

## Neuere amerikanische Gefängnisbauten.

Von Dr. Chr. Ranck, Erster Baudirektor, Hamburg.

(Schluß aus Heft 3, Seite 60.)

### II.

#### *Minnesota State Prison in Stillwater.*

Wenn ich jetzt zur Schilderung einzelner neuerer Anstalten übergehe, so brauche ich auch dabei einen Unterschied zwischen der Bestimmung der einzelnen Anstalten, ob als Reformatory für jüngere und erstmalig bestrafte Gefangene oder als Penitentiary oder State prison für ältere Verbrecher und schwerere Strafen, nicht zu machen. Nur die nach dem Cottagesystem errichteten Reformatories und Besserungsschulen für Frauen und Kinder bilden eine Gruppe für sich.

Eine systematische Sonderung der Anstalten ist nicht leicht. Ich möchte sie nach dem Grade, in welchem man dem Ziel der Klassifikation nähergekommen ist, in eine Reihenfolge bringen. Voranstellen möchte ich aber den neuen Teil des

#### *Sing-Sing-Gefängnisses*

bei New York, weil diese Anlage, die noch unvollendet ist, eine besondere Aufgabe nach den Absichten der New-Yorker „State Commission on New Prisons“ einnehmen soll. Die „Sage Prison Bill“ sieht die Errichtung eines neuen „study classification and distributing prison“ vor, also eines Gefängnisses, von welchem der Gefangene, nachdem man von ihm durch das eingehende Studium seiner körperlichen, geistigen und moralischen Beschaffenheit ein ganz deutliches Bild gewonnen hat, derjenigen staatlichen Strafanstalt zugewiesen werden soll, die am besten für seine individuellen Bedürfnisse geeignet ist. Wie der Architekt dieser neuen Anstalt, Lewis F. Pilcher, New York State Architect, rühmt, soll die Anstalt gewissermaßen ein „twentieth century prison elixir“ werden, also eine Anstalt, in welcher die besten reformatorischen Gedanken der Zeit Gestalt gewinnen. Der Kern der ganzen Anlage ist bereits oben geschildert worden, ebenso das Speisehallengebäude. Es war aber leider bei der Besichtigung nicht möglich, einen Plan der Gesamtanlage zu bekommen, so daß ein abgeschlossenes Urteil darüber nicht abzugeben ist, ob das erstrebte Ziel erreicht werden wird. Anscheinend besteht nicht die Absicht, einen durchgehenden Verbindungsflur zu bauen, um die einzelnen Teile der Anlage in einen bequemen Zusammenhang zu bringen. Da auch der von Pilcher aufgestellte und im „American Architect“ im Januar 1920 veröffentlichte Plan des Gefängnisses in Wingdale im State New York den verbindenden Flur nicht hat, so scheint der Erbauer von Sing-Sing und Wingdale nicht die gleiche Ueberzeugung von der Nützlichkeit, ja Notwendigkeit dieses Bauteiles zu haben, die der unvoreingenommene Beurteiler neuerer amerikanischer Gefängnisanlagen mit Notwendigkeit bekommen muß. Der Plan von Wingdale ist im übrigen insofern von Bedeutung, als er in zwei gesonderte Teile zerfällt, deren einer für die Gefangenen bestimmt ist, die unter ständiger und unmittelbarer Beaufsichtigung stehen müssen, während der andere diejenigen Gefangenen aufnehmen soll, die sich als vertrauenswürdig erwiesen haben. Dieser zweite Teil des Gefängnisses hat deshalb keine Umschließungsmauer.

Das Gefängnis in Stillwater, 1923 vollendet, hat als Hauptgebäude einen riesigen vier Stockwerke hohen Zellenbau (Abb. 19). Da die Zellen Innenzellen sind, so bildet das Zellenhaus an der einen Seite des Gefängnisrechtecks zugleich den Abschluß nach außen. Auf den drei anderen Seiten stehen Mauern mit Türmen. Außerhalb des Gefängnisabschlusses liegt vor der Mitte des Zellenbaues das Verwaltungsgebäude. In seinem Erdgeschoß nimmt ein Verbindungsflur seinen Anfang und durchschneidet das Erdgeschoß des Zellenbaues in der Mitte, an ihm sind in seinem weiteren Verlauf in der Mittelachse der ganzen Anlage die übrigen Gefängnisgebäude so aufgereiht, daß auch sie von ihm durchschnitten werden.

Im Zellenbau liegen in jedem Stockwerk rechts und links von der Mittelachse je zwei Zellenreihen von je 64 Zellen, in jedem Stockwerk also 256 Zellen und im ganzen Gebäude 1024. Die ganze Anordnung läßt eine Generalklassifikation in zwei Hauptgruppen zu, rechts und links von der Mittelachse. Dagegen ist die ausreichende Absonderung von Gruppen innerhalb der beiden Hauptgruppen beschränkt.

Die Gebäude der Anstalt sind hinter dem Zellenbau in folgender Reihenfolge an dem Verbindungsflur aufgereiht: Wäscherei- und Strafzellenbau, Speisehallen- und Küchenbau mit Kirchensaal, der zugleich als Theater- und Kinoraum dient, und ein Gebäude für Vorräte und dergleichen. Die Fabrikgebäude mit der Kraftstation sind von der Hauptanlage durch einen breiten Fahrweg getrennt, der die umschließenden Seitenmauern durchbricht. Die Durchgangstore sind durch Wachtürme gesichert. Außer den Industriegebäuden, die Bahnanschluß haben und in denen landwirtschaftliche Maschinen hergestellt werden sowie Bindegarn aus Sisalhanf zum Garbenbinden, ist der Anstalt als Arbeitsgelegenheit eine Farm angegliedert.

Neben der Hauptgebäudegruppe liegt auf der einen Seite das hufeisenförmig gebaute Hospital, das einen Gartenhof umschließt. Es hat eine eigene Küchenanlage und besondere Abteilungen für ansteckende und geistig Kranke, auch eine zahnärztliche Abteilung. Neben dem Hospital liegt ein Gewächshaus. Im Verwaltungsgebäude, das nach dem üblichen Programm gebaut ist, fällt ein sehr anständiges Beamtenkasino auf.

Die ganze Anlage ist außerordentlich solide aus guten Materialien gebaut. Die Innenwände der Küche, aller Flure und der Speisehalle sind mit gelblich-rötlichen ganz glatten Ziegeln verblendet, auf den Fußböden dieser Räume liegen matt geschliffene Kalksteinplatten, die Winkel zwischen Fußboden und Wand sind hier wie auch in anderen Anstalten zur besseren Reinhaltung ausgerundet. Die Zellenfußböden bestehen dagegen wie in fast allen neueren Gefängnissen nur aus einem Zement-

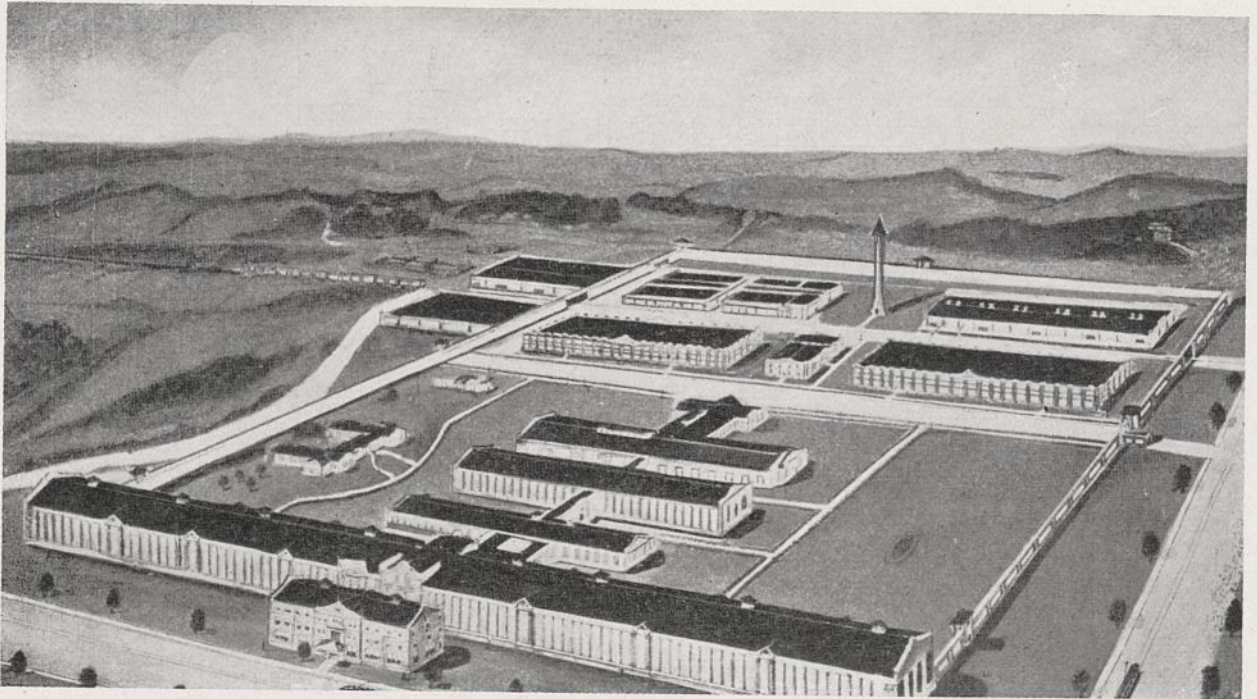


Abb. 19. Minnesota State Prison in Stillwater.

estrich, der zur Verhinderung des Reißens mit einem quadratischen weitmaschigen Rillennetz versehen ist. Häufig wird dieser Zementestrich übrigens rot gefärbt. Die Zellen im Strafzellenbau haben anstatt der Vergitterung der Vorderseiten eine dichte Holztür, sie erhalten Licht und Luft durch eine vergitterte Wandöffnung oberhalb der Tür.

*Erie County Penitentiary, Wende, N.Y.*

Das Erie County-Gefängnis weicht von der Anstalt in Stillwater in seiner Gesamtanlage ziemlich stark ab (Abb. 17 in Heft 5, Seite 60). Im übrigen ist es dadurch bemerkenswert, daß es entgegen einem Hauptgrundsatz der Klassifikation auch eine Abteilung für weibliche Gefangene hat. Dadurch verliert die Gesamtanlage stark an Uebersichtlichkeit.

Die Anstalt bedeckt ein Rechteck. An den beiden kürzeren Seiten erheben sich zwei große Zellenbauten mit Innenzellen. Zwischen beiden liegt, eingefügt in die auf der einen Längsseite des Rechtecks errichtete Gefängnismauer, ein großes Fabrikgebäude. In der Mitte der gegenüberliegenden Längsseite des Rechtecks steht das Verwaltungsgebäude, das durch niedrige Flügelbauten auf der einen Seite mit dem Weibergefängnis, auf der anderen Seite mit dem Wohnhaus des Warden verbunden ist. Zwei sich kreuzende Verbindungsflure verbinden das Verwaltungsgebäude mit den Gebäuden des Männergefängnisses. In der Querachse des einen Zellengebäudes ragt eine Kapelle seitlich aus dem Rechteck der Anlage heraus. Sie hat 780 Plätze, ist mit einer Bühne ausgestattet und dient zugleich als Kino. Das Hospital ist sehr wohnlich eingerichtet, ebenso einzelne Räume des Frauengefängnisses, in dessen Eßraum die Tische aus dicken Porzellanplatten bestehen. Die Speisehalle der Männer hat dagegen Holztische.

Die Anstalt ist für kurzfristige Strafen bestimmt. Ihre Insassen sind infolgedessen verhältnismäßig vertrauenswürdig, so daß sie in der Hauptsache mit Farmarbeit außerhalb der Gefängnismauern beschäftigt werden. Die Möglichkeit der Klassifikation ist in dieser Anstalt etwas größer als im Gefängnis in Stillwater, weil wenigstens zwei Zellenbauten vorhanden sind.

*Kilby Prison in Montgomery, Alabama.*

Für den Plan zu dem in der Nähe von Montgomery im Bau befindlichen Kilby-Gefängnis für den Staat Alabama hat das Gefängnis in Stillwater, Minnesota,

als Muster gedient, wenigstens für die Disposition der Gesamtanlage (Abb. 20). Denn in wichtigen Einzelheiten weicht es von diesem Muster ab. Wenn das Gefängnis in Stillwater nur einen Zellenbau hat und damit für die Klassifikation nur beschränkte Möglichkeiten bietet, wird das Kilby-Gefängnis in seinem Endzustande zwei Zellenhäuser haben. Aber viel wichtiger für die Durchführung der Klassifikation ist noch ein anderer Unterschied, der das Kilby-Gefängnis überhaupt heraushebt aus den übrigen kürzlich fertiggestellten oder noch im Bau begriffenen amerikanischen Anlagen. Die beiden fünf Stock hoch geplanten Zellenhäuser werden nämlich nur im untersten Geschloß Einzelzellen haben. In diesen Einzelzellen sollen diejenigen Gefangenen isoliert werden, die körperlich oder geistig degeneriert oder unverbesserlich sind. Die oberen vier Stockwerke der beiden Zellenhäuser enthalten dagegen Gemeinschaftszellen für je fünf Gefangene (Abb. 21). Wenn hier der Schlafsaalgedanke in starkem Maße sich durchgesetzt hat und man von dieser Einrichtung eine wesentliche Kostenverminderung erhofft — der Architekt Martin J. Lide übertreibt allerdings wohl etwas, wenn er angibt, daß Zellenhäuser mit 5- bis 6-Mann-Zellen um die Hälfte billiger seien als Einzelzellenhäuser —, so spricht doch auch der Klassifikationsgedanke in sehr starkem Maße mit. Denn man beabsichtigt, Gefangene der gleichen sozialen und moralischen Schicht in solchen Gemeinschaftszellen zusammenzulegen und sie dadurch von anderen zu trennen.

Nun wird allerdings diese Trennungsmöglichkeit dadurch wieder beeinträchtigt, daß die Zellenhäuser in den Fluren keine geschlossenen Fußböden haben, daß vielmehr ihre Fußböden von größeren Oeffnungen durchbrochen sind, die eine Verbindung aller Geschosse von oben bis unten herstellen, etwa in der Art, wie sie uns aus den Zellenbauten der Radialanlagen bekannt ist (Abb. 21). Diese Maßnahme ist aber in einem amerikanischen Südstaat mit seinem warmen Klima sehr verständlich. Denn sie dient der hier dringend nötigen Lüftung, ist deshalb auch gewissermaßen ein Gegengewicht gegen die Zellenart, durch die sich Kilby von Stillwater unterscheidet. Das Kilby-Gefängnis hat nämlich geschlossene Außenzellen, deren Lüftung nicht so einfach ist wie die von Innenzellen, die nur durch ein Gitter vom großen Innenraum getrennt sind. Das Klima Alabamas fordert bei Außenzellen besondere Lüftungsmaßnahmen. Die Lüftung soll nun so bewirkt werden, daß die frische Luft durch die Zellenfenster eintritt, die verbrauchte Luft durch Vermittlung der

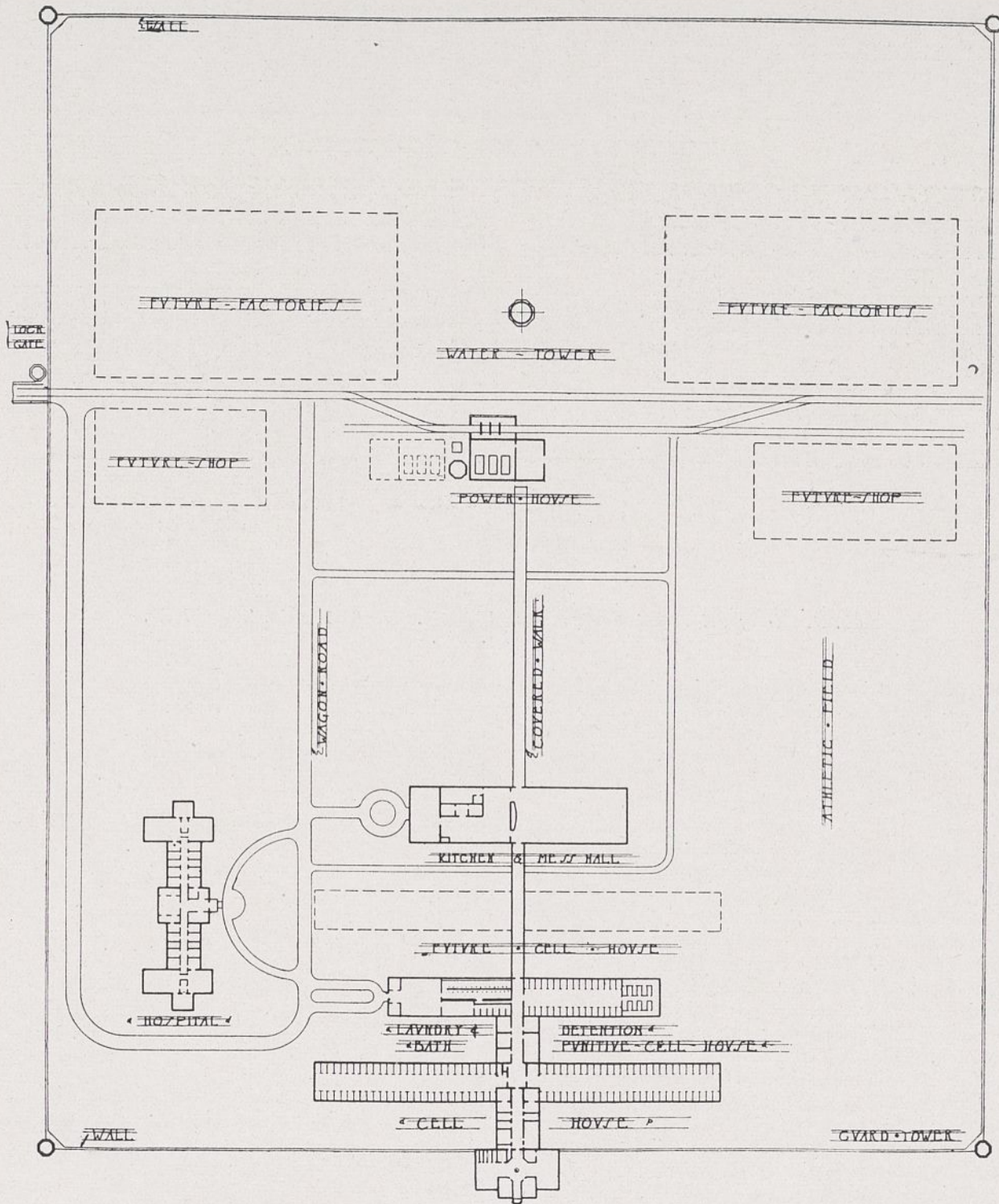


Abb. 20. Kilby Prison bei Montgomery, Alabama.  
Architekt J. Lide.

zwischen je zwei Zellen liegenden Leitungsschächte in die miteinander durch die Fußbödenöffnungen verbundenen Flure gelangt und über Dach durch elektrisch betriebene Ventilatoren abgesaugt werden kann.

Da die mit Außenzellen eingerichteten Zellenbauten nicht zugleich einen normal gesicherten Abschluß nach außen bilden können, so errichtet man rings um das rechteckige Anstaltsgelände zur Verhinderung von Entweichungen eine 6 bis 7 m hohe Mauer aus Beton. An jeder der vier Ecken steht ein Bewachungsturm, ein fünfter über einem Tor für den Eintritt des Gleisanschlusses der Fabrikgebäude der Anstalt. Auf der Mauerkrone liegen vier Stränge von Stahldraht, die mit elektrischem Strom von 6600 Volt Spannung geladen werden können. Bei einer Unterbrechung der Stränge oder bei Kurzschluß ertönt eine elektrische Sirene.

Außerhalb des Mauerabschlusses steht wie üblich das Verwaltungsgebäude. In seiner Mittelachse beginnt auch hier der Verbindungsflur, an dem die Gebäude der Anstalt hintereinander so aufgereiht sind, daß der Flur sie durch-

schneidet. Auf das in unmittelbarer Verbindung mit dem Verwaltungsgebäude stehende erste Zellenhaus folgt ein Gebäude, das auf der einen Seite des Verwaltungsflures die Wäscherei mit ihren Nebenräumen enthält, zu denen auch Werkstätten für die Ausbesserung von Kleidern und Schuhen gehören, und die Brausebadanlage, auf der anderen Seite die Aufnahmezellen und die Strafzellen. Dann kommt das Küchen- und Speisengebäude. Die Küche ist mit einer Bäckerei verbunden, die Speiseshalle, die mit einer Bühne ausgestattet ist, dient zugleich als Auditorium, also als Vortragssaal und als Kino.

Vor der Küche und der Speiseshalle soll später das zweite Zellengebäude errichtet werden, hinter ihnen ein zweites Küchen- und Speiseshallenhaus. Das ist sicher keine glückliche Lösung im Sinne der mit der Klassifikation notwendig verbundenen Trennung, weil sie nötig macht, daß die Insassen eines der beiden Zellenhäuser auf ihrem Wege zu der hinteren Speiseshalle die vordere passieren müssen.

Im Hintergrunde der ganzen Anlage liegt wieder, ebenso wie in Stillwater, die Kraftstation, von der aus die

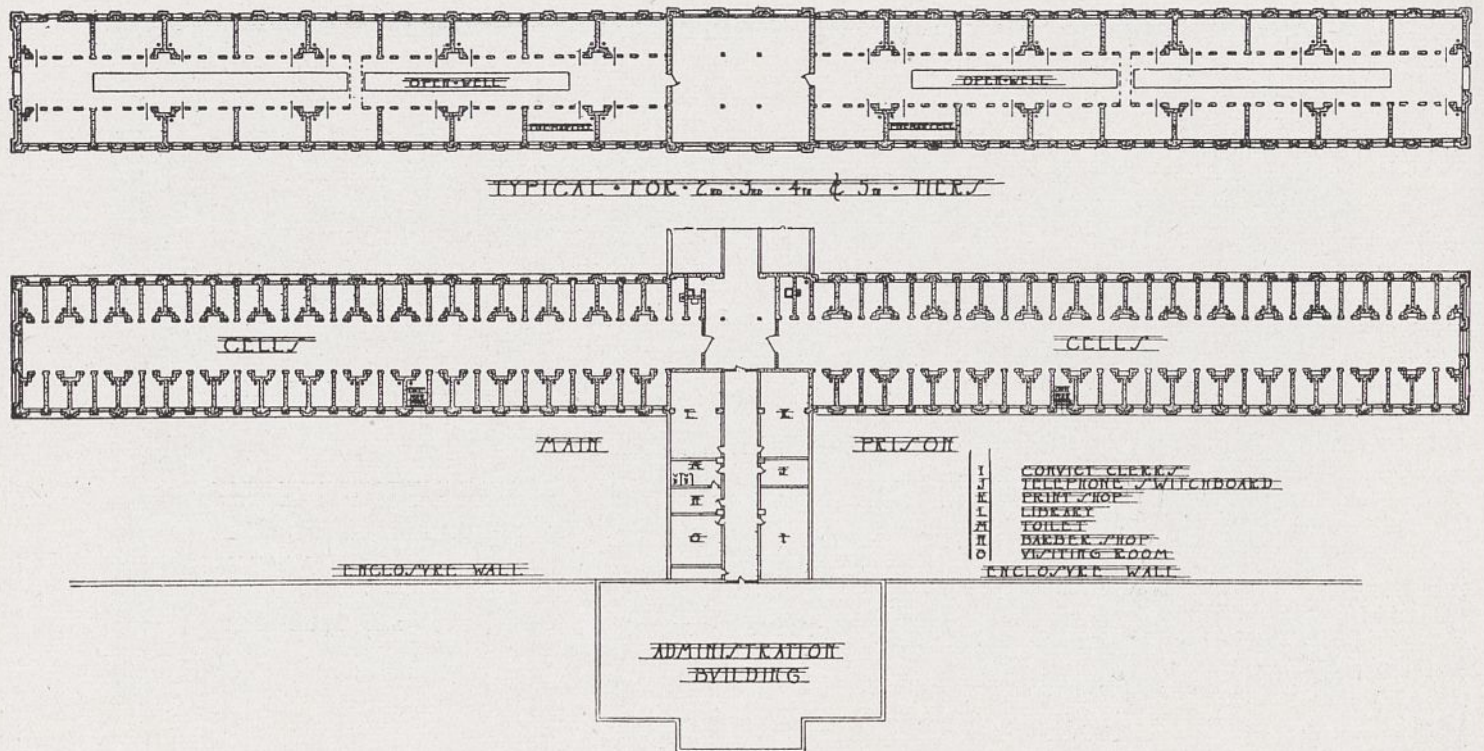


Abb. 21. Kilby Prison bei Montgomery, Alabama. Grundrisse des Zellenblocks.  
Architekt J. Lide.

ganze Anlage mit elektrischem Strom, Heizungsdampf und heißem Wasser versehen wird, und hinter dieser der Wasserturm. Rechts und links von beiden sind große Fabrikgebäude geplant, hier sollen eine Baumwollspinnerei und -weberei und eine Hemdenfabrik eingerichtet werden. Eine große Farm ist dem Gefängnis angegliedert.

In dem außerhalb des Mauerabschlusses liegenden Verwaltungsgebäude arbeiten nur freie Angestellte, die in der Verwaltung beschäftigten Gefangenen dagegen in einem innerhalb des Abschlusses liegenden Verbindungsflügel zum Zellenhaus hin. Dieser Bauteil nimmt außerdem den Besucherraum auf, den Barbierzimmer, die Bibliothek und die Druckerei. Hinter dem Zellenhaus, zwischen ihm und dem Gebäude, das die Aufnahmezellen enthält, sind beiderseits des Verwaltungsflures Räume angeordnet die der erstmaligen Untersuchung der eingelieferten Gefangenen dienen. Zusammen mit den Aufnahmezellen bilden sie eine Aufnahme-Station für den ganzen Staat Alabama. Alle neuen Gefangenen kommen zunächst hierher und machen eine Quarantänezeit von 10 bis 14 Tagen durch. Unterdessen werden sie sorgfältig körperlich und geistig untersucht, auch wird den Einzelheiten ihrer vergangenen Lebenszeit sorgfältig nachgeforscht. Je nach dem Ergebnis der Untersuchung werden sie in die einzelnen Gefängniseinrichtungen des Staates verteilt.

Die an die Aufnahmezellen anschließenden 24 Strafzellen sind Innenzellen. Zwölf von ihnen öffnen sich nach den Außenseiten des Gebäudes und bekommen Tageslicht, zwölf öffnen sich nach dem inneren dunklen Korridor, sind also völlig dunkel.

