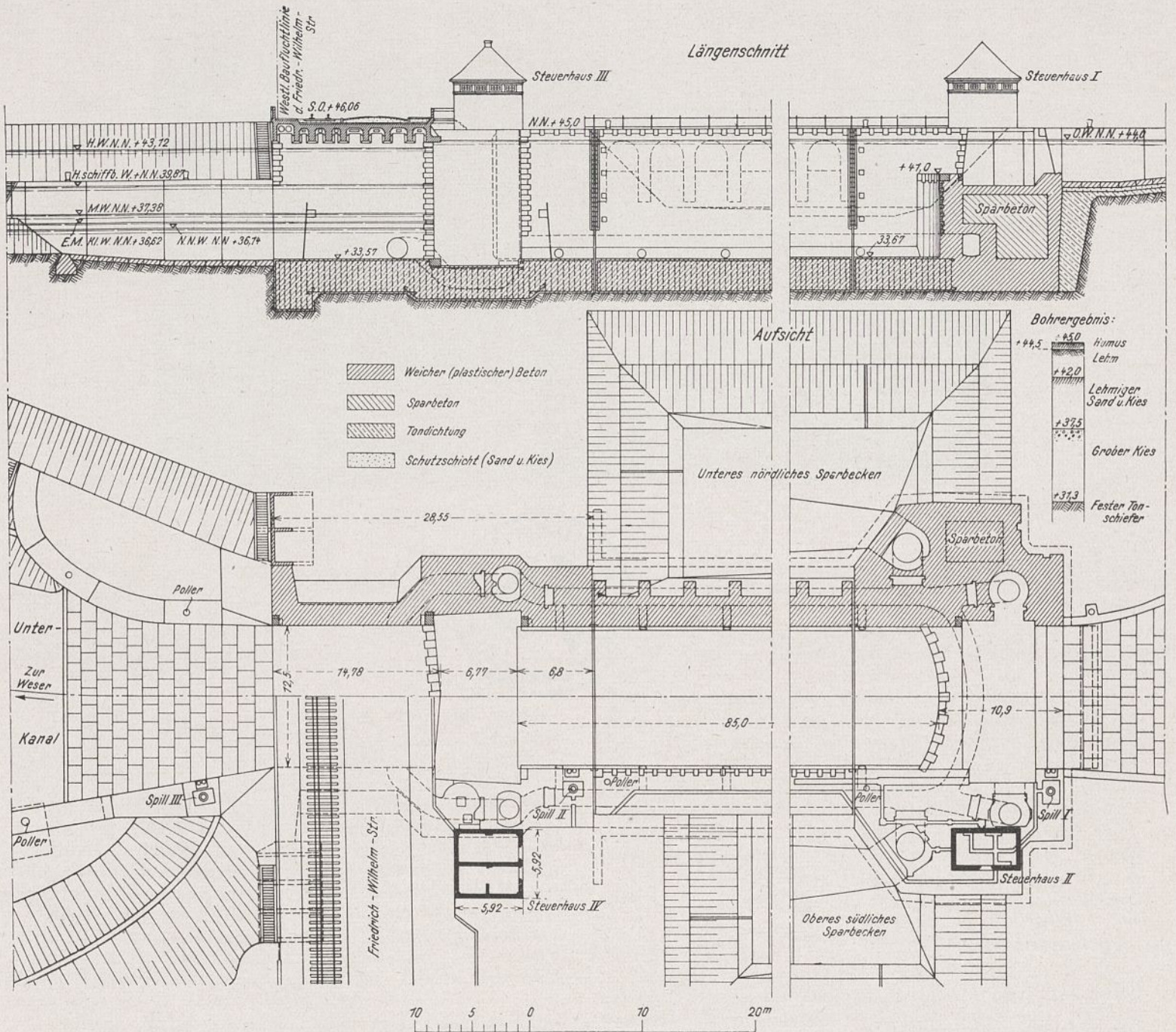


Abb. 5. Unterschleuse, Längenschnitt und Grundriß.

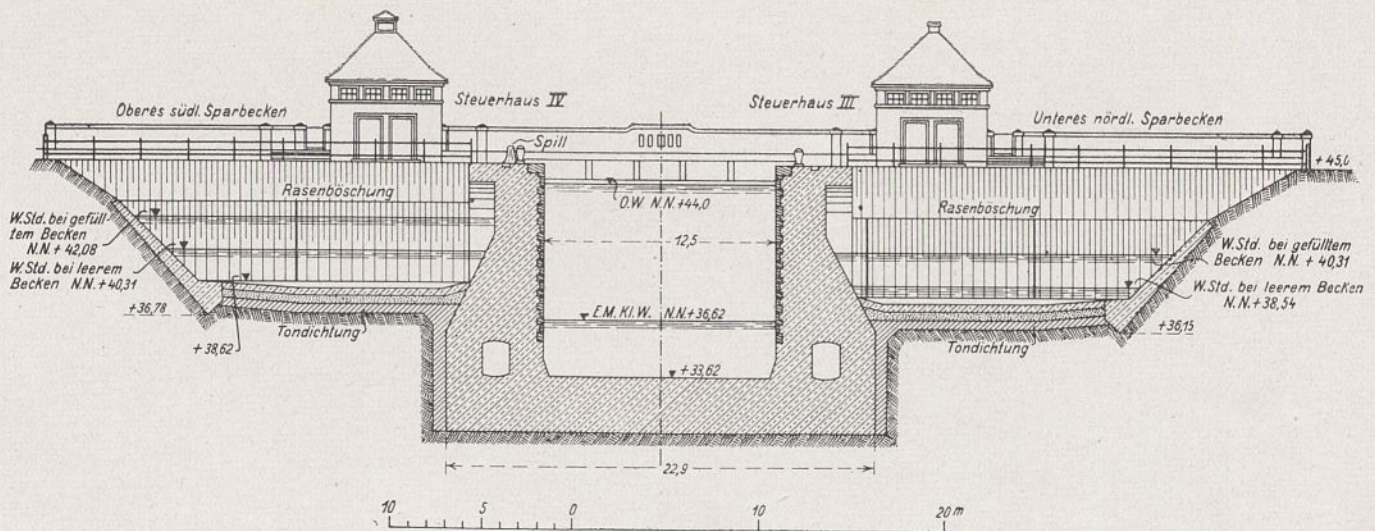


Abb. 4. Unterschleuse, Querschnitt durch die Schleusenammer.

DER SÜDABSTIEG (IL.WESERABSTIEG) DES MITTELLANDKANALS BEI MINDEN (WESTF.)

Zeitschrift für Bauwesen. 78. Jahrgang 1928. Heft 12.









Abb. 5. Gewinnung des Kieses im zweiten-Baggerschnitt und erste Wasserhaltungsanlage.

gesamten Südbstiegs, d. h. vom Hauptkanal bis zum E. M. Kl. W. der Weser ( $\text{NN} + 56,62 \text{ m}$ )  $= 49,90 - 56,62 = 15,28 \text{ m}$ . Bei Anspannung des Hauptkanals vergrößert sich das Gefälle entsprechend.

c) Beschaffenheit des Baugrundes, Grundwasserverhältnisse und Wasserhaltungsanlage (Abb. 5, 6 u. 9). Die Bodenbeschaffenheit geht aus dem Bohrprofil in Abb. 2 hervor. Der grobe Kies von 6,5 m Mächtigkeit und die während der mehrmonatigen Probebohrungen in verschiedenen Jahren angetroffenen Grundwasserstände ließen die Vermutung zu, daß man bei der Wasserhaltung mit einem erheblichen Grundwasserzustrom zu rechnen habe, der nicht nur unmittelbar durch die Tagesniederschläge, sondern auch durch Rückstau von der Weser her bei plötzlich ansteigenden Wasserständen stark beeinflußt werden würde. Deshalb mußte eine umfangreiche Wasserhaltungsanlage vorgesehen werden, die den starken Schwankungen des Grundwassers gewachsen sein mußte. Ferner war eine genügend starke Reserve vorzusehen.

Infolge der anstehenden groben festgelagerten Kies-schicht und insbesondere infolge des festgefügt und

wasserundurchlässigen Schiefertons glaubte man von einer Absenkung des Grundwassers durch Röhrenbrunnen absehen zu sollen und entschied sich für eine Wasserhaltung in offener Baugrube. Der erste Baggerschnitt in der Schleusenbaugrube wurde nur bis  $\text{NN} + 41,00 \text{ m}$  heruntergeführt, damit der von dieser Höhe abwärts anstehende Kies, der zum Betonieren verwandt werden sollte, für sich gesondert im zweiten Baggerschnitt gewonnen werden konnte (Abb. 5). Für den zweiten Baggerschnitt von  $\text{NN} + 41,00$  bis  $\text{NN} + 35,50 \text{ m}$  wurde das Grundwasser durch eine erste Wasserhaltungsanlage zunächst von  $\text{NN} + 58,00$  bis  $\text{NN} + 55,50 \text{ m}$  abgesenkt. Unter dem Schutz dieser Wasserhaltungsanlage wurde eine zweite hergestellt, die das Grundwasser bis  $\text{NN} + 50,00 \text{ m}$  absenkte (Abb. 6 u. 9). Durch Flügelmessungen im Abflußgraben wurde festgestellt, daß zeitweilig eine Wassermenge von  $200 \text{ l/sek} = 12 \text{ m}^3/\text{min}$  gefördert wurde.

Da die stark schwefelhaltigen Quellen in der Umgebung Mindens das Vorkommen von Sulfaten im Grundwasser befürchten ließen, so wurden durch das staatliche Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem Wasserunter-



Abb. 6. Zweite Wasserhaltungsanlage.



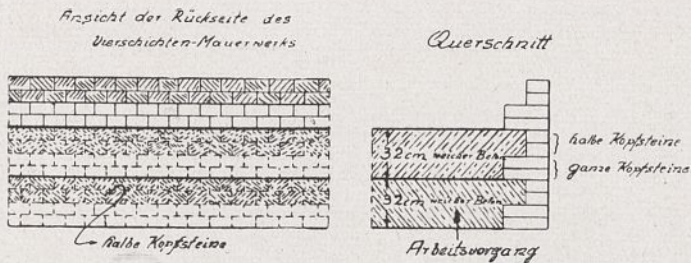


Abb. 7. Verblendmauerwerk mit 4 Klinkerflachschichten.



Abb. 8. Verbessertes Verblendmauerwerk mit Winkelverband.

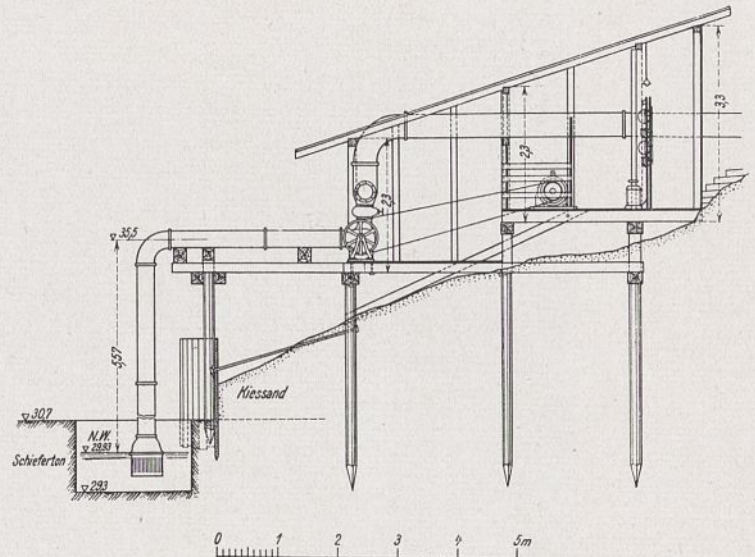


Abb. 9. Querschnitt durch die zweite Wasserhaltungsanlage.

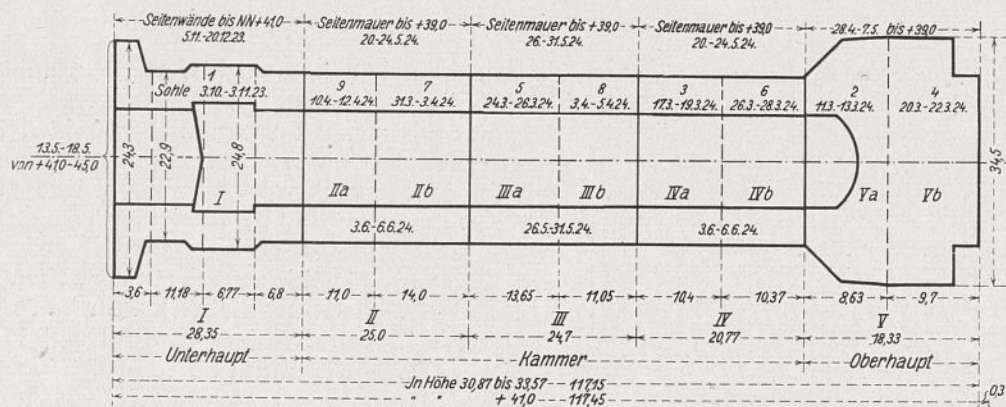


Abb. 10. Bezeichnung der Bauabschnitte.

