

Alte Fachwerkhäuser in Lüneburg.

(Mit Abbildungen auf Blatt 40 bis 42 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Lüneburg gilt, wie andere alte Hansastädte, Lübeck, Wismar, Rostock, Stralsund, vornehmlich als eine Stadt des Backsteinbaues. Weniger beachtet als die alterthümlichen Backsteinschauseiten wurden bisher die alten Fachwerkbauten. Der Grund ist wohl nur darin zu suchen, daß letztere meistens nicht an den Straßenseiten, sondern an den Hofseiten stehen und folglich nicht so allgemein ins Auge fallen. Möge nun auch den ehrwürdigen Fachwerkhäusern Lüneburgs unsere Betrachtung gewidmet sein, umso mehr, als sie vielleicht bald eines nach dem anderen den rastlosen Bauunternehmungen der Gegenwart zum Opfer fallen können.

Die hier in Rede stehenden Bauten gehören dem Zeitraum von 1525 bis 1591 an. Um den Entwicklungsgang übersichtlich zu machen, wurden die beigegebenen Abbildungen mit den Jahreszahlen (Entstehungsjahren der Gebäude) versehen. Ein besonderes Merkmal dieser Fachwerkhäuser ist, daß sie im Erdgeschosse beinahe ausnahmslos massiv sind und über dem Erdgeschosse nur noch ein einziges Fachwerkgeschoss enthalten. Die Gesamtansichten in den Abb. 4 Bl. 40, 8 Bl. 41 und 1 Bl. 42 sind somit auch für die meisten dieser Fachwerkgebäude bezeichnend. Die obere Fachwerkwand ist dabei in üblicher Weise auf Consolen, etwa um das Maß der Balkenhöhe ausgekragt. Größere Ausladungen wie in Abb. 8 Bl. 40 und 5 Bl. 41 sind selten.

Die Beschreibung der einzelnen Fachwerktheile in ihrer üblichen Gestaltung soll weiter unten erfolgen. Zunächst mögen die in Abb. 1 u. 2 Bl. 40 gebotenen Darstellungen besprochen werden, da sie eine durchaus eigenartige und abweichende Ausbildung aufweisen. Sie gehören einem im Jahre 1525 vom Kloster Scharnebeck bei Lüneburg errichteten Wirtschaftsgebäude an. (Augenblicklich dient es zu Wohnzwecken.) Die Hauptverzierung besteht hier in figürlichem Schmuck, der sich selbst auf die Consolen erstreckt. Außerdem tragen die Holztheile noch die deutlichen Spuren früherer Bemalung. Wie die Ständer, Fußbögen und Riegel ausgebildet gewesen sind, ist nicht mehr ersichtlich, da alle diese Holztheile leider nachträglich überputzt worden sind. Die Figuren an den Consolen, der Schwelle und dem Hauptgesims sind augenscheinlich bestimmt, gewisse Schwächen der Zeit- und Lebensverhältnisse zu verspotten. Der Mönch unter dem Hauptgesims fordert eine Nonne zum Trinken auf, ein Anerbieten, welches aber zurückgewiesen wird. An der Schwelle über dem Erdgeschosse streckt ein Narr dem scheltenden Mönch die Zunge heraus. Darunter auf den Consolen schwingt ein Bürger den Trinkbecher, während die Hausfrau ihm die Spindel entgegenhält. Der Bauer daneben trägt mit saurer Miene ein Schaf auf dem Nacken, eine Anspielung auf die dem Kloster zu leistenden Naturalienabgaben. An den Fachwerkhäusern aus späterer Zeit kommt eine so eigenartige Ausbildung der Consolen nicht wieder vor. Wie die Consolen

sonst gestaltet zu werden pflegen, dürfte aus den Abbildungen genügend ersichtlich sein.

Die Fachwerktheile der übrigen Bauten haben im allgemeinen folgende Eigenthümlichkeiten:

Recht einfach verziert sind zunächst die Füllhölzer, soweit sie an diesen Fachwerkhäusern überhaupt vorhanden sind. Meistens fehlen sie ganz. Die Fache zwischen Rähm und Schwelle werden dann gerne durch Ausmauerung in Rollschichten oder in gemustertem Ziegelverbande geschlossen (Abb. 11 Bl. 40, 9 Bl. 41 und 3 u. 4 Bl. 42). Auch bei Ausmauerung aller übrigen Fache war gemusterter Ziegelverband beliebt (Abb. 3 Bl. 40, 5 u. 9 Bl. 41 und 6 Bl. 42), und man kann wohl behaupten, daß diese Verzierungsform bei allen diesen Gebäuden angewandt wurde, wenn dies wegen erfolgter nachträglicher Verputzung auch nicht immer feststellbar ist. Bezeichnende Ziegelverbandsformen liefern die Abb. 8 u. 9 Bl. 42.

Recht beachtenswerth ist der in Abb. 11 Bl. 41 gewählte Gefachschluß. Hier ist das Füllholz durch einen tauförmigen Wulst ersetzt. Dieser tauförmige Wulst, welcher die Beziehungen der alten Hansastadt Lüneburg zur Seefahrt kennzeichnet, kommt in gebranntem Thon an den Backsteinbauten außerordentlich häufig vor. An den Fachwerkgebäuden dagegen findet sich diese Form sonst wenig oder gar nicht; nur an diesem einen Beispiel.

Die Schwellen sind im Vergleich mit den Füllhölzern besonders reich verziert. Oft tragen sie Inschriften, vielfach auch Blätter, Ranken oder eingeschnittene Figuren. Eins der ältesten Beispiele bietet Abb. 3, 5 u. 6 Bl. 40. Es scheint sich dort um Bildnisse von bestimmten Personen, Priestern, Rittern und Rathsherren zu handeln. Diese Köpfe sind meisterhaft geschnitten und zeugen von einer scharfen Beobachtung der natürlichen Formen des Gesichtsausdruckes. — Zu beachten ist die Schwelle Abb. 7 Bl. 42. Die von Blattstielen durchlochte Ranke geht hier plötzlich in ein Flechtband über. Nach mittelalterlicher Art war der Holzschnittmeister unbekümmert um Symmetrie und Gleichmäßigkeit. Die Verzierungsweise an dieser Schwelle hat so gefallen, daß sie an zwei anderen Fachwerkgebäuden in gleicher Ausbildung einfach nachgeahmt worden ist, auch mit dem eigenthümlichen Wechsel von Flechtband und Ranke. — Die Inschriften an den Schwellen sind entweder lateinisch oder niederdeutsch. So diejenige in Abb. 11 Bl. 41, in hochdeutscher Mundart: „Des Herrn Segen macht reich ohne Mühe“, oder in Abb. 5 Bl. 42: „Wer Gott vertraut, hat wohl gebaut“.

Die Ausfüllung des durch Ständer und Fußbögen gebildeten Dreieckes geschieht in allgemein bekannter Weise, indem die Verzierungen über die genannten Holztheile hinweggeschnitten werden. Wie in anderen Städten des Fachwerkbaues ist auch in Lüneburg die Muschel- oder Fächerform

beliebt (Abb. 7 Bl. 42). Noch öfter findet man die Ringform mit mehreren gleichlaufenden Streifen (Abb. 10 u. 11 Bl. 40, 4, 9 u. 11 Bl. 41 und 10 Bl. 42). Häufig begnügte man sich mit jenen kurzen Schnitten oder Einkerbungen, welche weder den gothischen noch den Renaissanceformen einzureihen sein dürften, sondern insofern selbständig dastehen, als sie sich durch die Zimmermannstechnik in einfacher Weise allmählich herausgebildet haben. Am meisten werden dabei die in Abb. 10 Bl. 41 gegebenen Muster angewandt. — An den Eckständern sieht man mehrfach die in Abb. 10, 12 u. 13 Bl. 42 gezeichneten schlangenförmigen Ausläufer oder Blattbüschel. — Die Brusthölzer sind in den meisten Fällen glatt und liegen mit der Mauer bündig. Zuweilen gehen sie vor den Ständern durch und sind dann als gedrehte Perlenschnüre ausgeschnitzt (Abb. 10 Bl. 40, 11 Bl. 41 und 7 Bl. 42).

Hervorragende Schnitzereien an allen Fachwerktheilen zeigen die Abb. 1 bis 7 Bl. 41. Es sei an dieser Stelle eingeschaltet, daß sich der namhafte Renaissancemeister Albert von Soest in den Jahren 1566 bis 83 in Lüneburg aufgehalten und während dieser Zeit an den herrlichen Schnitzwerken im Rathhouse gearbeitet hat. Eine Reihe von Zeichnungen der Albert von Soestschen Werke dieser Zeit findet sich veröffentlicht in den Heuserschen Originalaufnahmen, welche jetzt einen Bestandtheil der „Deutschen Renaissance von Ortwein“ bilden. Gewiß hat Albert von Soest der Kunst, in Holz zu schnitzen, schon in den ersten Jahren seiner Anwesenheit in Lüneburg zu allgemeinem Ansehen verholfen, wodurch wohl auch die Lust und Freude an den Schnitzereien der Fachwerkbauten gesteigert worden sein mag. Unter einem derartigen höheren Antrieb scheint der Meister der in Abb. 1 bis 7 Bl. 41 gezeichneten Schnitzwerke gearbeitet zu haben. Im übrigen verrathen diese

Verzierungen durchaus selbständiges Erfinden und keineswegs eine Nachahmung Soestscher Muster, welche ihren Einfluss auf die Umgestaltung der Kunstformen erst nach dem oben erwähnten Zeitraum geltend gemacht haben.

Ueber die gebräuchliche Herstellung des Hauptgesimses ist Neues in technischer Hinsicht nicht zu bemerken. Es stellt sich dar als eine Wiederholung der über dem Erdgeschofs durch Consolen und Schwelle bewirkten Auskragung. Hinsichtlich der Ausschmückung sind die Abb. 9 Bl. 40, 1 und 11 Bl. 41 beachtenswerth, wobei Abb. 1 Bl. 41 sich noch durch Anwendung der sonst wenig üblichen, hier aber reich geschnitzten Füllhölzer auszeichnet. Für den Dachanschluss oberhalb des Hauptgesimses ist es bezeichnend, daß die Sparren in die Dachbalken niemals mit Versatzung eingreifen, sondern denselben nach Art der Abb. 9 Bl. 41 und 11 Bl. 42 aufgeklaut sind, sodafs die Sparrenköpfe oberhalb der Balkenköpfe zum Vorschein kommen.