Die Einzelzellen der Zellenhäuser sind ziemlich groß, 7 Fuß breit, 10 Fuß lang, 8½ Fuß hoch. Die Gemeinschaftszellen sind 22 Fuß breit. Die Bauart der Zellengebäude ist so, daß die Gemeinschaftszellen jederzeit in Einzelzellen aufgeteilt werden können. Jede Zelle hat Waschbecken und Klosett, auch jede der Gemeinschaftszellen. In den Gemeinschaftszellen muß also jeder Gefangene seine Notdurft in Gegenwart der Mitinsassen verrichten. Das verträgt sich mit der sonst geforderten „Privacy“ nur schwer.

Im zweiten und dritten Stockwerk der Zellenhäuser, wo sie also von dem nur im Erdgeschoß vorhandenen Verbindungsflur nicht mehr durchschnitten werden, liegt in der Mitte, die Stockwerke in je zwei Flügel teilend, je ein großer die ganze Tiefe des Raumes einnehmender Raum. Beide dienen als Aufenthalts- oder Ruheräume für die

Gefangenen an Sonn- und Festtagen, wenn die Witterung den Aufenthalt im Freien verbietet, werden aber auch für religiöse Zwecke benutzt.

Seitlich von der Hauptgebäudegruppe ist, ebenso wie in Stillwater, das Hospital angeordnet. Es bietet gegenüber dem Hospital in Stillwater nichts Bemerkenswertes. Nur ist auf die Rassentrennung zwischen weißen und farbigen Patienten Bedacht genommen, die bekanntlich in den südlichen Staaten Amerikas sehr viel stärker durchgeführt wird als im Norden.

Das Kilby-Gefängnis bedeutet in der baulichen Entwicklung der Klassifikation und Sonderung Stillwater gegenüber ohne Zweifel einen Schritt vorwärts, aber nach einer ganz bestimmten besonderen Richtung hin, bei der es zweifelhaft bleibt, ob man auf dem richtigen Wege ist. Gewiß bietet das System der Gemeinschaftszellen die Möglichkeit einer Sonderung in zahlreiche kleine Gruppen. Aber erst eine ganze Anzahl solcher Grüppchen kann eine von andern unterschiedene Einheit bilden. Solche größeren Einheiten lassen sich nun zwar bei zwei Zellenhäusern leichter absondern, als wenn nur ein Zellenhaus vorhanden ist wie in Stillwater. Die Zahl der Gefangenen (es sollen im Kilby-Gefängnis nach seinem vollen Ausbau 1600 Gefangene hausen) ist aber zu groß, als daß damit dem Bedürfnis schon genügt wäre. Die durch die Ventilationsnotwendigkeiten verursachte Verbindung aller Stockwerke eines Zellenhauses durch Fußbodenöffnungen in den Fluren ist bei diesem Urteil nicht ausschlaggebend. Sie muß als eine Besonderheit des Kilby-Gefängnisses angesehen werden, die dem südlichen Klima seines Standortes entspricht.

#### State Prison in Jackson, Michigan.

Nach anderer Richtung als im Kilby-Gefängnis bewegt sich der bauliche Fortschritt in der Durchführung der Klassifikation im Gefängnis des Staates Michigan, in Jackson, das nach seiner Vollendung das „größte Gefängnis Amerikas“ mit der „höchsten Gefängnismauer Amerikas“ sein wird. Es soll 5180 Gefangene aufnehmen (Abb. 22). Die Gesamtanlage ist so disponiert, daß vier Hauptgruppen gebildet werden, die in zwölf einzelnen fünf Stockwerk hohen Zellenbauten untergebracht werden sollen. Zehn von diesen Bauten hängen, durch die Mittelachse der ganzen Anstalt in zwei Gruppen von je fünf geteilt, mit den Giebelwänden zusammen und bilden eine U-förmige Hauptanlage, welche drei Seiten des fünfeckigen

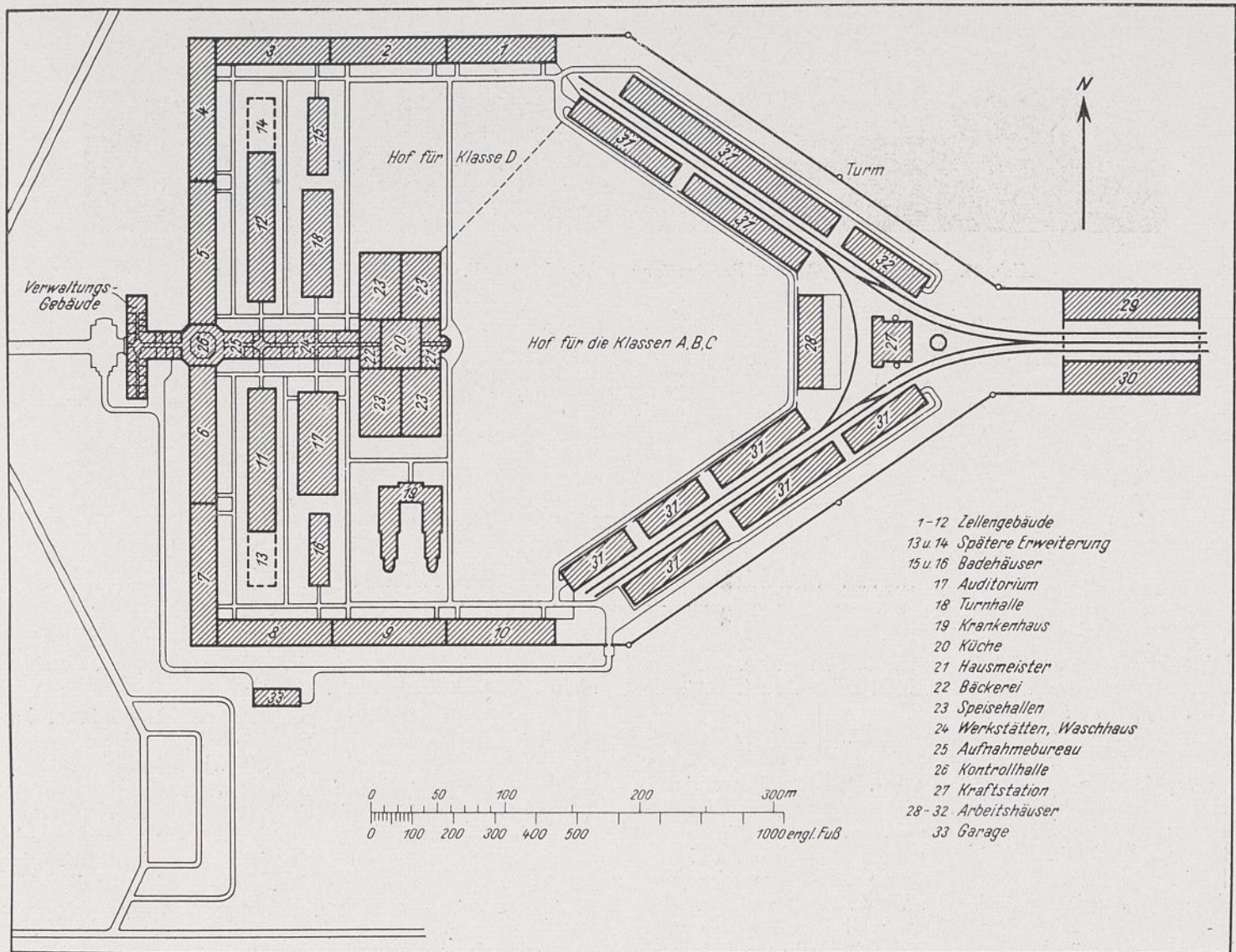


Abb. 22. New Michigan State Prison in Jackson.

Anstaltsterrains umschließt und hier zugleich die Außen-sicherung bildet, denn die Zellenbauten werden nach dem alten Innenzellensystem errichtet. Ein elfter und zwölfter Zellenblock, die in Zukunft durch Anbauten noch verlängert werden können, liegen beiderseits der Mittelachse parallel mit der Eingangsseite des Fünfecks. Es ist nun die Einrichtung so getroffen, daß an jeder Seite der Mittelachse je zwei Hauptgruppen untergebracht sind, die je ein besonderes Badehaus haben. Das Küchen- und Speisehallengebäude, das unmittelbar im Mittelpunkt der ganzen Anlage liegt, ist sogar so eingeteilt, daß eine völlige Trennung der vier Gruppen möglich ist. Es sind vier je 1750 Gefangene fassende Speisehallen vorgesehen, die sich beiderseits der in der Hauptachse der Anstalt liegenden Küche befinden und mit dieser, der Bäckerei und anderen Zentraleinrichtungen zu einem großen Gebäude vereinigt sind. Die beiden übrigen Seiten des Fünfecks werden von den Fabrikgebäuden, die zur Anstalt gehören, eingenommen. Das im Innern verbleibende Dreieck der Anstaltsfläche soll als Erholungs- und Sportplatz für die ersten drei Gruppen der Gefangenen dienen, deren jede ihr eigenes Stück bekommt. Die vierte Gruppe hat ein abgetrenntes Feld seitlich vom Speisehallengebäude. Ihm entspricht auf der entgegengesetzten Seite des Speisehallengebäudes das Hospital. Kraftstation und Wasserturm liegen in der Hauptachse zwischen den Fabrikgebäuden. Gleisanschluß ist wieder vorgesehen.

Ein Verbindungsflur fehlt. Von dem zwei englische Meilen langen Tunnel, der die Kraftstation mit jedem Gebäude der Anstalt verbindet, war schon die Rede.

Das Verwaltungsgebäude steht wieder außerhalb des Abschlusses der Anstalt. Da, wo es den Abschluß berührt, liegt hinter ihm eine große Halle, durch die aller Verkehr

von und nach außen hindurch muß und kontrolliert wird. Der Verbindungsbau zwischen dieser Halle und dem Speisehallengebäude dient den übrigen Angelegenheiten der Verwaltung, dem Unterricht, der Aufnahme, Untersuchung und Verteilung der Gefangenen und der Wäscherei. Was die Verteilung der Gefangenen anlangt, so besteht übrigens, wie in Sing-Sing, die Absicht, nach Errichtung des Hospitales alle Gefangenen des Staates Michigan zuerst in dieses Hospital zu bringen zur eingehenden Beobachtung, worauf sie der geeigneten Strafanstalt des Staates zugeführt werden sollen.

Zwölf Zellengebäude mit je fünf Stockwerken ergeben 60 Stockwerke. Es wäre also möglich, 60 räumlich voneinander geschiedene Klassifikationsgruppen einzurichten, also wahrscheinlich viel mehr, als man brauchen könnte, wenn nicht das System der Innenzellen eine wirkliche Trennung der einzelnen Stockwerke unmöglich machte, und wenn nicht bei der übermäßigen Größe der Anstalt auch die einzelnen Gruppen so groß wären, daß von einer individuellen Behandlung ihrer einzelnen Angehörigen kaum die Rede sein kann. Jede der 60 Gruppen würde durchschnittlich immer noch aus etwa 100 Gefangenen bestehen. Von einem den ganzen Charakter des Anstaltsbetriebes auch in seinen Einzelheiten bestimmenden Einfluß der Persönlichkeit des Leiters der Anstalt kann erst recht nicht die Rede sein.

#### Westchester County Penitentiary N. Y.

Das kleine Westchester-Gefängnis im Staate New York ist das Gegenstück zu der riesigen Anlage in Jackson. Es ist nur bestimmt für etwa 550 Gefangene mit kurzfristigen Strafen von höchstens 15 Monaten. Die meisten der Insassen werden auf einer Farm beschäftigt,

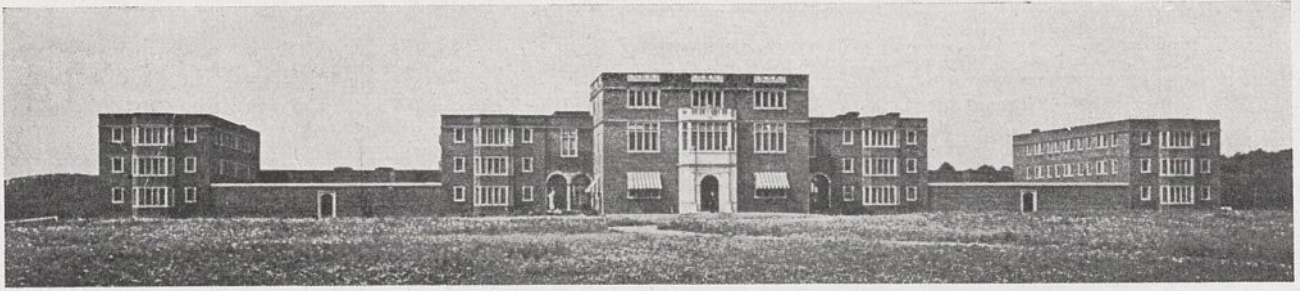


Abb. 25. Westchester County Penitentiary, White Plains, N. Y. Architekt A. Hopkins.

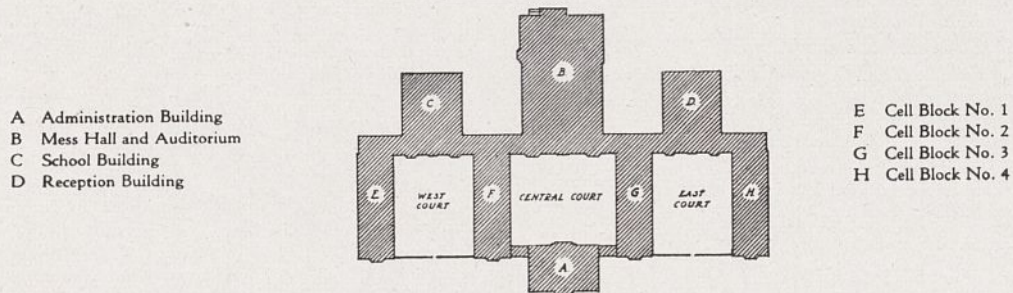


Abb. 24. Westchester County Penitentiary, White Plains, N. Y. Blockplan. Architekt A. Hopkins.

einige in einem abseits liegenden Arbeitshause. In der geschlossenen Anstalt stehen deshalb keine Arbeitsgebäude (Abb. 23, 24, 25).

Die Anstalt ist baulich vor allem wegen ihrer Gesamtanlage bemerkenswert, die durch eine besondere Anordnung des Verbindungsflures bedingt wird. Geht bei den bisher betrachteten Anlagen der Verbindungsflur von dem am Anfang der Mittelachse gelegenen Verwaltungsgebäude aus und erstreckt sich in der Richtung der Hauptachse, so liegt er hier quer zur Hauptachse, und zwar ohne unmittelbare Verbindung mit dem Verwaltungsgebäude. Dies ist fraglos ein Mangel, weniger, weil der Verkehr vom Verwaltungsgebäude zu dem Verbindungsflur und zu den von ihm nach der entgegengesetzten Seite abzweigenden Zentraleinrichtungen, wie Speisehalle, Schulgebäude, Aufnahme-station, den Umweg durch eines der Zellenhäuser machen muß, als weil es für die Leitung und Ueberwachung des Betriebes unbedingt nötig erscheint, daß der Verbindungsflur in unmittelbarer Verbindung mit dem Verwaltungsgebäude steht. Bei der geringen Größe der

Westchester-Anlage macht sich dieser Mangel allerdings nicht allzusehr bemerkbar.

Der Architekt der Anlage, Alfred Hopkins, hat sich bei der Planung drei Ziele gestzt. Erstens wollte er eine Anlage errichten, die so wenig wie möglich dem konventionellen „Jail“<sup>2)</sup> ähnlich sieht, zweitens jedem Insassen die „Privacy“ eines eigenen abgeschlossenen Raumes geben und drittens sollten trotz aller Verbesserungen in Aussehen und Bequemlichkeit die Kosten eines Jail alter Art nicht überschritten werden. Ob er dieses dritte Ziel erreicht hat, ist natürlich nicht zu beurteilen. Das erste Ziel hat er sicher erreicht. Wer sich der Anlage nähert, ohne ihre Bestimmung zu kennen, wird bis zum letzten Augenblick, bis er vor dem Eingang steht, nicht den Eindruck haben, er stehe vor einem Gefängnis (Abb. 25). Die

<sup>2)</sup> Das „County Jail“ ist die verbreitetste, aber rückständigste Form des amerikanischen Gefängnisses. Es entspricht etwa unserem Untersuchungsgefängnis, dient aber zugleich zur Verbüßung geringerer Strafen.

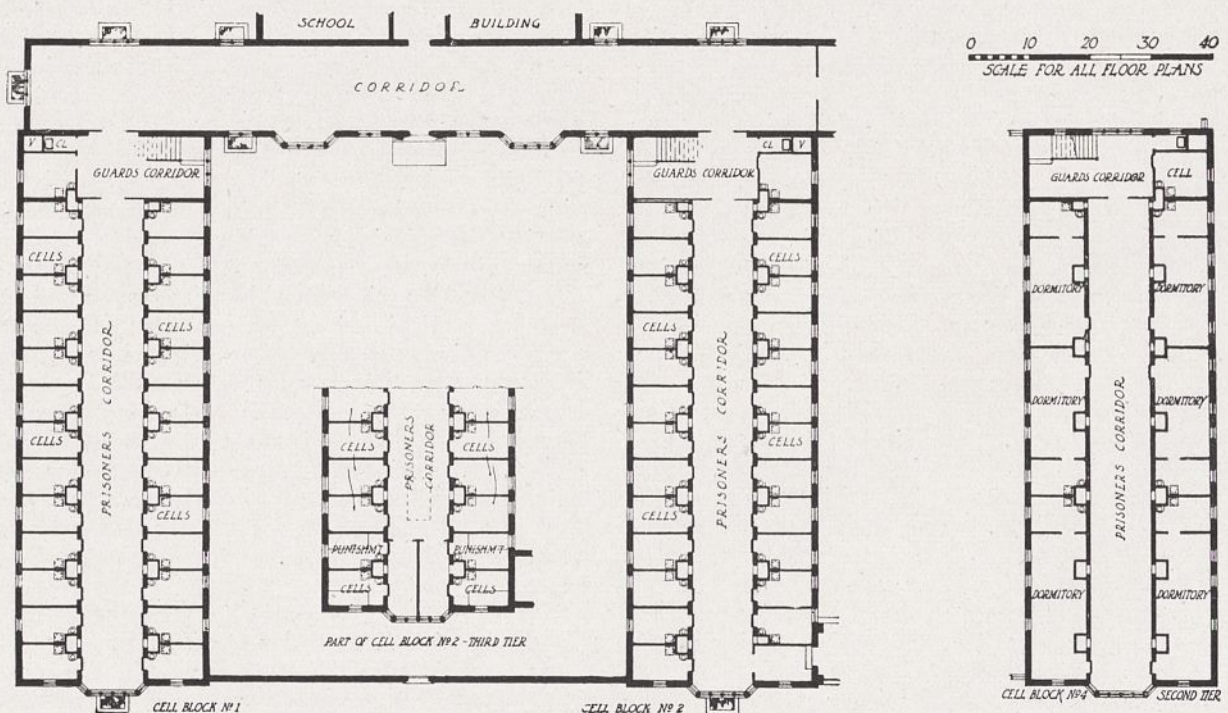


Abb. 25. Westchester County Penitentiary, White Plains, N. Y. Grundrisse. Architekt A. Hopkins.

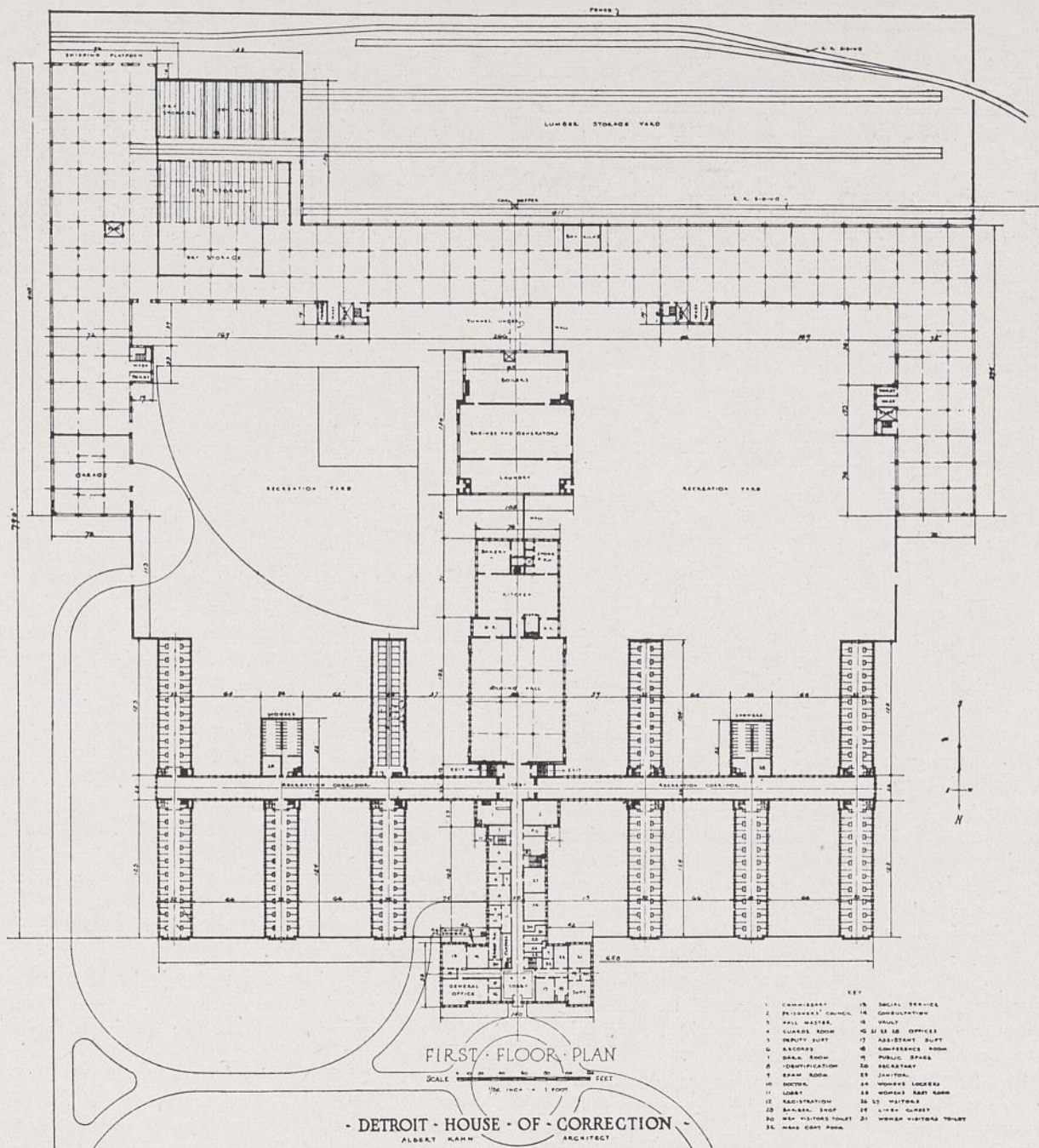


Abb. 26. Vorschlag für das House of Correction in Detroit. Grundriß des Erdgeschosses. Architekt A. Kahn.

Anlage erinnert viel eher an einen größeren modernen englischen Landsitz, nur das Fehlen hoher Dächer und Dachausbauten beeinträchtigt diese Vorstellung. Sie wird aber nicht durch eiserne Gitter gestört, denn diese liegen, wie vorhin schon berichtet wurde, hinter den Fenstern und sind von außen nur erkennbar, wenn man sehr genau hinsieht. Auch die beiden kurzen Stücke von Außenmauern stören nicht, denn sie sind sehr niedrig, kaum höher, als der Mauerabschluß eines Privatgrundstückes zu sein pflegt, und von Toren durchbrochen, die keinen Turmschutz haben. Bei aller Achtung vor dem Bestreben, „gute Architektur“ in den Dienst der Erziehungssache zu stellen, wird man es doch wohl nicht billigen können, daß der Zweck des Bauwerkes verhehlt wird.