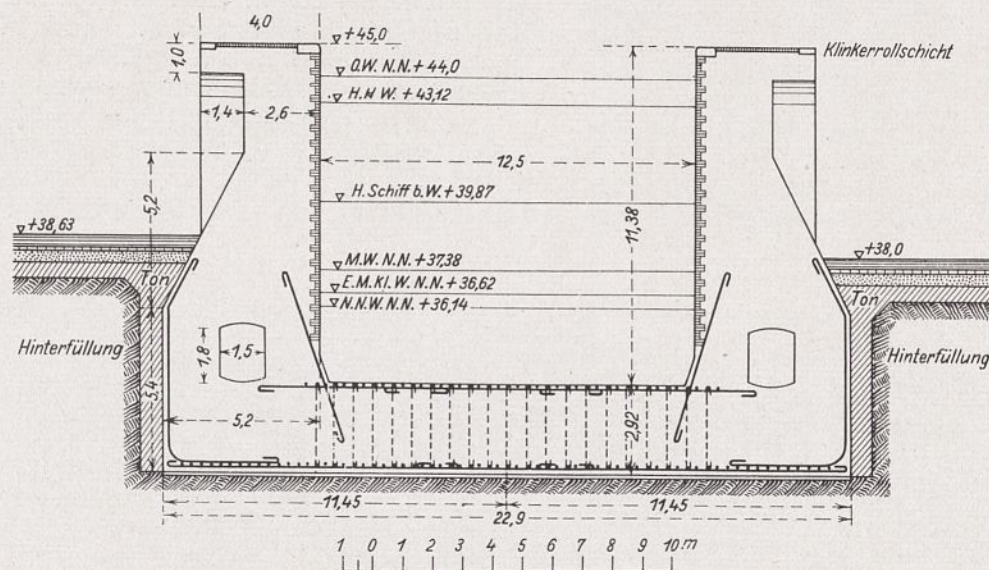


Abb. 11. Querschnitt durch die Schleusenkammer. Anordnung der Sohlen und Verteilungseisen.

suchungen des Grundwassers angestellt, die auch ein geringes Vorkommen von Schwefelsäure ( $H_2SO_3$ ), nämlich 112 mg in 1 l Wasser, feststellten. Die Gefahrgrenze liegt bei Bauten, die nicht einer Durchflutung oder Durchsickerung durch das schwefelsäurehaltige Wasser ausgesetzt sind, für nicht zu mageren Beton erst bei etwa 500 mg Schwefelsäure je Liter, so daß an und für sich keine Befürchtungen für die Haltbarkeit des Betons bestanden (siehe auch Zentralblatt der Bauverwaltung 1925, Nr. 3/4, Seite 16). Außerdem ist durch Verarbeitung von plastischem (weichem) Beton und Herstellung einer auch zur Verhütung der Umläufigkeit notwendigen Ummantelung der ganzen Schleuse aus fettem

blauen Ton jede schädliche Einwirkung auf den Beton durch Schwefelsäure oder sonstige chemische Beimengungen unmöglich gemacht.

d) Gründung der Schleusensohle (Abb. 10 bis 14). Bei der Prüfung der Frage, ob eine biegungsfeste oder wasserdurchlässige Sohle ausgeführt werden sollte, fiel die Entscheidung zugunsten einer biegungsfesten Sohle, weil der Beschaffung von eisernen Spundwänden, die bei Anordnung einer wasserdurchlässigen Sohle im Ober- und Unterhaupt notwendig gewesen wären, infolge der Ruhrbesetzung unüberwindliche Schwierigkeiten entgegengestanden hätten. Außerdem waren die zur Herstellung des Eisenbetons der



biegungsfesten Sohle notwendigen Rundeisen infolge der wirtschaftlichen Lage auf dem Eisenmarkt während der Inflationszeit billiger. Die Verwendung von hölzernen Spundwänden, selbst wenn sie mit starken Eisenschuhen bewehrt worden wären, erschien aber unzweckmäßig, da der grobe Kies mit seinen vereinzelt vorkommenden Findlingen und der festgelagerte Schiefertone mit den eingesprengten Eisengallen ein dichtes Schlagen der hölzernen Spundbohlen unmöglich gemacht hätte.

Um ein Reißen der Schleusensohle und Kammerwände infolge ungleichmäßigen Setzens der einzelnen Bauteile und infolge Temperaturschwankungen zu verhindern, wurde die Sohle und damit auch das ganze Bauwerk in fünf vollständig voneinander getrennte Bauabschnitte I bis V geteilt, deren Längen, wie aus Abb. 10 hervorgeht, zwischen 18 und 28 m schwanken. Auf Grund der bei der Herstellung des Sohlenabschnittes I gemachten Erfahrungen erschien es ratsam, die Sohlenabschnitte II bis V noch in je zwei einzelne Unterabschnitte a und b zu unterteilen. Hierdurch wurde erreicht, daß beim Einbringen des weichen Betons Arbeitsflächen von nur geringem Ausmaß entstanden und somit die unerwünschten horizontalen Arbeitsfugen, die eine innige Verbindung der eingebrachten Betonschichten stets verhindern, auf ein Mindestmaß beschränkt wurden. Zwischen den einzelnen Unterabschnitten sind jedoch keine Trennungsfugen angeordnet, während die Trennungsfugen zwischen den Abschnitten I bis V bis zur Schleusenplattform hochgeführt sind.

Da die Schleusenkammersohle i. M. auf NN + 55,62 m liegt und die Sohle nach der Berechnung rund 2,90 m stark werden mußte, kam die Unterkante der Schleusensohle auf NN + 50,72 m, also rund 60 cm unter die Oberfläche des festgelagerten Schiefertones zu liegen. War diese Höhe bei den Ausschachtungsarbeiten erreicht, so wurde sofort eine etwa 10 cm starke Abdeckschicht aus Beton aufgebracht, die den Schiefertone vor den Witterungseinflüssen durch Sonne und Regen schützen und außerdem eine glatte Fläche zum Verlegen der unteren Sohleneisen herstellen sollte (Abb. 12).

Um bei der Herstellung der Schleusensohle die sehr unerwünschten horizontalen Arbeitsfugen zu vermeiden, wurden zuerst sämtliche oberen und unteren Eiseneinlagen zusammen mit den Verteilungseisen verlegt. Erst dann wurde der weiche Beton von der Unter- bis zur Oberkante der Sohle in einem einzigen Guß eingebracht. Dabei ruhte das Gerüst, von dem aus der in Kippwagen beförderte Beton eingebracht wurde, auf Betonpfeilern, die mit einbetoniert wurden. Die Anordnung dieser Betonpfeiler und der Eiseneinlagen zeigt Abb. 12 und 15. Der weiche Beton wurde bequem durch die Zwischenräume der oberen Sohleneisen eingebracht, wobei allerdings ständig die Rundeisen an den Schüttstellen gereinigt werden mußten.

Abb. 14 zeigt den Arbeitsvorgang beim Einbringen des weichen Betons in den Abschnitt Va, während auf Abb. 11 die Anordnung der Sohlen- und Verteilungseisen dargestellt ist.

e) *Herstellung der Kammerwände.* Um am Fuße der Kammerwände eine Arbeitsfuge in Höhe der Schleusenkammersohle zu vermeiden, wurde die Schleusensohle hier bis zur Höhe der Abschrägung, d. h. bis auf NN + 54,62 m hochgeführt. Durch die vorderen und hinteren bis tief in die Seitenmauern hineinragenden Rundeisen von 20 mm  $\varnothing$  ist eine genügend innige Verbindung dieser beiden durch die Arbeitsfuge getrennten Teile hergestellt. Wie die einzelnen Abschnitte der Kammerwände nacheinander hochgeführt wurden, zeigt Abb. 15. Die nördlichen Kammerwände der Abschnitte II und IV werden hier gleichzeitig hochbetoniert, um die Seiteneinschalung des Abschnittes III einzusparen. In ähnlicher Weise ist bei der Herstellung aller anderen Teile verfahren.

Die Innenflächen der Schleusenammer und der Häupter sind mit scharf gebrannten Klinkern verblendet,



Abb. 12. Anordnung der Betonpfeiler für die Auflagerung der oberen Eiseneinlagen.

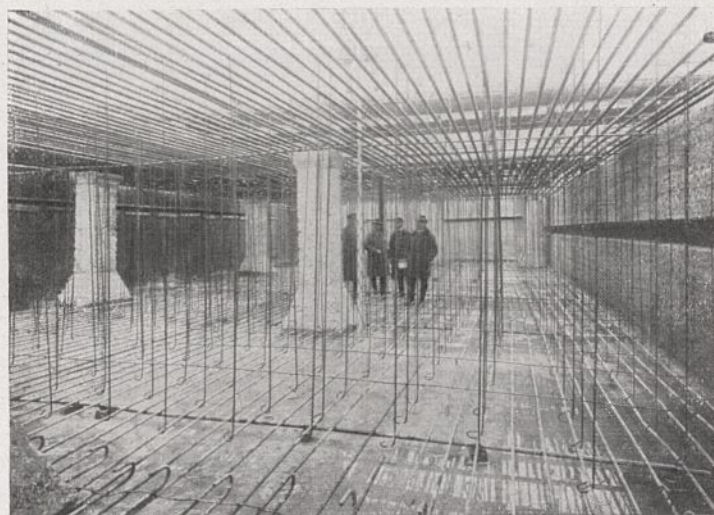


Abb. 15. Obere und untere Eiseneinlagen der Schleusensohle nebst Verteilungseisen.

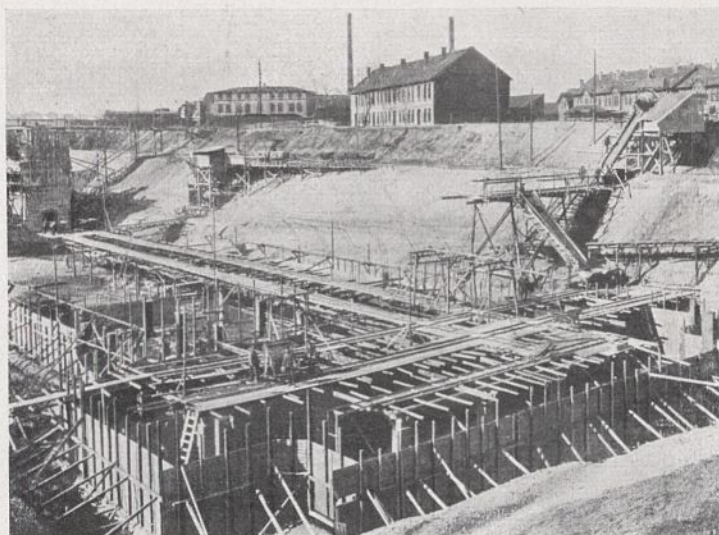


Abb. 14. Arbeitsvorgang beim Einbringen des weichen Betons in den Sohlenabschnitt Va.



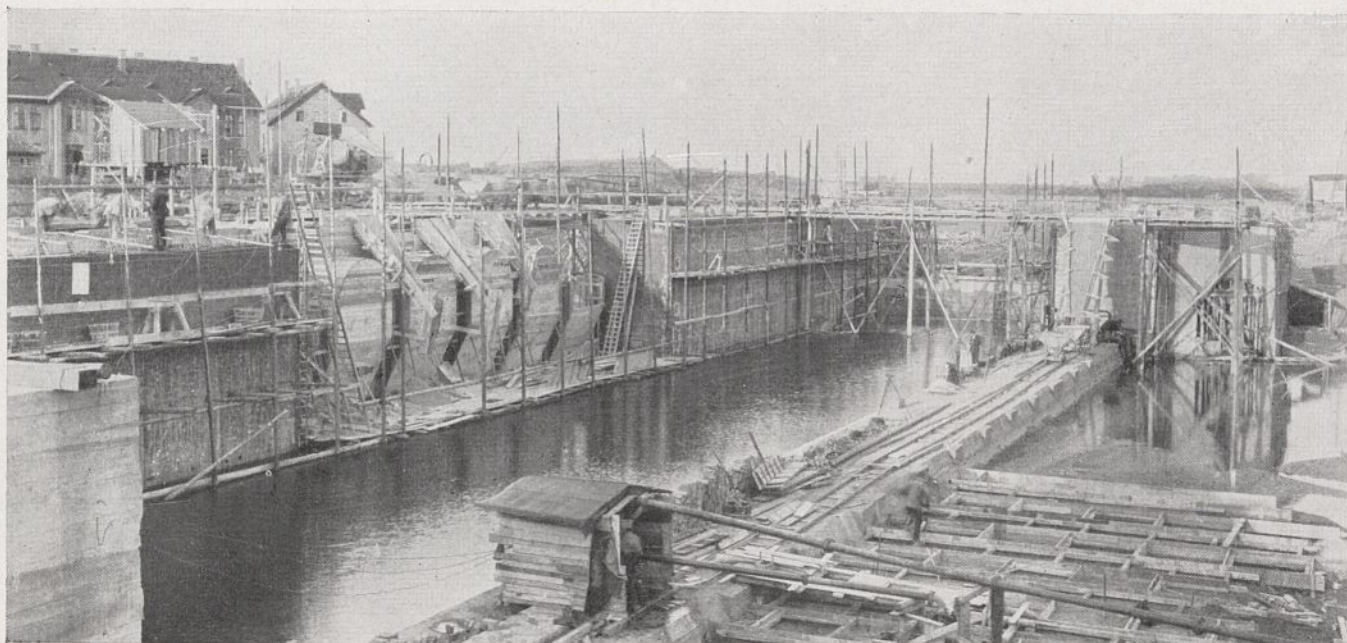


Abb. 15. Die Abschnitte II und IV der nördlichen Kammerwand, gleichzeitige Herstellung.

die abwechselnd aus halben und ganzen Steinen bestehen und so verlegt sind, daß die Ansicht nur Kopfflächen zeigt. Diese Klinkerverblendung ist durch dünne Drahtanker mit dem dahinterliegenden Beton verankert. Ein erheblicher Teil der durch diese Klinkerverblendung entstehenden Mehrkosten wird durch den Fortfall der vorderen Einschalung wieder eingespart.