Als Bautheile oberhalb des Hauptgesimses sind noch die mehrfach vorhandenen Dachaufbauten zu erwähnen (Abb. 2 Bl. 41 und 6 Bl. 42).

Gegen Ende des XVI. Jahrhunderts scheint ein Stillstand in der Errichtung von Fachwerkhäusern eingetreten zu sein. Soweit neue Bauten dieser Art noch entstanden sind, bewegt sich ihre Technik und Verzierung vorwiegend in den früher bereits angewandten Formen. Eine Ausnahme hiervon macht jedoch ein im Jahre 1644 hergestelltes Gartenhaus, dessen höchst eigenartiges Schnitzwerk in einem besonderen Aufsatze der Nr. 26 des Centralblatts der Bauverwaltung, Jahrgang 1898, S. 301 bereits beschrieben wurde.

Labiau.

Paulsdorff, Reg.-Baumeister.

Die Erneuerung der Vierungspfeiler des Domes in Bremen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 43 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Als der erste im neunten Jahrhundert von Willerich errichtete steinerne Dom in Bremen ein Raub der Flammen geworden war, begann der Erzbischof Bezelin im Jahre 1044 den Bau einer neuen größeren Kathedralkirche. Aus Köln am Rhein, wo er vor seiner Berufung auf den erzbischöflichen Sitz im Sachsenlande als Kanoniker gelebt hatte, entlehnte er das Vorbild für seine Schöpfung im Norden. Nach dem

Muster der alten Kölner Kathedrale, die in der Mitte des 13. Jahrhunderts einem großartigen Neubau Platz gemacht hat, sollte sich am Ufer der Weser ein reich gegliederter

Dom erheben. Doch nur die Pfeiler und Bogen des Mittelschiffes und die Seitenschiffe der Basilika sah der baulustige Kirchenfürst auftragen. Schon im Jahre 1045 starb er, und in der unvollendeten Kirche bereitete man seinen Gebeinen die letzte Ruhestätte. Die Fortführung seines Werkes aber fiel seinen Nachfolgern Adalbert und Liemar zu.

Vergleichen wir die in der letzten Hälfte des elften

Jahrhunderts aufgezeichneten, den Bau der Kathedrale betreffenden Mittheilungen Adams von Bremen, des Scholasters an der mit dem Stift verbundenen Schule, mit den aus

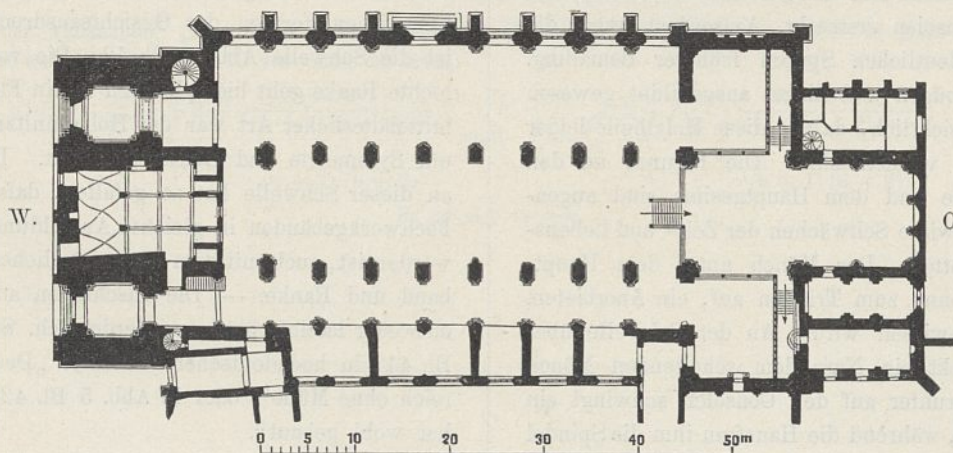


Abb. 1. Dom in Bremen.

neueren Untersuchungen geschöpften Kenntnissen von den älteren Theilen der Kirche, so kommen wir zu dem Schlusse, daß im Jahre 1101, als der streitbare Liemar ins Grab sank, der Dom als eine vielleicht im Westen schon gewölbte, im übrigen aber flach gedeckte dreischiffige Pfeilerbasilika mit Querschiff, zwei Chören, zwei Krypten und den Unterbauten der Westthürme dastand. Von dieser Bauanlage sind nur die Pfeiler und Bögen des Mittelschiffes, einige höhere Mauern im Westen, und die beiden Krypten sowie die unteren Thurmgewölbe auf unsere Tage gekommen. Die Theile des jetzigen Domes schuf in der Hauptsache eine bald nach dem Jahre 1200 anhebende erneute Bauhätigkeit. Wenn auch geschichtliche Aufzeichnungen über dieselbe nicht zu Gebote stehen, so können wir doch die heute noch erhaltene Einwölbung des Mittelschiffes mit Ausnahme der beiden älteren westlichen Joche, der Kreuzflügel, der Vierung, des Ostchores und der beiden Seitenschiffe, von denen eins wieder verloren gegangen ist, mit Sicherheit dem 13. Jahrhundert zuschreiben. Bis zum Jahre 1502 blieb der Bau unangetastet, dann wurde, nach einem großen Thurmbrande, das nördliche Seitenschiff abgebrochen. An seine Stelle trat ein mit einem schönen Netzgewölbe überspannter großer stützenloser Raum.

Schwere Schicksalsschläge haben in der Folgezeit den Dom getroffen, und lange haben wichtige Theile des Bauwerkes in Trümmern oder unvollendet dagelegen. Aber endlich nahte auch ihm die Zeit seiner Auferstehung. Im Jahre 1888 begann, durch kunstsinnige und opferbereite Bremer Bürger angeregt und ins Werk gesetzt, eine umfassende Wiederherstellung des alten Baues in allen seinen Theilen, die noch in diesem Jahre abgeschlossen werden wird.

Als im Jahre 1894 die neue von dem Dombaumeister Salzmann entworfene Westfront des Domes mit ihren beiden hochragenden Thürmen vollendet war, und der Ausbau der Nordseite seinem Abschlusse entgegen ging, machte sich das Bedürfnis geltend, die sehr lange Firstlinie des Mittelschiffdaches durch einen Thurm über der Vierung zu unterbrechen, und hierdurch der Wucht der mächtig aufstrebenden, Markt und Stadt beherrschenden Westthürme im Osten des Bauwerkes ein Gegengewicht zu bieten. Der neue steinerne Vierungsturm, dessen Bau alsbald beschlossen wurde, sollte, von den Vierungsbögen aufsteigend, in achteckiger Grundriffsform die Dächer durchbrechen und hoch über dem First des Mittelschiffdaches mit einer Pyramidenhaube gedeckt werden. Zunächst kam es darauf an, festzustellen, ob die alten Vierungspfeiler des Domes imstande waren, die neue Last ohne weiteres aufzunehmen. Erzbischof Bezelin oder der gewaltige Adalbert hatte sie errichtet. Die Umformungen der Wände und Decken nach dem Jahre 1101 hatten sie nicht berührt. Nur die obersten Quaderschichten nebst den Capitellen waren im 13. Jahrhundert bei der neuen Einwölbung des Domes entfernt und durch mehrere Schichten eines Bündelpfeilers nebst reichen Capitellen ersetzt worden. Die Grundmauern lagen im reinen Sande der Dombüne, auf deren Höhe die erste kleine Ansiedlung, der Keim der späteren volkreichen Stadt Bremen, sich gebildet hatte. Sie zeigten die in unserem Lande übliche Herstellungsweise. Größere Sandsteine waren nur an den äußeren Flächen verwandt, die Hintermauerung bestand aus Brocken von Deistersandstein und Kiesel, in Muschelkalkmörtel gebettet. Wie in allen

alten Bautheilen des Domes, so wechselten auch hier vorzüglich erhärtete Lagen mit weichen ab, die leicht zerbröckelten und den angreifenden Werkzeugen nur wenig Widerstand boten. Starke unterirdische Mauern verbanden die Fundamente der freistehenden Pfeiler mit denen benachbarter Theile der Kirche. Oberhalb des Fußbodens trugen die Pfeiler eine Verblendung von feinkörnigen, mit engen Fugen versetzten Quadern von Deistersandstein, deren Schichtenhöhen von 17 bis zu 45 cm wechselten.

Daß schon in früher Zeit schweres Brandunglück den Dom getroffen hat, berichten uns die Geschichtschreiber. Wenn sie schwiegen, so würden die Steine reden, uns erzählen von einem furchtbaren Feuer, das im zwölften Jahrhundert oder im Anfange des dreizehnten in der Kathedrale wüthete. Noch heute zeugen die Wände des südlichen Kreuzflügels von der Gewalt der Gluthen. Auch die Verblendung der Vierungspfeiler hat damals schwere Schäden davongetragen, denn an vielen Stellen, besonders in den unteren Theilen, wo die herabgestürzten Balken des Daches noch tagelang gebrannt haben mögen, zeigte sich die äußere Haut der Quadern in eine rothbraune bröckliche Masse verwandelt. An anderen Orten wieder hatten sich große Stücke von dem unversehrt gebliebenen Kerne abgelöst. Alle diese, bisher durch Ziegelstein-Einmauerungen und Putz verdeckten Zerstörungen haben selbstverständlich dazu beigetragen, den tragfähigen Querschnitt der Pfeiler bedeutend zu verringern. Kann man nun auch eine Beanspruchung von etwa 11 kg/qcm der Grundriffsfläche für die Sandsteinverblendung noch als mäßig bezeichnen, so gilt dieses doch nicht für das innere Gußmauerwerk, das, mit den Schichten der Verblendung abgeglichen, wenig sorgfältig ausgeführt war und viele Lücken aufwies. Unter diesen Umständen wurde es für bedenklich gehalten, dem alten Mauerwerk durch den Bau eines neuen steineren Vierungsthurmes eine bedeutende Vermehrung der Belastung zuzumuthen, und beschlossen, die Pfeiler bis zur Fundamentsohle abzubrechen und von Grund aus neu aufzubauen.