Auch das zweite Ziel hat der Architekt erreicht. Er hat überhaupt eine Anlage geschaffen, die für eine kleine Gefangenzahl im großen und ganzen vorbildlich ist; wenn man im übrigen dem Grundgedanken der Klassifikation und anderen amerikanischen Eigentümlichkeiten im Gefängnisbau zustimmen will. Von dem Verbindungsflur zweigen nach Norden vier dreistöckige Zellengebäude ab. Die beiden mittleren umschließen zusammen mit dem Flur und dem Verwaltungsgebäude einen zentralen Hof. Das Verwaltungsgebäude ist mit den Kopfenden dieser

beiden Zellenbauten durch offene, aber vergitterte kurze Arkadengänge verbunden, die von außen einen Einblick in den mit Rasen und Bäumen bestandenen Zentralhof mit seinen grünbewachsenen Wänden gewähren und so helfen den Gefängniseindruck zu verwischen. Auch die zwischen den äußeren und den inneren Zellenflügeln liegenden beiden Höfe, die an ihrer vierten Seite nach außen von niedrigen Mauern abgeschlossen sind, haben Baum- und Rasenschmuck. Nach der entgegengesetzten, der Südseite des Verbindungsflures zweigen von ihm drei Bauten ab: in der Mitte das größere Speiseshallen- und Küchengebäude, in dessen oberem Geschoß das Auditorium über der Speiseshalle liegt, rechts und links von ihm zwei kleinere, gleich große eingeschossige Gebäude, auf der Ostseite die Aufnahmestation, auf der Westseite das Schulgebäude. Von den vier Zellengebäuden dient das mittlere östliche, das zwischen dem Verwaltungsgebäude und der Aufnahmestation liegt, zur Unterbringung der neu überwiesenen Gefangenen während der ersten zwei Wochen. Während dieser Zeit werden sie der üblichen genauen körperlichen und geistigen Untersuchung unterworfen, von deren Ergebnis ihre weitere Behandlung abhängt. Die drei anderen Zellengebäude enthalten Einzel-Außenzellen, in jedem Stockwerk 27. Nur die beiden oberen Stockwerke des öst-

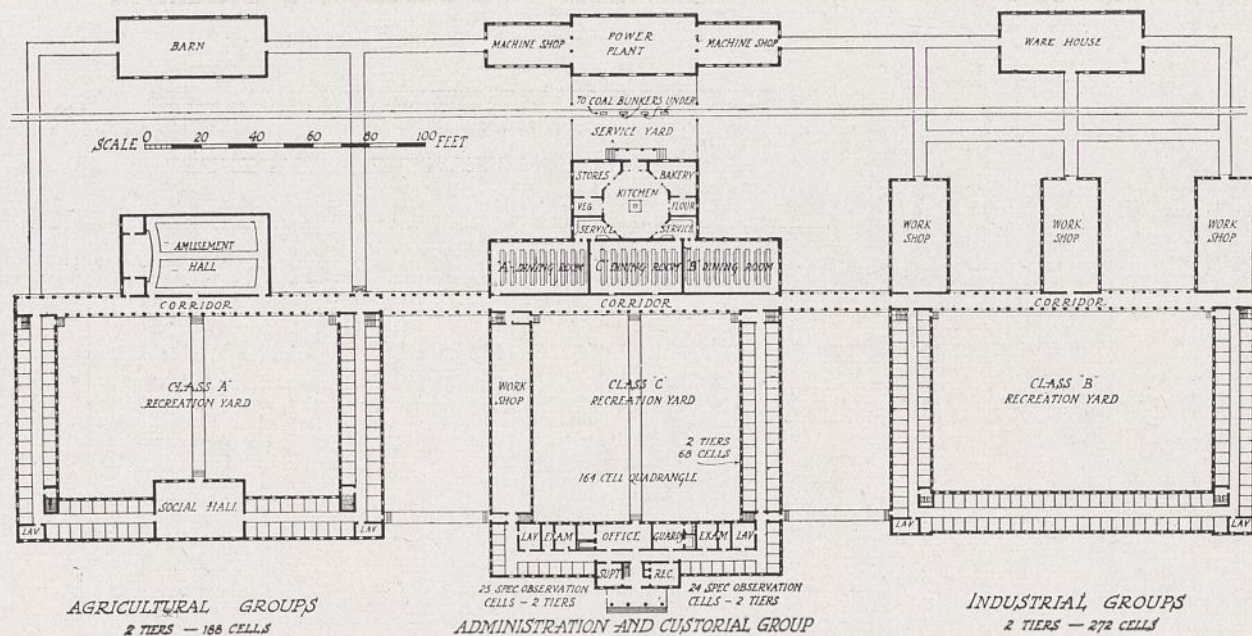


Abb. 27. Vorschlag für ein Reformatory in Rahway, N. J. Architekt A. Hopkins.

lichen äußeren Zellengebäudes sind außerdem mit einer Reihe von Schlafsälen ausgestattet. Im westlichen mittleren Zellengebäude sind außerdem einige Strafzellen untergebracht. Von dem Verbindungsflur ist jedes Zellengebäude durch einen doppelten Abschluß getrennt, nicht der Sicherheit, sondern der größeren Ruhe in den Einzelzellenstockwerken halber.

Es ist bemerkenswert, daß sich in dem dreigeschossigen Verwaltungsgebäude im zweiten Stockwerk zwar einige Räume für die Krankenbehandlung befinden, ein kleiner Operationsraum mit Vorbereitungs- und Sterilisiererraum und ein größerer Raum für den Arzt, daß das kleine Gefängnis aber ein eigenes Hospital nicht besitzt. Man hat sich auf den Standpunkt gestellt, daß in einem Gefängnis mit Einzelzellen der kranke Gefangene besser in seiner Zelle aufgehoben sei als in einem allgemeinen Krankenhaussaal, und daß die Gefangenen häufig in Krankheitsfällen es vorziehen, in ihrer Zelle zu bleiben.

Das dritte Stockwerk des Verwaltungsgebäudes ist zu Wohnräumen für Wärter eingerichtet. Das Schulgebäude enthält vier Klassenräume mit je 30 Sitzen. In dem Aufnahmegebäude sind außer den Räumen für die Untersuchung, Einkleidung und Registrierung der neu ankommenden Gefangenen die Brausebäder untergebracht. 27 Brausen sind vorhanden, so daß alle Insassen eines Zellenhausstockwerks auf einmal baden können.

Abweichend von den meisten neueren Gefängnissen, in denen die Flure in der Regel mit rot gefärbtem Zementestrich versehen sind, der gebohrt zu werden pflegt, haben sie in Westchester einen Belag von roten Ziegeln, der vorzüglich wirkt, wie denn überhaupt der Versuch gemacht ist, durch einfache farbige Behandlung der Räume auch im Innern den Gefängniseindruck zu mildern.

#### *Detroit house of correction.*

Der Gedanke des zur Hauptachse der Gefängnisanlage querlaufenden Verbindungsflures ist mit großem Geschick verwendet und fortgebildet in dem Plane, den der Architekt Albert Kahn für das Korrektionshaus in Detroit aufgestellt hat (Abb. 26). Der Architekt ordnet in der Hauptachse der Anlage hintereinander alle Zentralgebäude an. Auf das ausgedehnte Verwaltungsgebäude folgen mit ihm zusammenhängend die großen Speisehallen, die Küche mit Bäckerei und sonstigen Nebenräumen, weiter in einem besonderen Gebäude die Kraftstation, der die Wäscherei angeliedert ist und die in ihrem zweiten Geschoß die Sporthalle, das „Gymnasium“, aufnimmt. Die beiden Flügel des querlaufenden Verbindungsflures zweigen von

einer kleinen Mittelhalle ab, sie legt sich zwischen das Verwaltungsgebäude und die Speisehalle. Durch diese Anordnung wird trotz der besten und kürzesten Verbindung aller Hauptteile der Anlage miteinander erreicht, daß der innere Verkehr in den beiden Zellenhausgruppen ganz unberührt von dem Verkehr bleibt, der sich in der Gruppe der Zentralgebäude abspielt. Das wird man ohne Zweifel nicht nur vom Standpunkt der Klassifikation aus als einen großen Vorzug bezeichnen. Die Uebersichtlichkeit und die Ueberwachung der Gesamtanlage werden ganz außerordentlich dadurch erleichtert, daß jede der beiden Zellenhausgruppen durch eine einzige Tür in der kleinen Mittelhalle von allen übrigen Anstaltseinrichtungen getrennt werden kann.

Der Verbindungsflur hat wie in Westchester die Richtung von Osten nach Westen. Nach Norden zweigen von seinen beiden Flügeln je drei dreistöckige Zellengebäude ab, nach Süden zwei und ein zwischen ihnen liegendes zweigeschossiges Badehaus, von denen das eine im oberen Stockwerk Strafzellen enthält, das andere einen Schlafsaal. Die zehn Zellenhäuser können zusammen etwa 1200 Gefangene aufnehmen. In jedem der dreißig Stockwerke sind 38 Zellen untergebracht. Es lassen sich also zahlreiche verhältnismäßig kleine Gruppen bilden. Alle Zellen sind Außenzellen bis auf die Strafzellen und die Zellen des einen Zellengebäudes, das zur Aufnahme der gefährlicheren Gefangenen dient.

Das Erdgeschoß des Verwaltungsgebäudes enthält sämtliche Verwaltungs- und Aufnahmeräume, das zweite Stockwerk ist dem Hospital eingeräumt, das dritte nimmt die Schulräume, die Bibliothek und die Druckerei auf. Auch sind hier Wohnräume für Wärter eingerichtet. Ueber der Speisehalle liegt das Auditorium, ihm gegenüber, in das zweite und dritte Stockwerk des Verwaltungsgebäudes hineingebaut, eine Kapelle. Im Hintergrund der ganzen Anlage ist ein ausgedehntes Fabrikgebäude geplant, das zur Herstellung von Eisenbahnwagen dienen soll. Trotz der Wahl von Außenzellen hat man auf eine Abschlußmauer ganz verzichtet. Es sind nur kurze Verbindungsmauern vorgesehen.

An Uebersichtlichkeit steht dieser Plan dem Hopkinschen für die American Prison Association aufgestellten Entwurf für eine ziemlich gleich große Anstalt mindestens gleich, an Geschlossenheit der Anlage und damit auch wahrscheinlich an Billigkeit überragt er ihn.

#### *State Reformatory in Rahway, New Jersey.*

Ebenfalls von dem Gedanken eines zur Hauptachse der Anstalt querlaufenden Verbindungsflures geht ein vor-



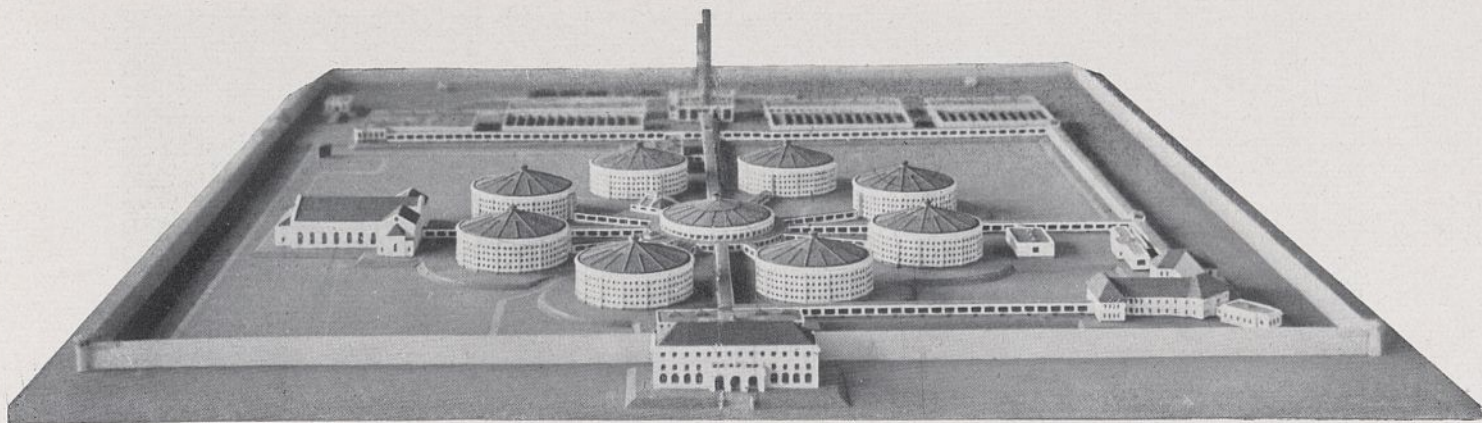


Abb. 28. Modellansicht des Illinois State Prison in Joliet.  
Architekten Zimmermann, Saxe und Zimmermann.

läufiger Plan aus, den der Architekt Alfred Hopkins zusammen mit dem Superintendenten der Anstalt, Frank More, für die neue Besserungsanstalt des Staates New Jersey in Rahway aufgestellt hat (Abb. 27). Sonst aber gehen die Verfasser mit diesem Plan besondere Wege. Die Anstalt zerfällt in drei nebeneinander liegende Teile, nach der Klassifikation der Insassen in eine strengerer Ueberwachung unterliegende Gruppe, eine mit industrieller Arbeit und eine mit Farmarbeit zu beschäftigende Gruppe. Die erste dieser drei Gruppen ist mit dem Verwaltungsgebäude und den übrigen dem gemeinsamen Betriebe dienenden Bauten zu einer in der Hauptachse liegenden mittleren Baugruppe zusammengefaßt, deren Hauptteile sich um einen quadratischen Hof herumlegen. Die Vorderseite des Hofes nimmt das Verwaltungsgebäude ein, dem in zwei Stockwerken 49 Beobachtungszellen angefügt sind. Von seinen beiden Enden gehen auf der einen Seite das zweistöckige Zellengebäude der unter strengerer Bewachung stehenden Gefangenen mit zusammen 68 Zellen aus, auf der anderen das zugehörige Arbeitsgebäude, während auf der vierten Seite des Quadrats an dem Verbindungsflur entlang sich die drei Speisehallen für die drei Gruppen erstrecken. Hinter ihnen liegt das Küchengebäude mit Bäckerei und weiter in der Mittelachse, durch einen Hof vom Küchengebäude getrennt, die Kraftstation mit zwei rechts und links anschließenden Maschinenwerkstätten.

Die drei Zellenhäuser für die industriell beschäftigten Gefangenen umschließen zusammen mit dem Verbindungsflur einen rechteckigen Hof. Auf der dem Hof entgegengesetzten Seite des Verbindungsflures zweigen drei Arbeitsgebäude ab; dem mittleren liegt in der Höhe der Kraftstation ein Warenlagergebäude gegenüber.

Die Gebäude für die landwirtschaftlich beschäftigten Gefangenen umgeben mit dem Verbindungsflur ebenfalls einen rechteckigen Hof. In den Zellentrakt dieser in der Klassifikation am höchsten stehende Gruppe ist eine „social hall“, also ein Geselligkeitsraum, eingefügt, den Trakt in zwei Teile teilend. Gegenüber auf der anderen Seite des Verbindungsflures liegt die „amusement hall“, Kino- und Theaterraum, der aber auch von den beiden anderen Gruppen benutzt werden kann. Hinter diesem Saalbau liegt, wieder in der Höhe der Kraftstation, ein Speicher zur Aufbewahrung von Feldfrüchten.

Die industrielle Gruppe hat 272 in zwei Geschossen untergebrachte Zellen, die landwirtschaftliche in zwei Geschossen 188 Zellen. Mit den 117 Zellen der dritten Gruppe kann die ganze, sehr breit gelagerte, übrigens nicht von einer Mauer umgebene Anstalt also nur etwa 600 Insassen aufnehmen. Der Vorzug des Planes besteht in der strengen Absonderung der drei Hauptgruppen. Er wird erkauft mit einem ziemlich großen Aufwand von Grund und Boden und einer Beeinträchtigung der Ueberwachung der Gesamtanlage vom Verwaltungsgebäude aus. Die Sonderung in Untergruppen ist besonders in der industriellen Gruppe beschränkt.

#### State Penitentiary in Joliet, Illinois.

Fast außerhalb der baulichen Entwicklungsreihe der bisher betrachteten Anstalten und Pläne steht die eigenartige Gefängnisanlage, die zurzeit für den Staat Illinois bei Joliet gebaut wird (Abb. 28). Ihre Eigenart entspringt dem System ihrer Zellenhäuser. Es sind ihrer acht, sie werden auf kreisförmiger Grundfläche errichtet (drei sind bereits fertig) und umgeben im Kreise ein gleichfalls auf kreisförmiger Grundlage stehendes Speisehallengebäude. Man ist damit zu einem alten Baugeanken zurückgekehrt, der in Amerika schon Ende des 18. Jahrhunderts befürwortet, zu Anfang des 19. Jahrhunderts in dem bald wieder abgebrochenen Western Penitentiary in Pittsburgh zum ersten Male in die Tat umgesetzt wurde und dann meines Wissens nur noch einmal, und zwar in Arnheim in Holland, ausgeführt worden ist. Der Baugeanke beruht auf der Vorstellung, daß man im Kreise angeordnete Zellen vom Kreismittelpunkt aus gut und mit den geringsten Beamtenkräften bewachen könne.

Die von den Architekten Zimmermann, Saxe u. Zimmermann geplante Gesamtanlage, die in Joliet an einem Modell studiert werden konnte, bedeckt etwa ein Quadrat und ist mit einer 6 bis 7 m hohen Mauer umgeben, der an den Ecken des Quadrats und über dem Tor für den Gleisanschluß der Arbeitsgebäude fünf Bewachungstürme eingefügt sind. Das Verwaltungsgebäude liegt außerhalb des Mauerabschlusses. Von ihm geht die Hauptachse der Anlage aus. In ihrer Mitte, wenn man von dem Gelände mit den Arbeitsgebäuden absieht, liegt, im Kreise umgeben von den acht Zellenbauten, die riesige, kreisförmige Speisehalle, die 2000 Sitze faßt. Sie wird durch Oberlicht und hohes Seitenlicht beleuchtet und hat einen Umgang, von dem Verbindungsflure nach dem Verwaltungsgebäude, nach jedem der acht Zellengebäude, nach dem Auditorium, nach der Fabrikanlage und nach dem Hospitalgebäude, im ganzen also zwölf, ausstrahlen.

Die Kraftstation liegt zwischen den Arbeitsgebäuden, das Hospital in einer Ecke des Anstaltsgeländes. Es ist ihm ein besonderes Haus für Lungenkranke angefügt. Die Absicht besteht, das Hospital, ähnlich wie das in Sing-Sing, später für eine länger dauernde Beobachtung aller neu eingelieferten Gefangenen des Staates Illinois zu benutzen und von dem Ergebnis ihre Verteilung auf die einzelnen Staatsanstalten abhängig zu machen. Dem Speisehallengebäude sind Küche und Bäckerei angefügt. Strafhaus, Badehaus, Waschhaus sind der Anlage systemlos an geeigneten Stellen eingefügt.

Jedes Zellenhaus bildet eine vier Stockwerke hohe große, freie Halle, in deren Mitte ein Bewachungsturm steht. Von ihm aus kann man alle Zellen sehen. Denn die Zellen ziehen sich als Außenzellen, von ausgekragten Gallerien zugänglich, in vier Kreisen übereinander an den Außenwänden der Halle entlang, ihre Innen- oder Vorderwände dem im Mittelpunkte stehenden Turm zuwendend. Von der alten amerikanischen Innenzelle hat man die

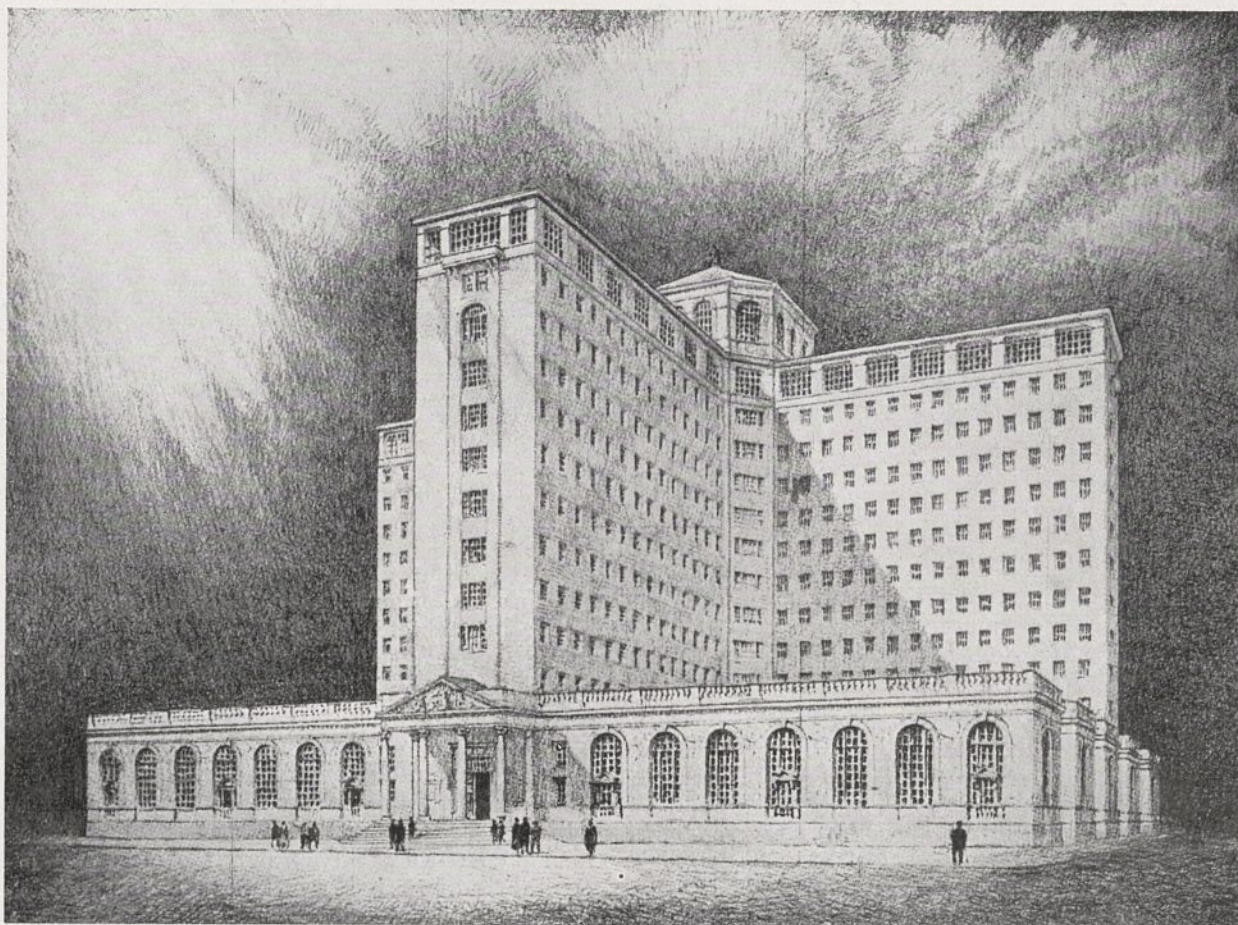


Abb. 29. Vorschlag für einen Neubau des Cook County Jail in Chicago.  
Architekten F. Y. Joannes und M. Hyde.

Durchsichtigkeit der vergitterten Vorderwand beibehalten, so daß der Wärter von seinem Turm aus Tag und Nacht in jede Zelle hineinsehen kann. In Wirklichkeit kann natürlich ein einzelner Beamter nicht 248 Zellen, die in vier Reihen übereinander im Kreise um ihn herum liegen, mit einem Blick übersehen. Das Urteil über die Anlage ist denn auch in Amerika selbst nicht günstig; man sagt, sie sei gut für die Gefangenen, aber nicht für die Beamten, d. h. gut für die Gefangenen in dem Sinne, daß sie so ziemlich machen können, was sie wollen. Es ist dem Wärter ganz unmöglich, die Unterhaltung der Gefangenen durch die ganze Weite des Baues hindurch von rechts nach links und von oben nach unten zu verhüten oder die Urheber ruhestörenden Lärms festzustellen. Noch ein anderer Umstand verurteilt das System. Da der Wärter die einzelne Zelle nur übersehen kann, wenn ihre Vorderwand ganz geöffnet ist, so hat man die Leitungsschächte zwischen je zwei Zellen an der Außenwand des Zellengebäudes anordnen müssen, wo sie nur von den Zellen aus zugänglich sind. Das ist für den Betrieb unerwünscht, aber es hat auch noch den großen Nachteil, daß die Gefangenen sich durch die Schächte hindurch miteinander in Verbindung setzen können.

Ursprünglich bestand die Absicht, die Zellen, deren Schiebetüren übrigens vom Turm aus sowohl alle auf einmal als auch jede für sich durch einen elektrisch betriebenen Mechanismus geschlossen und geöffnet werden können, in der Größe so abzustufen, daß das Erdgeschoß Einzelzellen haben sollte, während dagegen jede Zelle im zweiten Geschoß für zwei, im dritten für drei und im vierten für vier Gefangene bestimmt war. Man wollte also eine Art progressiven Systems von Gemeinschaftszellen einführen. Ob man diese Absicht beibehalten wird, scheint unsicher.

Der Bau dieser Anstalt wird sicher ein großer Mißerfolg werden, denn mit dem verfehlten baulichen Grundgedanken sind andere Nachteile verbunden. Daß die Außenzellen durch die Oeffnung der Vorderwände ihres großen Vorzuges der „privacy“ beraubt werden, mag für

amerikanische Verhältnisse noch nicht einmal sehr schwer wiegen. Viel nachteiliger ist die ungemein große Unübersichtlichkeit der Gesamtanlage. Die Verbindung ihrer einzelnen Teile mit dem Verwaltungsgebäude ist denkbar schlecht, und wenn man sich das verwirrende Gesamtbild der Verbindungsflure herauslöst, so kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die Menschen sich in dieser Anstalt dauernd verirren werden. Die Baukosten, bezogen auf die Zelleneinheit, müssen beträchtlich höher sein als in anderen für eine gleiche Gefangenenzahl erbauten Anstalten. Sie werden bestimmt durch die Raumverschwendung in den Zellenhäusern und durch die große Gesamtlänge der Verbindungsflure. Das wird besonders deutlich, wenn man die Anlage in Joliet mit der gedrängten Anlage für das Korrektionshaus in Detroit vergleicht.