Es ist aus praktischen Gründen zweckmäßig, daß das Hochmauern der Klinkerverblendung Zug um Zug gleichzeitig mit dem Einbringen des weichen Betons erfolgt. Um dieser Forderung gerecht zu werden, muß aber rechtzeitig vorher die Verblendung des nächsten Arbeitsabschnittes so hoch fertiggestellt sein, wie es die Schütthöhe der nächsten Arbeitsschicht verlangt. Deshalb wurde im weiteren Verlauf der Arbeiten von dem zuerst angewandten Verband nach Abb. 7 Abstand genommen, da er bei jeder Arbeitsschicht nur etwa 52 cm Schütthöhe = 4 Schichten Verblendermauerwerk zuließ. Mit dem auf Abb. 8 dargestellten Winkelverband konnte hingegen eine Schütthöhe bis zu 1,25 m erreicht werden, so daß sich bei seiner Anwendung keine Schwierigkeiten mehr beim Einbringen des weichen Betons ergaben. Dieser Verband hat außerdem noch den Vorteil, daß die weiche Betonmasse sich infolge der schräg ansteigenden Nuten gut in alle Ecken und Winkel einschmiegt.

f) Die Sparbecken. Wie bereits eingangs erwähnt, dient die Unterschleuse des Südabstiegs einem doppelten Zweck. Einmal soll sie für den Fall, daß die Schachtschleuse des Nordabstiegs oder die Kanalbrücke gesperrt werden muß, einen Verkehr zwischen Kanal und Weser und von den östlich der Weser gelegenen Kanalteilen zum westlichen Kanal ermöglichen. Zweitens hat sie die Aufgabe, den städtischen Industriehafen mit seinem 55 ha großen anliegenden fiskalischen Gelände an den Weserverkehr anzuschließen.

Im ersteren Falle, d. h. wenn die Unterschleuse dem durchgehenden Verkehr dient, steht als Betriebswasser diejenige Wassermenge zur Verfügung, die dem Industriehafen aus den Schleusungen der Oberschleuse zufließt. Da nun eine Füllung der Oberschleuse infolge ihrer geringeren Breite und ihres kleineren Gefälles nur rund 5400 m<sup>3</sup> Wasser umfaßt, die Unterschleuse hingegen bei erhöhtem Mittelkleinwasser der Weser für eine Füllung etwa 8800 m<sup>3</sup> Wasser verbraucht, so hätte sich ohne Sparrkammern bei jeder durchgehenden Schleusung ein Fehlbetrag von rund 3400 m<sup>3</sup> Wasser ergeben. Dieser Fehlbetrag hätte entweder aus dem Hauptkanal oder durch ein an der Unterschleuse zu erbauendes Pumpwerk aus der Weser gedeckt werden müssen.

Für den zweiten Fall, wenn die Unterschleuse nur dem Verkehr zwischen der Weser und dem Industriehafen dient, hätte ohne Sparbecken das ganze Schleusungswasser entweder aus dem Hauptkanal entnommen oder an der Unterschleuse aus der Weser hochgepumpt werden müssen. Da die Pumpkosten in beiden Fällen recht erheblich gewesen wären, so war es wirtschaftlich, den Wasserverbrauch durch die Anlage von Sparbecken zu beschränken. Hinzu kam, daß die Anlage von Sparbecken keine erheblichen Mehrkosten erforderte, da sie in dem für die Baugrube notwendigen Raume lagen und deshalb keinen Mehraushub erforderten. Auch für den Betrieb bietet die Anlage von Sparbecken insofern Vorteile, als die Absenkung des Oberwasserspiegels im Industriehafen und Oberkanal mit Sparbecken bei jeder Schleusung nur etwa 6 cm beträgt, ohne Sparbecken aber 12 cm betragen hätte. Schließlich muß noch erwähnt werden, daß auch die pendelnden Längswellen im Oberkanal und damit die Beunruhigungen der am Ufer festvertäut liegenden Schiffe wesentlich gemildert werden.

Die Ausführung der Sparbecken entspricht etwa derjenigen bei der Schleuse Limmer in Hannover. Es ergab sich, daß bei Anordnung zweier Sparbecken dann die günstigsten Verhältnisse sowohl hinsichtlich der Wassersparnis als auch für die Raumbeanspruchung eintreten, wenn jede Sparrkammerfläche ebenso groß wie die Schleusenkammerfläche ist. Die Wassersparnis beträgt dann rund 48 vH unter der Annahme, daß die Wasserstände in der Schleusenkammer und den Sparbecken nur bis auf 15 cm Unterschied ausgespiegelt werden. Das obere Sparbecken ist südlich und das untere nördlich der Schleusenkammer angeordnet (Abb. 5 auf Tafel).

Die Sohlenhöhen des südlichen (oberen) Sparbeckens und die Höhen der Böschungsmauern im nördlichen (unteren) Sparbecken ergaben sich zwangsläufig aus der Forderung, daß auch bei einer etwa nötig werdenden Außerbetriebsetzung eines der beiden Sparbecken der Betrieb mit nur einem einzigen Sparbecken voll aufrechterhalten werden kann. Hierbei war auch noch darauf zu achten, daß stets ein Wasserpolster von mindestens 50 cm über dem höchsten Punkt der Sohle vorhanden sein mußte und die Böschungsmauer nicht überflutet werden durfte. Die Ersparnis an Schleusungswasser beträgt bei Ausschaltung eines Sparbeckens nur rund 52 vH. Die übrigen Höhenordinaten ergaben sich aus den bei dem normalen Betriebe mit zwei Sparbecken vorhandenen Wasserständen. Die Breitenabmessungen der Sparbecken wurden dadurch bedingt, daß die Böschungsmauern in gewachsenem Boden gegründet werden sollten.



Zur Erzielung eines schnellen und ruhigen Zulaufs zu den Umläufen haben die Sparbecken Gefälle nach den Ausläufen zu erhalten. Die an Ort und Stelle gestampften Sohlenplatten nehmen sowohl der Fläche wie der Stärke nach von dem oberen Ende nach dem Auslauf hin zu. Während sie oben  $1,75 \times 1,75 \times 0,50$  m stark sind, beträgt ihr Ausmaß am Auslauf  $2,50 \times 2,50 \times 0,50$  m. Die Verschlussvorrichtungen des Sparbeckens sind ähnlich wie in Limmer und bei der dritten Schleuse in Münster möglichst nahe an die Steuerhäuser auf dem Oberhaupt gelegt, damit die Verschlusskörper unter bestmöglicher Kraftausnutzung und Vermeidung langer Vorgelege nahe der Antriebsmaschinen bewegt werden können.

g) Die Umläufe. Die guten Erfahrungen, die mit den Kammerumläufen bei der Schachtschleuse des Nordabstiegs gemacht sind — die hervorragend ruhige Lage der Schiffe in der Schachtschleuse wird von sämtlichen Schifffahrtreibenden rückhaltlos anerkannt —, waren der Grund dafür, daß auch hier wiederum durchgehende Kammerumläufe mit Stichkanälen angeordnet wurden. Um zu bewirken, daß die Wassermengen aus jedem einzelnen Sparbecken beiderseitig der Schleusen-kammer zuströmen, sind die Umlaufkanäle der Seitenkammern durch einen Tunnel unter dem Torkammerboden des Oberhauptes miteinander verbunden.

Die Ausmündungen der um das Untertor herumgeführten unteren Torumläufe liegen unter der Eisenbetonbrücke rechtwinklig gegenüber, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit der ausströmenden Wassermassen erheblich abgeschwächt und die Beunruhigung der im Unterkanal wartenden Schiffe auf ein Mindestmaß herabgedrückt wird.

Das Verhältnis der Umlaufquerschnitte zu der Schleusen-kammerfläche ist  $f = \frac{2 \cdot 2,68 \text{ m}^2}{1200 \text{ m}^2} = \frac{1}{224}$ .

Es bleibt also nach dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften 1914, III. Teil, Band 8, Seite 57 in den zulässigen Grenzen.

h) Wahl der Baustoffe. Die Zusammensetzung des in der Schleusenbaugrube angetroffenen Kiessandes war so günstig, daß seiner Verwendung bei der Herstellung des Schleusenbauwerks in der angetroffenen Zusammensetzung keine Bedenken entgegenstanden.

Durch Ausstemmen von Probewürfeln aus dem bereits fertiggestellten Betonwerk wurde in regelmäßigen Zeitabschnitten eine genaue Kontrolle über die Festigkeit des Betons geführt. Der fertige Beton zeigt ein gutes, dichtes und gleichmäßiges Gefüge; ebenso ist die Haftfestigkeit der Betonmasse an den an und für sich glatten Kieseln als einwandfrei zu bezeichnen.

Das Mischungsverhältnis für den weichen Beton des Schleusenbauwerks war folgendes: Bei der Schleusensole 1 R. T. langsam bindender Portlandzement zu 6 R. T. Kiessand, bei den Kammerwänden 1 : 7, bei den umfangreichen Betonmassen im Innern des Oberhauptes (Sparbeton) 1 : 12. Es ergab sich, daß die vorhandene Kittmasse der Betonmischung die im Kies auftretenden Hohlräume gut ausfüllte.

Die Untersuchung von drei Kiesproben ergab folgende Bestandteile:

Korngröße (Maschenweite des Siebes)	1. Probe in vH nach Gewicht	2. Probe in vH nach Gewicht	3. Probe in vH nach Gewicht	Mittel in vH nach Gewicht
Ueber $10/10$ mm .....	45,5	34,5	55,5	45,7
$5/5$ bis $10/10$ mm .....	6,5	6,9	10,5	7,9
$2/2$ bis $5/5$ mm .....	10,2	12,4	10,5	11,0
Sand unter $2/2$ mm .....	40,0	46,2	25,9	37,4
Unter den Kieseln } über $10/10$ mm war } das größte Stück } Abmessung	570 g 8×7×5 cm	250 g 9×5×3 cm	770 g 10×7×5 cm	525 g 9×6×4 cm

Die beiden Versuchsergebnisse der Hohlraumbestimmung, die von dem Bauingenieurlaboratorium der technischen Hochschule in Hannover vorgenommen wurde, sind in folgender Zusammenstellung enthalten:

#### Erster Versuch.

Einer Kiesmenge von 15 l wurde solange Wasser zugesetzt, bis die Kiesmenge gesättigt war, d. h. bis das zugesetzte Wasser gerade die obere Kiesschicht erreichte. Eimergewicht 2,5 kg. Eimerinhalt 15 l.

Probe Nr.	Eingelaufen: Gewicht in kg			Eingerüttelt: Gewicht in kg			Eingestampft: Gewicht in kg		
	Kies	Kies + Wasser	Wasser	Kies	Kies + Wasser	Wasser	Kies	Kies + Wasser	Wasser
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28,25	30,25	2,0	35,75	37,25	1,50	34,50	35,75	1,25
2	27,00	29,00	2,0	33,75	35,00	1,25	34,50	35,60	1,10
3	28,75	30,75	2,0	33,00	34,25	1,25	34,50	35,70	1,20
Mittel	28,00	30,00	2,0	34,17	35,50	1,33	34,50	35,68	1,18
Hohlraum:									
$\frac{2,00 \cdot 100}{15} = \text{rd. } 13 \text{ vH}$				$\frac{1,33 \cdot 100}{15} = \text{rd. } 9 \text{ vH}$			$\frac{1,18 \cdot 100}{15} = \text{rd. } 8 \text{ vH}$		

Die Lagerungsdichte der Körner im Baubetriebe liegt zwischen „Eingelaufen“ und „Eingerüttelt“, daher mittlerer Hohlraum = rd.  $\frac{13+9}{2} = \text{rd. } 11 \text{ vH}$ .

#### Zweiter Versuch.

Einer Kiesmenge von 15 l wurde nach Sackung durch Sättigung mit „Wasser“ noch soviel Wasser zugefüllt, bis das Volumen von 15 l wieder erreicht war.

Eimergewicht 2,5 kg. Eimerinhalt 15 l.