Zur Erneuerung derselben standen zwei Wege offen. Es wäre thunlich gewesen, nach Entfernung der auf den Vierungsbögen ruhenden Dachtheile, sämtliche Gurte, Rippen und Kappen, die auf den Pfeilern ihre Stütze fanden, und diese selbst abzubrechen. Bei einem solchen Verfahren würden aber die Abbruchsarbeiten und die Vorkehrungen zur Sicherung der zu erhaltenden Bautheile einen ganz bedeutenden Umfang angenommen, und auch der Schluß der Einbruchslücke im Dache würde große Schwierigkeiten bereitet haben. Man entschloß sich daher, die beizubehaltenden oberen Bündelpfeilerschichten nebst den auf ihnen ruhenden Capitellen, Bögen, Gewölben, Dächern, durch kräftige Zimmerwerke abzustützen, darauf die schadhaften Pfeiler zu entfernen und zwischen den von den Capitellschichten bis zur Sohle der Fundamente reichenden Abstützvorrichtungen neue tragfähige, ganz aus Sandsteinquadern zu errichtende Pfeiler aufzubauen. Vergleichende Berechnungen bestätigten die Richtigkeit der Vermuthung, daß dieses Verfahren das weniger kostspielige sei. Es ist nicht neu, weil es aber im Dom zu Bremen unter besonders schwierigen Verhältnissen durchgeführt werden mußte, so verlohnt es sich, die Bauarbeit näher zu beschreiben.

Die alten Vierungspfeiler umschlossen einen Theil der von Bezelin angelegten Ostkrypta, deren Fußboden 3 m unter dem der Kirche liegt. Noch etwa 0,3 m tiefer reichten ihre Fundamente hinab. Die Höhe der Pfeiler, von der Säule bis zur Oberkante der Capitelle gemessen, betrug 15,10 m.

Die Grundriffsform der neuen Pfeiler war in den unteren Theilen durch die noch vorhandenen zum bezelinschen Bau gehörenden Reste, in den oberen durch die Form der im dreizehnten Jahrhundert hergestellten Capitellschichten und neu hinzugefügten Dienste gegeben (Text-Abb. 2). Ihre Sohle wurde in einer Tiefe von 1,50 m unter dem Kryptafußboden angenommen, und die Größe der untersten Fundamentfläche so bemessen, daß die Bodenpressung das Maß von 3 kg/qcm nicht überstieg. Daß ein Theil der Belastung von den Außenmauern der Kirche und der Krypta aufgenommen und auf den Sand übertragen wird, ist bei dieser Ermittlung nicht berücksichtigt worden, weil neue, schwer belastete Mauern die Neigung zeigen, sich von weniger beanspruchten alten Bautheilen abzulösen.

Nachdem der Osttheil der Kirche durch eine dichte Scheidewand von dem übrigen Raum, der gottesdienstlichen Zwecken dienen sollte, abgetrennt war, begannen die Bauarbeiten im Jahre 1895 mit dem Ausheben von Gruben, die die Pfeilerfundamente bis zur Sohle freilegte. Große Mühe verursachte hierbei das Absteifen der Erdwände, denn der trockene Sand der Domsdüne ist außerordentlich leicht beweglich, er rieselt selbst durch kleine Astlöcher und schmale Brettspalten. Nur bei den westlichen Pfeilern war es möglich, allerdings erst nach Beseitigung der hinderlichen Theile der Krypta, die Grundmauern in ihrer ganzen Höhe ringsum frei zu legen, bei den östlichen, eingebundenen, verbot sich dieses Verfahren, denn an den Ecken empfahl es sich, die Kirchenmauern möglichst zu schonen. Höhe und Weite aller Durchbrechungen wurden daher äußerst knapp bemessen, und für die Erd- und Mauerarbeiten blieb nur wenig Raum. Schwierige Abstützung des Erdreiches und Unterfangungen brachte schon dieser vorbereitende Theil der Arbeiten mit sich.

Wie schon bemerkt wurde, stehen die westlichen Pfeiler oberhalb des Chorfußbodens frei, während die östlichen in die Umfassungsmauern der Kirche eingebunden sind (Text-Abb. 1). Es leuchtet daher wohl ein, daß bei den ferneren Abstützung nicht dasselbe Verfahren bei sämtlichen Pfeilern zur Anwendung kommen konnte. Um nun die Darstellung nicht zu verwirren, so seien in dem Folgenden nur die bei dem nordwestlichen Pfeiler ausgeführten Arbeiten beschrieben. Als hier die Grundmauer freigelegt war, galt es einen festen Grund für starke Unterstützungen zu schaffen, die die Last der Capitelle aufzunehmen geeignet waren. Zu diesem Behufe

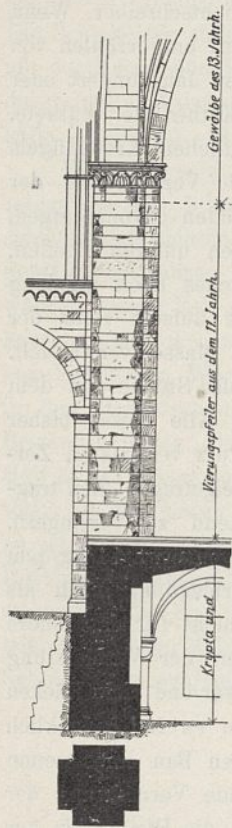


Abb. 2. Nordwestlicher Vierungspfeiler, Blick nach Norden.

sind unmittelbar an den vier Seiten des Fundaments 1,80 m tiefe Gräben ausgehoben worden, die mit Klinkermauerwerk in Cement gefüllt wurden. Daß dies nur stückweise, unter sorgfältigster Herstellung von dichten Absteifungen, geschehen konnte, bedarf kaum der Erwähnung. Der unter der alten Sohle befindliche 1,20 m hohe Erdkern war nun ganz von Mauern eingeschlossen (Text-Abb. 3). An seine Stelle sollte später festes Mauerwerk treten, es mußten daher an den dem Kerne zugewandten inneren Flächen der umschließenden Mauern Verzahnungen angelegt werden. Durch zwei Roste gewalzter Träger, von denen die inneren den Erdkern berührten, hoffte man die zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Mauern fest mit einander zu verbinden und sie zu einer einzigen Platte zu vereinigen. Außerhalb der Kryptamauern konnten die Fundamente ohne Hindernisse mit allmählicher Verbreiterung nach unten angelegt werden, nicht so innerhalb der Krypta. Hier lag, weil der Raum frei bleiben mußte, eine der den Kern umschließenden Mauern frei unter dem Fußboden. Durch jene Träger wurde ein Theil der Last des Pfeilers auf sie übertragen.

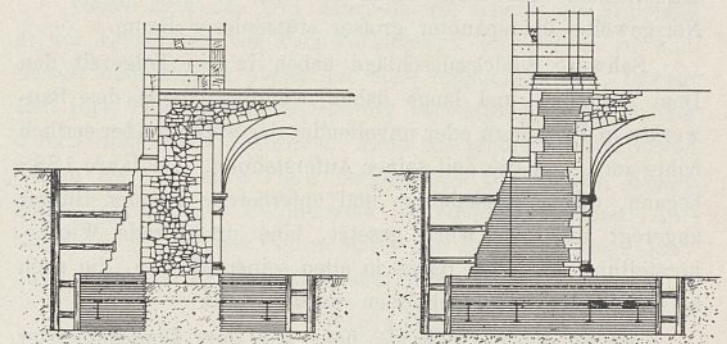


Abb. 3. Nach Herstellung der den Erdkern umschließenden Mauern.

Abb. 4. Nach Vollendung des Fundamentes.

Nordwestlicher Vierungspfeiler.

Auf den vier Fundamentmauern konnte nun die aus bestem Kiefernholz hergestellte Unterzimmerung aufgebaut werden (Abb. 1 bis 4 Bl. 43). Sie bestand aus einem 12,10 m hohen unteren und einem 4,30 m hohen oberen Geschoße. Auf ihren Holmen sollten gewalzte Träger ruhen, auf die es die Lasten der Capitellschichten und der Gewölbesäcke zu übertragen galt. Die Unterfangung der letzteren ist jedoch nicht zur Ausführung gekommen, weil ihre Ausmauerung sich als zu locker erwies. Auf dem oberen Geschoße waren niedrige Böcke zur Aufnahme der Auszimmerungen der großen Vierungsbögen, der auf die westlichen Pfeiler sich stützenden Arcadenbögen des Mittelschiffes und anderer Bögen angeordnet. Das Zusammenpressen des Holzes verhüteten an den Füßen und Köpfen der den Druck der gewalzten Träger aufnehmenden schrägen Streben eingeschaltete gusseiserne Schuhe. Man hatte auch die Vorsicht gebraucht, die Capitellschichten bei sämtlichen Pfeilern durch mit Schrauben anziehbare Balken- und Bohlenschlösser so fest zusammen zu pressen, daß ein Ausweichen der Quadern unmöglich schien. Nebenher sind viele andere Absteifungen eingebaut, die zu erwähnen oder im Bilde darzustellen hier zu weit führen würde. Auf den Holmen des unteren Geschoßes der Unterzimmerung wurden nun zu beiden Seiten des Pfeilers, in der Richtung der Diagonale des Grundriffsquadrates, je zwei gewalzte Träger

von 0,5 m Höhe verlegt und über ihnen, sie kreuzend, vier gewalzte Träger von derselben Stärke. Diese sind der Reihe nach, sobald für einen jeden ein entsprechend großer Canal durch den Pfeiler gebrochen war, eingezogen, auf den Oberflanschen mit Cementbrei belegt und gegen das Unterlager der beizubehaltenden Quaderschicht geprefst worden. Um das Anpressen zu ermöglichen, wurden sie beiderseits auf Lochschrauben von 7 cm Spindelstärke gelagert, die auf den eichenen Schwellen der erwähnten unteren Träger ruhten. Diese Schrauben, für jeden Träger zwei, für den Pfeiler daher acht, sind mehrmals angezogen worden, sodafs sie schliesslich die gesamte Last der Capitellschichten auf die Unterzimmerung übertrugen. Mehrmals wurde es im Laufe der nächsten Monate nothwendig, die ganze Stützvorrichtung durch Drehen der Schrauben anzuspannen, denn sowohl frisches Mauerwerk als auch Holzwerk ist dem Schwinden unterworfen.