#### Skyscraper Jail für Chicago.

Wer sich mit den neueren amerikanischen Gefängnisanlagen beschäftigt, dem kann nicht entgehen, daß sie alle in ihrer Gesamtdisposition durch beschränkte Größe oder ungünstige Gestalt des Bauplatzes nicht gehindert waren. Die Verhältnisse liegen vielmehr überall so günstig, daß man in den einzelnen Fällen geradezu von akademischen auf streng durchgeführten Achsen beruhenden Lösungen der Bauaufgabe sprechen kann. Alle diese Anstalten stehen auf ganz regelmäßig begrenzten quadratischen oder rechteckigen Grundflächen. Das hat zwei Ursachen. Die eine ist städtebaulicher Natur. Wer Gelegenheit hat, in der Umgegend größerer amerikanischer Städte die Aufschließungsarbeiten für neue Stadtteile zu sehen, oder Stadterweiterungspläne zu studieren, die auf längere Sicht eingestellt sind, der wird sie bald erkennen. In Amerika beruht das ganze System der Flurteilung auf dem rechten Winkel und der ungebrochenen Geraden. Natürliche Geländelinien geben selten den Ausschlag. Das hat begonnen mit der Grenzfestlegung der einzelnen Staaten und hat sich fortgesetzt von den schnurgerade ohne Rücksicht auf Berg und Tal verlaufenden Landstraßen in die schachbrettartige Aufteilung des Stadtgrundrisses hinein, die

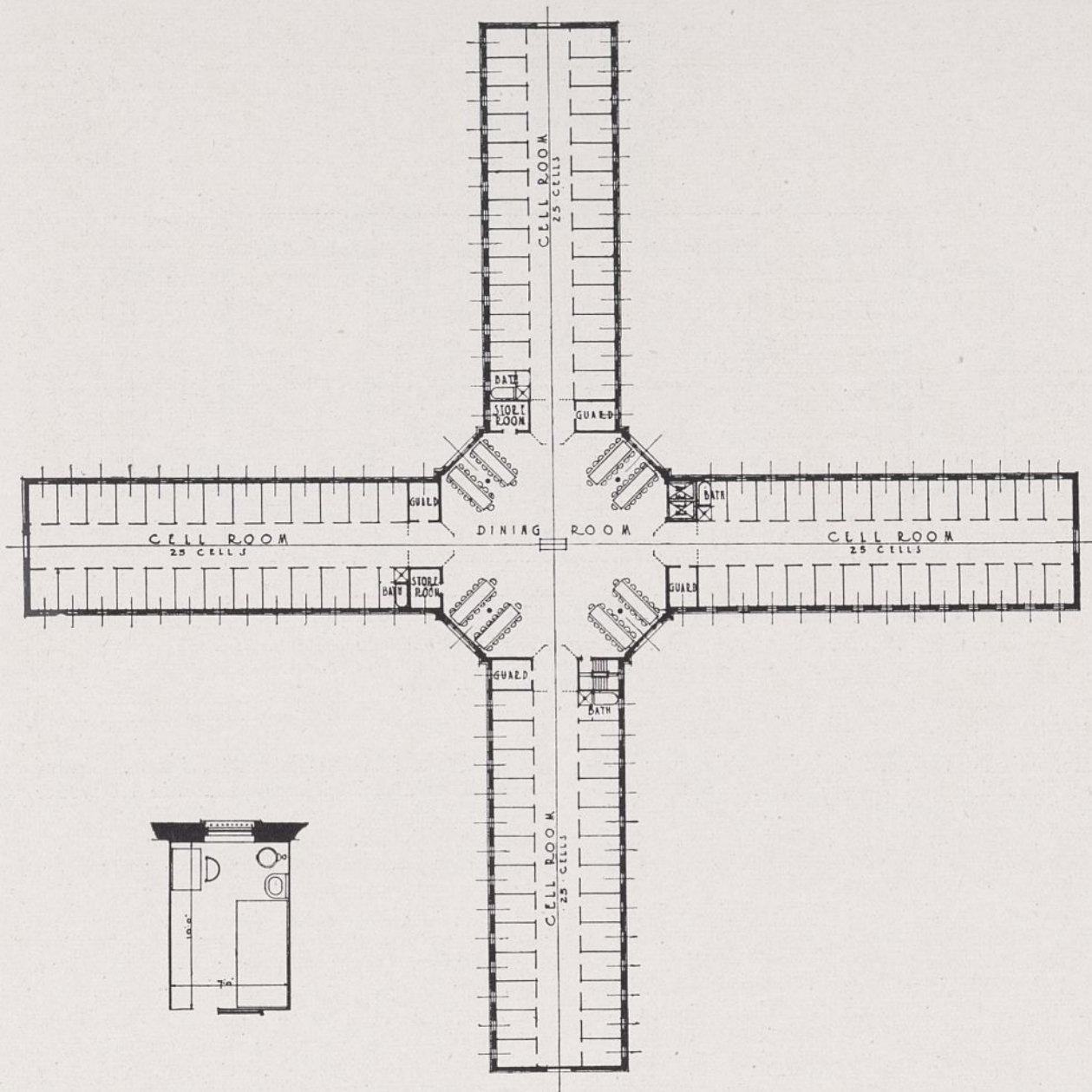


Abb. 50. Vorschlag für einen Neubau des Cook County Jail in Chicago. Grundriß eines Zellengeschosses. Architekten F. Y. Joannes und M. Hyde.

trotz allem, was gegen sie spricht, in Amerika für die Erweiterung der Städte beibehalten wird. Daraus ergibt es sich, daß ein größeres Baugelände kaum anders als rechteckig zugeschnitten sein kann. Die zweite Ursache liegt darin, daß alle diese neueren Anlagen in Amerika fast ausnahmslos fernab von größeren Städten, in der Regel auch abgelegen von Siedlungen überhaupt, errichtet werden, also dort, wo der Grund und Boden noch verhältnismäßig billig zu haben ist und es auf einige „acres“ nicht ankommt. Dies ändert sich natürlich sehr stark, wenn es sich um die Errichtung von Gefängnisanlagen in oder in nächster Nähe der Städte, besonders der amerikanischen Riesenstädte, handelt, also z. B. wenn ein Jail gebaut werden muß, bei dem seine unmittelbare Verbindung mit einem größeren Gerichtshof Vorbedingung ist. Bei den hohen Bodenpreisen in den amerikanischen Großstädten kann es dann nicht ausbleiben, daß der Bagedanke des Wolkenkratzers auch für Gefängnisanlagen eine Rolle zu spielen beginnt. Und dann ergibt sich eigentlich von selbst die Lösung, daß man das Gefängnis oben auf das Gerichtsgebäude setzt. Diese Lösung ist bereits mehrfach ausgeführt worden, u. a. in Philadelphia, Minneapolis, Oakland (gegenüber von San Franzisko), Los Angeles.

Ein Plan der in Los Angeles besichtigten Anlage war nicht zu bekommen. Es ist aber auch instruktiver, den Wolkenkratzer-Gedanken an einem Plan kennenzulernen, der von den neueren Reformideen beeinflusst ist,

und zwar an einem Vorschlag, den die Architekten Frances Y. Joannes und Maxwell Hyde auf Grund einer Anregung von Hastings H. Hart für das Cook County Jail in Chicago aufgestellt haben (Abb. 29 und 50). Da für dieses Jail die Verbindung mit dem Gerichtsgebäude unbedingte Voraussetzung ist, so geht man auch bei diesem Plan davon aus, daß der Neubau, der entweder überhaupt in der Stadt Chicago selbst oder gar in ihrem besonders dicht bebauten Teil auf dem Platze des alten Cook County Jail errichtet werden müßte, über einem neuen Gerichtsgebäude stehen soll.

Das Gerichtsgebäude würde ein Quadrat bedecken mit vier inneren Höfen. Auf den diese Höfe trennenden kreuzförmig angeordneten inneren Flügeln des Gebäudes würde sich ebenfalls kreuzförmig das Jail erheben, dessen vier Flügel in einem im Mittelpunkte der ganzen Anlage stehenden geräumigen Turmbau zusammenstoßen würden. Treppe und Aufzüge sollen in diesem Mittelbau aus dem Gerichtsgebäude bis in das unterste Geschoß des Jail hochführen, hier aber aufhören und ihre Fortsetzung in die oberen Geschosse des Jail hinauf in besonderen durch gesicherte Abschlüsse von ihnen getrennten Aufzügen und Treppe finden.

Die Einwirkung der Reformgedanken zeigt sich nun darin, daß die vier Flügel des Jail, abweichend von der üblichen Einrichtung solcher Anstalten, die Möglichkeit weitgehender Klassifikation bieten, Arbeitsräume für die Gefangenen enthalten, und auf ihren flachen Dächern,

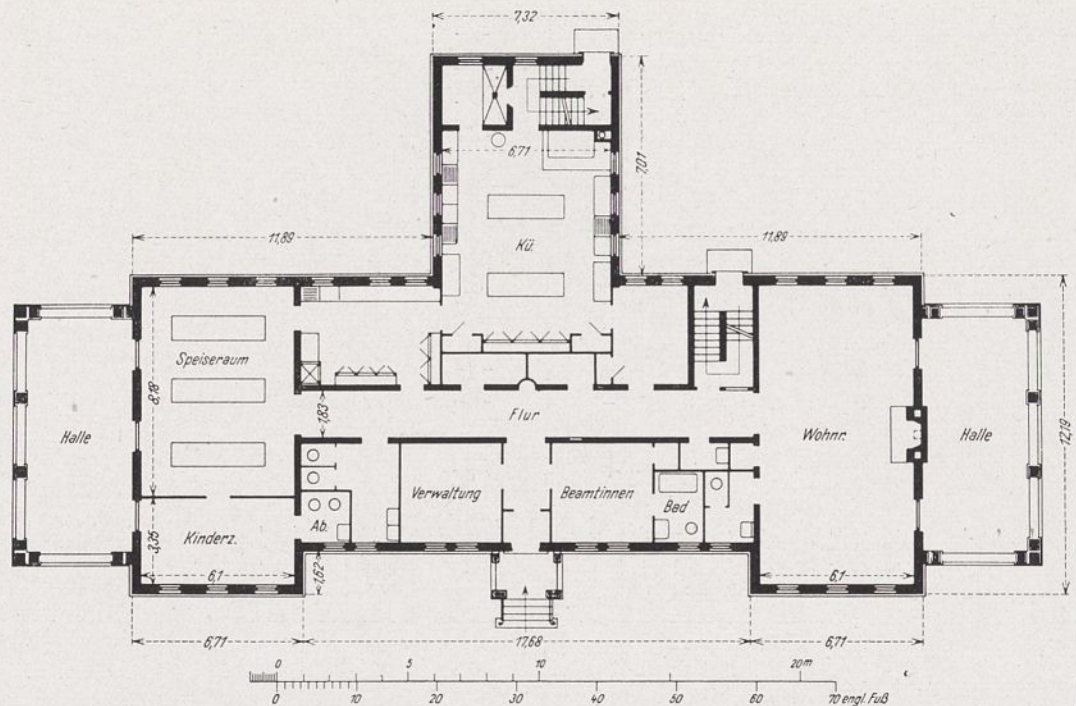


Abb. 51. New Jersey State Reformatory for Women in Clinton, N. J. Mutterschaftshaus. Grundriß des Erdgeschosses. Architekt F. H. Bent.

die dachgartenartig herzustellen sind, den Gefangenen Gelegenheit zu Erholung und Sport geben. Das unterste Geschöß des Jail soll außer den Bureauräumen und der Wohnung des Warden Wohn- und Speiseräume für Beamte, die allgemeine Küche, die Wäscherei, Schuh- und Kleiderkammern und Arbeitsräume aufnehmen. Im nächsten Geschöß sind alle vier Flügel für das Hospital bestimmt. Dann folgen die Zellengeschosse (Abb. 50). Jedes Geschöß soll 100 Zellen enthalten, jeder der vier Flügel also 25, nebst einem kleinen Wannenbadraum und einem Raum für Wärter. In jedem Zellengeschosß können also vier Gruppen gebildet werden. Der mittlere Turmraum dient in jedem Geschöß als Speisehalle. Nimmt man 600 Gefangene als Größenmaß für die Anstalt an, so sind sechs Zellengeschosse nötig; es können 24 Gruppen gebildet werden, von denen je vier eine eigene Speisehalle mit voneinander abgesonderten Plätzen haben. Das auf die Zellengeschosse folgende Geschöß ist höher geplant. Es soll das Auditorium, das die mittlere Turmhalle einnimmt, enthalten; ferner Schul- und Arbeitsräume.

Die Zellen in den unteren Geschossen sind für diejenigen Gruppen von Gefangenen bestimmt, denen man größeres Vertrauen schenken kann, deren Entweichen also nicht befürchtet wird. Oben sollen die weniger des Vertrauens Würdigen untergebracht werden. In Los Angeles sind Entweichungen vorgekommen, indem Gefangene an den Außenwänden bis auf das Dach des Gerichtsgebüdes hinuntergeklettert sind. Um das hier zu vermeiden, sind die Zellenfenster so angelegt, daß die Brüstungen von den Sturzen der unten folgenden Fenster 6 Fuß entfernt sind, und die Fensterleibungen sollen so eingerichtet werden, daß sie möglichst keinen Fußhalt geben. In der Dunkelheit will man die Außenwände der vier Flügel des Jail beleuchten, auf dem Dach des Gerichtsgebüdes sollen vier Wärter je einen Flügel bewachen. Die vier Dachgärten werden von starken und hohen Drahtnetzen umschlossen sein, um Selbstmord- und Entweichungsversuche zu verhüten.

#### *State Reformatory for Women in Clinton, New Jersey.*

An den Schluß dieses zweiten Teiles meines Berichtes möchte ich die Beschreibung einer Anstalt setzen, deren bauliches Wesen von den bisher beschriebenen völlig abweicht. Die Besserungsanstalt für Frauen in Clinton im Staate New Jersey nimmt Verbrecherinnen

jeder Art auf bis zu Totschlägerinnen. Trotzdem hat die Anstalt keinerlei Sicherungen. Sie ist weder von einer Mauer umgeben, noch sind die einzelnen Gebüde besonders gesichert.

Die Anstalt besteht außer den in einem alten Farmhause untergebrachten Verwaltungsräumen aus vier Cottages, in welchen 165 Gefangene jeden Alters untergebracht sind, die in der Regel mit landwirtschaftlicher und gärtnerischer Arbeit beschäftigt werden. Die Verteilung der Gefangenen auf diese vier Gebüde erfolgt im wesentlichen nicht nach einer Klassifikation, die von der Bewährung der einzelnen Gefangenen abhängt, sondern nach anderen Gesichtspunkten. Und zwar sind in einem der vier Bauten die farbigen Frauen untergebracht, den weißen Frauen dienen zwei Cottages. Das vierte Haus hat eine ganz besondere Bestimmung, ist dieser Bestimmung halber auch das einzige, das von baulichem Interesse ist und das ich hier kurz darstellen möchte. Es ist das Mutterschaftshaus (Abb. 51 und 52). Den Gefangenen ist nämlich gestattet, ihre Kinder bis zum Alter von zwei Jahren, so lange sie also noch mütterlicher Pflege besonders bedürftig sind, mitzubringen, und da jährlich etwa 15 bis 20 Kinder in der Anstalt geboren werden, so muß für eine ziemlich große Anzahl von Müttern und Kindern gesorgt werden.

Das Mutterschaftshaus ist zweigeschossig. Im mittleren Teil des Erdgeschosses befinden sich Räume für Beamtinnen, Abort- und Baderäume und die Küche mit ihren Nebenräumen, zu denen ein kleiner Eßraum für die Beamtinnen gehört. Beiderseits schließt sich je ein großer Raum an, jeder mit einer großen Veranda verbunden, von denen einer als allgemeiner Wohnraum, der andere als Eßraum mit einem abgeteilten Kinderspielraum dient. Im oberen Geschöß sind 20 kleine Einzelschlafräume nebst Abort- und Baderäumen untergebracht, außerdem über der einen Veranda eine Halle zum Schlafen im Freien für zehn Insassen, mit der zehn kleine Ankleideräume in Verbindung stehen. Ueber der zweiten Veranda liegt ebenfalls eine offene Schlafhalle, die für 12 bis 14 Kinder dient und mit einer großen Nursery nebst besonderem Kinderwasch- und Baderaum in Verbindung steht. Endlich ist in dieses Geschöß eine Kindermilchküche eingefügt mit einem Kühlapparat und allem, was sonst in einem solchen Raum nötig ist. Ein Raum zum Sterilisieren der Milch befindet sich im Keller. Hier liegen auch die Wäscherei und ein

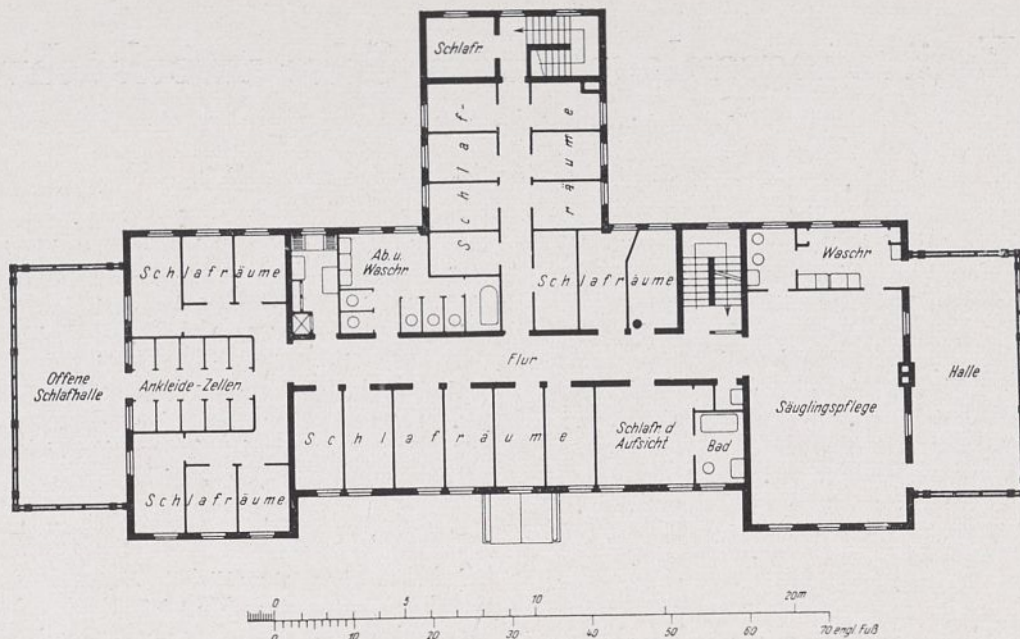


Abb. 52. New Jersey State Reformatory for Women in Clinton, N. J. Mutterschaftshaus. Grundriß des Obergeschosses. Architekt F. H. Bent.

Raum, in welchem die Mütter angehalten werden, für die Kleidung ihrer Kinder zu sorgen.

Das Mutterschaftshaus soll dem Besserungsgedanken dienen helfen durch die besondere erzieherische Arbeit, die in ihm geleistet wird. Indem man die gefangenen Mütter an eine geordnete Behandlung und Ernährung ihrer kleinen Kinder gewöhnt, hofft man sie überhaupt einer geordneten Lebensführung wieder geneigt zu machen.

\*

Ich habe versucht, klarzulegen, daß in allen Fällen der jüngeren Neubauten oder Planungen in Amerika die bauliche Idee von bestimmten reformatorischen Gedankengängen beeinflusst war. Diese Gedankengänge sind amerikanisch, und darum passen die geschilderten Bauten und Pläne natürlich in erster Linie nur für amerikanische Verhältnisse. Damit ist aber nicht gesagt, daß ihre Baugedanken nicht unter bestimmten Voraussetzungen mit Nutzen auf andere Verhältnisse übertragen werden könnten.

Man wird aber vielleicht die Frage aufwerfen, warum gerade das amerikanische Vorbild eine Rolle spielen soll. Diese Frage ist leicht zu beantworten. Der Sprung, um den Amerika seit dem Beginn des Weltkrieges den europäischen Ländern vorausgekommen ist, den hat es auch auf dem Gebiete des Gefängniswesens hinaus über das bis dahin von den anderen Kulturvölkern hier Erreichte gemacht. Neuere Gefängnisanlagen kann man zurzeit nur in Amerika mit wesentlichem Nutzen studieren.\*) Hand in Hand damit geht, daß Amerika schon seit 100 Jahren den Strafvollzug in der ganzen Welt mit Reformgedanken befruchtet hat, und es auch heute noch tut. Amerika ist das einzige Land, in welchem man wirklich von einer baulichen Auswirkung reformatorischer Gedanken

\*) Für Preußen ist zur Zeit in Brandenburg a. d. Havel eine Strafanstalt im Bau begriffen, die mit etwa 1000 Insassen zu den größten Anlagen dieser Art gehört und bei der die Grundsätze des neuzeitlichen Strafvollzugs weitgehend berücksichtigt sind.

des Strafvollzuges sprechen kann, während sich vieles darüber sagen ließe, daß die Umsetzung solcher Gedanken in die Praxis des Gefängnisbetriebes damit nicht Schritt gehalten hat.

Von allen Reformvorschlägen übt auf den Gefängnisbau den stärksten Einfluß die Forderung nach einer weitgehenden Klassifikation und Sonderung der Gefangenen aus. Die Klassifikationsforderung ist an sich nichts Neues, es ist schon längst auch in allen anderen Kulturländern versucht worden, sie wenigstens zum Teil in die Tat umzusetzen. Sie hat aber noch nirgendwo mit ihren letzten Konsequenzen einen vollendeten baulichen Ausdruck gefunden. Auch nicht in Amerika. Zwar wird hier jetzt das bauliche Endziel, zu dem diese Forderung gemeinsam mit dem Besserungsgedanken in der Theorie hinführt, zum ersten Male ziemlich deutlich sichtbar. Aber in der baulichen Praxis der einzelnen amerikanischen Staaten zeigt sich ein starkes Schwanken und unsicheres Tasten, das zu einer großen Verschiedenheit der Anstaltsformen geführt hat. Und wenn auch alle neueren bereits vollendeten oder noch im Bau begriffenen Anlagen den Einfluß der Reformgedanken mehr oder weniger stark spüren lassen, so ist doch eine entschlossene, im Sinne der Reformbestrebungen richtunggebende bauliche Tat noch in keinem Staat geschehen. Das wird zur Folge haben, daß mit der Zeit diejenigen Anlagen, die mit ihrer Gesamtdisposition und ihren Einzelheiten dem klar schon erkennbaren zukünftigen Endziel des amerikanischen Gefängnisbaues nicht entsprechen, sehr schnell veralten werden.

Man hat deshalb bei uns aus der amerikanischen Entwicklung vor allem die Lehre zu ziehen, daß einem neuen allgemeinen Gefängnis-Bauprogramm ein Strafvollzugsprogramm vorausgehen muß. Vorher wäre zu entscheiden, bis zu welchem Punkte man sich in der Frage der Gefangenenbehandlung von amerikanischen Reformgedanken leiten lassen will, insbesondere, wieviel von dem an sich wohl richtigen Klassifikations- und Besserungssystem man sich zu eigen machen und zu welchem eigenen System man es verarbeiten will.

# Die Ergänzungsanlagen zum Schwarzenbachwerk.

Von Regierungsbaurat F e l d m a n n,

Vorstand des Staatlichen Bauamts für das Murgwerk \*).

Der ursprüngliche Entwurf hatte auch im Raumünzachtale unterhalb Hundsbad eine Talsperre vorgesehen, durch die ein Becken von etwa 15 Millionen cbm geschaffen werden sollte. Untersuchungen, die schon im Jahre 1920 durch die Wasser- und Straßenbaudirektion Karlsruhe angestellt wurden, ließen die Wirtschaftlichkeit dieser Sperre als zweifelhaft erscheinen. Als erster hat Dr. L u d i n, der in damaliger Zeit die Entwürfe bei der Wasser- und Straßenbaudirektion bearbeitete, hierauf hingewiesen. Bei der endgültigen Bearbeitung der Raumünzachzuleitung wurde durch das Bauamt für das Murgwerk diese Frage nochmals eingehend untersucht, mit dem Ergebnis, daß bei dem Ausbau der Raumünzachüberleitung als Freispiegelstollen mit etwa 9,00 cbm Leistung insgesamt gegenüber dem Ausbau mit Raumünzachsperre nur 5,25 Mill. Kilowattstunden verlorengehen, deren Erzeugungspreis sich beim Bau der Sperre unverhältnismäßig hoch gestellt hätte. Die Ueberlaufverluste betragen bei der als wirtschaftlich errechneten Leistungsfähigkeit des Stollens von 9 cbm/sek etwa 3,5 vH, die Gebietsverluste etwa 14,4 vH gegenüber der Lösung mit Raumünzachsperre. Der Stollen ist tatsächlich auf 12,00 cbm ausgebaut, so daß er späterhin auch den Zufluß des Langenbaches aufnehmen kann. Bis zu diesem Zeitpunkt gehen die Ueberlaufverluste in Hundsbad auf 2 vH zurück. Da das Verhältnis zwischen Beckeninhalt und Mauerwerksinhalt auch bei der Raumünzachsperre nicht günstig ist, erschien eine Aufspeicherung im Schluchseebecken viel zweckmäßiger. Die Hochspannungsleitung Murgwerk—Schluchsee schafft ja gewissermaßen eine Verbindung beider Becken, da sie die Möglichkeit bietet, sich im Schwarzenbachbecken in der Entnahme weitgehend dem Zufluß bzw. Beckenstand anzupassen. Man hat danach endgültig die Raumünzachsperre fallen lassen, woraus sich von selbst die Ausbildung des Stollens als Freispiegelstollen ergab. Die Ersparnisse haben dadurch allein im Stollen 1,5 Mill. RM betragen.

Auch bei den Wehren (Hundsbad und Biberach) wurde zunächst eine gewisse Speicherfähigkeit erstrebt, um Hochwasserwellen abzufangen. Die genaue Untersuchung hat aber diese Becken nicht als wirtschaftlich erscheinen lassen, da die Hochwasserspitzen nicht häufig genug sind, um eine den Kosten der Wehrerhöhung usw. entsprechende Wassermenge zu liefern.

Wichtig war bei dem Freispiegelstollen die Frage, ob bei standfestem Gebirge nur die Sohle oder auch die Wände auszukleiden waren. Die Beantwortung dieser Frage war nur möglich, wenn die Reibungskoeffizienten einigermaßen sicher eingeschätzt werden konnten. Für den unausgekleideten Stollen, bei dem die durch die Form veranlaßte Reibung die Flächenreibung weit übertrifft, fehlten sichere Unterlagen gänzlich. Es wurden deshalb in dem bei Freudenstadt i. Württbg. gelegenen torkretierten Felsstollen mit Zustimmung des Bezirksverbandes Heimbachkraftwerk in Natur Versuche angestellt, indem Querschnitt und Wassermenge genau gemessen wurden. Letzteres geschah durch sorgfältige Flügelmessungen am Stolleneinlauf. Hieraus konnte aus der Bazinschen Formel

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

der Wert  $c$  und demnach auch der Wert  $\gamma$  für den ganzen Stollen errechnet werden.  $\gamma$  ergab sich zu 1,165. Dabei

war die Sohle ausgeglichen und torkretiert. Nach sonstigen Erfahrungen wurde  $\gamma$  für die Sohle zu 0,50 gesetzt, so daß sich für die Reibung an den Wänden (Flächen- und Formreibung) der Wert 1,85 ergab. Dabei wurde vorausgesetzt, daß sich die Reibung proportional der Länge der verschiedenen behandelten Flächen im Querschnitt verteile. Dr. K a m m ü l l e r hat hier den Vorschlag gemacht, den gesamten Querschnitt in zwei Flächen:  $F_1$  und  $F_2$  zu zerlegen und aus den Gleichungen

$$R_1 = \frac{F_1}{p_{\text{torkret}}} \text{ und } R_2 = \frac{F_2}{p_{\text{unausgekleidet}}}$$

bei bekanntem  $c_1$  zunächst  $F_1$  und dann  $F_2$  und  $c_2$  zu errechnen. Der Vorschlag ist sehr beachtenswert. Er führt im vorliegenden Fall fast zu den gleichen Werten, wie die oben angedeutete Rechnung. Die Gesteinsverhältnisse lagen im Stollen des Heimbachkraftwerkes anders, als im Raumünzachstollen, da es sich in einem Falle um Sandstein, im andern um Granit handelte. Es wurde deshalb mit Prof. R e h b o c k Fühlung genommen, um im Karlsruher Flußbaulaboratorium durch Versuche den Reibungskoeffizienten zu ermitteln. Im Schwarzenbachstollen wurden bei ähnlichem Profil wie das des Raumünzachstollens auf eine Strecke von 50 m alle Meter genaue Querschnitte aufgenommen, nach denen das Versuchsmodell im Maßstab 1 : 5 hergestellt wurde. Die Versuche wurden dann bei unausgekleidetem Stollen, bei Sohlenbetonierung mit Glattstrich der Sohle und bei seitlich auf 1,75 m Höhe ausgekleidetem Stollen durchgeführt. Es können hier nur die wichtigsten Ergebnisse der äußerst interessanten Versuche wiedergegeben werden.