Probe Nr.	Eingelaufen: Gewicht in kg			Eingerüttelt: Gewicht in kg			Eingestampft: Gewicht in kg		
	Kies	Kies + Wasser	Wasser	Kies	Kies + Wasser	Wasser	Kies	Kies + Wasser	Wasser
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26,50	30,50	4,00	28,75	32,00	3,25	31,05	33,75	2,70
2	24,30	29,25	4,95	28,65	31,75	3,10	30,50	33,25	2,75
3	26,00	30,50	4,50	29,05	32,25	3,20	30,75	33,45	2,70
4	24,75	29,63	4,88	—	—	—	—	—	—
Mittel	25,39	29,97	4,58	28,82	32,00	3,18	30,77	33,48	2,71
Hohlraum:									
$\frac{4,58 \cdot 100}{15} = 30,7 \text{ vH}$				$\frac{3,18 \cdot 100}{15} = 21,2 \text{ vH}$			$\frac{2,71 \cdot 100}{15} = 18,1 \text{ vH}$		

Die Lagerungsdichte der Körner im Baubetriebe liegt zwischen „Eingelaufen“ und „Eingerüttelt“, daher mittlerer Hohlraum =  $\frac{30,7+21,2}{2} = \text{rd. } 26 \text{ vH}$ .

i) Die Verkleidung der Kanten. Die Verkleidung der Kanten an der Schleusenplattform, den sämtlichen Toranschlägen und den Schiffshaltekreuznischen ist aus Harzer Granitwerksteinen ausgeführt.

k) Dichtung der Trennungsfugen. Die Dichtung der Trennungsfugen zwischen den einzelnen im Absatz d) „Gründung der Schleusensole“ näher beschriebenen fünf Abschnitten erfolgte durch ein quer zur Fugenrichtung angeordnetes verzinktes Eisenblech von 6 : 150 mm Stärke, dessen Wergumwicklung mit heißem Teer getränkt wurde. Ich würde in Zukunft empfehlen, die Abstände der Trennungsfugen enger anzuordnen, selbst auf die Gefahr hin, daß dadurch die Anzahl der Sickerstellen bei nicht einwandfreier Dichtung vergrößert wird.

l) Die Verschlüsse der Umläufe und Sparbecken (siehe auch: „Die Bautechnik“, 1925, Heft 55. Dezemberheft, Seite 776). Hierzu Abb. 16



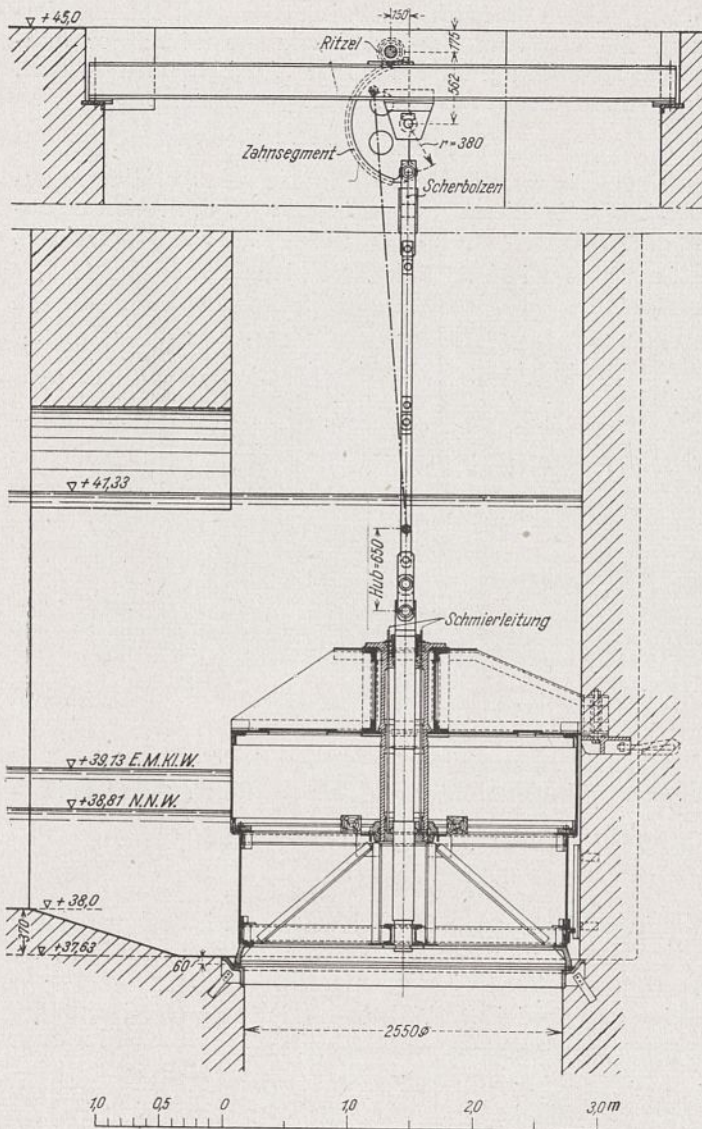


Abb. 16. Niedriges Zylinderschütz.  
Querschnitt A—B und C—D.

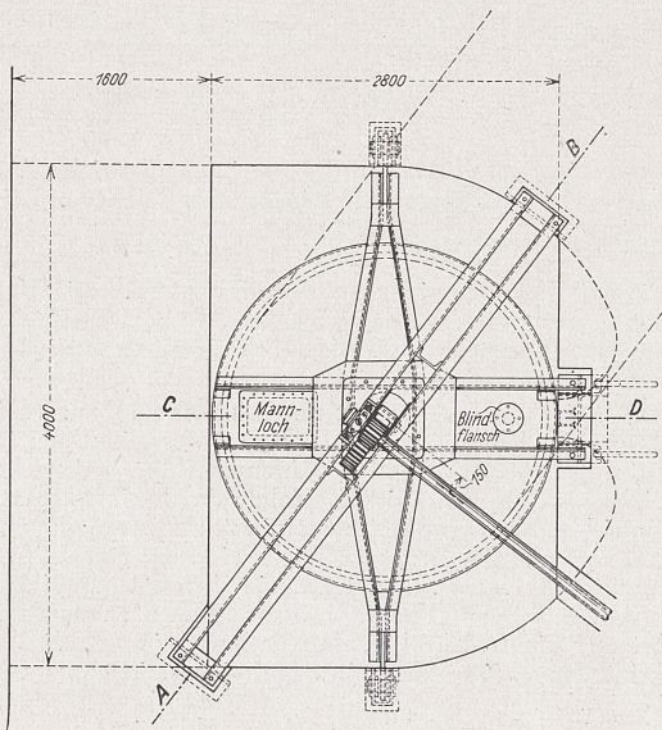


Abb. 17. Niedriges Zylinderschütz.  
Draufsicht.

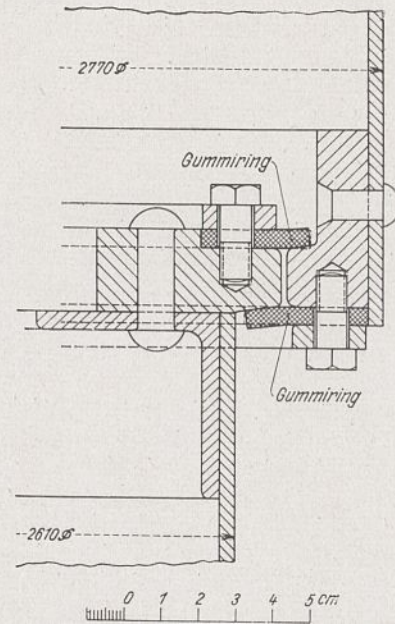


Abb. 18. Niedriges Zylinderschütz.  
Obere Dichtung bei den doppeltkehrenden  
Sparbeckenschützen.

bis 20. Von dem bei der Entwurfsbearbeitung bestehenden Plane, sämtliche Verschlüsse der Umläufe und Sparbecken mit hohen, bis über den höchsten Oberwasserstand hinausreichenden Zylinderschützen mit oben offener Bauart auszubilden, wurde Abstand genommen, da sich bei ihnen erhebliche Unzuträglichkeiten dadurch herausgestellt haben, daß infolge ihrer Verbindung mit der Außenluft größere Mengen atmosphärischer Luft in die Umlaufkanäle eintreten, die unter explosionsähnlichen Erscheinungen zu entweichen bestrebt sind. Hierdurch kann unter Umständen eine Gefährdung des Betonmauerwerks eintreten. Außerdem bieten die bisher üblichen Führungen an zwei oder drei äußeren Führungsschienen keine genügende Sicherheit für eine einwandfreie Dichtung, da oft ein lästiges Schlagen und Verkanten der hohen Zylinder eintritt und außerdem mitgerissene Holzteile, Trossen und Eisenstücke infolge der im Abflußquerschnitt vorhandenen Konstruktionsteile sich hier festsetzen und so einen dichten Schluß verhindern.

Infolge der gewählten geschlossenen niedrigen Bauart mit zentraler Führung und vollständig freiem Durchflußquerschnitt werden alle diese Mängel vermieden. Besonders bemerkenswert ist auch noch die Tatsache, daß die Wassersäule beim Entleeren der Schleusenammer innerhalb des Zylinderschützes nicht abreißt, so daß bereits beim Öffnen des Schützes ein geschlossener Wasserfaden vorhanden ist. Größere Mengen schädlicher Luft können daher nicht mitgerissen werden, da selbst bei niedrigstem Wasserstand die obere Dichtung so tief unter dem Wasserspiegel liegt, daß ein Lufteintritt nahezu verhindert wird.

Das niedrige Zylinderschütz (Abb. 16 bis 20) besteht aus einer festen, nach oben geschlossenen Glocke A, die mit einem kräftigen, im Betonmauerwerk verankerten, eisernen Blechträger B starr verbunden ist, und aus einem beweglichen Teil C, dem eigentlichen Schütz, das sich beim Öffnen in die feste Glocke A hineinschiebt. Hierdurch wird erreicht, daß das Schütz unabhängig von der Gefällhöhe nur so hoch ausgebildet zu werden braucht, wie es die Hubhöhe und die Führung erfordern. An dem beweglichen Teile C, einem kurzem, nach allen Seiten gut ausgesteiften Blechzylinder, ist der untere Dichtungsring D aus Stahlguß angeschraubt. Der im Mauerwerk fest verankerte Gegenring aus Stahlguß ist mit einem auswechselbaren Sitzring bewehrt, auf den sich der Schütz-dichtungsring D aufsetzt. Die untere Dichtung ist also eine Metaldichtung.



Bei der Prüfung der Frage, ob die Berührungsflächen des beweglichen Dichtungsringes D und des festen Sitzringes nach einer Ausführung am Rhein-Herne-Kanal derart auszubilden seien, daß sich der nach einer Kugelfläche geschliffene Dichtungsring in einer ebenso bearbeiteten Hohlkugelfläche des festen Sitzringes lagert, oder ob eine horizontale Flächendichtung nach Art der Ausführung für die Schleuse Viereth am Großschiffahrtsweg Rhein—Main—Donau vorzuziehen sei, entschied man sich für die letzere. Ausschlaggebend hierfür war die Ueberlegung, daß bei der hier angewandten Konstruktion ein Kanten und Verdrehen des beweglichen Teiles C ausgeschlossen ist, und daß damit auch ein ungleichmäßiges Aufsetzen auf den festen Sitzring vermieden wird.

Die obere Dichtung zwischen beweglichem Schützteil C und fester Glocke A wird bei den Ober- und Unterhauptschützen I, II, V und VI durch einen Gummifladring gebildet, der an der festen Glocke befestigt ist und durch den Wasserdruck an einen entsprechenden Ring des beweglichen Schützteil C angepreßt wird. Hier genügt nur ein Gummiring, da ja nur von außen Ueberdruck herrscht. Anders verhält es sich bei den doppelkehrenden Sparbeckenschützen III und IV, bei denen Ueberdruck von innen bei gefüllter Schleusen- kammer und entleertem Sparbecken, und Ueberdruck von außen bei gefülltem Sparbecken und Unterwasser in der Schleusen- kammer herrscht. Hier ist, wie bei den Sparbeckenschützen der Schachtschleuse des Nordabstiegs, noch ein zweiter Gummifladring am beweglichen Schütz C angebracht, der bei gefüllter Schleusen- kammer an einen Wulstring der festen Glocke A angepreßt wird.