Nach dem Anziehen der Schrauben konnte endlich mit dem Abbruch der unter dem oberen Trägerrost liegenden, jetzt nicht mehr belasteten Quaderschichten begonnen werden. Bald wurde die letzte Fundamentschicht erreicht, der von den bereits vor mehreren Monaten hergestellten Mauern umschlossene Erdkern ausgehoben, und der so geschaffene Raum mit Mauerwerk ausgefüllt. Hiermit war die unterste Fundamentplatte, ein von acht Trägern durchzogener Mauerkörper von 5,50 m Länge, gleicher Breite und 1,20 m Höhe fertig gestellt (Text-Abb. 4). An dieser Stelle sei erwähnt, dafs die Erdwände der Abgrabungen zunächst gegen die alten Pfeiler abgestützt waren. Als diese beseitigt wurden, und wiederum, als das Mauerwerk des neuen Pfeilers aufstieg, mußten die Stützhölzer verlegt werden, denn die Baugruben blieben offen, solange die Unterzimmerungen standen.

Die Ausführung des Fundamentmauerwerkes ging schnell von statten, auch die Aufmauerung der Pfeiler bot keine Schwierigkeiten. Oberhalb des Kirchenfußbodens sind diese ganz aus Obernkirchener Sandsteinquadern errichtet. Als die Schichten die Unterflansche des oberen Trägerrostes erreicht hatten, wurde einer der äufseren Träger nach Lockerung der ihn tragenden Schrauben entfernt, die Lücke wurde mit Quadern geschlossen. Dasselbe Verfahren wiederholte sich bei den übrigen Trägern der Reihe nach, bis die ganze Schicht vollendet war. Bei der Gröfse der Pfeiler wäre es kaum möglich gewesen, gröfsere Sandsteinstücke ordentlich an das unregelmäßige Unterlager der Capitellschicht anzupassen und

gut zu vergiefsen. Die Quadern der letzten den Trägerrost ersetzenden Schicht wurden daher mit Klinkern in Cementmörtel hintermauert. Nach der Vollendung dieser Schicht konnten nun die Bogenunterzimmerungen der Reihe nach beseitigt, und die grofsen Stützgerüste abgebrochen, darauf die beim Beginn der Arbeiten durchbrochenen Gewölbe und Mauern der Krypta wieder hergestellt, und die vielen Durchbrechungen der Chor- und Querschiffsmauern geschlossen werden. Auch die beim Abbruche der alten Pfeiler gefallen Bögen wurden wieder eingezogen, die Baugruben zugeworfen, oder, wo dies zur festen Einspannung der Pfeilerfundamente nothwendig erschien, durch unterirdisches Mauerwerk ausgefüllt. Der nordwestliche Vierungspfeiler ist zugleich mit dem ihm diagonal gegenüber liegenden an der Südostecke entfernt worden, später wurde der südwestliche niedergelegt, zuletzt der nordöstliche. In derselben Reihenfolge wurden die Pfeiler wieder neu aufgemauert.

Die schwierigste Arbeit, die Herstellung von festen unverrückbaren Füfsen für den neuen Vierungsturm, war hiermit in der Hauptsache gethan und, da nennenswerthe Risse in den unterfangenen Mauern, Bögen und Gewölben sich nicht gebildet hatten, glücklich vollendet. Es galt jetzt, den Thurm aufzuführen. Hierzu bedurfte es noch geringer Vorbereitungen, denn es zeigte sich, dafs die Gewölbesäcke mit Schutt und sehr lockerem Mauerwerk gefüllt waren. Diese mußten bis auf die Pfeilercapitelle, deren lose Hintermauerung bei dieser Gelegenheit entfernt werden konnte, ausgeräumt und mit festen Klinkern in Kalkcementmörtel wieder ausgefüllt werden. Auf das Füllmauerwerk stützen sich die neuen starken Tragebögen des Vierungsthurmes. Sie erheben sich lothrecht über den alten Bögen, berühren diese jedoch nur am Widerlager und sind steiler angelegt, sodafs zwischen beiden ein erst kurz vor der Vollendung des Thurmes mit Mauerwerk geschlossener Raum blieb. Die Verblendung des Vierungsthurmes besteht aus Sandsteinen vom Süntel und aus Portasandsteinen, Unterbau und Hintermauerung sind dagegen aus Ziegelsteinen hergestellt.

Die geschilderte Art der Erneuerung der Pfeiler hat der verstorbene Dombaumeister Salzmann erdacht und begonnen. Salzmann starb im Jahre 1897, als zwei Pfeiler erneuert waren. Die Arbeiten wurden darauf von dem Unterzeichneten fortgeführt und im Jahre 1899 vollendet.

Bremen, im Januar 1900.

E. Ehrhardt, Königl. Landbauinspector.

Der neuere protestantische Kirchenbau in England.

Von H. Muthesius in London.

(Mit Abbildungen auf Blatt 44 bis 46 im Atlas.)

(Fortsetzung statt Schlufts.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Der Kirchenbau der Englischen Secten.

Ueber die Anzahl der in England bestehenden Secten hat man sich lange Zeit hindurch in starkem Irrthum befunden. Schon Voltaire, der um die Mitte des vorigen Jahrhunderts nach mehrjährigem Aufenthalte im britischen Inselreiche das geflügelte Wort in die Welt setzte: England habe

hundert und zwanzig Secten, aber nur eine einzige Sauce — ein Witz, mit dem er übrigens treffend zwei hervorstechende englische Eigenschaften, die religiöse Meinungsfreiheit und die bäuerische Einfachheit der Sitten kennzeichnete —, erging sich in einer Uebertreibung über die religiösen Spaltungen in England, die zu den thatsächlichen Verhältnissen

in starkem Widerspruch stand. Mit den laufenden Jahrzehnten schwoll die angebliche Zahl der Secten, ganz besonders im Munde ihrer Gegner, immer mehr an, bis man schliesslich bis nahe an die drei Hundert gekommen war. Die „Vielköpfigkeit der Secten“ war sprichwörtlich geworden. Da veröffentlichte 1896 der Herausgeber der freikirchlichen Zeitschrift „The Liberator“, Howard Evans, eine Untersuchung über die Zahl der freien Religionsgemeinschaften in England, die das merkwürdige Ergebnis hatte, dass unter ihrer Beleuchtung die Zahl der wirklich bestehenden Secten sofort auf etwa ein Sechstel der obigen Angaben zusammenschmolz. Die englischen Kalender, die Jahr für Jahr ihre „Liste der Secten“ brachten, hatten zuletzt 283 genannt. Der Irrthum war dadurch entstanden, dass die letztere Zahl dem amtlichen Register über diejenigen Gesellschaften entnommen war, die jemals den gesetzlichen Schutz für die Religionsausübung in ihren Versammlungshäusern nachgesucht hatten. Die Zahl enthielt demgemäss aber nicht nur sehr viele Wiederholungen derselben Secte, sondern auch alle ausländischen, in England vertretenen kirchlichen Vereinigungen, eine Anzahl politischer, spiritistischer und anderer Vereine, ja sogar sämtliche inzwischen wieder eingegangenen Secten, deren Streichung auf der Liste, weil gesetzlich keine Abmeldung, sondern nur eine Anmeldung vorgeschrieben war, von Anbeginn grundsätzlich unterblieben war. Die Kritik stellte unwiderleglich fest, dass die Anzahl der jetzt in Grossbritannien bestehenden Secten unter 50 beträgt, und H. Evans ist sogar der Ansicht, dass England und Wales allein in Betracht gezogen, ausserhalb der englischen Staats- und der römisch-katholischen Kirche überhaupt nur etwa zwanzig Religionsgemeinschaften zusammenzubringen sein dürften, und er stellt dabei fest, dass diese heute, mit Ausnahme von zwei oder drei, unter sich einiger und sich weit ähnlicher sind, als die Parteischattirungen der englischen Staatskirche selber. Die Evanssche Kritik hat sofort den Erfolg gehabt, dass die „Liste der Secten“ aus den englischen Jahrbüchern verschwand, und es bleibt also auch für uns nichts anderes übrig, als die darauf gegründeten Angaben unseres festländischen Schriftthums zu streichen. Nicht eine „nach Hunderten zählende Vielheit von sich gegenseitig bekämpfenden Secten“ tritt uns heute in den nichtstaatlichen Religionsgemeinschaften Englands entgegen, sondern eine in ihren wesentlichen Bestandtheilen geeinte, der Staatskirche an Zahl und Bedeutung gleichkommende, wenn nicht sie überwiegende, mächtige und religionskräftige Freikirche, die unseren deutsch-protestantischen Anschauungen unendlich viel näher steht, als die in ihrem Wesen immer mehr verromanisirende, mit Verachtung auf das Werk der Reformation hinblickende englische Staatskirche. Durch die Art, wie diese Freikirchen durch rein persönliche Opfer des Einzelnen nicht nur sich selbst aufrecht erhalten, sondern auch eine allgemeine Wohlthätigkeit der weitgreifendsten Art üben, verdienen sie sogar unsere ungetheilte Bewunderung.

1. Geschichtliches.

Der Satz, dass die Bildung von kirchlichen Abspaltungen immer auf offenbare Mängel in der Hauptkirche schliessen lasse, findet in der englischen Reformationgeschichte eine merkwürdige Bestätigung. Die sogenannte Reformation in

Die Reformation in England.