	I Unaus- gekleideter Stollen	II Sohle aus- gekleidet	III Sohle und Seiten- wände aus- gekleidet
Querschnittsfläche des Gesamtprofils	7,95 m <sup>2</sup>	7,10 m <sup>2</sup>	6,68 m <sup>2</sup>
Querschnittsfläche für den Höchst- abfluß . . . . .	7,80 m <sup>2</sup>	7,00 m <sup>2</sup>	6,25 m <sup>2</sup>
Querschnittsfläche für den Höchst- abfluß in vH des Querschnittes I .	100 vH	89,7 vH	80 vH
Höchstdurchfluß- menge in cbm . .	8,06 cbm/sek	9,75 cbm/sek	12,55 cbm/sek
Höchstdurchfluß- menge in vH der Höchstdurchfluß- menge Quer- schnitt I . . . . .	100 vH	121 vH	156 vH

Dabei ist bei ausgekleidetem Stollen die Wandrauigkeit im Modell unter der Voraussetzung eingesetzt, daß im Stollen selbst  $n$  (Ganguillet und Kutter) = 0,0158 ist. Eine größere Glätte war beim Modell 1 : 5 nicht zu erzielen; es war aber zu erwarten, daß die Stollenwandreibung bei Glattstrich noch günstiger ausfallen würde. Die letzten Hochwasser haben das bestätigt. Der Stollen führt etwa 14 cbm/sek ab. Aus den Abflußmengen konnten nun bei bekannten  $F$ ,  $R$  und  $J$  die Reibungskoeffizienten berechnet werden. Sie wurden, ebenso wie die Geschwindigkeit und der Faktor  $c$  der Chezyschen

\*) Der Aufsatz bildet den Schluß zu den Veröffentlichungen über „Die Tiefbauten des Schwarzenbachwerkes“ (Murgwerk II. Ausbau) im Jahrg. 1927 d. Bl., Ingenieurbau, S. 59 u. 96.

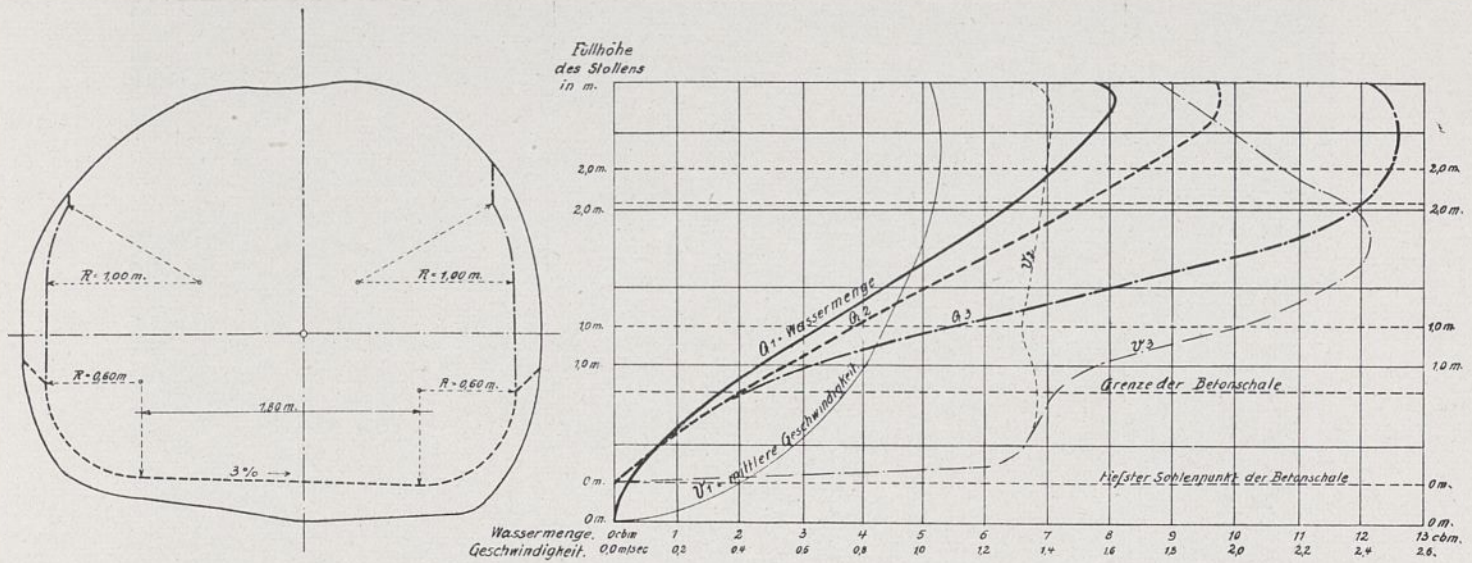


Abb. 1. Modellversuche für den Raumünzachstollen, V und Q-Kurven.

Gleichung für verschiedene Füllhöhen graphisch aufgetragen. Für den unausgekleideten Stollen wurde im Mittel erhalten:

$$\gamma \left( c = \frac{87 \sqrt{R}}{\gamma + \sqrt{R}} \right) \text{ zu } 2,06,$$

$$m \left( c = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \right) \text{ zu } 2,5,$$

$$n \left[ c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left( 23 + \frac{0,00155}{J_s} \right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \right] \text{ zu } 0,036.$$

Für betonierte Sohle mit Glattstrich und unausgekleideten Seitenwänden ergab sich im Mittel

$$\gamma = 1,0; \quad m = 1,30; \quad n = 0,022.$$

Für vollausgekleideten Stollen waren die Werte:

$$\gamma = 0,4; \quad m = 0,6; \quad n = 0,0121$$

für Modell, das einem  $n = 0,0158$  in Natur entsprach. Weyrauch gibt im „Hydr. Rechnen“ für den Stollen der Wasserkraftanlage Tyssadal den Wert  $n$  zu 0,0305 bis 0,0333, im Barberinestollen wurde mit  $n = 0,033$  gerechnet. Die oben genannten Zahlen ergeben eine wertvolle Ergänzung dieser Werte. In Abb. 1 sind Querschnitt, Geschwindigkeit und Wassermenge bei den drei verschiedenen Auskleidungsarten dargestellt.

Die Versuche hatten sichere Unterlagen für die Wirtschaftlichkeit der Stollenauskleidung gegeben. Auf Grund der Ausschreibung, in der beide Ausführungsarten vorgesehen waren (die Sohlenbetonierung sollte auf jeden Fall ausgeführt werden), wurde errechnet, daß für den Stollen von 5,2 km Länge bei Seitenauskleidung eine Ersparnis von 250.000 RM zu erzielen war. Es mag hier aber noch



Abb. 2. Zahnschwelle mit Kolken nach der Natur.



Abb. 5. Zahnschwelle mit Kolken nach dem Modell.

beigefügt werden, daß die Rechnung insofern ein nicht ganz richtiges Bild bot, als sämtliche Unternehmer mit dem kalkulierten Mehrausbruch über das theoretische Maß hinaus nicht auskamen. Die dabei entstandenen Verluste wiegen den errechneten Vorteil, rein volkswirtschaftlich betrachtet, zum großen Teil wieder auf. Verlustbringend ist hauptsächlich das Wiederebetonieren der Mehrausbruchflächen. Die fünf größeren Unternehmer haben bei unserem Granit bei einem theoretischen Ausbruch zwischen 5 bis 10 qm im Durchschnitt nirgends weniger als 22 vH Mehrausbruch erzielt. Bei derartigen Verhältnissen wird es demnach doch richtiger sein, bei gutem Fels mehr auszusprengen und seitlich nicht auszubetonieren, sondern nur etwas nachzuarbeiten, so daß allzu scharfe Kanten und Ecken vermieden werden. Die Verhältnisse waren an sich bei dem hoch gelegenen Stollen

von vornherein nicht so klar zu übersehen, weil damit gerechnet werden mußte, daß auf vielen Strecken bei weniger gutem Fels Vollausskleidung nötig wurde. Der Profilübergang war bei durchgehender seitlicher Auskleidung für den Wasserabfluß viel günstiger, als wenn der Querschnitt sehr oft wechselte.

Um die weiter angestellten Versuche vorwegzunehmen, mag noch erwähnt werden, daß die Wassermengenkurve beim Austritt des Raumünzachstollens in das Schwarzenbachbecken, wo eine Meßschwelle eingebaut ist, ebenfalls im Flußbaulaboratorium in Karlsruhe bestimmt wurde, ebenso die günstigste Form des Hundsbachwehres, besonders der Abfallpritsche. Im Hundsbachwehr war es auf Grund der Laboratoriumsversuche bei einer Kostensumme des Wehres von rd. 100 000 RM möglich, gegenüber dem amtlichen Entwurf 12 vH an Kosten zu sparen. Am Ab-

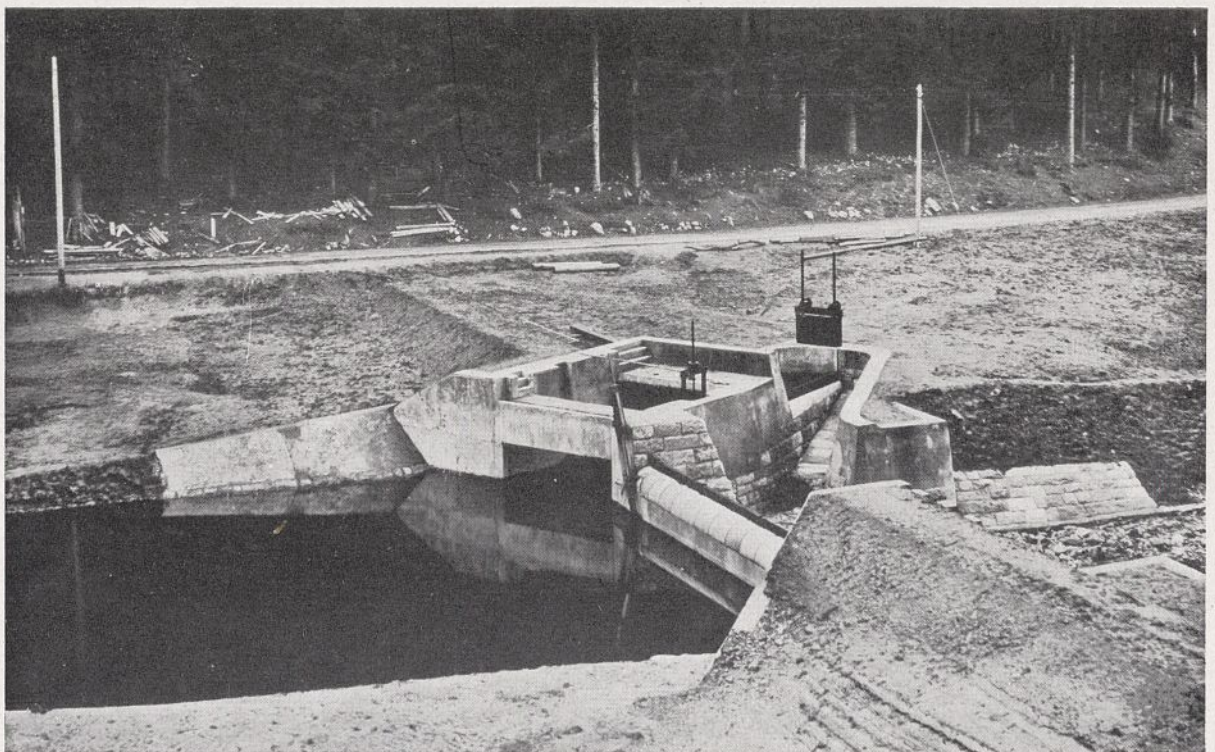


Abb. 4. Hundsbachwehr.



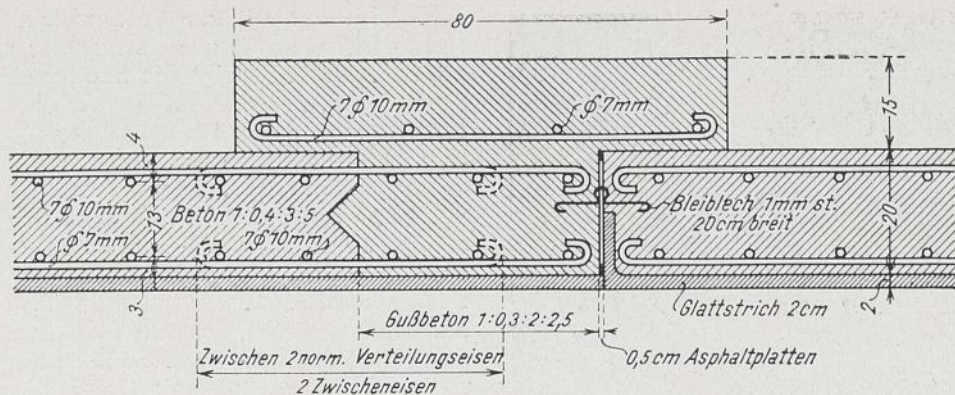


Abb. 5. Temperaturfugen im Hangkanal.

sturzbett wurde eine Rehbocksche Zahnschwelle aus Stahlblechen, die mit Mörtel ausgegossen wurden, eingebaut. Abb. 2 zeigt die in Natur nach einem Hochwasser von etwa 18 cbm aufgenommenen Kolkkurven, während Abb. 3 die Kurven angibt, die bei 20 cbm Hochwasser im Modell auftraten. Die seitliche Verschiebung nach rechts in Natur ist durch Öffnen der Spülschützen auf der linken Wehrseite bedingt. Im übrigen zeigt sich eine ganz auffallende Übereinstimmung zwischen Modell und Natur.

#### Bauten in Hundsbach.

Die Bauten in Hundsbach, die der Fassung des Wassers und der Zuleitung zum Raumünzachstollen dienten, waren verhältnismäßig einfacher Natur. Sie sind im wesentlichen in einem Bausommer, nämlich im Jahre 1926, hergestellt worden.

#### Hundsbachwehr.

Das Hundsbachwehr (Abb. 4) hat eine Ueberfallbreite von 12 m. Die feste Wehrschwelle liegt auf Höhe 678,70. Die günstige Form für den Wassereinflaß und den

Wehrabsturz wurde durch die oben schon berührten Laboratoriumsversuche festgelegt. Neben einer Leerlaufschütze, die mit schiefer Zugstange angeordnet ist, so daß der Hochwasserüberlauf freigehalten wird, ist noch eine Spülschütze eingebaut, die bei stärkeren Anschwellungen etwas gezogen wird, so daß der in den unteren Wasserfäden mitgeführte Sand abgesaugt und sein Einspülen in den Hangkanal und Stollen verhindert wird. Das Uebereich hat den Zweck, den Wasserstand so zu regulieren, daß der Hangkanal nicht vollständig gefüllt wird, da die Abflußverhältnisse dann am günstigsten sind, wenn Reibungen an der Decke nicht stattfinden.

#### Hangkanal.

Der an das Wehr anschließende Hangkanal ist als Eisenbetonkastenprofil mit einem lichten Querschnitt von 3,5 qm und einer Wandstärke von 20 cm ausgebildet. Der Kanal ist rd. 1900 m lang und hat ein Gefälle von 1 : 900, so daß eine größte Wassergeschwindigkeit von etwa 2 m entsteht, bei der etwa 7 cbm abgeführt werden. Im Kanal, der durchweg mit mindestens 50 cm Erde überdeckt ist,

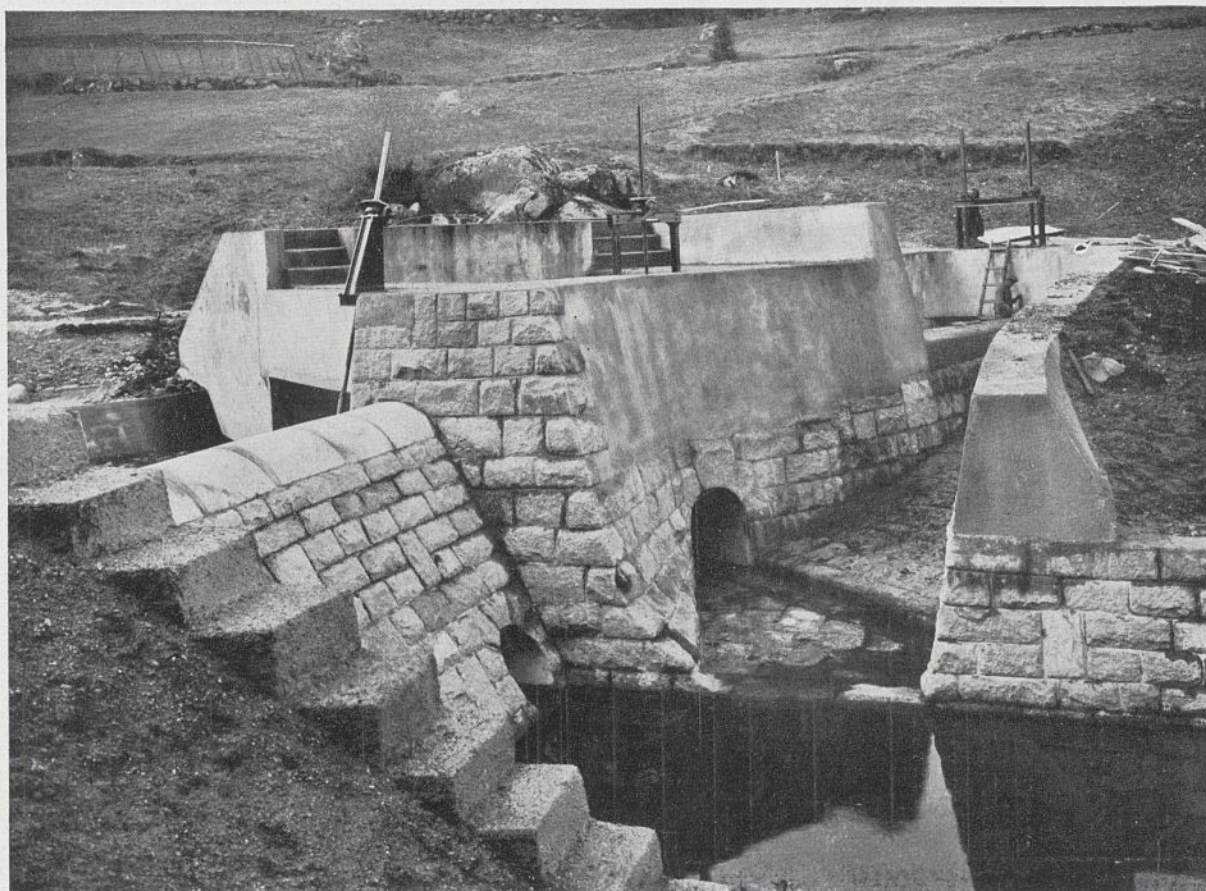


Abb. 6. Biberachwehr.

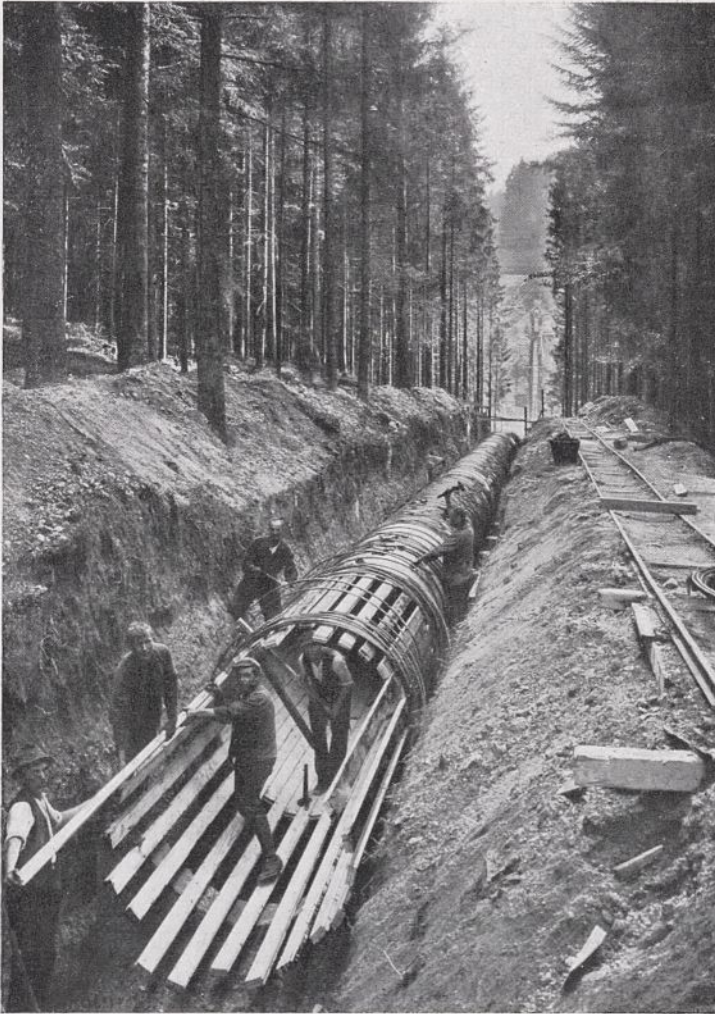


Abb. 7. Holzrohrmontage.

sind Dehnungsfugen im mittleren Abstand von 30 m angeordnet. Diese Fugen haben sich im letzten Winter bei großer Kälte durchweg 1 bis 2 mm geöffnet. Die Notwendigkeit der Fugen erscheint dadurch erwiesen zu sein. Dabei wurde durch genaue Aufzeichnungen festgestellt, daß die aufgetretenen Temperaturdehnungen da am größten sind, wo bei heißem Wetter betoniert wurde. Ein starkes Feuchthalten des Betons derartiger Kanäle noch längere Zeit nach der Herstellung ist unbedingt erforder-

lich. Nur unter dieser Voraussetzung wird man mit den Dehnungsfugen bis zur Entfernung von etwa 50 m gehen können. Abb. 5 zeigt die bauliche Anordnung der Dehnungsfugen, wobei die Fugenausbildung der Kanalherstellung immer erst nach längerer Zeit folgte, so daß das Schwinden des Betons beim Herstellen der Fugen sich schon größtenteils vollzogen hatte. Der Beton der Fugen wurde so fett gewählt, daß er nach den angestellten Versuchen wasserdicht ist. Der Beton des Hangkanals wurde stark plastisch eingebracht. Da er auf einer kleinen Förderbahn z. T. bis zu 1000 m transportiert werden mußte, war dabei, um ein durchaus homogenes Material zu erzielen, ein kurzes Nachmischen vor dem Einbringen nötig. Dies geschah mit Hand, während sonst für alle Bauten maschinelle Mischung vorgeschrieben war. Bei dem Beginn des Raumünzachtollens vereinigt sich der Hangkanal mit der Dükkerleitung vom Biberachwehr her.

#### Biberadwehr.

Das Biberachwehr (Abb. 6) hat 8 m Ueberfallbreite und ist ganz ähnlich ausgebildet wie das Hundsbachwehr. Eine Zahnschwelle war am Ende der Absturzpritsche hier nicht nötig, da guter Fels anliegt. Die feste Wehrschwelle liegt auf Höhe 682,94. Die angeordneten Rechen haben eine lichte Weite von 30 mm.

#### Biberachstollen.

Der an das Wehr anschließende Biberachstollen ist 914 m lang und als Freispiegelstollen ausgebildet. Er hat ein benetztes Durchflußprofil von 2,90 qm. Das Gefälle beträgt 1 : 520, wobei bei einer Größtgeschwindigkeit von etwa 2 m/sek etwa 6 cbm abgeführt werden. Die Sohle ist durch Beton ausgeglichen, auf den 2 cm Glattrich aufgebracht sind. Die Wände haben eine theoretische Mindeststärke von 10 cm, die unter Berücksichtigung des unvermeidlichen Mehrausbruchs im Durchschnitt über 20 cm beträgt. Am oberen Ende der Auskleidung liegt beiderseits ein Längseisen, das durch Anker in Abständen von etwa 5 m an den Fels angehängt ist. Das angefahrne Gebirge war gut. Vollauskleidung wurde nur auf den beiden Flügeln in etwa 45 m Länge nötig. Der unausgekleidete Scheitel wurde, um eine Verwitterung des Felsens zu verhindern, mit einem Torkretanwurf versehen.

#### Holzrohrdükker.

Die Ueberführung des Biberachwassers über das Hundsbachtal hinweg geschieht in einem Holzrohrdükker von 1,50 m Durchmesser. Der Längenschnitt des Dükkers

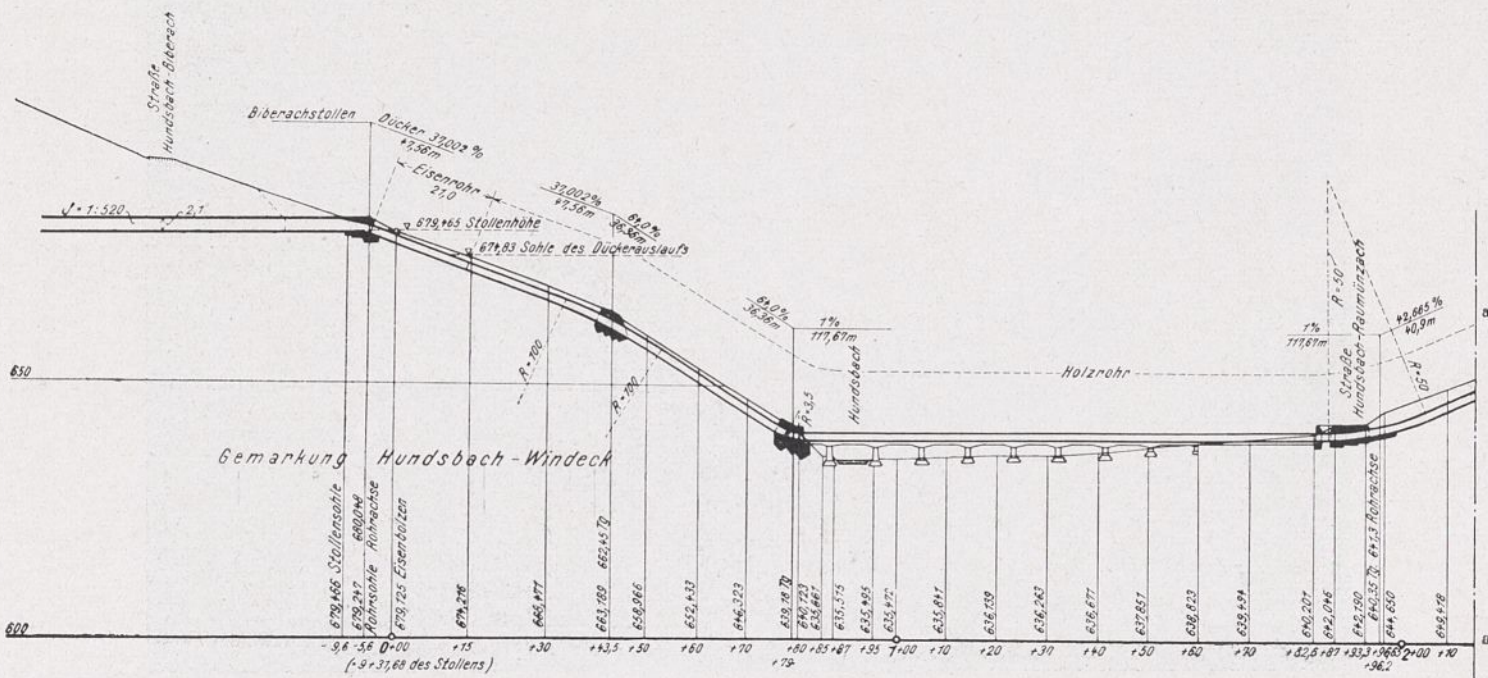


Abb. 8. Längenschnitt des Holzrohr-Dükkers der Biberachzuleitung. Anschluß bei a-a.