Der auf die feste Glocke A wirkende Wasserdruck wird durch die Auflager des Blechträgers B (Abb. 16) auf das Mauerwerk übertragen. Da bei der Anordnung des herzförmigen Einlaufquerschnittes das Schütz beim Einströmen des Wassers einseitig belastet wird, muß diese einseitige Belastung durch einen zweiten, um 90 Grad versetzten Blechträger N aufgenommen werden. Zur besseren Aussteifung der festen Glocke A ist dieser Träger N nun noch bis zum anderen Glockenrand verlängert. In das so gebildete Trägerkreuz B u. N ist ein Führungsrohr O eingesetzt, das einen doppelten Zweck hat. Einmal dient es innen als Lagerung und Führung der Antriebsstange P, zum anderen außen als Führung des Führungsschuhes, der an dem oberen Armkreuz des beweglichen Schützteil C sitzt. Der bewegliche Schützteil C führt sich also mit seinem oberen Armkreuz außen an dem Führungsrohr O, während sein unteres Armkreuz mit der biege-ungssteifen Antriebsstange P fest verbunden ist. Um zu verhindern, daß Luftteilchen in die Glocke eindringen, ist beim Durchgang durch die Glockendecke dieses Führungsrohr O mittels Gummieinlage (Abb. 18) gedichtet. Die Dichtung des Durchganges der Antriebsstange P durch das Führungsrohr O erfolgt durch eine nächstellbare Stopfbuchse. Die Schmierung der aufeinander gleitenden Flächen wird von der Schleusenplattform aus durch Rohre V bewirkt, in die Vaseline mittels einer Schmierpresse eingepreßt wird (Abb. 20). Genügend große Fettkammern verbürgen eine einwandfreie und dauernde Schmierung. Um zeitweilig die im Innern der festen Glocke A befindlichen Gummidichtungen nachsehen und erneuern zu können, ist in der Abdeckplatte ein Mannloch angeordnet. Ein auf der anderen Seite angebrachter Blindflansch soll gegebenenfalls zur Anbringung eines Meßapparates für die inneren Druckverhältnisse dienen (Abb. 17).

Um eine gute Dichtung des Zylinderschützes zu erzielen, ist das Eigengewicht des beweglichen Schützteil C nicht durch ein Gegengewicht ausgewuchtet. Ferner ist der Durchmesser des unteren Dichtungsringes D am beweglichen Schützteil C größer als der Durchmesser der oberen Dichtung, so daß stets durch die am beweglichen Schützteil C entstehende Wasserauflast noch ein weiterer Zusatzschließdruck entsteht.

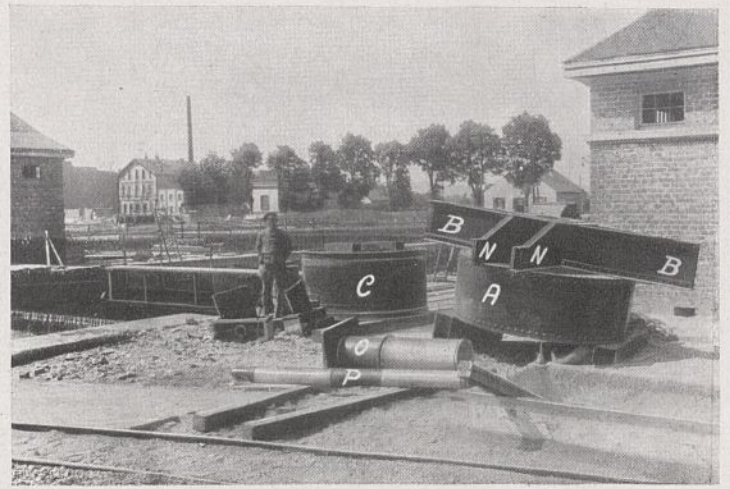


Abb. 19. Einzelne Teile eines niedrigen Zylinderschützes.



Abb. 20. Ein niedriges Zylinderschütz in eingebautem Zustande.

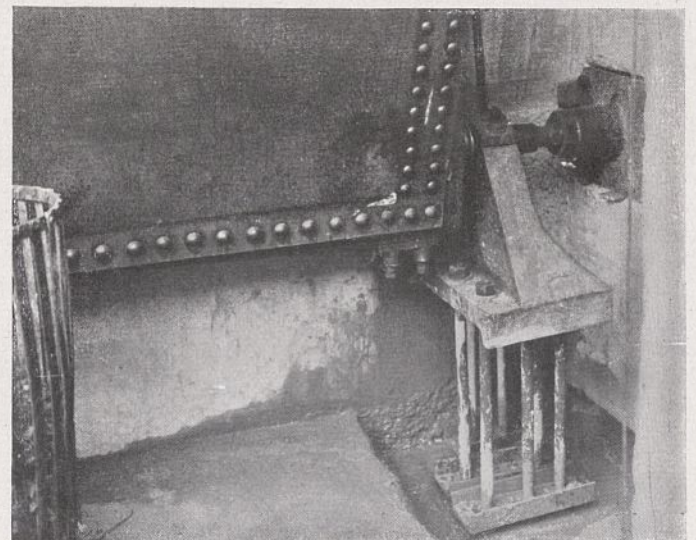


Abb. 21. Kurbellager des Klapptores nebst seitlicher Stützknagge.





Abb. 22. Ansicht des Oberhauptes mit den beiden Steuerhäusern für die Motoren des Klapptores und der Zylinderschütze.

Der Antrieb kann elektrisch und von Hand erfolgen. Beim Einschalten des Handantriebes wird gleichzeitig der Stromkreis zum Motor unterbrochen, so daß dieser keinen Strom erhält, solange der Handantrieb eingekuppelt ist.

Um den Schützenquerschnitt nur ganz allmählich freizugeben, greift das Hubmittel, eine unstarre Zugstange W, an einem Zahnsegment an. Die weitere Bewegungsübertragung vom Motor aus erfolgt mit Wellen-, Schnecken- und Stirnrädern. Eine elektromagnetische Bremse hält das Schütz in jeder Höhenlage fest. Zur Sicherung von Motor und Antrieb ist eine Rutschkupplung vor dem Schneckenrad eingeschaltet, damit beim Einklemmen von Fremdkörpern zwischen Sitzring und Schütz eine Zerstörung der Antriebsteile verhindert wird. Außerdem sind als weitere Sicherung noch kupferne Scherbolzen in die Zugstange W eingebaut. Das Anlassen des Motors geschieht wie bei sämtlichen anderen Bewegungsvorrichtungen mittels eines Steckschlüssels, der in eine Aussparung der Außenwand des Antriebshauses eingeführt wird. Sämtliche Aussparungen bei allen vier Antriebshäusern sind so angeordnet, daß der Schleusenwärter beim Bedienen der Motoren die Schleuse vollständig übersehen kann. Da nur ein einziger Steckschlüssel vorhanden ist, wird ein gleichzeitiges Bedienen mehrerer Schalter auf einfachste Weise unmöglich gemacht.

Abb. 19 zeigt rechts die mit dem Trägerkreuz B u. N vernietete feste Glocke A und links den beweglichen Schützkörper C. Die davor lagernden Konstruktionsteile stellen das Führungsrohr O und die Antriebsstange P dar. Auf Abb. 20 ist die ganze Konstruktion nebst unstarrem Zugstange W und Triebwerk nach dem Einbau ersichtlich. In die davor liegenden U-Eisen werden beim Betrieb eiserne Rechen von oben eingeschoben, die Fremdkörper, wie Holzteile, Trossen, Eisenstücke usw., von dem Schütz abhalten sollen.

Wie die obere und untere Dichtung zu dem niedrigsten Wasserstand in dem südlichen, oberen Sparbecken liegt, ist auf Abb. 16 dargestellt. Da sich der Wasserstand hier bei erhöhtem Mittelkleinwasser der Weser (NN + 56,62 m) im ungünstigsten Falle, d. h. wenn

nur dieses Sparbecken im Betriebe ist, auf NN + 59,25 m einstellt und die Schützöffnung auf NN + 57,57 m liegt, so ist am Schluß der Entleerung über der Schützöffnung noch eine Wassersäule von  $59,25 - 57,57 = 1,66$  m vorhanden. Die Unterkante der festen Glocke, d. h. die obere Dichtung liegt auf NN + 58,61 m, so daß immer noch eine Wassersäule von  $59,25 - 58,61 = 0,62$  m Höhe zwischen dem auf NN + 59,25 m sich einstellenden niedrigsten Wasserstande und der oberen Dichtung vorhanden ist. Durch diese Anordnung wird also auch hier ein Mitreißen größerer Luftmengen verhindert.

Die niedrigen Zylinderschütze haben sich in dem bisherigen Betriebe gut bewährt.

m) Das Klapptor im Oberhaupt. Die allgemeine Anordnung des Klapptores im Oberhaupt schließt sich eng an die bei sämtlichen Klapptores des Ems-Weser-Kanals angewandte Konstruktion an, die sich hier gut bewährt hat. Bei der Prüfung der Frage, ob die Torlager nach dem Muster der beim Rhein-Herne-Kanal angewandten Konstruktionen als Gleitlager mit einem Spielraum von je 2 cm nach vorn und nach hinten auszubilden wären, oder ob die bei der Schachtschleuse angewandten Kurbellager beibehalten werden können, entschied man sich für die letzteren. Bei dieser Entscheidung waren die Erfahrungen an der Schachtschleuse maßgebend. Dort haben sich zwischen das Klapptor und seine Anschläge wiederholt Holzstücke, Drahtseile und Eisschollen geklemmt, die infolge der Kurbellagerung keinen Schaden anrichten konnten, dagegen bei einem Spielraum von nur 2 cm in den Lagern wahrscheinlich ernsthaftere Beschädigungen herbeigeführt hätten. Es wurden allerdings fast alle Abmessungen der Lagerplatte nebst Verankerungen gegenüber der Konstruktion an der Schachtschleuse erheblich verstärkt und außerdem an den Seitenmauern seitliche Stütznaggen angeordnet, damit das Tor bei dem nur einseitigen Antrieb nicht quer zur Schleusenachse ausweichen kann und die bei gefüllter Schleusenachse auf das Tor quer zur Schleusenachse etwa auftretenden Kräfte unmittelbar auf das Mauerwerk übertragen werden, ohne die Kurbellager zu belasten (Abb. 21).





Abb. 25. Ansicht des Unterhauptes mit den beiden Steuerhäusern für die Motoren des Sieltores und Zylinderschützes.

Das Gesamtgewicht des Tores mit den Anschlaghölzern beträgt rund 15 t. Die Luftkästen sind so bemessen, daß das geöffnete Tor noch etwa 2 t Uebergewicht hat. Das Tor wird mittels Triebstock und Pleuelstange nur einseitig bewegt, wobei die innere Steifigkeit der Eisenkonstruktion so stark ist, daß ein wesentliches Verkanten selbst bei 10 cm Ueberdruck nicht eintritt. Damit beim Niederklappen des Tores das Wasser unter dem Tore ungehindert abströmen kann, ist die Schwelle vor der Klappturnische abgeschrägt.

n) Das Sieltor im Unterhaupt. Da die bereits im Abschnitt 2 erwähnte Eisenbetonbrücke zur Ueberführung der Friedrich-Wilhelm-Straße über das Unterhaupt ohne wesentliche Mehrkosten mit den Seitenwänden des Unterhauptes als allseitig eingespannter Rahmen ausgebildet werden konnte, ergab sich damit die Möglichkeit, den östlichen Träger der Brücke als oberen Anschlag für das Untertor zu benutzen, so daß dieses als Sieltor ausgebildet werden konnte. Die Dichtung der beiden Sieltorflügel erfolgt an den oberen und unteren Toranschlügen und in den Wendensichen durch Eichenholzleisten, hingegen an der senkrechten gemeinsamen Schließfuge mittels eines breiten, vorragenden Gummiwulstes, der an dem südlichen Torflügel angebracht ist, durch den Wasserdruck in der Schleusenammer an die Dichtungsleiste des nördlichen Torflügels angepreßt wird und so eine völlige Dichtung bewirkt. Es mußte bei dieser Anordnung des Gummiwulstes aber Vorsorge getroffen werden, daß beim Öffnen der Torflügel dieser südliche Flügel mit dem Gummiwulst vor den nördlichen Flügel voreilt, beim Schließen hingegen später in die Endlage kommt, damit ein Klemmen oder gar ein Abreißen des Gummiwulstes unter allen Umständen vermieden wird. Durch eine entsprechende Schaltung der Motoren wird diese Bedingung gut erfüllt.

o) Die elektrische Einrichtung der Bewegungsvorrichtungen (Abb. 22 und 25). Die Tore und Schütze werden elektrisch angetrieben. Im Notfall können sie auch von Hand bewegt werden. Die Antriebsvorrichtungen sind in vier Steuerhäusern unter-

gebracht, deren Anordnung aus Abb. 22 und 25 ersichtlich ist.

Umspannung. Die elektrische Energie wird als Drehstrom mit 6000 Volt Spannung vom Hauptpumpwerk auf dem linken Weserufer über die Kanalbrücke in einem Erdkabel nach dem Umspannraum geleitet, der im Steuerhaus IV auf der Südseite des Unterhauptes angeordnet ist. Hier sind zwei Transformatoren von 100 kVA und von 10 kVA aufgestellt, von denen ersterer nur während der Schleusungszeiten eingeschaltet wird. Der kleine 10-kVA-Transformator soll außerhalb der Betriebszeiten, wenn nur Lichtstrom gebraucht wird, die inneren Spannungsverluste im Transformator auf ein Mindestmaß zurückführen. Die Maschinenspannung beträgt 580/220 Volt. In einem zweiten neben dem Umspannraum gelegenen Niederspannungsschalt-raum ist die Schalttafel angeordnet.