England war von Anfang an eine halbe Sache, an die keiner der englischen Könige mit irgend welcher Freude herantrat. Sie bildete lediglich einen Punkt im politischen Programm der Herrscher. Heinrich VIII., unter dem die Trennung von Rom eintrat, war ein grosser persönlicher Feind Luthers, er führte nach wie vor seiner Lossagung vom Papst den als Belohnung für eine Kampfschrift gegen Luther erhaltenen päpstlichen Ehrentitel „Vertheidiger des Glaubens“. Nachdem er seine Taschen mit Hülfe der Säkularisation der Kirchengüter reichlich gefüllt hatte, liess er gleichzeitig Katholiken und Protestanten auf dem Scheiterhaufen verbrennen, die ersteren, weil sie seine kirchliche Oberhoheit anzweifelten, die letzteren, weil sie die päpstlichen Lehren verurtheilten. So blieb es erst der Regierung Eduard VI. vorbehalten, eine Art reformatorischer Klärung durch den Erzbischof Cranmer heraufzuführen zu sehen. Während der Knabe Eduard (er regierte nur von seinem 10. bis zu seinem 16. Jahre) auf dem Throne sass, drückte er sein königliches Siegel unter ein englisches Gebetbuch, unter 42 Glaubenssätze und die englische Bibel Cranmers, die, beiläufig bemerkt, das Wort *ecclesia* durchweg mit *congregation* und nicht mit *church* übersetzte und damit deutlich die beabsichtigte Bedeutung der Gemeinde in der neuen Verfassung kennzeichnete (aber schon Jacob I. liess *congregation* austilgen und *church* einsetzen, das die heutige englische Bibel aufweist). Im übrigen gab es schon unter dieser kurzen Regierung protestantische Märtyrer, die sich dem Beibehalt von bunten Priesterkleidern und anderem römischen Beiwerk widersetzen.

Kaum war Eduard todt, so loderten schon wieder die Scheiterhaufenfeuer der wüthenden Romgängerin Maria I. auf, die in Durchführung einer streng katholischen Reaction jeden verbrennen liess, der die Oberhoheit des Papstes öffentlich leugnete. Während ihrer kurzen Regierung von fünf Jahren starben 400 Personen auf dem Scheiterhaufen, Tausende lagen im Kerker und die ersten Religionsauswanderungen nach Deutschland und der Schweiz begannen. Die Geschichte hat diese Monarchin mit dem Beinamen die Blutige belohnt, ein seltsames Beiwort für eine Frau, das in England noch niedriger klingt als bei uns, weil es zum gemeinsten Fluchwort der untersten Schichten geworden ist.

Reaction unter Maria I.

Die wirkliche Festsetzung der Grundsätze der nach-reformatorischen Kirchenverfassung in England geschah erst unter der Königin Elisabeth. Macaulay bezeichnet das, was sie erstrebte, als einen Compromiss zwischen Protestantismus und Katholicismus, den sie für politisch klug hielt in einer Zeit, da die Thronfolge zweifelhaft war und ein grosser Theil der Bevölkerung stark römische Neigungen hatte. Sie setzte beim Parlament die Annahme des Allgemeinen Gebetbuches und einer Uniformitätsacte durch, durch welche ein streng einheitlicher, mit vielen katholischen Bestandtheilen untermischter Gottesdienst festgesetzt und jedem Geistlichen bei Verlust seiner Stelle aufgezwungen wurde. Hiermit war in die schwankenden Verhältnisse ein fester Punkt gesetzt, aber ein solcher, gegen den die Gesinnung der freier denkenden Protestanten nothwendigerweise anstossen musste. Schon jetzt spalteten sich die ersten Andersgläubigen ab. Weil sie ihren Gottesdienst nicht mit dem Gebetbuch übereinstimmend einrichten wollten, wurden sie Nonconformisten genannt, ein Ausdruck, der sich für die Gemeinschaft aller Secten bis auf

Der Compromiss Elisabeths und die ersten Abspaltungen.

den heutigen Tag erhalten hat. Diese Nonconformisten oder „Separatisten“ erkannten die bischöfliche Oberhoheit nicht an und bildeten den Grundstock der späteren Sectenentwicklung, viele wanderten aus, namentlich nach America. Deutlich traten damals schon die später kräftig sich entfaltenden Congregationalisten (Independenten) hervor, die sich unter Robert Brown zu Gemeinden zusammenthatsen, aber verfolgt wurden und flüchten mußten. In Holland wurden sie durch John Robinson gesammelt, ein Theil kehrte nach England zurück, sobald dort bessere Zeiten für sie eintraten, ein anderer Theil wanderte auf Robinsons Rath 1619 nach America aus, wo sie, später durch zahlreiche Nachzügler verstärkt, eine große Zahl von Ansiedlungen, wie Boston, Salem usw. gründeten. Inzwischen war noch eine andere Partei emporgewachsen, welche sich der Calvinschen Glaubensanschauung zugewandt hatte und die Oberhoheit der Bischöfe ebensowohl leugnete, wie es die Separatisten thaten, aber doch sich zu einer endgültigen Loslösung von der Landeskirche noch nicht entschließen konnte. Es war die in der Folge so wichtige Partei der presbyterianischen Puritaner. Ihr Verbleiben in der Staatskirche setzte sie in einen frühen Gegensatz zu den freireligiösen Andersdenkenden, ein Gegensatz, der sich erst viel später glättete und einem Zustand der Verbrüderung, wie er jetzt vorliegt, Platz machte. Die Wiege des Presbyterianismus ist Schottland, der Vater desselben John Knox, der während seines Fluchtaufenthaltes in Genf Calvin nahe gestanden hatte und dessen Lehre 1560 in Schottland einführte.

Religionskämpfe im siebzehnten Jahrhundert. Cromwell.

Das siebzehnte Jahrhundert ist auch in der englischen Geschichte das Jahrhundert heftigster religiöser Parteikämpfe, die sich hier zwischen Katholiken, Anglicanisch-Bischöflichen, Presbyterianern und Independenten abspielten und der ganzen englischen Politik ihr Gepräge gaben. Jakob I. verfolgte Puritaner wie Katholiken, Karl I., der Gemahl einer katholischen Königin, ging mit dem versteckten Plane um, die anglicanische Kirche wieder mit der römischen zu vereinigen. Religionsverfolgungen und die drückendste rechtliche Willkür riefen den Bürgerkrieg hervor, dem Karl auf dem Schaffot sein Haupt opfern mußte und aus dem der Protector Cromwell, ein Independent, als Vertreter der neu erklärten englischen Republik hervorging. Der Dichter Milton, ebenfalls ein Independent, war sein Freund und erster Rathgeber. Die Zeit der religiösen Freiheit schien gekommen, eine presbyterianische Kirchenregierung wurde eingerichtet, und dabei jede Abweichung von ihr geduldet. In der Westminsterabtei durften Independenten predigen, und der berühmte congregationalistische Prediger William Strong wurde, als er unter Cromwells Protectorat starb, in diesem Nationalheiligthum bestattet — freilich nur, um bald wieder daraus entfernt zu werden. Nach zehnjähriger Dauer brach die Republik zusammen, als der siegreiche General Monk den Sohn des enthaupteten Königs als Karl II. über die schottische Grenze nach England einführte. Neue Verfolgungen der Freireligiösen kamen an die Tagesordnung, die Uniformitätsacte von 1662 schrieb wiederum die strengste Einheitlichkeit in der Abhaltung des Gottesdienstes vor und nöthigte zwei Tausend freireligiöse Prediger zum Austritt. Acht Tausend in Religionsachen Verfolgte sollen unter Karl II. im Gefängniß verstorben sein.

Fast noch schlimmer verfuhr sein ihm folgender Bruder Jakob II. Die verheimlichten Pläne einer katholischen Reaction Karls nahm Jakob öffentlich auf und setzte so Anglicanische wie Freireligiöse in gleicher Weise in Schrecken — wodurch er übrigens für eine kurze Zeit das Zusammenwirken beider heraufführte —, bis er in Schimpf und Schande vertrieben wurde. Wilhelm von Oranien landete, von den protestantischen Parteien aus den Niederlanden herbeigerufen, in England und bestieg unter den günstigen Anzeichen eines neuen freieren Zeitalters als Wilhelm III. den englischen Thron. Kurz nach seiner Krönung unterschrieb er die sogenannte Duldungsacte (*Act of Toleration*), die in jeder Beziehung einen neuen Entwicklungsabschnitt in der Religionsgeschichte Englands bezeichnet. Sie gewährte nicht nur Duldung, sie gewährte gesetzlichen Schutz. Niemand durfte jetzt mehr den Gottesdienst einer freireligiösen Gemeinde unterbrechen, nachdem sie das Haus, in welchem sie ihren Gottesdienst ausübte, gesetzlich hatte eintragen lassen. Von hier an schreibt sich die ruhige, aber stetig vorwärtsschreitende Entwicklung der englischen freien Religionsgesellschaften her. Von hier an schreibt sich auch die Errichtung selbständiger Secten-Gotteshäuser her, die unter den früheren Zuständen undenkbar gewesen wären.

Wilhelm von Oranien. Die Duldungsacte.

Aber noch war nicht alle Gefahr für die freien Religionsgemeinschaften beseitigt. Die letzte Stuartin, Anna, brachte all die herrschsüchtigen Gelüste und all die katholischen Neigungen noch einmal auf den englischen Thron, die ihrem unglücklichen Herrscherhause stets eigenthümlich gewesen waren. Unter ihrer zwölfjährigen Regierung wurde alles versucht, was an reactionären Mafsregeln noch möglich war. Ausschreitungen gegen die Secten geschahen unter den Augen des Gesetzes. Lord Bolingbroke brachte mit einer Mehrheit von zwei Stimmen ein Gesetz im Parlament durch, das, wenn es zur Ausführung gekommen wäre, einen heftigen Schlag gegen die Freireligiösen bedeutet haben würde, es war die Schisma-Acte, welche die Schließung aller im freireligiösen Sinne geleiteten Schulen und Erziehungsanstalten bezweckte. Er erlangte damit ohne Schwierigkeit die Genehmigung der Königin. Vergebens brachten die drei größten Secten, Congregationalisten, Baptisten und Presbyterianer, denen damals zusammen bereits etwa der fünfte Theil der Gesamtbevölkerung angehörte, eine vereinigte Bittschrift an die Königin ein; das Gesetz sollte am 1. August 1714 in Kraft treten — da starb am selben Tage die Monarchin, mit ihr erlosch das Haus Stuart und mit ihr fiel der letzte Schlag in sich zusammen, der in Form von gesetzlichen Eingriffen gegen die Freireligiösen unternommen werden sollte. Die hannoverschen George, die jetzt den englischen Thron bestiegen, waren nichts weniger als religiöse Fanatiker, sie gewährten den Secten volle Entwicklungsfreiheit.