Abb. 9. Dückerbrücke.

ist aus Abb. 8 und 10 ersichtlich, währenddem die Abb. 7 und 9 Lichtbildaufnahmen während der Montage wiedergeben.

Von vornherein war für die Ausführung Eisen, Eisenbeton und Holz vorgesehen. Eingehende Kostenvergleiche auf Grund erhobener Angebote von Spezialfirmen führten schließlich zur Ausführung des Dückers in Holz, wobei sich auf der entlegenen Baustelle gegenüber Eisen Ersparnisse von etwa 51 vH ergaben, während ohne Erd- und Betonarbeiten die Eisenerlieferung um 44 vH teurer war als die Holzrohrleitung. Der Dückereinlauf, der bei niederen Wasserständen nicht unter Wasser steht, wurde durch ein 21 m langes Eisenrohr mit 7 mm Wandstärke gebildet; ebenso besteht ein Winkelstück mit Mannloch und Leerlauf an dem Stützpunkt beim Hundsbach aus Eisen. Schließlich wurde beim Einlauf in den Raumünzachstollen die Strecke, die nicht ständig unter Wasser steht, in Eisenbeton hergestellt. Das eigentliche Holzrohr umfaßt eine Länge von 410 m, während die Gesamtdückerlänge ungefähr 470 m beträgt. Das Holzrohr hat

eine Daubenstärke von 55 mm; der Abstand der Spannringe mit einer Stärke von 19 bis 22 mm schwankt je nach statischer Beanspruchung zwischen 7,5 und 50 cm. Die Längsdichtung der Dauben geschieht durch Nut und Feder, währenddem in die Hirnstöße verzinkte Keilbleche eingelegt sind. Der kleinste Krümmungsradius des Holzrohres beträgt im Aufriß 50 m, die größte Wassergeschwindigkeit im Rohr 5,40 m, der größte Druck ungefähr 40 m. Währenddem das Rohr an den Hängen in die Erde verlegt und eingedeckt ist, hat man hiervon bei dem sumpfigen Wiesenboden des Talgrundes abgesehen. Man befürchtete dort Angriffe des Moorwassers auf die Spannringe. Das Rohr ist deshalb im Tal auf eine Brücke aus Eisenbeton gelegt. Der Sockelabstand für die Auflagerung des Rohres beträgt 2,25 m. Der Uebergang von dem Eisenrohr zu dem Holzrohr ist in der Art gebildet, daß man das Holzrohr in Muffen des Eisenrohres hinein führte und die Muffen durch Teerstricke und Bleiwolle dichtete. Besondere Spannringe in Form von Winkeln gestatten ein gutes, ständig wirkendes Einpressen der

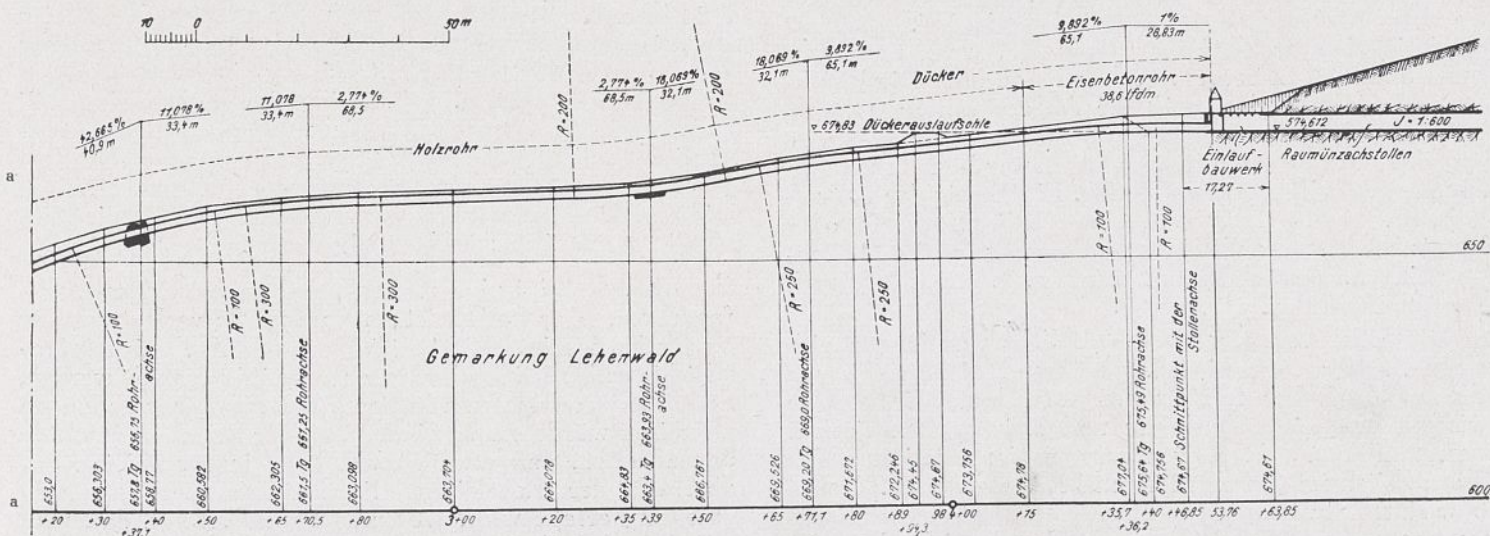


Abb. 10. Längenschnitt des Holzrohr-Dückers der Biberachzuleitung. Anschluß bei a-a.

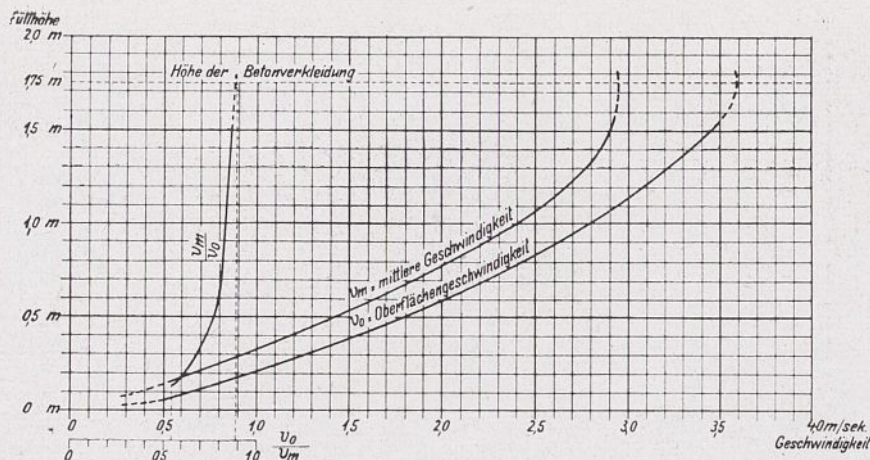


Abb. 11. Geschwindigkeiten im ausgekleideten Raumünzachtollen.

Bleiwolle in die Muffen. Die Rohrleitung hat sich bei den Abnahmeversuchen als dicht erwiesen; anfängliche Undichtigkeiten sind nach Aufquellen des Holzrohres bald verschwunden. Das Rohr hat äußerlich einen dreifachen Dichtungsanstrich mit einem Spezialdichtungsmittel erhalten. Dabei hat es sich gezeigt, daß an Stellen, wo nur schwache Durchsickerungen stattfinden, im Anstrich sich Blasen bilden, die schließlich platzen. Mit dem Anstrich muß also jedenfalls gewartet werden, bis das Rohr völlig gedichtet und gut abgetrocknet ist.

#### Raumünzachtollen.

Der Raumünzachtollen hat eine lichte Weite von 2,6 m mit einer Querneigung der Sohle von 3 vH. Die Wände sind 1,75 m hoch ausbetoniert und ähnlich ausgebildet wie im Biberachtollen. Das Gefälle beträgt 1:600, wobei eine Höchstgeschwindigkeit von etwa 3 m erzielt wird. Der First hat einen Moseranwurf erhalten. Bei einer Gesamtlänge des Stollens von 5,2 km wurden 187 m Vollauskleidung nötig. Der Stolleneinlauf liegt auf 674,00, der Stollenauslauf beim Schwarzenbach auf 666,00. Der Ausbruch des Stollens erfolgte von sechs Punkten aus. Neben den beiden Flügelangriffen wurden zwei Fensterstollen vorgetrieben und von diesen aus nach beiden Seiten vorgearbeitet. Im Vortrieb wurden im Durchschnitt durch die Firmen 4,25 m im Tag an jedem Angriffspunkt erzielt. Die Höchstleistung betrug 6,5 m pro Tag und Arbeitsstelle. Die Kompressorenanlagen waren durch die Bauverwaltung erstellt. An den beiden Flügeln war jeweils ein Kompressor von 6 und 12 cbm, in den mittleren Losen ein Kompressor von 12 und 15 cbm installiert. Diese Anordnung ist einerseits ausreichend, andererseits aber auch nötig. Die Belüftung des Stollens geschah durch Ventilatoren mit anschließenden Luttenrohren von 30 bis 40 cm Durchmesser. Die Belüftung hat vor dem Durchschlag recht gut funktioniert. Gewisse Schwierigkeiten treten immer dann ein, wenn nach dem Durchschlag die Luttenrohre entfernt werden. Die Rauchscheiden, insbesondere auch die Abgase von Benzollokomotiven, ziehen dann langsam im Stollen hin und her, so daß schließlich in den mittleren Losen zur künstlichen Absaugung geschritten werden mußte. Ein Ersatz der Benzollokomotiven durch Fahrzeuge, die mit Druckluft oder elektrischer Kraft angetrieben werden, wäre im Stollenbau dringend erwünscht und wurde z. T. mit Erfolg auch schon durchgeführt.

Die Sickerwassermenge des Stollens war in den einzelnen Strecken verschieden. Während die Strecke von Schwarzenbach her fast trocken war, hatte die Strecke zwischen den Losen Dachsbau und Netzbrunnen starken Wasserandrang. Insgesamt wurden im Maximum bei nassen Zeiten im ganzen Stollen 50 Liter gemessen. In die Sohle sind Entwässerungsrohre eingelegt mit einem Durchmesser zwischen 20 und 35 cm. Nach Inbetriebnahme des Stollens wurden Wassermessungen veranstaltet, die ein

gutes Bild des Verhältnisses von Oberflächengeschwindigkeit zur mittleren Geschwindigkeit geben. In Abb. 11 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt.

#### Quellbachzuleitungen.

Wie der Lageplan (Tafel 1 im Jahrg. 1927 d. Bl. zu S. 59) zeigt, wurde auch noch eine Anzahl Quellbäche durch besondere Leitung der Raumünzachtollen zugeführt. Insgesamt wurden 7450 m gebaut, wobei nur die Jägerbrunnenzuleitung mit etwa 1200 m in Steinzeugrohren ausgeführt wurde, während für alle übrigen Rohrleitungen von der Firma Züblin hergestellte Schleuderrohre des Systems Vianini Verwendung fanden. Die Steinzeugrohre erschienen an den steilen Hängen des Raumünzachtollen und Hundsbachtales nicht zweckmäßig. Dagegen war lange Zeit die Verwendung von Holzrohren ins Auge gefaßt. Dabei mußten die Holzrohre ständig unter Druck gehalten werden, wobei die Zuleitung aus den Quellbächen und die Kontrolle der Leitung gewisse Schwierigkeiten boten. Die Verhandlungen mit Spezialfirmen führten schließlich dazu, von Holzrohren abzuweichen. Um die Bewährung der geschleuderten Vianinrohre, die wegen ihres äußerst dichten Gefüges gegenüber dem weichen, kohlen säurehaltigen Wasser besonders widerstandsfähig erschienen, zu erproben, wurden Rohrstücke ganz in der Nähe von Quellbachfassungen verlegt, also in Wasser, bei dem ein Gehalt an freier, aggressiver Kohlensäure von 28 mgr. festgestellt wurde. Nach ungefähr einem Jahr wurden die Stücke durch die Professoren Graf und Hundeshagen in Stuttgart auf ihr Gefüge mikroskopisch und chemisch untersucht, wobei irgendwelche Veränderungen nicht festgestellt werden konnten. Aus den Schnitten und Vergrößerungen war aber das gute, dichte Gefüge der Rohre, hauptsächlich im Innern, deutlich erkennbar, so daß auch das amtliche Gutachten der genannten Herren zu dem Schlusse kam, daß die Rohre jede Gewähr für Haltbarkeit bei den gegebenen Verhältnissen bieten würden. Die Stöße der Rohre sind mit Zementwülsten überdeckt. Die vorgenommenen Druckproben hatten gute Ergebnisse. Für gerade Strecken wurden die Rohre in Längen von 3,60 m geliefert, währenddem für scharfe Kurven (unter 30 m) die Einschaltung von 1-m-Stücken nötig wurde.

Abb. 12 zeigt eine Normalanordnung der Quellbachfassungen. Der Rechen ist im Bachgefälle verlegt, um ein Verlanden weniger leicht möglich zu machen. Die Einfallschächte sollen bei Hochwasser regelmäßig gespült werden, um ein Einschleppen von Sand, der die Rohrwandungen angreifen würde, zu verhindern. In der Berechnung wurde angenommen, daß etwa 60 vH des Einzugsgebietes, das oberhalb der Rohrleitung liegt, durch die Quellbachzuleitung erfaßt wird. Versuche haben gezeigt, daß man mit dem Anteilssatz eher noch etwas höher gehen kann; endgültige Ergebnisse liegen aber noch nicht vor.

In Abb. 13 ist schließlich noch eine kleine Entsäuerungsanlage einer Quellbachfassung für Gebrauchswasser dargestellt, die sich recht gut bewährt hat. Für die vorhandenen Siedlungen mußten vier neue, kleinere Ersatz-Wasserleitungen gebaut werden. Die Tatsache, daß das stark kohlenstoffhaltige Wasser auch die Wandungen von gußeisernen Rohren angriff, machte eine Entsäuerung notwendig. Durch die in der Zeichnung dargestellte Anordnung ist es gelungen, den freien Kohlenstoffgehalt von 28 mg/l auf 2 mg/l herabzudrücken. Eine besonders gute Entlüftung, die den Abzug der Kohlenstoff-ermöglicht, ist dabei Voraussetzung.

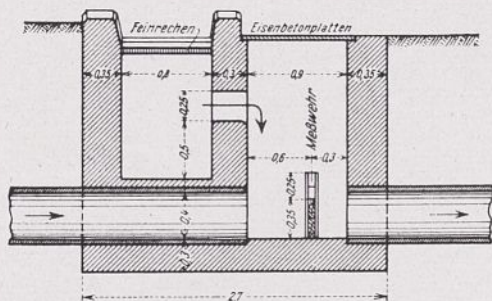


Abb. 12. Quellbachfassung.

Die Raumünzschuleitung wurde am 22. Oktober 1926 in Betrieb gesetzt. Damit hat der Ausbau des Murgwerks, der im Jahre 1915 begonnen wurde, vorläufig seinen Abschluß erreicht. Die Jahreskraftezeugung beträgt nach Fertigstellung der Raumünzschuleitung

im Murgwerk . . . . .	69 Mill. kWh
im Schwarzenbachwerk . . . . .	57 Mill. kWh
zusammen:	126 Mill. kWh

Aufgabe der näheren Zukunft wird es sein, durch Erhöhung der Pumpenleistung unter Ausnutzung billiger Nachtabschaltkraft die vorhandenen Anlagen (Rohrleitung,

Stollen, Schwarzenbachbecken) weitestgehend auszunützen. Eine Erhöhung der Pumpenleistung bis etwa 7 cbm ist ins Auge gefaßt. Die Spitzenleistung des Schwarzenbachwerks ist durch Aufstellung eines weiteren Aggregates mit verhältnismäßig geringen Kosten von 40 000 auf 60 000 kW zu erhöhen. Das Badenwerk hat es hier in der Hand, sich dem Bedarf weitestgehend anzupassen, gegebenenfalls auch noch den Langenbach der Raumünzschuleitung zuzuführen, eine Anlage, die noch durchaus wirtschaftlich wäre. Die Talsperre im oberen Murgtal und die Beileitung der Quellflüsse der Schönünzschuleitung und der oberen Murg, die in dem generellen Plan ebenfalls vorgesehen war, kommt heute wohl nicht mehr in Frage.

\*

Bei den gesamten Tiefbauten für das Schwarzenbachwerk waren folgende Firmen beschäftigt:

Firma Züblin-Kehl für Lieferung und Verlegung der Vianinrohre; Firma Rode u. Christgen-Dortmund für Ausführung des Biberachwehres und Biberachstollens; Firma Holzrohrbau-A.-G.-Freiburg für Herstellung des Holzrohrdückers; Firma Laule-Gernsbach für das Hundsbachwehr, Raumünzschuleitung (Los Greteldeich), untere Druckrohrleitung und Krafthaustief- und -hochbau; Firma Bad. Baugesellschaft-Freiburg für den Eisenbetonhangkanal; Firma Baresel, Weiß u. Freytag-Stuttgart (Arbeitsgemeinschaft) für den Raumünzschuleitung (Los Dachsbad und Netzbrunnen); Firma Held u. Franke-München für den Raumünzschuleitung (Los Schwarzenbach); Firma Siemens-Bauunion-Berlin für die Talsperre, den Schwarzenbachstollen und den oberen Teil der Druckrohrleitung. Die Arbeiten für das Baukraftwerk hat zum größeren Teil die Firma Jul. Berger-Berlin, die Schwarzenbachumleitung die Firma Kallenbach-Hamm i. W. ausgeführt. Kleinere Arbeiten wurden ortsansässigen Kleinunternehmern übertragen, z. T. in eigener Regie ausgeführt.

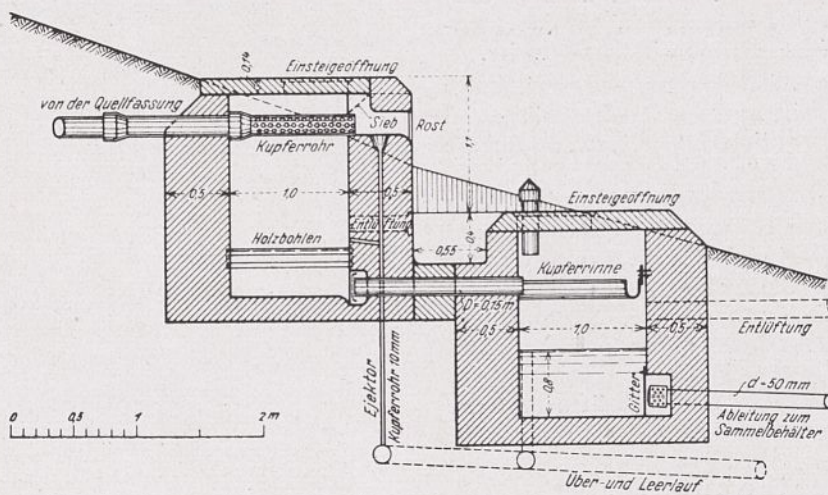


Abb. 13. Entsäuerungsanlage.

# Tabellen zur Berechnung von Bogenträgern.

Von Dr.-Ing. E n y e d i B é l a in Budapest.

Der durchlaufende Träger wird als vollkommen gelöst betrachtet, da die Einflußlinien für Momente und Querkräfte, weiter die Maximal- und Minimalmomente, ferner die Querkräfte mittels der Winklerschen Tabellen für Einzellasten oder für gleichmäßig verteilte Belastung durch eine einfache Multiplikation mit der Spannweite und Belastung berechnet und aufgetragen werden können. Aehnliche Tabellen, die die Einflußlinien für Momente und Horizontalkräfte bzw. die Maximal- und Minimalmomente bei einem auf Gelenke gestützten oder eingespannten Bogen mit beliebiger Spannweite und Bogenhöhe liefern und ebenso leicht verwendbar sind wie die Winklerschen Tabellen für durchlaufende Träger, wurden bisher nicht abgeleitet.

Falls die Ritzersche Theorie, die die leichte und einfache Lösung des durchlaufenden Trägers ermöglichte, bei dem Bogen im richtigen Sinne angewendet wird, können auch die Bogensysteme leicht und einfach gelöst werden. Durch das Ritzersche Verfahren kann man daher nach Bekanntgabe der Spannweite und Bogenhöhe des gelenkigen oder eingespannten Bogens nicht nur die Einflußlinien, sondern auch die Maximal- und Minimalmomente für jeden Querschnitt sofort aufschreiben oder auftragen. Vorläufig werden die Tabellen unter der Voraussetzung berechnet, daß das Trägheitsmoment der Querschnitte sich in der ganzen Länge fast gar nicht ändert; im Prinzip liegt aber darin gar keine Schwierigkeit, wenn der Querschnitt veränderlich ist.

Es sei bemerkt, daß bei der Berechnung der Tabellen nur die durch die Biegemomente hervorgerufenen Deformationen berücksichtigt werden, aber die derart erhaltenen Werte können später durch Berücksichtigung der Normalkräfte leicht ergänzt werden. Ferner wird vorausgesetzt, daß die Bogenachse eine Parabel sei, da die Bogenhöhe immer bedeutend kleiner ist, als die Spannweite.

Die Ritzersche Theorie teilt das Momentenbild des durchlaufenden Trägers in Teile auf, die durch die äußeren Kräfte, ferner durch die Reaktionskräfte bzw. Momente hervorgerufen werden. Bei der Lösung der Bogenkonstruktionen wird das Momentenbild ebenfalls in einige Teile aufgeteilt, und zwar bei dem Gelenkbogen in zwei, und bei dem eingespannten Bogen in vier Teile. Zuerst werden die von einer Einzellast hervorgerufenen Reaktionskräfte und Momente bestimmt, die dann durch die Momentenbilder zu den Einflußlinien führen; der Flächeninhalt der Einflußlinien ergibt die Maximal- und Minimalmomente, die durch den Einfluß der Normalkräfte und der Temperaturänderung ergänzt werden.

## I. Zweigelenkbogen.

### A) Die Wirkung einer Einzellast.

Die Spannweite der Achse des Zweigelenkbogens wird mit  $l$ , die Bogenhöhe mit  $f$ , und die Höhe des Querschnittes im Scheitel mit  $h$  bezeichnet (Abb. 1 I). Die Gleichung der Bogenachse bezieht sich auf ein Koordinatensystem, dessen Anfangspunkt der Scheitel des Bogens  $C$  ist (Abb. 1 II). Die Gleichung der als eine Parabel betrachteten Bogenachse ist

$$x^2 = \frac{l^2}{4f} y \quad (1)$$

Der Querschnitt im Bogenscheitel hat das Trägheitsmoment  $J_0$ ; falls das Trägheitsmoment des Bogenquerschnittes in irgendeinem Punkte  $D$  den Wert  $J$  hat, und die Tangente in Punkte  $D$  mit der Horizontalen den Winkel  $\varphi$  einschließt, wird vorausgesetzt, daß

$$J \cos \varphi = J_0 \quad (2)$$

Diese Bedingung bedeutet praktisch nichts anderes, als daß die Querschnitte in der ganzen Länge des Bogens konstant angenommen werden, weil die Änderung des Querschnittes ganz unbedeutend ist; wenn das Verhältnis zwischen der Bogenhöhe und Spannweite wie üblich, zum Beispiel auf  $\frac{1}{6}$ , angenommen wird, ist an dem Gelenk:

$$\operatorname{tg} \varphi = 4 \times \frac{1}{6} = 0,667$$

Demzufolge:

$$J = \frac{J_0}{\cos \varphi} = \frac{1}{0,832} J_0 = 1,20 J_0.$$

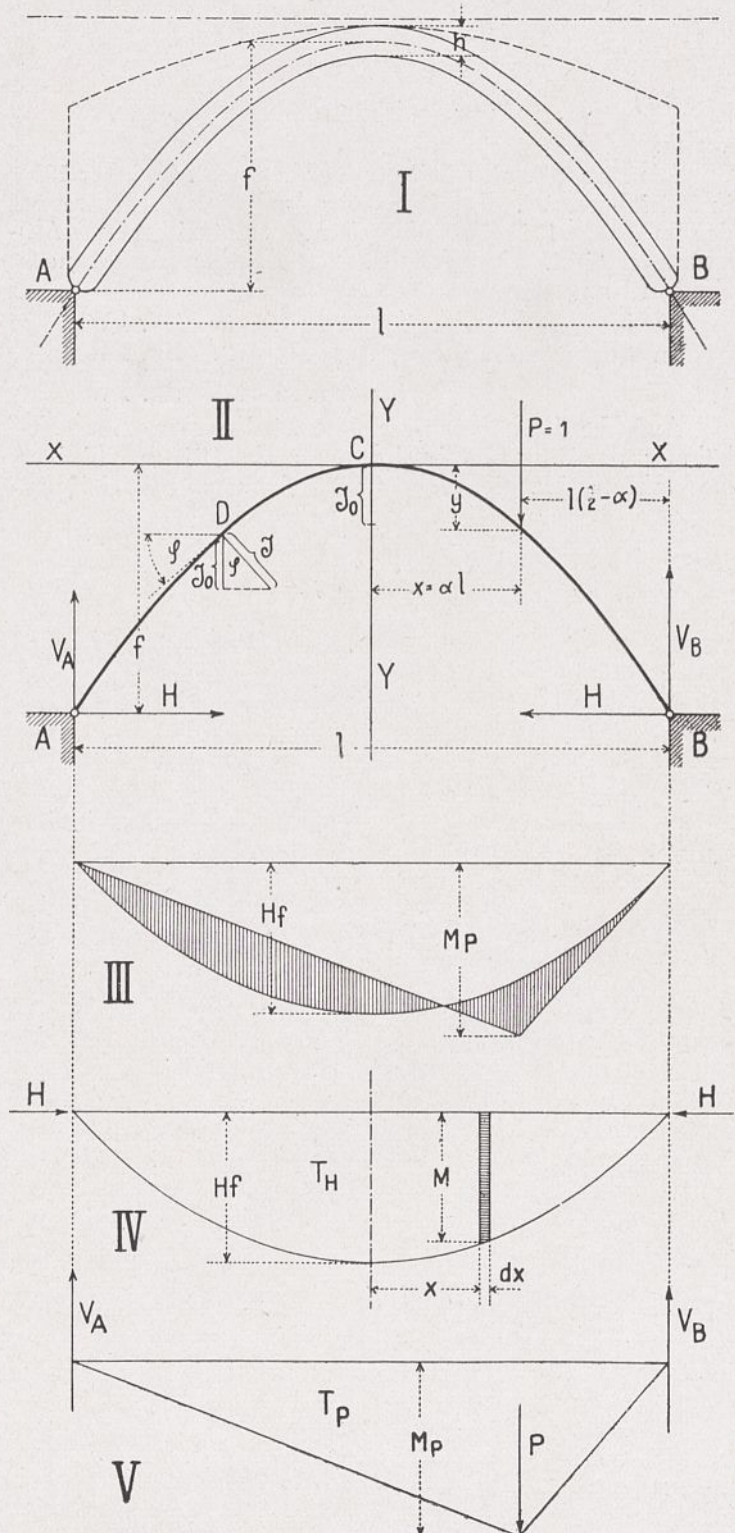


Abbildung 1.