Kabel. Von hier aus werden die beiden Enden des Hauptstromzuführungskabels (Ringkabels) für den Antrieb sämtlicher Motoren — mit Ausnahme der Spille —, die beiden Steuerkabel für die Süd- und Nordseite der Schleusenammer, die drei Einzelkabel für die Spille I, II und III, das Lichtkabel mit Erdleitung für das Schleusenmeisterdienstgehöft und das Sperrleitungskabel als Landkabel ausgeführt. Die nach der Nordseite der Schleuse führenden Ring- und Steuerkabel sind in derselben Ausparung wie das 6000-Volt-Hauptkabel unter der Eisenbetonbrücke über das Unterhaupt herübergeführt. Bei der Kreuzung des Oberhauptes sind sie als eisendrahtarmierte Flußkabel in der Obertornische verlegt. Starke Schutzkappen aus verzinktem Eisenblech verhindern ihre Verletzung durch Stangen der Schiffsbesatzungen. Für die Beleuchtung auf der Schleusenammer ist eine aus dem Dachreiter des Steuerhauses IV herausgeführte Freileitung vorgesehen.

Steuerung. Die Antriebsmotoren werden nicht von einer gemeinsamen Steuerbrücke aus — wie bei der Schachtschleuse des Nordabstiegs —, sondern von den vier Steuerhäusern am Ober- und Unterhaupt aus gesteuert. Für die Bedienung der ganzen Schleuse ist im allge-



meinen die Südseite vorgesehen. Hier befinden sich auch die drei Spille und die Einfahrtsleitwerke.

Grundsätzlich kann jeder Motor am Ober- und Unterhaupt sowohl von der Nordseite als auch von der Südseite aus eingeschaltet werden. Es erschien nicht notwendig, die Motoren des Oberhauptes auch vom Unterhaupt aus und umgekehrt zu steuern. Nur das im Oberhaupt untergebrachte Sparbeckenschütz III des unteren (nördlichen) Sparbeckens kann vom Oberhaupt und vom Unterhaupt aus bewegt werden, damit beim Füllen der Schleusenammer der Schleusenwärter nach Schließen des Untertores nicht erst nach dem Oberhaupt zu gehen braucht, um das Schütz III zu bedienen. Es wird hierdurch wesentlich an Bedienungszeit gespart. Die Steuerung der einzelnen Antriebe erfolgt also in doppelter Weise:

- a) Die Oberhauptschütze I und II vom Oberhaupt Nord- und Südseite;
- b) das Klapptor (Obertor) vom Oberhaupt Nord- und Südseite;
- c) das Sparbeckenschütz III für das untere Sparbecken vom Oberhaupt Nord- und Südseite und vom Unterhaupt Südseite;
- d) das Sparbeckenschütz IV für das obere Sparbecken vom Oberhaupt Nord- und Südseite;
- e) das Untertor vom Unterhaupt Nord- und Südseite;
- f) die Unterhauptschütze V und VI vom Unterhaupt Nord- und Südseite.

Für die Steuerung sind im Innern der vier Steuerhäuser normale Walzenschalter angebracht, die von außen durch einen Steckschlüssel betätigt werden müssen. Je zwei zusammengehörige Motoren, also je zwei Schützmotoren für die Umlaufzylinderschütze I und II bzw. V und VI und die beiden Tormotoren für die Flügel des Untertores werden gleichzeitig durch einen Umschalter gesteuert. Wenn nur ein Motor gesteuert werden soll, kann der andere Motor durch einen Drehausschalter im Innern der Steuerhäuser abgeschaltet werden. Beim Schließen der Zylinderschütze I bis VI läuft der Motor ununterbrochen durch, bis das Schütz geschlossen ist und der Motor durch den Endausschalter stillgesetzt wird. Beim Öffnen der Schütze werden dagegen durch den Steuerschalter die Zwischenrelais und die Wicklung des Sekundenrelais eingeschaltet, so daß die Schütze zunächst nur wenig und erst nach einer gewissen Pause ganz geöffnet werden und somit die Schiffe nicht durch wellenförmige Schwankungen des Wassers in der Schleusenammer beunruhigt werden. Das Sekundenrelais ist einstellbar, d. h. es kann die Auslösezeit zwischen 1 und 15 Sekunden eingestellt werden. Für die selbsttätige Ausschaltung der Antriebe am Ende der Bewegung sind bei sämtlichen Motoren Spindelendausschalter angeordnet. Zur Abschaltung der Antriebe in den einzelnen Steuerhäusern ist für jeden Motor ein besonderer gekapselter Schaltkasten angebracht.

Die Fernsteuerung der Schützenmotoren wird durch Fernumschalter getätigt. Die Motoren sind dabei mit einem festen Läuferwiderstand versehen, der bewirkt, daß der Motor mit seinem annähernd maximalen Drehmoment anläuft. Infolge dieses dauernd, d. h. auch während des Betriebes, vorgeschalteten Widerstandes ist die Leistung, die Drehzahl und der Wirkungsgrad des Motors um etwa 10 bis 20 vH vermindert. Da bei diesen Schleusenanstrieben eine Regelung der Drehzahl während des Betriebes nicht erforderlich ist, und da es sich um äußerst kurze Betriebszeiten handelt, ist diese vereinfachte Anlaßart zulässig. Soll ein Tor oder Schütz geöffnet werden, so erhält nach Betätigung des Steuerschalters die Wicklung des im Fernumschalter angeordneten Umschalterschützes über den Spindelenschalter Strom. Die Hauptkontakte dieses Umschalterschützes schalten dann den Motor für diejenige Drehrichtung, die dem Öffnen des Tores entspricht, ein. Jedes Umschalt-

schütz ist mit einem Abhängigkeitskontakt versehen, und zwar mit einem Ruhekontakt (bei eingeschaltetem Schütz offen). Durch diesen Ruhekontakt wird die Zuleitung zu dem anderen Umschalterschütz unterbrochen, so daß es nicht möglich ist, auch bei unbeabsichtigter Betätigung des zweiten Steuerschalters den Motor für die entgegengesetzte Drehrichtung einzuschalten, solange er läuft. Will man die Drehrichtung umkehren, dann braucht man nur den Steuerschalter umzulegen.

Bei diesen Schaltungen ist also ein verkehrtes Anlassen ausgeschlossen, und die Antriebsbewegung kann jeden Augenblick unterbrochen und im umgekehrten Sinne weitergeführt werden. Für die Einschaltung der Torantriebsmotoren sind die vorerwähnten Fernumschalter nicht mehr ausreichend. Es sind daher für die Fernsteuerung dieser Motoren Selbstanlasser mit Hilfsmotorantrieb angeordnet.

**Verriegelung.** Auf Grund der langjährigen Erfahrungen an der Schachtschleuse des Nordabstiegs sind folgende elektrische Verriegelungen vorgesehen:

- a) Kein Schütz kann geöffnet werden, solange ein Tor, gleichgültig ob Ober- oder Untertor, geöffnet ist.
- b) Die Sparbeckenschütze III und IV können nicht eher geöffnet werden, als bis außer dem Untertor auch noch die Umlaufschütze V und VI geschlossen sind, damit auf jeden Fall ein Durchströmen der Schleusenammer und hierdurch bedingt eine gefährliche Bewegung der Schiffe in der Schleusenammer verhindert wird.
- c) Die Umlaufschütze V und VI können nicht eher geöffnet werden, als bis die Schütze I, II, III und IV und das Obertor geschlossen sind, damit ein Abfließen des Oberkanals und ein Durchströmen der Schleuse vermieden wird.
- d) Die Umlaufschütze I, II, V und VI können bei geöffnetem Ober- bzw. Untertor zwar geschlossen, aber nicht geöffnet werden.

Eine ausführliche Beschreibung dieser elektrischen Einrichtung neuester Ausführung ist von Dipl.-Ing. Haacke (Siemens-Schuckert-Werke, Berlin) in der „Siemens-Zeitschrift“, Oktober 1927, Nr. 10 veröffentlicht worden.

#### 4. Ausführende Unternehmer.

Bei den Bauarbeiten waren in der Hauptsache folgende Firmen tätig:

1. Philipp Holzmann A.-G., Frankfurt am Main:  
Beton- und Maurerarbeiten des Schleusenbauwerks, Eisenbetonstraßenbrücke über das Unterhaupt.
2. Akt.-Gesellschaft für Eisenindustrie und Brückenbau vorm. Johann Caspar Harkort in Duisburg:  
Obertor und Untertor.
3. Dortmunder Brückenbau A.-G. Jucho, Dortmund:  
Eiserner Ueberbau der Eisenbahnanschlußbrücke über den Unterkanal.
4. Friedrich Krupp-Grusonwerk A.-G. in Magdeburg-Buckau:  
Tortriebwerke, Zylinderschütze und Spille mit ihren Triebwerken.
5. Siemens-Schuckert-Werke in Berlin:  
Elektrische Ausrüstung.
6. Schütte Akt.-Ges. für Tonindustrie, Heisterholz bei Minden (Westf.):  
Lieferung der Klinker für die Verblendung.
7. Im Eigenbetriebe wurden ausgeführt:  
Der größte Teil der Erdarbeiten nebst Wasserhaltung, Betonufermauern im Oberkanal, Widerlager der Eisenbahnanschlußbrücke, Leitwerke im Ober- und Unterkanal, Umleitung der Friedrich-Wilhelm-Straße.



# Untersuchung des teilweise unterhöhlten, sonst gleichmäßig elastisch unterstützten Trägers.

Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. B. Stecher, Münster i. W.

Zur Ergänzung und Erweiterung des Aufsatzes von Dr. A. Freund über „Erweiterte Theorie für die Berechnung von Schleusenböden und ähnlichen Gründungskörpern“, Zeitschrift für Bauwesen 1927, S. 75 und 108 seien folgende kurze Angaben aus einer unter obestehender Ueberschrift vom Verfasser im Jahre 1919 eingereichten Doktor-Dissertation mitgeteilt, auf Grund deren im April 1920 die Promotion stattfand. Verfasser benutzte hierbei u. a. die früheren Abhandlungen von Dr. Freund über die Theorie gleichmäßig elastisch unterstützter Körper mit dessen Kenntnis, ging aber im übrigen bezüglich des Rechnungsganges eigene Wege.

Bei teilweise unterhöhlten Trägern, wie sie z. B. jedes Bauwerk im Bergsenkungsgebiet darstellen kann, oder wie sie bei Unterspülungen von Bauwerken vorkommen, handelt es sich um die Lösung der Grundaufgabe:

Die größte mögliche Unterhöhlungs-länge  $x$  und die im Träger und Untergrund auftretenden größten Spannungen zu ermitteln.

Als einzige, praktisch in Frage kommenden Belastungs- und Unterhöhlungsfälle wurden folgende untersucht:

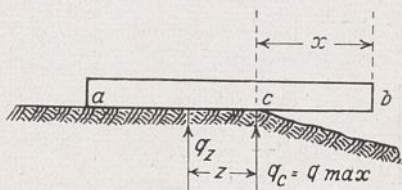


Abb. 1.

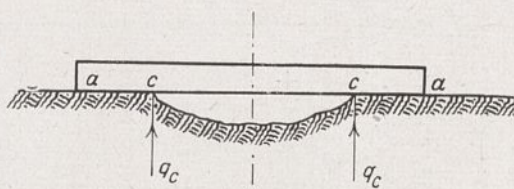


Abb. 2.

Bei der Unsicherheit der Berechnungsannahmen (s. auch den Aufsatz von Dr. Freund\*) hat die Untersuchung anderer Fälle nachweislich keine praktische Bedeutung.

Der Grenzwert der Unterhöhlung ist dadurch gegeben, daß die Bodenpressung  $q_c$  gleich der Bodenfestigkeit wird.

Bei größerer Unterhöhlungslänge stürzt der Boden nach und die Unterhöhlungslänge wird von selbst verringert.

Als Ausgang dient, ähnlich wie bei Freund, die Grundformel

$$1) \quad \begin{cases} y_z = \frac{p}{E_u} + A \cdot \cos \varphi \cdot \cos \varphi + B \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \\ \quad \quad \quad + C \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi + D \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi, \end{cases}$$

wobei

$$2) \quad \varphi = m \cdot z; \quad m = \sqrt[4]{\frac{E_u \cdot b}{4 E J}}$$

ist.  $y_z$  ist die Ordinate der Biegelinie,  $z$  die zugehörige Abszisse,  $E_u$  die Elastizitätszahl des Untergrundes.

\*) Z. f. B. 1927. Ingenieurbauteil Heft 7-9 S. 75 und Heft 10 bis 12 S. 108.

Folgende Abkürzungen werden eingeführt:

$$3) \quad \begin{cases} \cos \varphi \cdot \cos \varphi = \alpha \varphi; \\ \sin \varphi \cdot \cos \varphi = \beta \varphi; \\ \cos \varphi \cdot \sin \varphi = \gamma \varphi; \\ \sin \varphi \cdot \sin \varphi = \delta \varphi. \end{cases}$$

Dies sind die sogenannten  $\alpha$ -Funktionen.