Anna.

Zum Theil in Folge dieser Freiheit, zum Theil aber auch in Folge einer immer sichtbarer werdenden Verflachung der Kirchlichkeit und der inneren religiösen Gesinnung der Staatskirchlichen setzte von diesem Zeitpunkte an ein neues Leben der Freikirchen ein. Die auffallendste Erscheinung in der Secten-Geschichte des 18. Jahrhunderts ist die Ausbreitung des Methodismus. Wie bei allen Sectenbildungen, ging die Bewegung zuerst in der Mutterkirche vor sich, sie bezweckte eine Auffrischung des Lebens derselben, keineswegs einen

Die Secten unter den Georgan. Der Methodismus.

Angriff auf diese. Erst die Unduldsamkeit der Priester der Mutterkirche stiefs die Umgestalter aus und zwang sie, eine selbständige Religionsgemeinschaft zu gründen. Wesley und Whitefield, die beiden Begründer des Methodismus, waren Geistliche der Staatskirche. Ihr unbezwinglicher Drang zu predigen und für das Seelenheil ihrer Mitmenschen zu sorgen, ihre beredten Aufforderungen zum Beten, zum Sündenbekenntnis und zur Bekehrung, schliesslich der ungemeine Erfolg ihrer Predigten und die Gährung, die sie im Volksgewissen hervorriefen, setzten sie in Feindschaft zu der bischöflichen Kirche, die ihnen ihre Kanzeln verbot. Von da an begannen die Predigten auf freiem Felde mit einem ungeheuren Zulauf des Volkes, oft vor 20, 30, ja 50 000 Zuhörern, Predigten, die einen hinreissenden Eindruck auf die Menge machten und Tausende unter Schluchzen und Weinen der Bekehrung entgegenführten. Die Methodisten entwickelten die Bedeutung der Predigt bis zur äussersten Schärfe. Die Predigt, verbunden mit guten Werken, war für sie die Religion, ihre Führer waren die gewaltigsten Redner, die je gelebt haben. Von da an schreibt sich die Errichtung jener grossen Predigthäuser her, die man Tabernakel nannte, eines der ersten derselben war das 1756 errichtete Tabernakel in Tottenham Court Road in London, wo Whitefield seine berühmten Predigten hielt, die dem Hause den Volksnamen „die Seelenfalle“ einbrachten. Die Methodistenbewegung hatte so sehr eingeschlagen, dass bei Wesleys Tode 1791 die Methodistensecte gegen 80 000 Anhänger aufwies und über eine ansehnliche Zahl von Capellen, Predigerhäusern, Schulen und Waisenhäusern, sowie über zwei Bildungsanstalten für methodistische Geistliche verfügte. Die Entwicklung schritt nach dem Tode der Führer im Sturmschritt weiter und machte diese Secte bald zur grössten der Welt. Im Jahre 1891 wurde in Washington verkündet, dass die Gesamtzahl der über die ganze Erde verbreiteten Anhänger über 30 Millionen betrage, eine Zahl, deren Richtigkeit freilich angezweifelt worden ist.

Weitere
den Secten
gewährte
Freiheiten.
Aufhebung
der Testacte.

Mit den Erfolgen der Methodisten kann sich zwar die Entwicklung der anderen freien Religionsgemeinschaften im 18. Jahrhundert nicht messen, indessen ist auch bei ihnen, nachdem mit der Thronbesteigung des hannoverschen Herrscherhauses der staatliche Widerstand gegen ihr Bestehen im wesentlichen gebrochen war, ein kräftiges Weitergedeihen zu bemerken. Freilich war die ihnen durch die Duldungsacte von 1689 gewährte Freiheit vorerst nur noch eine beschränkte. Vor allem stand noch ein Gesetz im Wege, auf dessen Beseitigung von da an das Streben jedes Freireligiösen gerichtet sein musste, es war die Testacte, welche von jedem, der ein öffentliches Staats- oder Gemeindeamt bekleidete, sowie von jedem Mitglied des Parlamentes verlangte, dass er aufser dem üblichen Staatseide auch noch eine Erklärung abgebe, das heilige Abendmahl in der englischen Staatskirche zu nehmen. Dieses Gesetz wurde nach grossen Anstrengungen der Freireligiösen erst 1828 aufgehoben (die Katholiken-Emancipationsacte folgte 1829). Ein weiteres Zugeständnis an die Freikirchen war das 1837 gegebene Gesetz, dass die Eintragung von Geburten und Heirathen auch in den Sectenkirchen erfolgen könne; vorher hatten sich die Freikirchlichen zu solchen Zwecken an die Landeskirche wenden müssen. In ähnlicher Weise konnten bis 1852 freikirchliche Todte auf den staats-

kirchlichen Friedhöfen nur gegen eine beträchtliche Gebühr und durch einen Staatsgeistlichen begraben werden, während von da an ein Theil der Friedhöfe den Secten bedingungslos freigegeben wurde. 1854 wurde das wichtige Zugeständnis gemacht, dass freikirchliche Studierende auf die alte Landesuniversität Oxford zugelassen wurden, Cambridge folgte dem so gegebenen Beispiele zwei Jahre später. Von 1871 und 1882 an konnten Freikirchliche auch in Besitz der reichlichen Pfründen und Stipendien gelangen, die diese Universitäten vertheilen, sie können heute jeden beliebigen Grad dort erwerben mit alleiniger Ausnahme derjenigen der Theologie. Sie haben im übrigen seit einer Reihe von Jahren ein eigenes Institut für freikirchliche Theologie in Oxford, nämlich Mansfield College, während in Cambridge seit einigen Jahren eine Facultät für presbyterianische Theologie gegründet worden ist. Einen grossen Schritt vorwärts bedeutete für die Secten schliesslich die Befreiung von der staatlichen Kirchensteuer, die bis 1868 von ihnen erhoben wurde, obgleich sie ihre eigenen, staatlich als solche anerkannten und geschützten Gotteshäuser hatten und für die Besoldung der dort bestellten Geistlichkeit aus eigenen Mitteln aufkommen mussten.

Das Ziel und der letzte Schritt zur völligen Freiheit der nichtstaatlichen Religionsgemeinschaften ist in England die Entstaatlichung der Landeskirche, deren Herbeiführung sich die seit 1844 bestehende „Gesellschaft zur Befreiung der Religion von Staatsschutz und Staatsaufsicht“ (kurz Liberation Society genannt) zum Ziele gesetzt hat. Man verlangt die Behandlung aller Religionsgemeinschaften nach denselben Grundsätzen und sieht in der Zuwendung von Staatsmitteln an eine einzige derselben ein Unrecht. Mit der Lösung der Landeskirche vom Staate wäre natürlich auch eine Entziehung der ungeheuren Pfründen, in deren Besitz sich heute die bischöfliche Kirche befindet, verbunden, und man würde die gleiche Vertheilung des staatskirchlichen Vermögens auf alle Religionsgemeinschaften voraussetzen. Obwohl bei der ziemlich oligarchischen Zusammensetzung der in England gesetzlich beschliessenden Körperschaften die Verwirklichung dieses Zieles noch einige Zeit auf sich warten lassen wird, so muss man bei Anbetracht der Verhältnisse dem Verlangen doch seine Berechtigung zugestehen, zum allermindesten in Ländern wie Wales, wo nur ein Sechstel der Bevölkerung der Staatskirche, und in Schottland, wo nicht mehr als ein Bruchtheil, der nach verschiedenen Angaben zwischen einem Drittel und der Hälfte der Einwohner schwankt, der staatlichen presbyterianischen Kirche angehört. Auch in dem engeren England zählt die Staatskirche heute kaum noch die Hälfte der Bevölkerung, hier stehen jedoch den Befreiungslüsternden die durch politischen Einfluss, Reichthum und Stellung mächtigen Hochkirchlichen gegenüber, und eine besondere Gesellschaft, der „Kirchen-Vertheidigungs-Verein“, arbeitet der „Befreiungsgesellschaft“ mit allen Mitteln entgegen.

Gerade die zur Erlangung ihrer Befreiung, Anerkennung und Gleichberechtigung nothwendig gewesenen Kämpfe sind für die Freikirchen ein Mittel zur Einigung und Erstarkung gewesen. Gemeinsames Vorgehen allein konnte hier fruchtbringend wirken. Ein solches war schon im 17. Jahrhundert zur Zeit der Revolution unter den drei grössten Secten, den Presbyterianern, Independenten und Baptisten, eingeführt, und 1727 wurde dem Bündnis dieser drei Secten durch Grün-

Das letzte
Freiheitsziel
der Secten.

Einigungs-
bestrebungen
der Secten.

derung der „Hauptkörperschaft“ (General Body) feste Gestalt gegeben, in welcher Form es heute noch besteht, ohne indes wesentlich anders in Thätigkeit zu treten, als wenn etwa gesetzliche Aenderungen in Frage kommen. Näher wurden die Secten schon durch die verschiedenen menschenfreundlichen Bestrebungen zusammengebracht, deren Träger gerade die Freikirchen seit der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts geworden sind. Die thatkräftige Zusammenschließung aller Independenten zu der „Congregationalen Union von England und Wales“ 1831, die durch die Errichtung eines mächtigen Gebäudes im Mittelpunkt Londons (der Memorial Hall) auch äußerlich hervorragend gekennzeichnet ist, die Gründung der „Evangelischen Alliance“ 1846, des „Vereinigten Nonconformisten-Ausschusses“ und eine Reihe ähnlicher Vereinigungen sowie schliesslich die seit 1890 zusammentretenden freikirchlichen Congresse, die nach dem Muster der staatskirchlichen Congresse abgehalten werden, sind Marksteine in der vor sich gehenden Entwicklung der Einigung aller wesentlichen englischen Secten. Man denkt bereits daran, eine vollständige Organisation in der Weise einzuführen, daß jede Stadt ihren freikirchlichen Ausschuss zur gemeinsamen Führung der Geschäfte aller am Platze bestehenden Secten hat, daß diese Ausschüsse provinzenweise zu einem Hauptkörper vereinigt werden, und daß eine Landescentralbehörde die Spitze des ganzen Freikirchentums bilden soll.