Falls die Höhe des untersten Bogenquerschnittes  $h_1$  ist, dann ist:

$$h_1^3 = 1,2 h_0^3$$

wovon:

$$h_1 = 1,062 h_0$$

Die Gleichung 2 verlangt also, daß ein Bogen, dessen Scheitelquerschnitt 1,00 m hoch ist, unten 1,06 m stark sein soll; es ist klar, daß diese Bedingung praktisch nichts anderes ausdrückt, als daß der Bogen auf seiner ganzen Länge gleichen Querschnitt hat.

Der Zweigelenkbogen wird mit einer Einzelkraft  $P$  in der Entfernung vom Scheitel:

$$x = \alpha l$$

belastet; an den Stützpunkten  $A$  und  $B$  werden gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete horizontale Reaktionskräfte  $H$ , und vertikale Reaktionen  $V_A$  und  $V_B$  auftreten, die mit der Einzelkraft  $P$  Gleichgewicht halten müssen. Die Kräfte werden wie folgt in zwei Gruppen geteilt:

$$H, H, \quad P, V_A, V_B,$$

wobei:

$$V_A = \frac{P}{l} \left( \frac{l}{2} - \alpha l \right) \quad V_B = \frac{P}{l} \left( \frac{l}{2} + \alpha l \right)$$

Es ist sicher, daß die Kräfte einer jeden Gruppe im Gleichgewicht stehen; in Abbildung 1 IV und V sind die Momentenbilder der zwei Kräftegruppen dargestellt, welche zusammen das Momentenbild des ganzen Zweigelenkbogens liefern (Abb. 1 III). Die Pfeilhöhe der Momentenparabel in Abb. 1 IV ist  $Hf$  gleich, da die horizontale Reaktion  $H$  als größten Momentenarm die Pfeilhöhe  $f$  hat. Die Höhe des Momentendreieckes in Abb. 1 V ist:

$$M_P = \frac{P}{l} \left( \frac{l}{2} + \alpha l \right) \left( \frac{l}{2} - \alpha l \right) = Pl \left( \frac{1}{4} - \alpha^2 \right) \quad (5)$$

Bei der Berücksichtigung der Formänderungen werden die Einflüsse der Teilmomentenbilder einzeln in Betracht gezogen. Falls die Momentenordinate für das Bogenelement  $ds$  gleich  $M$ , und der Elastizitätsmodul des Materials  $E$  ist, dann müssen die Momentenordinaten nach der bekannten Formel  $\frac{M ds}{EJ}$  umgerechnet werden, um die Ordinaten der Winkeländerungs-, d. h. Formänderungsbilder zu erhalten. Da aber

$$dx = ds \cos \varphi \quad \text{und} \quad J_0 = J \cos \varphi$$

und vorausgesetzt, daß alle Ordinaten mit  $EJ_0$  vergrößert werden, sind die Ordinaten der Formänderungsbilder wie folgt zu berechnen:

$$EJ_0 \frac{M ds}{EJ} = J \cos \varphi \frac{M dx}{J \cos \varphi} = M dx$$

woraus folgt, daß die Momentenbilder gleichzeitig auch als Formänderungsbilder dienen.

Da bei der Bestimmung der Deformationen die Wirkung eines ganzen Teilmomentenbildes immer auf einmal berücksichtigt wird, d. h. das Moment desselben auf einmal berechnet werden muß, ist es nötig, die Flächeninhalte und die Schwerpunkte der Momentenbilder in Abb. 1 IV und V zu bestimmen.

Die Momentenordinaten in Abb. 1 IV hängen nur von  $H$  ab, und ändern sich mit diesen Werten proportional; daher ist es sicher, daß die Lage des Schwerpunktes  $S_H$  von  $H$  unabhängig ist, und als fester Punkt des Bogensystems zu betrachten ist, dessen Lage nur durch die Abmessungen des Bogens bestimmt wird.

Die Fläche des Momentenbildes Abb. 1 IV ist:

$$T_H = \frac{2}{5} Hfl \quad (4)$$

die als Vector in ihrem Schwerpunkt  $S_H$  wirkt. Bei der Berechnung des Schwerpunktes wird vorausgesetzt, daß die Horizontalkraft  $H$  die Größe Eins hat:

$$t_H = \frac{2}{5} fl$$

Der feste Punkt liegt in der Symmetrieachse des Bogens,

und für die Ordinate  $y_H$  desselben gilt die Bedingung des Schwerpunktes:

$$y_H = \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \frac{My dx}{\frac{2}{5} fl}$$

aus der Gleichung 1):  $y = \frac{4f}{l^2} x^2$  folgt:

$$M = f - y = f - \frac{4f}{l^2} x^2$$

Ferner

$$y_H = \frac{6f}{l^3} \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \left( 1 - \frac{4x^2}{l^2} \right) x^2 dx = \frac{1}{5} f \quad (5)$$

Der Schwerpunkt ist in Abb. 2 eingetragen.

Die Fläche des Momentenbildes Abb. 1 V, wenn  $P$  die Größe Eins hat, ist:

$$T_P = \frac{1}{2} M_P l = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4} - \alpha^2 \right) l^2 \quad (6)$$

die ebenfalls als ein Vector aufzufassen ist. Die Abszisse  $x_P$  des Schwerpunktes  $S_P$  ist (Abb. 2):

$$x_P = \frac{1}{5} \alpha l \quad (6a)$$

Bei der Berechnung der Ordinate  $y_P$  wird das Momentendreieck als die Differenz zweier Dreiecke, und zwar  $abq$  und  $pbq$  aufgefaßt. Das Moment  $bq$  ist:

$$M' = \frac{M_P l}{\frac{l}{2} + \alpha l} = \frac{\frac{1}{4} - \alpha^2}{\frac{1}{2} + \alpha} l = \left( \frac{1}{2} - \alpha \right) l$$

demzufolge die Flächen von  $abq$  ( $T_1$ ) und  $pbq$  ( $T_2$ ):

$$T_1 = \frac{1}{2} M' l$$

$$T_2 = \frac{1}{2} M' \left( \frac{l}{2} - \alpha l \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} - \alpha \right)^2 l^2$$

Die Ordinaten der Momentendreiecke  $abq$  ( $M_1$ ) und  $pbq$  ( $M_2$ ) sind:

$$M_1 = \frac{M'}{l} \left( \frac{l}{2} + x \right)$$

$$M_2 = \frac{M'}{l} (x - \alpha l) = x - \alpha l$$

Die Ordinate des Schwerpunktes vom Momentendreieck  $abq$  ist:

$$y_i = \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \frac{M_1 y dx}{T_1} = \frac{8f}{l^4} \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \left( \frac{l}{2} + x \right) x^2 dx = \frac{1}{5} f \quad (7)$$

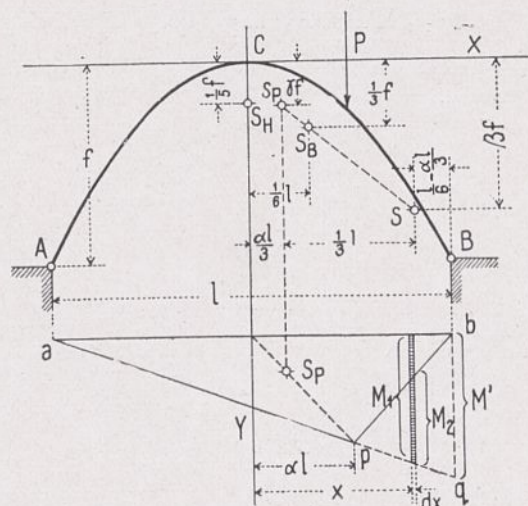


Abbildung 2.

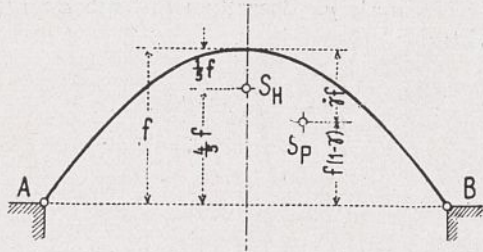


Abbildung 5.

und dieselbe vom Momentendreieck  $pbq$ :

$$y_2 = \int_{+\alpha l}^{+\frac{l}{2}} \frac{M_2 y dx}{T_2} = \frac{8f}{l^4} \int_{+\alpha l}^{+\frac{l}{2}} \frac{x - \alpha l}{\left(\frac{1}{2} - \alpha\right)^2} x^2 dx = \beta f$$

wo

$$\beta = \frac{8}{(1-2\alpha)^2} \left( \frac{1}{16} - \frac{\alpha}{6} + \frac{\alpha^4}{5} \right)$$

Um die Ordinate  $y_P$  des Schwerpunktes  $S_P$  vom Dreieck  $apb$  zu erhalten, wird das Moment der Dreiecke  $abq$  und  $pbq$  bezogen auf die X-Achse, berechnet:

$$y_P = \frac{T_1 \frac{1}{5} f - T_2 \beta f}{T_P} = \frac{\frac{1}{6} M l f - \frac{1}{2} M \left( \frac{l}{2} - \alpha l \right) \beta f}{\frac{1}{2} \left( \frac{1}{4} - \alpha^2 \right) l^2} = \frac{M f}{l} \frac{\frac{1}{5} - \beta \left( \frac{1}{2} - \alpha \right)}{\frac{1}{4} - \alpha^2} = \frac{1}{5} - \beta \left( \frac{1}{2} - \alpha \right) f = \gamma f \quad (8)$$

worin

$$\gamma = \frac{1}{6} (1 + 4\alpha^2)$$

Die Vektoren  $T_H$  und  $T_P$  und deren Schwerpunkte  $S_H$  und  $S_P$  durch  $y_H$  bzw.  $x_P$  und  $y_P$  — sind hiermit bestimmt. Die Deformation des Zweigelenkbogens hängt nur von diesen zwei Vektoren ab, weil dieselben in sich das ganze Formänderungsbild des Bogens vereinigen. Da die Endquerschnitte sich gegeneinander nicht verschieben können, müssen die Vektorenmomente auf die Verbindungslinie der Gelenke ( $AB$ ) bezogen, verschwinden. In Abb. 5 sind die Schwerpunkte beider Vektoren eingetragen, und die Entfernungen von der Momentenachse  $AB$  eingeschrieben. Die Momentengleichung auf  $AB$  lautet:

$$\frac{4}{5} T_H f + T_P f (1 - \gamma) = 0$$

oder:

$$\frac{8}{15} H f l + \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4} - \alpha^2 \right) (1 - \gamma) l^2 = 0$$

woraus:

$$H = -\frac{5}{16} \left( 2\alpha^4 - 3\alpha^2 + \frac{5}{8} \right) \frac{l}{f} \quad (9)$$

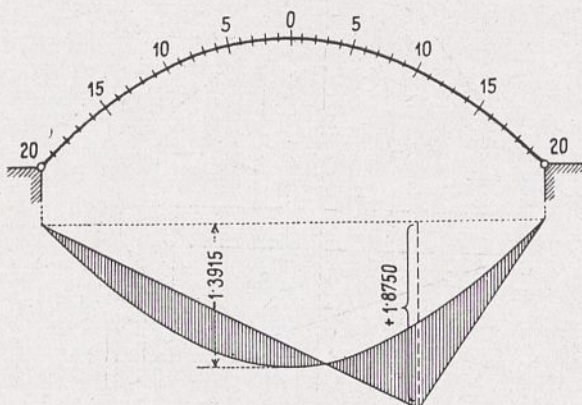


Abbildung 4.

Tabelle A. Einflußzahlen der Momentenordinaten. (Zweigelenkbogen.)

Querschnitt	Ordinate der Bogenachse	Einflußzahlen für Momentenordinaten	
		$m_P$	$hf$
1	2	3	4
19	0,0975	+ 0,2438	- 0,1572
18	0,1900	+ 0,4750	- 0,3108
17	0,2775	+ 0,6938	- 0,4645
16	0,3600	+ 0,9000	- 0,6133
15	0,4375	+ 1,0938	- 0,7575
14	0,5100	+ 1,2750	- 0,8985
13	0,5775	+ 1,4438	- 1,0315
12	0,6400	+ 1,6000	- 1,1600
11	0,6975	+ 1,7438	- 1,2800
10	0,7500	+ 1,8750	- 1,3915
9	0,7975	+ 1,9938	- 1,4940
8	0,8400	+ 2,1000	- 1,5890
7	0,8775	+ 2,1938	- 1,6720
6	0,9100	+ 2,2750	- 1,7460
5	0,9375	+ 2,3438	- 1,8085
4	0,9600	+ 2,4000	- 1,8600
3	0,9775	+ 2,4438	- 1,9020
2	0,9900	+ 2,4750	- 1,9300
1	0,9975	+ 2,4938	- 1,9470
0	1,0000	+ 2,5000	- 1,9530

Da  $T_P$  immer positiven Sinn hat, wird  $T_H$  immer negatives Vorzeichen haben, d. h. die horizontale Reaktionskraft wird immer negatives Moment hervorrufen.

Die Horizontalkraft  $H$  nach Gleichung 9 wird dann auftreten, wenn die Einzelkraft  $P$  die Größe Eins hat. Das Moment:

$$Hf = -\frac{5}{16} \left( 2\alpha^4 - 3\alpha^2 + \frac{5}{8} \right) l \quad (10)$$

hängt nur von der Lage der Einheitskraft, d. h. von  $\alpha$ , und von der Spannweite des Bogens ab, daher kann diese Formel bei jedem Zweigelenkbogen verwendet werden; falls die Momente  $M_P$  und  $Hf$  — nach den Gleichungen 5 und 10 — bekannt sind, ist immer möglich das Momentenbild laut Abb. 1 III aufzuzeichnen.

Die Spannweite wurde in 40 gleiche Teile aufgeteilt (Abb. 4), die zu den Teilungspunkten 20, 19, 18 . . . . . 1, 0, 1, . . . . . 18, 19, 20 gehörigen  $\alpha$ -Werte sind folgende:

$$-0,500, -0,475, -0,450 \dots -0,025, 0,00, +0,025 \dots +0,450, +0,475, +0,500.$$

Die Spannweite wird mit einer Länge von:  $l = 10,0$  angenommen, und daher sind die  $M_P$  und  $Hf$  Werte:

$$m_P = \left( \frac{1}{4} - \alpha^2 \right) 10 \quad hf = -\frac{50}{16} \left( 2\alpha^4 - 3\alpha^2 + \frac{5}{8} \right)$$

die auf jeden Teilungspunkt ausgerechnet und in der Tabelle A zusammengestellt sind. Aus dieser Tabelle kann man die Momentenwerte einer Einzellast immer leicht erhalten, nur die Spannweite muß immer mit 10 dividiert werden. Wenn zum Beispiel die Spannweite  $l = 30,00$  m, die Bogenhöhe 4,00 m ist, und auf dem Querschnitt 10 die Einzelkraft 2,00 t wirkt, dann sind:

$$M_P = +1,8750 \times 2,00 \times \frac{30,00}{10,00} = 11,25 \text{ tm}$$

$$Hf = -1,3915 \times 2,00 \times \frac{30,00}{10,00} = 8,35 \text{ tm}$$

und

$$H = \frac{8,35}{4,00} = 2,09 \text{ t}$$

Wenn aber die Einheitskraft den Querschnitt 10 belastet (Abb. 4), dann hat das Momentendreieck bzw. die Parabel die Höhe 1,8750 bzw. 1,3915 und die Differenz beider Momentenbilder stellt das Momentenbild des Zweigelenkbogens dar.

### B) Einflußlinien.

Auf Grund der Tabelle A sind in Abb. 5 die  $m_P$  und  $hf$ -Werte aufgezichnet. Die  $hf$ -Linie kann als Einflußlinie für die Horizontalkraft betrachtet werden, da sich



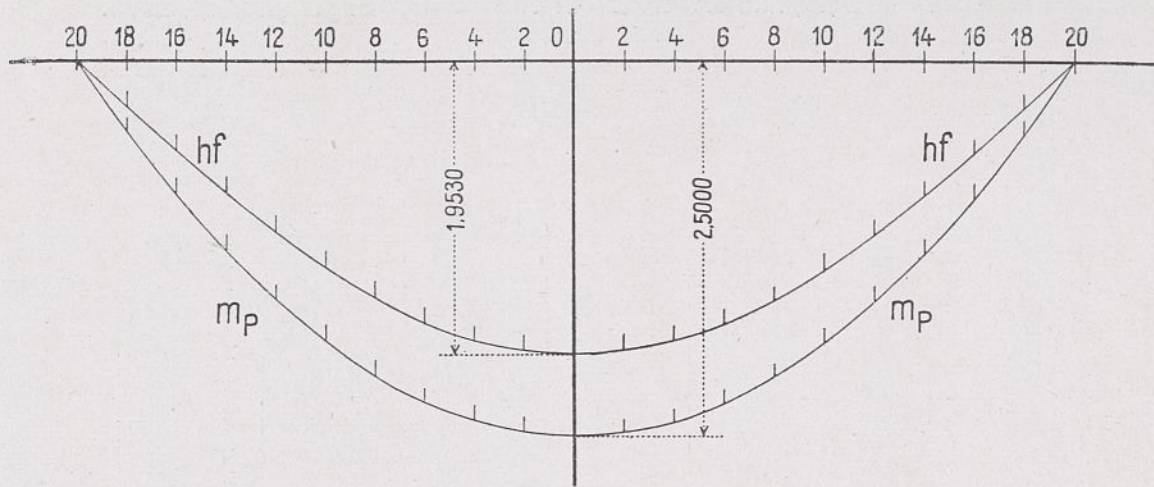


Abbildung 5.

durch eine Multiplikation mit  $\frac{l}{10f}$  die richtige Größe derselben ergibt. Die Ordinaten des Momentenbildes für  $hf$  müssen daher mit  $\frac{l}{10f}$  vergrößert werden, um die Einflußlinie für die Horizontalkraft bei irgendeinem Zweigelenkbogen mit der Spannweite  $l$  und Bogenhöhe  $f$  zu erhalten.

In Abb. 4 ist das Momentenbild aufgezeichnet, welches durch die im Querschnitt 10 belastende Einheitskraft hervorgerufen wird. Ebenso wurden nacheinander die Momentenbilder für jeden Querschnitt aufgetragen, und zwar auf Grund der Tabelle A, ferner wurden die Ordinaten sämtlicher Momentenbilder ausgerechnet. Diese Ordinaten ergeben aber, entsprechend zusammengestellt, auch die Ordinaten der Einflußlinien für die Momente, vorausgesetzt, daß dieselben immer mit  $\frac{l}{10}$  vergrößert werden. In der Tabelle B sind die Ordinaten der Einflußlinien für jeden zweiten Querschnitt, d. h. für 18, 16, 14, . . . 2, 0, zusammengestellt, und in Abb. 6 sind die Einflußlinien für Momente für jeden vierten Querschnitt, d. h. 16, 12, 8, 4, 0, 4, 8, 12, und 16 aufgetragen.

Auf Grund der Einflußlinien kann man das Momentenbild für jede beliebige gleichmäßige oder konzentrierte Belastung aufzeichnen, und mittels der Tabelle A die Horizontalkraft bestimmen. Wenn aber die vertikalen Reaktionen und die Horizontalkraft bekannt sind, ist es sehr einfach, die Querkräfte festzustellen. Auf Grund der Momente und Querkräfte ist es leicht möglich, die Stützlinie des Bogens aufzuzeichnen.

### C) Maximal- und Minimalmomente.

Die Einflußlinien für Momente bestimmen die Strecken (Tabelle B und Abb. 6), die zu belasten sind, um die Maximal- und Minimalmomente des Bogens zu ermitteln. Die in der Tabelle B zusammengestellten Einflußzahlen ergeben die Nullpunkte der Einflußlinien, die die Belastungsstrecken begrenzen (Abb. 7). Die Strecken  $a$  und  $c$  sind hinsichtlich des negativen, und die Strecke  $b$  hinsichtlich des positiven Maximalmomentes zu belasten, und die Fläche des Momentenbildes — immer über die Strecken  $a$  und  $c$ , beziehungsweise  $b$  in Betracht gezogen — liefert die Maximalmomente.

In der Tabelle C sind einerseits die Strecken  $a$ ,  $b$  und  $c$ , andererseits die Maximalmomente bei gleichmäßiger Einheitsbelastung für jeden Querschnitt ( $m_{max}$ ) zusammengestellt. Es ist klar, daß die Summe der Strecken gleich der Spannweite, d. h. 10 ist; für die Maximalmomente der Querschnitte 5 bis 19 gibt es nur einen einzigen Nullpunkt, und links vom Nullpunkt liegen die positiven und rechts die negativen Maximalmomente. Für die Querschnitte 0 bis 4 wird der Bogen in drei Strecken geteilt und die Belastung der mittleren gibt das positive und der beiden äußeren das negative Maximalmoment.

Falls der Zweigelenkbogen gleichzeitig auf den zu dem positiven und negativen Maximalmoment gehörigen Strecken belastet wird, hat der Bogen eigentlich eine Vollbelastung; da aber der Parabelbogen bei Vollbelastung kein Biegemoment erhält, müssen die positiven und negativen Maximalmomente gleiche Größe und entgegen-

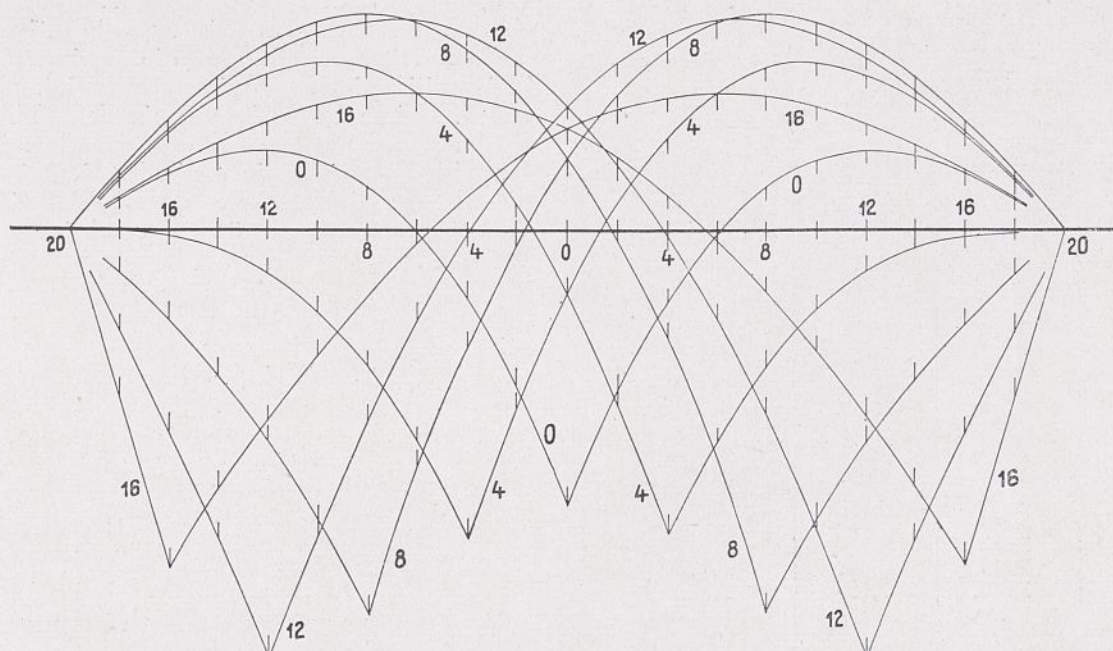


Abbildung 6.

Tabelle B. Einflußzahlen der Momente in den Bogenquerschnitten.  
(Zweigelengkbogen.)