Aus 3) folgt durch Differenzieren nach  $q$

$$4) \quad \begin{cases} \frac{d\alpha\varphi}{dq} = \alpha'\varphi = \beta\varphi - \gamma\varphi; \\ \beta'\varphi = \alpha\varphi - \delta\varphi; \\ \gamma'\varphi = \alpha\varphi + \delta\varphi; \\ \delta'\varphi = \beta\varphi + \gamma\varphi. \end{cases}$$

Weiter folgt:

$$5) \quad \begin{cases} y_z = \frac{p}{E_u} + A \cdot \alpha\varphi + B \cdot \beta\varphi + C \cdot \gamma\varphi + D \cdot \delta\varphi; \\ \operatorname{tg} \psi = \pm m \cdot (A \cdot \alpha'\varphi + B \cdot \beta'\varphi + C \cdot \gamma'\varphi + D \cdot \delta'\varphi); \\ M_n = -2 \cdot E \cdot J \cdot m^2 (A \cdot \delta\varphi + B \cdot \gamma\varphi - C \cdot \beta\varphi - D \cdot \alpha\varphi); \\ Q_n = \pm 2 \cdot E \cdot J \cdot m^3 (A \cdot \delta'\varphi + B \cdot \gamma'\varphi - C \cdot \beta'\varphi - D \cdot \alpha'\varphi). \end{cases}$$

Auf dieser Grundlage wurden zunächst für die beiden Belastungsfälle I und II die für den unterhöhlten und für den unterstützten Trägerteil geltenden Formeln entwickelt und die Integrationsfestwerte berechnet.

Für die praktische Anwendung der Untersuchungen wurden dann in ähnlicher Weise wie von Freund Näherungsformeln abgeleitet, wobei aber nicht von der Gesamtlänge  $l$  des Trägers, sondern von seiner Auflagerlänge  $l-x$  bzw. von  $m(l-x) = \lambda - \xi$  ausgegangen wurde. Hierbei ergeben sich folgende Grenzfälle:

- a) Starrer Träger. Elastische Linie auf ganzer Länge eine Gerade.
- b) Starr aufgelagerter Träger. Elastische Linie über den Auflagerflächen eine Gerade.
- c) Kurz aufgelagerter Träger. Auf ihn trifft die strenge Theorie zu.
- d) Lang aufgelagerter Träger. S. u.

Es ist noch zu beachten, daß von einem gewissen Verhältnis von Auflagerungs- und Unterstützungslänge an über der Auflagerfläche Zugspannungen auftreten. Mangels einer zugfesten Verbindung mit dem Untergrund löst sich hier der Träger auf die Länge der Zugzone von der Unterlage ab.

Im folgenden sind die Berechnungsformeln für die einzelnen Fälle zusammengestellt. Die Zwischenrechnungen mußten wegen Raummangels hier weggelassen werden.

Zur Erläuterung diene vorher folgendes:

a) Endunterhöhlung.

1. Die Berechnung für den starren Träger geht nach den üblichen Formeln der Statik starrer Körper vor sich.

Es ergibt sich:

$$6) \quad q_c = p \frac{\lambda}{\lambda - \xi}.$$

Setzt man  $\tau_1 = \frac{q_c}{p}$ , so wird

$$7) \quad \tau_1 = \frac{\lambda}{\lambda - \xi},$$

oder bei Einführung des „Unterhöhlungsgrades“  $\alpha = \frac{\xi}{\lambda}$

$$8) \quad \tau_1 = \frac{1}{1 - \alpha}.$$

2. Starr aufgelagerter Träger ohne Zugspannungen über dem Auflager.



Tabelle. Zusammenstellung der Formeln.

Bezeichnung	a) Endunterhöhung ohne Zugspannungen.			b) Endunterhöhung mit Zugspannungen			c) Mittelunterhöhung
	Starre Auflagerung	Kurze Auflagerung	Lange Auflagerung	Starre Auflagerung	Kurze Auflagerung	Lange Auflagerung	Starre Auflagerung
1. Formeln. a) Unterstützter Teil.	$yz = A - B \cdot m \cdot z$ $\frac{dy}{dz} = -B \cdot m$	$yz = \frac{p}{Eu} + A\alpha\varphi + B\beta\varphi + C\gamma\varphi + D\delta\varphi$ $\frac{dy}{dz} = m(A\alpha'\varphi + B\beta'\varphi + C\gamma'\varphi + D\delta'\varphi)$ $\frac{d^2y}{dz^2} = -2m^2(A\delta\varphi + B\gamma\varphi - C\beta\varphi - D\alpha\varphi)$ $\frac{d^3y}{dz^3} = -2m^3(A\delta'\varphi + B\gamma'\varphi - C\beta'\varphi - D\alpha'\varphi)$	Wie bei kurzer Auflagerung.	Wie bei a.	Wie bei a.	Wie bei a.	Wie bei a.
b) Unterhöhlter Teil.	$yv = \frac{pm^4v^4}{6Eu} + Fmv + G$ $\frac{dy}{dv} = \frac{2pm^4v^3}{5Eu} + Fm$ $\frac{d^2y}{dv^2} = \frac{2pm^4v^2}{Eu}$	Wie bei starrer Auflagerung. $\frac{d^3y}{dv^3} = \frac{4pm^4v}{Eu}$	Wie bei starrer Auflagerung.	Wie bei a.	Wie bei a.	Wie bei a.	$yv = \frac{pm^4v^4}{6Eu} + \frac{Fm^2v^2}{2} + H$ $\frac{dy}{dv} = \frac{2pm^4v^3}{5Eu} + Fm^2v$ $\frac{d^2y}{dv^2} = \frac{2pm^4v^2}{Eu} + Fm^2$ $\frac{d^3y}{dv^3} = \frac{4pm^4v}{Eu}$
c) Zugzone.	—	—	—	—	—	—	—
2. Integrationsfestwerte.	$A = \rho \cdot A'; B = \rho \cdot B'$ u. s. f. $\rho = \frac{p}{Eu}$ $A' = \frac{\lambda(\lambda + 2\xi)}{(\lambda - \xi)^2}$ $B' = \frac{6\lambda\xi}{(\lambda - \xi)^3}$ $F' = -\frac{2\xi}{5(\lambda - \xi)^3} \{9\lambda + \xi^3(\lambda - \xi)^3\}$ $G' = \frac{1}{2(\lambda - \xi)^3} \{2\lambda(\lambda^2 + \lambda\xi + 2\xi^2) + \xi^4(\lambda - \xi)^3\}$	$\rho = \frac{p\xi}{Eu(S-2)}$ $A' = 2S' + \xi S''$ $B' = -\{\xi S''' + 4\xi \sin^2(\lambda - \xi)\}$ $C' = -\{\xi S''' + 4\xi \sin^2(\lambda - \xi)\}$ $D' = \xi(S-2)$ $F' = -\frac{2}{5} \{\xi^2(S-2) + 5\xi S'' + 5\xi S'''\}$ $G' = \frac{1}{2\xi} \{(\xi^4 + 2)(S-2) + 4\xi^3 S'' + 6\xi^2 S'' + 4\xi S'\}$	$\rho = \frac{p\xi}{Eu}$ $A' = 2 + \xi$ $B' = -A'$ $C' = -\xi$ $D' = -C'$ $F' = -\frac{2}{5} \{\xi^2 + 5\xi + 3\}$ $G' = \frac{1}{2\xi} \{\xi^4 + 4\xi^3 + 6\xi^2 + 4\xi + 2\}$	$\rho = \frac{p}{Eu}$ $A' = \frac{12\lambda}{\lambda - 2\xi}$ $B' = \frac{8\lambda}{(\lambda - 2\xi)^2}$ $F' = -\frac{2}{(\lambda - 2\xi)^2} \times \{5\xi^3(\lambda - 2\xi)^2 - 4\lambda\xi\}$ $G' = \frac{1}{2(\lambda - 2\xi)^2} \times \{8\lambda(5\lambda - 8\xi) + 9\xi^4(\lambda - 2\xi)^2\}$ $H' = -56\xi_1; K' = 18\xi_1^2$ $L' = -B'$ $\xi_1 = \frac{1}{2}(4\xi - \lambda)$ $\xi = \frac{\lambda}{4}$ $\eta = \frac{4}{5(1-2x)}$	$\rho = \frac{p}{Eu(S_r - 2)}$ $A' = \xi^2 S_r'' + 2\xi S_r' - 4\xi_1^2 \delta_r + 4\xi_1 \cdot \alpha_r'$ $B' = -\{\xi^2 S_r''' + 4\xi \sin^2 \tau - 2\xi_1^2 \delta_r' - 4\xi_1 \cdot \delta_r\}$ $C' = -\{\xi^2 S_r''' + 4\xi \sin^2 \tau - 2\xi_1^2 \delta_r' - 4\xi_1 \cdot \delta_r\}$ $D' = \xi^2(S_r - 2)$ $F' = -\frac{2}{5} \{\xi^3(S_r - 2) + 5\xi^2 S_r'' + 5\xi S_r' - 6\xi_1^2 \delta_r' - 12\xi_1 \delta_r\}$ $G' = \frac{1}{2} \{(\xi^4 + 2)(S_r - 2) + 4\xi^3 S_r'' + 6\xi^2 S_r' + 4\xi S_r' + 8\xi_1[\alpha_r' - \delta_r(2\xi + \xi_1) - \delta_r' \cdot \xi \cdot \xi_1]\}$ $H' = -4\xi_1(S_r - 2); K' = 2\xi_1^2(S_r - 2)$ $L' = -2\{2\xi^2 \delta_r' + 4\xi \delta_r - \xi_1^2 S_r'' - \xi_1 S_r'\}$ $\xi_1 = -\frac{1}{S_r'} \left\{ S_r' - \sqrt{S_r'^2 + S_r''[4\delta_1 \xi^2 - 4\alpha_r' \xi - (S_r - 2)]} \right\}$ $\xi = \frac{1}{2\delta_{\lambda-\xi}} \left\{ \alpha_{\lambda-\xi}' + \sqrt{\alpha_{\lambda-\xi}'^2 + (S-2)\delta_{\lambda-\xi}} \right\}$ $\eta = \frac{1}{S_r - 2} \{(S_r - 2) + \xi^2 S_r'' + 2\xi S_r' - 4\delta_1 \xi_1^2 + 4\alpha_r' \xi_1\}$	$\rho = \frac{p}{Eu(\lambda - \xi)[5 + \xi(\lambda - \xi)^3]}$ $A' = 5\lambda + \xi(\lambda - \xi)^2(\lambda^2 + 2\lambda\xi - \xi^2)$ $B' = 2\lambda^2(\lambda - \xi)(5\lambda - \xi)$ $F' = -\frac{2}{5} \xi(\lambda - \xi) \{9\lambda + \xi^2(\lambda - \xi)^3\}$ $H' = \frac{1}{6} \{18\lambda + 5\xi(\lambda - \xi)(2\lambda^3 + 2\lambda^2\xi + 8\xi^3) + \xi^5(\lambda - \xi)^4\}$	
5. Länge der Zugzone.	—	—	—	—	—	—	—
4. Grenzfall f. d. Auftreten der Zugzone.	—	—	—	—	—	—	—
5. Bodenpressung.	$\eta = \frac{1+2x}{(1-K)^2}$	$\eta = \frac{1}{S-2} \{(S-2) + 2\xi S' + \xi^2 S''\}$	$\eta = 1 + 2\xi + \xi^2$	$\eta = \frac{4}{5(1-2x)}$	$\eta = \frac{1}{S_r - 2} \{(S_r - 2) + \xi^2 S_r'' + 2\xi S_r' - 4\delta_1 \xi_1^2 + 4\alpha_r' \xi_1\}$	Wie bei a.	$\eta = \frac{5 + x\lambda^4(1-x)^2(1+2x-x^2)}{(1-x)[5 + x\lambda^4(1-x)^3]}$
6. Momente und Querkkräfte.	$M_c = -\frac{pbx^2}{2}$ $Q_c = Q_{\max} = pbx$	Wie bei starrer Auflagerung.	Wie bei starrer Auflagerung.	Wie bei a.	Wie bei a.	Wie bei a.	$M_{\max} = \frac{bp\xi}{6m^2} \cdot \frac{9\lambda + \xi^2(\lambda - \xi)^3}{5 + \xi(\lambda - \xi)^3}$ $Q_c = Q_{\max} = pbx$



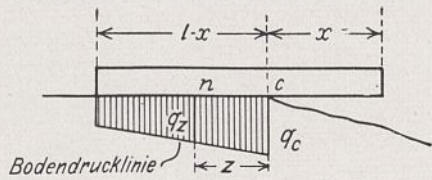


Abb. 5.

3. Starr aufgelagerter Träger mit Zugspannungen über dem Auflager.

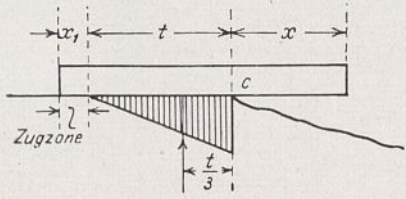


Abb. 4.

4. Kurz aufgelagerter Träger ohne Zugspannungen über dem Auflager.

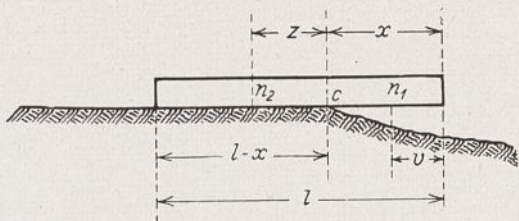


Abb. 5.