Öffentliche
Bedeutung
der Secten.

Eine solche äußerliche Machtstellung würde nur der Bedeutung entsprechen, die das Freikirchentum im öffentlichen, geistigen und sittlichen Leben Englands heute schon hat. In allen Bewegungen des Tages spricht das Sectenwesen als eine wichtige Stimme mit, ja viele der großen Menschlichkeitsbestrebungen, die in England in den letzten 150 Jahren entsprangen, gingen unmittelbar von den Secten aus. Dahin gehört die Bewegung gegen die Sklaverei, deren Hervorrufers und deren Rückgrat die Quäker waren; sie entnahm gerade aus der Reihe der Freireligiösen ihre Vorkämpfer. Aehnlich verhält es sich mit der Tractatgesellschaft, die auf freikirchlicher Grundlage entsprang. Einen sehr wesentlichen Antheil hatten die Secten an der 1804 erfolgten Gründung der Bibelgesellschaft, der 1834 gegründeten Londoner Stadtmission und an anderen bedeutenden Unternehmungen zum Wohle der Menschheit. Eine wesentliche Rolle spielte das Freikirchentum in den Volksschulunterrichtsbestrebungen, die in England die ersten drei Viertel des neunzehnten Jahrhunderts ausfüllten, ehe das Volksschulwesen durch das Gesetz von 1870 staatlich geregelt wurde. An den in der ersten Hälfte des Jahrhunderts gegründeten Privatvolksschulen hatten wieder die Quäker einen großen Antheil, so sehr, daß die Staatskirche fast mit neidischen Augen auf deren Erfolge sah. Die mannigfachen Versuche der staatlichen Unterstützung des Unterrichts, die seit dem Regierungsantritt der Königin Victoria gemacht wurden und schliesslich in Forsters Volksschulgesetz ihre dauernde Form fanden, liefen alle mehr oder weniger darauf hinaus, mit der Staatshilfe auch die Staatsreligion in die Schulen einzuführen und wurden dadurch der Gegenstand heftigster Parteikämpfe. Diese toben auch noch heute weiter, wo die Freikirchlichen sich noch immer stark benachtheiligt fühlen und daher noch fortfahren, für einen ihren Anschauungen entsprechenden Unterricht ihrer Kinder die Hauptmittel selbst aufzubringen. Das Ziel der

Zeitschrift f. Bauwesen. Jahrg. L.

Freikirchlichen ist hier, alle öffentlichen Schulen unter die Aufsicht der Ortsverwaltung zu bringen, unter welchem Verhältniß allein es ihnen möglich sein würde, ihrem Mehrheits-einfluss durch die Wahlergebnisse Geltung zu verschaffen.

Auch in andern großen Bewegungen haben die Secten im letzten Jahrhundert eine bedeutende Rolle gespielt, und sehr oft eine solche, daß sie im vortheilhaften Gegensatz stehen zu der rücksichtslosen und gewinnsüchtigen Politik der plutokratischen Mehrheit der gesetzgebenden Volksvertretung. Die Anti-Opiumbewegung, gerichtet gegen die durch Krieg erzwungene englische Einführung des Opiums nach China, die Bewegung gegen die Verbreitung von Alkohol unter den Wilden, die schon 1816 von den Quäkern gegründete Friedensgesellschaft und viele ähnliche auf Beseitigung der Vergewaltigungspolitik gerichteten Bestrebungen, die sich bis auf die neueste Zeit und bis auf den Burenkrieg erstrecken, sind in dieser Reihe zu nennen. In der Regel findet die rücksichtslose Selbstsucht, die England als Staat betrachtet eigenthümlich ist, in dem Sectenbestandtheil des Volkes einen Widerstand, der, wenn auch meist zu schwach um vortheilhaft durchzudringen, doch als eine tröstliche Gegenströmung anzuführen ist und mit der jeder Staatsmann in England wohl oder übel zu rechnen hat, wenn es ihm darauf ankommt, eine volksthümliche Politik zu vertreten.

Menschlich-
keitsziele.

2. Die einzelnen größeren Secten.

Unter den englischen Secten ist die jüngere der Methodisten die stärkste, die geschichtliche Entwicklung des Freikirchentums hat es aber mit sich gebracht, daß man bei Aufzählung derselben der Gruppe der drei älteren Secten der Presbyterianer, Congregationalisten und Baptisten den Vorrang gewährt. Wie weiter vorn erwähnt, traten diese bereits zur Zeit der englischen Revolution in gemeinsamem Vorgehen auf, sie spielen vereint in der englischen Geschichte, besonders der des siebzehnten und achtzehnten Jahrhunderts, die größte Rolle und bilden eine bedeutende Macht im englischen politischen und geistigen Leben der neueren Zeit überhaupt.

Die „drei
Secten.“

Unter diesen drei Secten, die man in England gewöhnlich unter dem Namen The Three Denominations zusammenfaßt, nimmt die der Presbyterianer insofern eine erste Stellung ein, als ihr Bekenntniß in Schottland das allgemeine ist und dort staatlich als Landeskirche anerkannt ist. Die Besitznahme Schottlands durch den Calvinischen Presbyterianismus ist die geschlossenste Erscheinung in der neueren englischen Religionsgeschichte. 1560 durch den Reformator John Knox daselbst eingeführt, behauptete sich die presbyterianische Kirche standhaft durch alle Gefahren hindurch, und selbst die erzwungene Einsetzung der englischen Bischofskirche unter den Stuarts 1662 vermochte sie nicht dauernd zu erschüttern. Schon im Revolutionsjahr 1688 trat sie wieder in ihre alten Rechte ein, sie erhielt damals als schottische Staatskirche das königliche Siegel und besteht als solche noch heute. Freilich traten im Laufe der Zeit Spaltungen ein, die den Bestand des staatlichen Presbyterianismus bedeutend schwächten, aber auch diese Abspaltungen blieben durchaus presbyterianisch, sodaß Schottland in kirchlicher Beziehung ein ziemlich einheitliches Bild gewährt. Die Ursache für die im neunzehnten Jahrhundert eingetretene größte dieser Abspaltungen war ein Rechtsstreit über die Patronatsbesetzung der

Presbyte-
rianer.

Pfarrstellen. 1843 traten 470 Gemeindegeistliche aus und vereinigten sich zu der schottischen Freikirche, welche im Gegensatz zu der schottischen Staatskirche den Grundsatz aufstellt, ganz unabhängig in Bezug auf ihr kirchliches Leben und namentlich frei in der Wahl ihrer Geistlichen zu sein. Innerhalb eines Jahres wurden damals $7\frac{1}{2}$ Millionen Mark an freiwilligen Mitteln aufgebracht, und 500 neue Kirchen wurden binnen kürzester Frist errichtet. 1853 bestanden bereits 850 freikirchliche neue Gemeinden. Jetzt hat die Freikirche 1094 Kirchgemeinden und 1165 Geistliche, und im Jahre 1898 bis 1899 betrug die Summe der freiwillig zur Erhaltung der Kirche aufgebrachten Mittel 14 Millionen Mark.

Einige schon im achtzehnten Jahrhundert aus der schottischen Kirche ausgetretene Secten vereinigten sich 1847 zu der „Vereinigten presbyterianischen Kirche“, welche jetzt 589 Gotteshäuser, 631 Geistliche und etwa 200000 Mitglieder zählt und sich nur in unwesentlichen Punkten von der Mutterkirche unterscheidet.

Die Presbyterianer in Irland und diejenigen in England bilden besondere Vereinigungen. Die letzteren haben heute 311 Gemeinden und etwa 72000 Mitglieder. Die englischen Presbyterianer haben wenig mehr gemein mit den alten presbyterianischen Puritanern der Religionskämpfe. Nach Einführung der Religionsduldungsacte schwenkten diese zumeist zu den Independenten ab, ein Theil wurde Unitarier. Der jetzige presbyterianische Bestand in England ist nur in einem einzigen Landstriche ein Rest des alten Puritanerthums, nämlich in den nördlichen Grafschaften, dieser Rest wurde von alters her verstärkt durch den fortlaufenden Zuzug der schottischen Presbyterianer. Die neueren englischen Presbyterianer waren zuerst abhängig von Schottland, bilden jedoch jetzt eine selbständige englische Secte.

In Schottland ist seit mehreren Jahren eine Bewegung im Gange, sämtliche presbyterianische Freikirchen zu vereinigen, die voraussichtlich von Erfolg gekrönt sein wird. Auch die Schranken, welche die Freikirchen von der Staatskirche trennten, nämlich die Patronatsbesetzung der Pfarrstellen, sind inzwischen von der letzteren freiwillig beseitigt worden, sodafs überhaupt kein Grund für die Zersplitterung des schottischen Presbyterianismus mehr vorliegt. Das wesentliche der presbyterianischen Kirchenverfassung ist das Calvinische Institut der Presbyter, eines Rathes von Laienältesten, welche das Kirchenregiment handhaben. Die Organe der Verwaltung sind von unten beginnend die Gemeindeversammlung, das Presbyterium, die Synode und die Hauptversammlungen. Die letzteren setzen sich zusammen aus kirchlichen und Laienmitgliedern der einzelnen Presbyterien und werden geleitet von einem jährlich gewählten „Moderator“, dem in der Staatskirche als Vertreter der Königin der „Oberst-Bevollmächtigte“ zur Seite steht. Die schottische Staatskirche hat 16 Synoden, 84 Presbyterien und etwa 1800 Geistliche. Die Zahl ihrer Anhänger übersteigt die aller presbyterianischen Freikirchen in Schottland und wird von einigen auf die Hälfte der Gesamteinwohnerzahl Schottlands geschätzt, nach andern soll sie wenig mehr als ein Drittel betragen. Die Zahl der staatlichen Gotteshäuser beläuft sich auf 1750, einschliesslich der Missionshallen.