Querschnitt	Einflußzahlen der Momente in den Querschnitten									
	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	+ 0,2089	+ 0,1696	+ 0,1335	+ 0,1003	+ 0,0704	+ 0,0437	+ 0,0201	- 0,0003	- 0,0176	- 0,0316
18	+ 0,4160	+ 0,3381	+ 0,2664	+ 0,2010	+ 0,1417	+ 0,0873	+ 0,0390	+ 0,0015	- 0,0328	- 0,0608
17	+ 0,3752	+ 0,5089	+ 0,4018	+ 0,3036	+ 0,2147	+ 0,1355	+ 0,0653	+ 0,0047	- 0,0468	- 0,0889
16	+ 0,3335	+ 0,6792	+ 0,5370	+ 0,4075	+ 0,2900	+ 0,1845	+ 0,0912	+ 0,0112	- 0,0575	- 0,1133
15	+ 0,3133	+ 0,6017	+ 0,6753	+ 0,5147	+ 0,3686	+ 0,2380	+ 0,1225	+ 0,0221	- 0,0629	- 0,1329
14	+ 0,2543	+ 0,5265	+ 0,8167	+ 0,6248	+ 0,4510	+ 0,2952	+ 0,1573	+ 0,0374	- 0,0650	- 0,1485
13	+ 0,2162	+ 0,4521	+ 0,7109	+ 0,7394	+ 0,5388	+ 0,3580	+ 0,1985	+ 0,0596	- 0,0599	- 0,1569
12	+ 0,1797	+ 0,3826	+ 0,6086	+ 0,8580	+ 0,6307	+ 0,4262	+ 0,2435	+ 0,0860	- 0,0490	- 0,1600
11	+ 0,1444	+ 0,3147	+ 0,5102	+ 0,7318	+ 0,7285	+ 0,4986	+ 0,2966	+ 0,1205	- 0,0300	- 0,1549
10	+ 0,1107	+ 0,2491	+ 0,4154	+ 0,6102	+ 0,8310	+ 0,5800	+ 0,3578	+ 0,1630	- 0,0040	- 0,1415
9	+ 0,0786	+ 0,1873	+ 0,3255	+ 0,4937	+ 0,6913	+ 0,6679	+ 0,4260	+ 0,2141	+ 0,0311	- 0,1194
8	+ 0,0482	+ 0,1284	+ 0,2600	+ 0,3825	+ 0,5575	+ 0,7640	+ 0,5028	+ 0,2730	+ 0,0750	- 0,0890
7	+ 0,0200	+ 0,0736	+ 0,1602	+ 0,2791	+ 0,4331	+ 0,6197	+ 0,5900	+ 0,3435	+ 0,1305	- 0,0470
6	- 0,0067	+ 0,0212	+ 0,0845	+ 0,1823	+ 0,3150	+ 0,4825	+ 0,6850	+ 0,4225	+ 0,1950	+ 0,0040
5	- 0,0308	- 0,0256	+ 0,0156	+ 0,0927	+ 0,2052	+ 0,3553	+ 0,5408	+ 0,5131	+ 0,2705	+ 0,0665
4	- 0,0533	- 0,0693	- 0,0482	+ 0,0090	+ 0,1040	+ 0,2365	+ 0,4060	+ 0,6130	+ 0,3570	+ 0,1400
3	- 0,0736	- 0,1091	- 0,1069	- 0,0679	+ 0,0106	+ 0,1267	+ 0,2807	+ 0,4732	+ 0,4536	+ 0,2230
2	- 0,0915	- 0,1443	- 0,1590	- 0,1360	- 0,0735	+ 0,0280	+ 0,1675	+ 0,3460	+ 0,5630	+ 0,3200
1	- 0,1072	- 0,1757	- 0,2053	- 0,1964	- 0,1489	- 0,0614	+ 0,0641	+ 0,2302	+ 0,4337	+ 0,4282
0	- 0,1120	- 0,2027	- 0,2455	- 0,2500	- 0,2160	- 0,1420	- 0,0285	+ 0,1240	+ 0,3150	+ 0,5470
1	- 0,1321	- 0,2254	- 0,2802	- 0,2964	- 0,2740	- 0,2115	- 0,1110	+ 0,0300	+ 0,2085	+ 0,4282
2	- 0,1115	- 0,2443	- 0,3090	- 0,3360	- 0,3235	- 0,2720	- 0,1825	- 0,0540	+ 0,1130	+ 0,3200
3	- 0,1486	- 0,2591	- 0,3319	- 0,3680	- 0,3645	- 0,3235	- 0,2445	- 0,1270	+ 0,0285	+ 0,2230
4	- 0,1533	- 0,2693	- 0,3482	- 0,3910	- 0,3960	- 0,3635	- 0,2940	- 0,1870	- 0,0430	+ 0,1400
5	- 0,1558	- 0,2756	- 0,3594	- 0,4074	- 0,4199	- 0,3941	- 0,3355	- 0,2370	- 0,1045	+ 0,0665
6	- 0,1567	- 0,2782	- 0,3655	- 0,4173	- 0,4350	- 0,4175	- 0,3650	- 0,2775	- 0,1550	+ 0,0040
7	- 0,1551	- 0,2765	- 0,3649	- 0,4210	- 0,4420	- 0,4305	- 0,3850	- 0,3065	- 0,1945	- 0,0470
8	- 0,1518	- 0,2716	- 0,3600	- 0,4175	- 0,4425	- 0,4360	- 0,3972	- 0,3270	- 0,2250	- 0,0890
9	- 0,1464	- 0,2626	- 0,3493	- 0,4060	- 0,4342	- 0,4317	- 0,3988	- 0,3358	- 0,2438	- 0,1194
10	- 0,1393	- 0,2509	- 0,3346	- 0,3898	- 0,4190	- 0,4200	- 0,3922	- 0,3370	- 0,2540	- 0,1415
11	- 0,1306	- 0,2354	- 0,3149	- 0,3684	- 0,3965	- 0,4013	- 0,3783	- 0,3293	- 0,2549	- 0,1549
12	- 0,1203	- 0,2174	- 0,2914	- 0,3420	- 0,3693	- 0,3738	- 0,3565	- 0,3140	- 0,2490	- 0,1600
13	- 0,1087	- 0,1976	- 0,2636	- 0,3102	- 0,3359	- 0,3417	- 0,3263	- 0,2903	- 0,2348	- 0,1569
14	- 0,0957	- 0,1735	- 0,2333	- 0,2752	- 0,2990	- 0,3048	- 0,2927	- 0,2626	- 0,2150	- 0,1485
15	- 0,0815	- 0,1478	- 0,1991	- 0,2349	- 0,2561	- 0,2617	- 0,2523	- 0,2278	- 0,1878	- 0,1329
16	- 0,0665	- 0,1208	- 0,1630	- 0,1925	- 0,2100	- 0,2155	- 0,2082	- 0,1888	- 0,1575	- 0,1133
17	- 0,0506	- 0,0921	- 0,1241	- 0,1473	- 0,1609	- 0,1650	- 0,1600	- 0,1456	- 0,1219	- 0,0889
18	- 0,0340	- 0,0619	- 0,0836	- 0,0990	- 0,1083	- 0,1123	- 0,1110	- 0,0985	- 0,0828	- 0,0608
19	- 0,0172	- 0,0312	- 0,0424	- 0,0504	- 0,0552	- 0,0568	- 0,0552	- 0,0506	- 0,0427	- 0,0316

gesetzten Sinn haben, sonst wäre es unmöglich, daß die Momente bei Vollbelastung verschwinden (Tabelle C, Spalte 5).

Wenn die gleichmäßig verteilte Belastung  $p$  ist, dann sind die einzelnen Momente  $m_{\max}$  in der Tabelle C

Tabelle C. Maximalmomente beim Zweigelengkbogen.  
Belastet ist die Strecke  $b$  hinsichtlich des positiven Maximalmomentes, beziehungsweise Strecke  $a$  und  $c$  hinsichtlich des negativen Maximalmomentes.

Quer-schnitt	Länge der belasteten Strecken			Maximalmoment $m_{\max}$
	a	b	c	
1	2	3	4	5
19	—	3,340	6,660	± 0,3572
18	—	3,437	6,563	± 0,6670
17	—	3,517	6,483	± 0,9321
16	—	3,613	6,387	± 1,1574
15	—	3,712	6,288	± 1,3360
14	—	3,811	6,189	± 1,4729
13	—	3,919	6,081	± 1,5691
12	—	4,029	5,971	± 1,6288
11	—	4,153	5,847	± 1,6573
10	—	4,281	5,719	± 1,6446
9	—	4,427	5,573	± 1,5968
8	—	4,578	5,422	± 1,5270
7	—	4,743	5,257	± 1,4385
6	—	4,923	5,077	± 1,3190
5	—	5,081	4,919	± 1,1760
4	0,292	5,048	4,660	± 1,0208
3	1,794	3,783	4,423	± 0,8857
2	2,528	3,322	4,150	± 0,7962
1	3,044	3,115	3,841	± 0,7489
0	3,480	3,040	3,480	± 0,7240
				$\frac{pl^2}{100}$

mit  $\frac{pl^2}{100}$  zu multiplizieren, um den richtigen Momentenwert  $M_{\max}$  zu erhalten, weil bei der Berechnung des Flächeninhaltes einerseits die Ordinaten der Einflußlinien, andererseits aber auch die Entfernungen der einzelnen Ordinaten mit  $\frac{l}{10}$  zu vergrößern waren:

$$M_{\max} = \frac{pl^2}{100} m_{\max} \quad (11)$$

Wenn man die Einflußlinie der Horizontalkraft  $H$  (Tabelle A, Spalte 4) durch die Nullpunkte der Einflußlinien der Momente aufteilt und die Fläche der einzelnen Teile feststellt, erhält man die Horizontalkräfte, welche gleichzeitig mit den Maximal- und Minimalmomenten auftreten. Diese  $hf$ -Kräfte sind in den Tabellen D und E, Spalte 2, zusammengestellt. In denselben Tabellen (Spalten 5 bis 6) wurden die vertikalen Reaktionskräfte, ferner die an der linken Seite des Querschnittes wirkenden Belastungs- und Querkräfte eingeschrieben, die auf Grund der früher festgestellten Belastungsstrecken ebenso zu

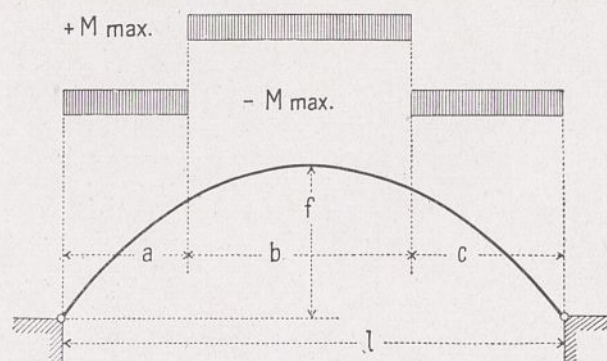


Abbildung 7.

Tabelle D. Reaktions- und Querkräfte bei positivem Maximalmoment.  
(Zweigelkenbogen.)

Querschnitt	Horizontalkraft $hf$	Vertikale Reaktion		Belastung	Querkraft $q$
		links $v_A$	rechts $v_B$		
1	2	3	4	5	6
19	3,1476	2,7822	0,5578	0,2500	+ 2,5322
18	3,3190	2,8465	0,5905	0,5000	+ 2,3465
17	3,4582	2,8987	0,6183	0,7500	+ 2,1487
16	3,6168	2,9601	0,6529	1,0000	+ 1,9601
15	3,7954	3,0231	0,6889	1,2500	+ 1,7731
14	3,9764	3,0850	0,7260	1,5000	+ 1,5850
13	4,1779	3,1509	0,7681	1,7500	+ 1,4009
12	4,3820	3,2172	0,8118	2,0000	+ 1,2172
11	4,6070	3,2908	0,8622	2,2500	+ 1,0408
10	4,8534	3,3649	0,9161	2,5000	+ 0,8649
9	5,1405	3,4469	0,9801	2,7500	+ 0,6969
8	5,4299	3,5301	1,0479	3,0000	+ 0,5301
7	5,7405	3,6180	1,1250	3,2500	+ 0,3680
6	6,0913	3,7110	1,2120	3,5000	+ 0,2110
5	6,4036	3,7904	1,2906	3,7500	+ 0,0404
4	6,8835	3,6265	1,4215	3,7080	- 0,0815
3	6,3920	2,3886	1,3944	2,4560	- 0,0674
2	6,0038	1,9304	1,3916	1,9720	- 0,0416
1	5,7956	1,6815	1,4335	1,7060	- 0,0245
0	5,7182	1,5200	1,5200	1,5200	-

Tabelle E. Reaktions- und Querkräfte bei negativem Maximalmoment.  
(Zweigelkenbogen.)

Querschnitt	Horizontalkraft $hf$	Vertikale Reaktion		Belastung	Querkraft $q$
		links $v_A$	rechts $v_B$		
1	2	3	4	5	6
19	9,3473	2,2178	4,4422	—	+ 2,2178
18	9,1759	2,1540	4,4090	—	+ 2,1540
17	9,0367	2,1018	4,3812	—	+ 2,1018
16	8,8781	2,0394	4,3476	—	+ 2,0394
15	8,6995	1,9769	4,3111	—	+ 1,9769
14	8,5185	1,9154	4,2736	—	+ 1,9154
13	8,3170	1,8486	4,2324	—	+ 1,8486
12	8,1130	1,7823	4,1887	—	+ 1,7823
11	7,8879	1,7097	4,1373	—	+ 1,7097
10	7,6415	1,6356	4,0834	—	+ 1,6356
9	7,3544	1,5526	4,0207	—	+ 1,5526
8	7,0650	1,4699	3,9521	—	+ 1,4699
7	6,7544	1,3815	3,8755	—	+ 1,3815
6	6,4036	1,2885	3,7885	—	+ 1,2885
5	6,0913	1,2101	3,7089	—	+ 1,2101
4	5,6114	1,3735	3,5785	0,2920	+ 1,0810
3	6,1029	2,6110	3,6060	1,7940	+ 0,8170
2	6,4912	3,0696	3,6084	2,5280	+ 0,5416
1	6,6993	3,3182	3,5668	3,0440	+ 0,2742
0	6,7767	3,4800	3,4800	3,4800	—

berechnen waren, wie bei einem frei aufliegenden Träger auf zwei Stützen. Mit Hilfe dieser Tabellen kann man auch die mit den Maximal- und Minimalmomenten gleichzeitig auftretenden vertikalen Kräfte ermitteln.

Da die gleichmäßig verteilte Belastung  $p$  ist, müssen die  $hf$ -Werte (Tabelle D und E, Spalte 2) aus demselben Grunde wie bei  $m_{max}$  mit  $\frac{pl^2}{100}$  multipliziert werden, um den richtigen  $hf$ -Wert zu bekommen. Wenn aber die  $hf$ -Werte mit  $\frac{pl^2}{100f}$  vergrößert werden, erhält man die Horizontalkraft  $H$ . — Die vertikalen Reaktionen, Belastungen und Querkräfte (Tabelle D und E, Spalten 3–6) sind natürlich mit  $\frac{pl}{10}$  zu multiplizieren, da bei der Bildung dieser Werte die Spannweite die Größe 10 erhielt.

Falls der Zweigelkenbogen auf seiner ganzen Länge belastet wird, erhält man die Horizontalkraft, indem die  $hf$ -Werte aus den Tabellen D und E addiert werden. Für jeden Querschnitt ist die Summe der beiden  $hf$ -Werte rund 12,5, daher

$$H = 12,5 \frac{pl^2}{100f} = \frac{pl^2}{8f}$$

und die Horizontalkraft eines vollbelasteten Parabelbogens muß diesen Wert haben.

Es folgt aus der Vollbelastung, daß die Summe der Spalten 5 von den Tabellen D und E für jeden Querschnitt

den Wert 5,00 hat, weil die Reaktion mit der halben Vollbelastung gleich ist. Aus demselben Grunde macht die Summe der Spalten 4 ebenfalls 5,00 aus. Es ist auch klar, daß die Summe der vertikalen Reaktionen, d. h. die Summe der Spalten 3 und 4, für jeden Querschnitt mit den Längen der Belastungsstrecken  $a$  und  $c$ , beziehungsweise  $b$ , gleich ist.

In Abb. 8 wurden in der linken Hälfte das positive und an der rechten Seite das negative Maximalmoment  $m_{max}$ , die dazu gehörenden Horizontalkräfte ( $hf$ ) und die links- bzw. rechtsseitigen vertikalen Reaktionskräfte ( $v_A$  und  $v_B$ ) aufgetragen.

Die Resultierende der zu den Maximalmomenten gehörigen Horizontalkraft und vertikalen Querkräfte liefert für jeden Querschnitt die zur statischen Untersuchung nötige Querkraft, welche mit dem Maximalmoment die Spannungen des Querschnittes bestimmt. Alle diese Werte können aus den Tabellen C, D und E entnommen werden und in ähnlicher Weise wie die Werte der Winklerschen Tabellen für die durchlaufenden Träger verwendet werden.

Beispiel: Die Spannweite und die Bogenhöhe eines Zweigelkenbogenträgers:  $l = 48,00$  m  $f = 6,00$  m und die gleichmäßige rollende Belastung:  $p = 1,50$  t/m.

Um das Maximalmoment, die dazu gehörende Horizontalkraft, beziehungsweise vertikale Querkraft ( $Q$ ) zu erhalten, müssen die Werte der Tabelle C, Spalte 5, und

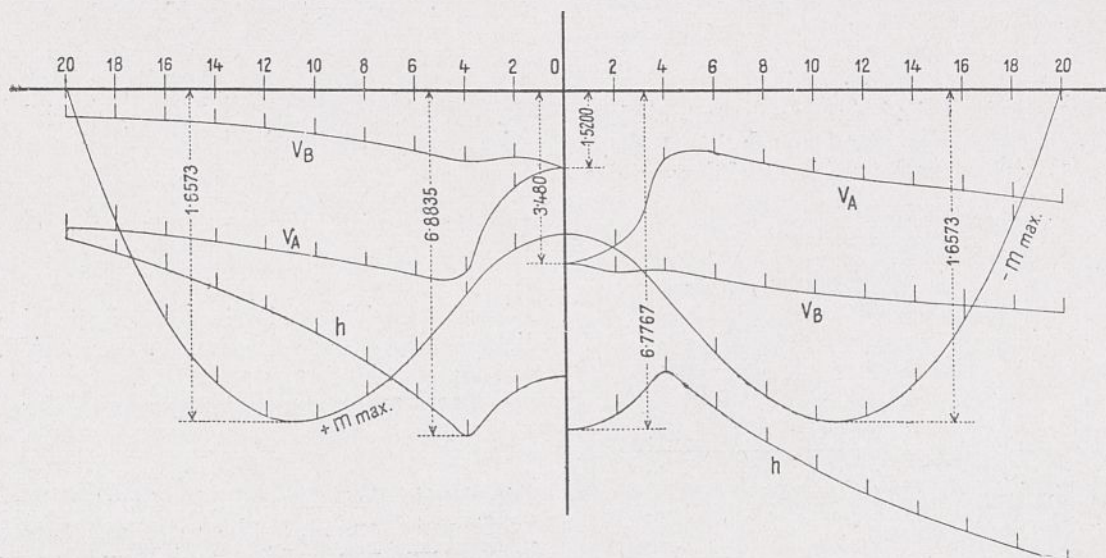


Abbildung 8.

Tabelle D, Spalten 2 und 6, mit den folgenden Werten vergrößert werden:

$$M_{\max} = \frac{1,5 \times 48,0^2}{100} m_{\max} = 34,56 m_{\max}$$

$$H = \frac{1,5 \times 48,0^2}{100 \times 6,0} (hf) = 5,76 (hf)$$

$$Q = \frac{1,5 \times 48,0}{10} q = 7,2 q$$

Demzufolge sind das positive Maximalmoment und die gleichzeitig auftretenden Horizontal- und Querkräfte als auch die Resultierende ( $R$ ) derselben für:

Querschnitt 19:

$$M_{\max} = 34,56 \times 0,5572 = 12,55 \text{ tm}$$

$$H = 5,76 \times 3,1476 = 18,13 \text{ t}$$

$$Q = 7,2 \times 2,5322 = 18,23 \text{ t}$$

$$R = \sqrt{18,13^2 + 18,23^2} = 25,7 \text{ t}$$

Querschnitt 18:

$$M_{\max} = 34,56 \times 0,6670 = 23,05 \text{ tm}$$

$$H = 5,76 \times 5,3190 = 19,12 \text{ t}$$

$$Q = 7,20 \times 2,5465 = 16,89 \text{ t}$$

$$R = \sqrt{19,12^2 + 16,89^2} = 25,5 \text{ t}$$

Querschnitt 17:

$$M_{\max} = 34,56 \times 0,9321 = 52,20 \text{ tm}$$

$$H = 5,76 \times 5,4582 = 19,92 \text{ t}$$

$$Q = 7,20 \times 2,1487 = 15,47 \text{ t}$$

$$R = \sqrt{19,92^2 + 15,47^2} = 25,5 \text{ t}$$

Querschnitt 16:

$$M_{\max} = 34,56 \times 1,1574 = 40,00 \text{ tm}$$

$$H = 5,76 \times 5,6168 = 20,85 \text{ t}$$

$$Q = 7,20 \times 1,9601 = 14,11 \text{ t}$$

$$R = \sqrt{20,85^2 + 14,11^2} = 25,2 \text{ t}$$

usw. Dasselbe Verfahren ist zur Bestimmung des Minimalmomentes und der dazu gehörenden Kräfte anzuwenden. Das Verhältnis:

$$\frac{M_{\max}}{R} = e$$

ergibt die Exzentrizität der Resultierenden, die zum Aufzeichnen der Stützlinie notwendig ist.

#### D) Die Wirkung der Normalkräfte.

Die vertikalen Komponenten der Normalkräfte können vernachlässigt werden, da durch diese Kräfte nur die Bogenhöhe ( $f$ ) unwesentlich verkürzt, sonst aber keine Aenderung hervorgerufen wird. Durch die horizontale Komponente der Normalkräfte ( $H$ ), die bei derselben Belastung in der ganzen Länge des Zweigelenkbogens konstant bleibt, wird aber die Spannweite  $l$  um  $\delta$  verkürzt. Es wird kein großer Fehler begangen, wenn vorausgesetzt wird, daß die Verkürzung der Spannweite gleich ist mit der Verkürzung desjenigen, durch die Längskraft  $H$  belasteten geraden Stabes, welcher denselben Querschnitt besitzt, wie der Bogen im Scheitel ( $F$ ). Die Verkürzung ist dann:

$$\delta = \frac{Hl}{FE}$$

Wenn der Querschnitt bei  $A$  in der ursprünglichen Lage bleibt (Abb. 9), wird sich der Querschnitt  $B$  um  $\delta$  verschieben. Es ist sicher, daß zur Zurückführung des

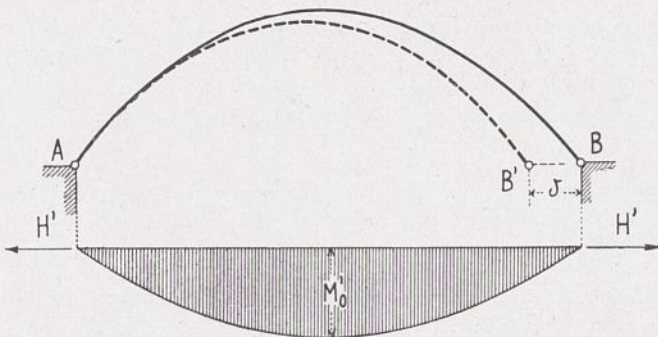


Abbildung 9.

Querschnittes  $B$  in die ursprüngliche Lage wegen der Symmetrie des Systems zwei, in  $A$  und  $B$  angreifende, gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete horizontale Kräfte ( $H'$ ) nötig sind. Das Momentenbild der  $H'$ -Kräfte ist eine Parabel mit der mittleren Höhe:

$$M'_0 = H'f$$

Da die Deformation nur durch  $H'$  hervorgerufen wird, muß das Moment des Momentenbildes von  $H'$ , bezogen auf  $AB$ , den Wert  $\delta$  haben. Die Fläche des Momentenbildes:

$\frac{2}{5} H'fl$ , der Abstand des Schwerpunktes derselben von  $AB$  (Abb. 5), ist  $\frac{4}{5} f$  gleich, daher:

$$\frac{8}{15} H'f^2l = -\frac{Hl}{FE} EJ_0$$

da  $\delta$  ebenfalls mit  $EJ_0$  vergrößert werden muß. Bei einer Breite des Bogenquerschnittes von Eins:

$$J_0 = \frac{h^3}{12} \quad F = h$$

demzufolge:

$$H' = -\frac{5}{32} \frac{h^2}{f^2} H \quad (12)$$

Falls eine Einheitskraft wirkt, so ist mit Gleichung 9):

$$H' = \frac{25}{512} \frac{h^2}{f^2} (2\alpha^4 - 5\alpha^2 + \frac{5}{8}) l \quad (13)$$

und

$$M'_0 = \frac{25}{512} \frac{h^2}{f^2} (2\alpha^4 - 5\alpha^2 + \frac{5}{8}) l \quad (14)$$

Die Horizontalkraft und Moment hängt auch vom Verhältnis  $\frac{h}{f}$  ab, deshalb können die Einflüßzahlen in der

Tabelle B nicht ohne weiteres korrigiert werden. In einem konkreten Falle, wenn die große Genauigkeit verlangt wird, kann man aber auf Grund der Gleichungen 13) und 14) die Horizontalkraft und Biegemomente immer ergänzen. Es sei noch bemerkt, daß die Wirkung der Normalkräfte tatsächlich unwesentlich ist; wenn z. B. das

Verhältnis  $\frac{h}{f} = \frac{1,00}{6,00}$  ist, dann ist nach Gleichung 12):

$$H' = -\frac{5}{32} \frac{1,0^2}{6,0^2} H = 0,0045 H$$

und diese Horizontalkraft besitzt tatsächlich keine praktische Bedeutung.

#### E) Die Wirkung der Temperaturänderungen.

Durch die Temperaturänderung wird einerseits die Bogenhöhe geändert, wodurch keine innere Spannungen auftreten, andererseits aber die Spannweite um  $\delta$  verkürzt oder verlängert. Es wird — ebenso wie bei der Wirkung der Normalkräfte — vorausgesetzt, daß die Längenänderung der Spannweite gleich mit der Längenänderung eines geraden Stabes von der Länge  $l$  und dem Querschnitt  $F$  ist. Wenn der Wärmeausdehnungskoeffizient  $\epsilon$  und der Temperaturunterschied  $t$  ist, dann ist:

$$\delta = t\epsilon l$$

Wenn die durch die Temperaturänderungen hervorgerufene Horizontalkraft =  $H''$  ist, so wird, ebenso wie bei der Wirkung der Normalkräfte:

$$\frac{8}{15} H''f^2l = t\epsilon l EJ_0$$

wovon:

$$H'' = \frac{15}{8} \frac{EJ_0}{f^2} t\epsilon$$

Dieselbe Gleichung ist in der „Statik der Baukonstruktionen“ von Müller-Breslau, II. Band, Abt. II, Seite 538, auf Grund eines ganz anderen Verfahrens abgeleitet.

Das Maximalmoment am Scheitel des Bogens beträgt:

$$M'_0 = \frac{15}{8} \frac{EJ_0}{f} t\epsilon$$

Die durch diese Formeln bestimmten Werte, Horizontalkraft und Moment, sind zu den aus äußeren Belastungen hervorgerufenen Kräften und Momenten zu addieren.

(Schluß folgt.)