5. Kurz aufgelagerte Träger mit Zugspannungen über dem Auflager.

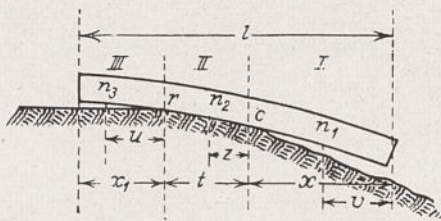


Abb. 6.

6. Lang aufgelagerter Träger ohne Zugspannungen über dem Auflager.

In den Formeln für den kurz aufgelagerten Träger erscheinen die sogenannten „S-Funktionen“

$$9) \begin{cases} S = \cos 2(\lambda - \xi) + \cos 2(\lambda - \xi); \\ S' = \sin 2(\lambda - \xi) - \sin 2(\lambda - \xi); \\ S'' = \cos 2(\lambda - \xi) - \cos 2(\lambda - \xi); \\ S''' = \sin 2(\lambda - \xi) + \sin 2(\lambda - \xi). \end{cases}$$

Mit zunehmender Größe des Argumentes  $2(\lambda - \xi)$  nähern sich die in den Formeln vorkommenden Werte

$\frac{S'}{S-2}$ ,  $\frac{S''}{S-2}$  und  $\frac{S'''}{S-2}$  der Grenze 1. Die genügend genaue Annäherung, die praktisch bei

$$\lambda - \xi = \frac{7}{8} \pi \sim 2,75$$

angenommen werden kann, kennzeichnet den Beginn der langen Auflagerung.

7. Lang aufgelagerter Träger mit Zugspannungen über dem Auflager.

Die Untersuchung ergibt, daß bei einem lang aufgelagerten Träger niemals Zugspannungen über dem Auflager auftreten.

b) Symmetrische Mittelunterhöhung.

1. Starrer Träger s. a) 1.
2. Starr aufgelagerter Träger. (Abb. 7.)
3. Kurz aufgelagerter Träger. Kommt nach den Untersuchungen praktisch, d.h. bei Werten von  $\lambda$  unter 5,0 nicht vor, ebenso nicht der
4. Lang aufgelagerte Träger, der außerdem sehr kleine Unterhöhungslängen voraussetzt.

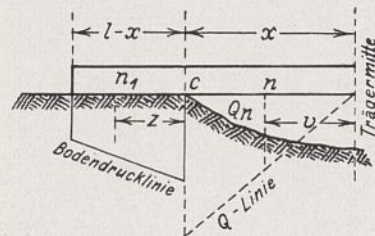


Abb. 7.

Von der Wiedergabe der Formeln für kurze und lange Auflagerung bei Mittelunterhöhung wurde daher hier abgesehen.

Zusammenstellung der Formeln s. Tabelle Seite 306.

Die praktische Anwendung der in der Tabelle zusammengestellten Formeln wird erleichtert durch die Abb. 8 bis 10; denn die Formeln lassen unmittelbar nur

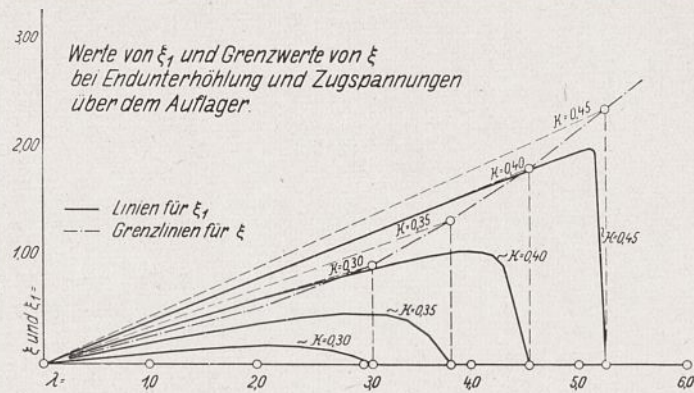


Abb. 8.

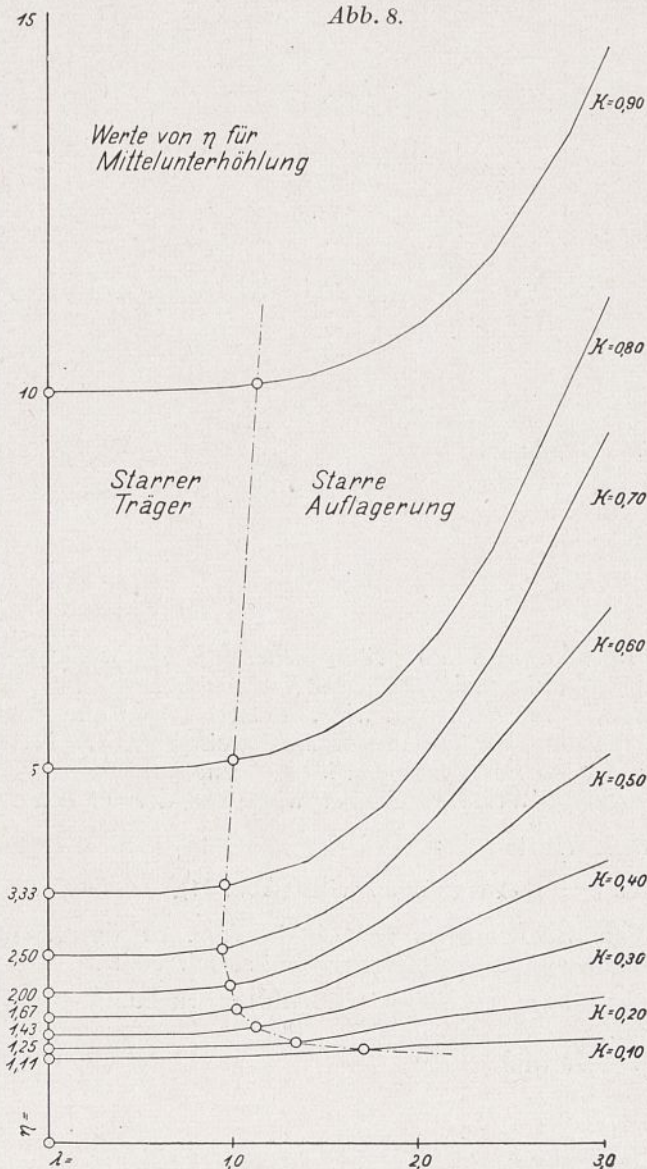


Abb. 9.



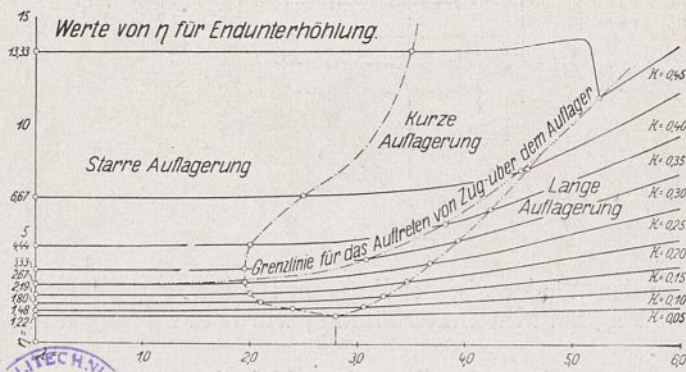


Abb. 10.

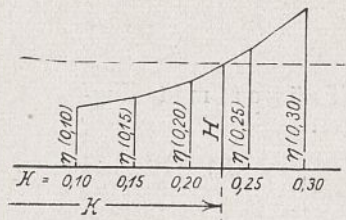


Abb. 11.

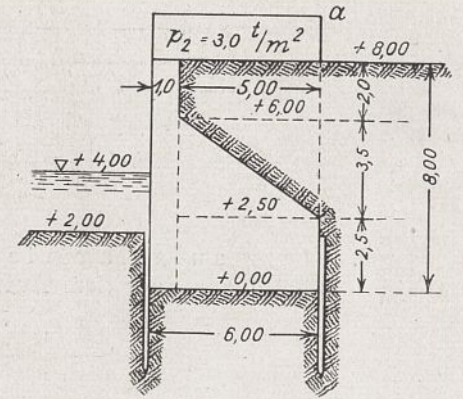


Abb. 12.



Mittelunterhöhung.

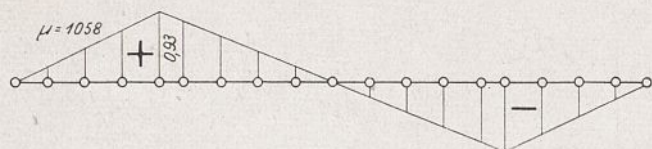
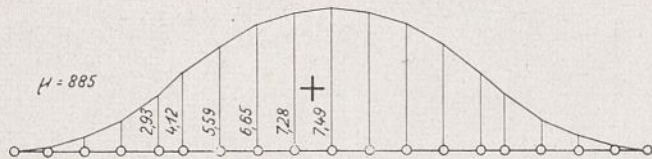
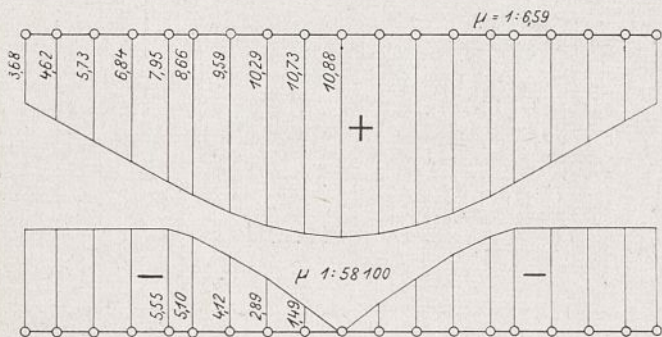


Abb. 15.

Endunterhöhung.

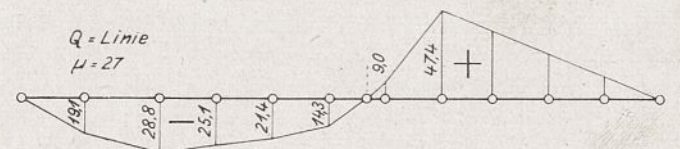
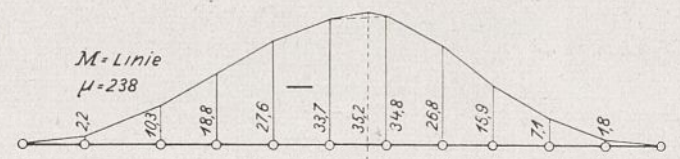
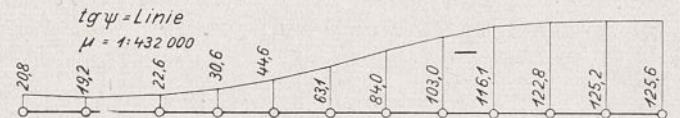
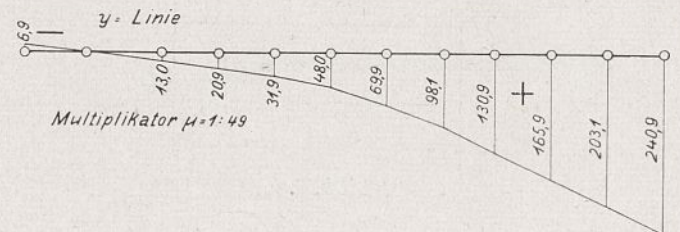
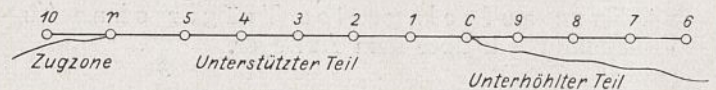


Abb. 14.

eine Berechnung von  $q_c$  für gegebenes  $\xi$  zu, wohingegen in der Praxis meist umgekehrt zu gegebenem  $q_c$  der Grenzwert von  $\xi$  gesucht wird. Letzteres geht nun so vor sich, daß aus den Tafeln durch Abgreifen der Ordinaten der  $\eta$ -Linien zu gegebenem  $\lambda$  eine neue  $\eta$ -Linie für verschiedene  $K$ -Werte gezeichnet wird, aus der zu den bekannten Werten  $H = \frac{q_c}{p}$  der zugehörige Wert  $K$  und daraus  $\xi = K \cdot \lambda$  gefunden wird (Abb. 11).

Zum Schluß seien für die in Abb. 12 dargestellte Ufermauer die Berechnungsergebnisse mitgeteilt:

$l = 50$  m; zulässige Bodenbeanspruchung  $\sigma = 4,0$  kg/cm<sup>2</sup>.  
 $p = 20$  t/m<sup>2</sup>.

$$q_c = 2,5 \cdot \sigma = 100 \text{ t/m}^2. \quad \eta = \frac{100}{20} = 5,0.$$

$E_u$  angenommen 50 000 t/m<sup>3</sup>;

$E = 2\,100\,000$  t/m<sup>2</sup>.  $J = 216$  m<sup>4</sup>.

$m = 0,1154$ .

$\lambda$  für Endunterhöhung 3,40; für Mittelunterhöhung 1,70.

$\xi$  für Endunterhöhung 1,17.

$\xi_1$  (Länge der Zugzone) 0,50.

$\xi$  für Mittelunterhöhung 0,95.

Die Biegelinien nebst ihren Ableitungen sind in Abb. 15 und 14 dargestellt.