Die Independenten oder Congregationalisten (der letztere Name ist in den letzten Jahrzehnten der allgemeine geworden) sind die älteste Secte Englands und nächst den Methodisten die bei weitem zahlreichste. Sie traten schon 1583 unter Robert Brown zusammen, mußten, wie weiter vorn erwähnt, infolge der erlittenen Verfolgungen aus England flüchten, wohin sie nach Eintritt besserer Zeiten zurückkehrten und erlangten unter Oliver Cromwell, der selbst Independent war, eine Zeit lang entschiedenen Einfluß auf die Leitung der englischen Staatsangelegenheiten. Im achtzehnten Jahrhundert trat ihr Uebergewicht angesichts des aufstrebenden Methodismus etwas zurück, ohne dafs indes ihrem steten Wachsthum Eintrag gethan worden wäre. In neuester Zeit bedeutete eine kräftige Stärkung für sie ihr 1831 erfolgter Zusammentritt zu der Congregationalen Union von England und Wales, die zweimal jährlich zur Berathung der laufenden Angelegenheiten zusammentritt. Innerhalb dieser Gesamtvereinigung bestehen 51 Grafschaftsvereinigungen in England und Wales, die Anzahl der Gotteshäuser beträgt 4600 mit 1636000 Sitzplätzen. Die Anzahl der auf britischem Boden thätigen Geistlichen beträgt 3130. Das Bezeichnende in der Auffassung der Congregationalisten ist ihre Ansicht über das Kirchenregiment. Jede einzelne Gemeinde ist eine in sich geschlossene, innerlich und äusserlich unabhängige Kirche, an deren Leitung jedes gläubige Mitglied Antheil hat, die aber keine ausenstehende Autorität irgend welcher Art anerkennt. Als Kirche betrachtet glaubt sie Christus allein verantwortlich zu sein. Kein Vereinigungsbeschluss ist für die Einzelgemeinde bindend, selbst die Beschlussfassungen der Union sind für die Gemeinden nur von berathender Bedeutung. Die Congregationalisten behaupten so die alte apostolische Gemeinde am reinsten wiederzuspiegeln und die natürlichste und geläutertste Form christlichen Lebens darzustellen.

Die Baptisten Englands stehen in keinem geschichtlichen Zusammenhange mit den Münsterschen Wiedertäufern, auch nicht mit den Mennoniten, sondern sind eine englische Abspaltung von den Congregationalisten, von denen sie sich nur durch die Handhabung der Taufe unterscheiden. Sie trennten sich 1633 von den Independenten, indem sie verlangten, dafs sich jedes Kirchenmitglied für den Zutritt zu einer Gemeinde selbst entscheiden müsse, was nur im erwachsenen Alter geschehen könne. Sie verwerfen daher die Kindertaufe und nehmen nur Erwachsene durch die Tauffeierlichkeit auf, die sie durch Untertauchen vornehmen. Ihre Organisation ist ganz ähnlich der der Congregationalisten, auch sie haben eine (1813 gegründete) Union, machen aber im übrigen die volle Selbständigkeit und Unabhängigkeit der Einzelgemeinde zur Bedingung. Die Anzahl ihrer Gotteshäuser beträgt in England und Wales 3850, die ihrer Geistlichen 1950.

Zugleich die jüngste und zahlreichste der grossen Secten Englands sind die Methodisten, unter welchem Namen man alle jene, unter sich mehr oder weniger verschiedenen Richtungen zusammenfasst, die ihre Entstehung dem weiter vorn geschilderten Auftreten der Brüder John und Charles Wesley verdanken. Ihr Kernziel ist die Bekehrung durch die Predigt, ihre Waffe die erschütternde Wirkung durch das Wort auf die Massen. Keine Religionsgemeinschaft hat die Predigt zu

solcher Vollkommenheit ausgebildet wie die Methodisten, keine ihr eine auch nur annähernd gleiche Bedeutung verschafft. Im Gegensatz zu den Congregationalisten und Baptisten zeigen die Methodisten in ihrer Kirchenverwaltung eine straffe Organisation mit genau geregelter Abhängigkeit. An der Spitze des Regiments steht die jährliche Konferenz, welche aus 240 Predigern und 240 Laien besteht und von einem jährlich gewählten Präsidenten und Secretär geleitet wird. Diese Konferenz hat die höchste Gewalt und Rechtsprechung über die Unterverbände, welche aus den halbjährlich zusammentreffenden Gauvereinigungen und den vierteljährlich sitzenden Bezirksvereinigungen bestehen. Die Gemeinden üben unter sich eine strenge Selbstzucht, sie sind zur besseren Ueberwachung in Klassen eingetheilt, die von einem Klassenvorsteher geleitet werden. In jeder Gemeinde stehen dem Prediger vier Aelteste zur Seite. Bei den Predigern wird die Eigenschaft des Wanderpredigers insofern festgehalten, als diese bestimmungsgemäß nur zwei bis drei Jahre an ein und derselben Stelle bleiben dürfen. In England sind die bedeutendste methodistische Secte die Wesleyaner. Sie zählen hier etwa $\frac{3}{4}$ Millionen Mitglieder, und die Anzahl der Sitzplätze in ihren Kirchen beträgt über zwei Millionen. Andere, weit kleinere methodistische Secten sind die Neuen Wesleyanischen Methodisten (*Wesleyan Methodist New Connection*), welche Laien und Predigern gleiche Rechte einräumen, die Primitiven Methodisten, die größte Abspaltung der Methodisten nächst den Wesleyanern, ferner die Bibelchristen und die vereinigten methodistischen Freikirchen. Bei kleinen Abweichungen, namentlich in der Form des Kirchenregiments, eint dennoch alle ein sichtbares gemeinsames Band, und die Zeit ist abzusehen, wo eine vollkommene Vereinigung aller Methodisten stattfinden wird. In den Colonien ist sie schon eingetreten. Einer mehr congregationalen Neigung huldigend, löste sich schon im vorigen Jahrhundert als selbständige Secte die Gräfin-Huntingdonsche Verbindung von dem Methodismus los, in Wales entstand unter methodistischem Einfluß gleichfalls eine selbständige, mehr presbyterianisch gefärbte Secte, die Walliser calvinistischen Methodisten, die einen bedeutenden Bruchtheil der gälisch sprechenden Bevölkerung umfaßt und ihre Gottesdienste in gälischer Sprache abhält. Sie zählt 1340 Kirchen und 1500 andere zur Abhaltung von Gottesdiensten bestimmte Gebäude, hat 1200 Geistliche und pflegt als Sonderheit die Sonntagsschulen für Erwachsene. Außerhalb Wales bestehen in England noch 257 Wallisische Gemeinden.

Heilsarmee.

Als ein neues Erzeugniß methodistischer Bekehrungsunternehmungen ist unter den englischen Secten noch die Heilsarmee zu erwähnen. Ogleich durch den Lärm ihres Auftretens und die brutale Auffassung der gottesdienstlichen Handlung jedes feinere Empfinden verletzend, hat sie doch unter den tiefgesunkenen Schichten der englischen Bevölkerung solche Erfolge aufzuweisen, daß man ihrem Wirken einen heilsamen Einfluß nicht absprechen kann. Ihre zahlreichen Gründungen für Heimathlose, Verkommene, Gefallene, entlassene Sträflinge usw. haben in einem Lande, wo dem glänzendsten Reichthume der obersten Klassen das himmel-schreiendste Elend der unteren gegenübersteht, bereits viel des Guten gewirkt und verdienen die Anerkennung jedes Menschenfreundes.

Mehr in der Vergangenheit als in der Gegenwart liegt das höchst menschenfreundliche Wirken einer andern englischen Secte, der Quäker. Zur Zeit der Republik von George Fox gegründet und unter Karl II. heftig verfolgt, beharrten sie dennoch ruhig bei ihrem stillen, aber aufrichtigen und höchst wohlthätigen Wirken. Keine Bewegung zur Verbesserung des Loses der Armen, der Ausgestossenen, der Nothleidenden war früher in England denkbar, an der die Quäker nicht den hervorragendsten Antheil gehabt hätten, ihre Mitwirkung an der Gründung von Schulen, Waisenhäusern, Armen- und Krankenhäusern, die bis zur Mitte dieses Jahrhunderts in England lediglich von Privaten geschah, gehörte zur Selbstverständlichkeit. Heute scheinen sie ihre Aufgabe erfüllt zu haben und bestehen nur noch als Ueberrest von früher. Ihre von der Allgemeinheit stark abweichenden Sitten und Gebräuche hat der Strom der Zeit abgeschliffen, die Zahl ihrer Gemeinden geht zurück. Ihre Mitgliederzahl beträgt heute in Großbritannien etwa 20 000, ihre Kirchen zählen etwa 400.

Quäker.

Schließlich sind an kleineren Secten noch zu nennen die Unitarier mit 345 Kirchen, die Moravianer mit 50 Kirchen, die Katholische Apostolische Kirche mit 80 Gotteshäusern, die Svedenborgianer mit 75 und die Mormonen mit 82 Kirchen.

Kleinere Secten.

Eine Zusammenstellung der Sitzplatzzahlen der Gotteshäuser der zehn größten Secten Englands und Wales', welche Howard Evans in einem schon früher angeführten Aufsätze der *Contemporary Review* von 1897 gegeben hat, wird am besten die Bedeutung der verschiedenen Secten Englands, wie sie sich in der Größe ihrer Anhängerzahl ausspricht, verdeutlichen und möge hier folgen. Die Zahlen beziehen sich auf 1895.

Vergleichende Zusammenstellung.

Wesleyaner	2 165 667	Sitzplätze,
Congregationalisten (nach Schätzung)	1 621 865	"
Baptisten	1 226 024	"
Primitive Methodisten	909 823	"
Heilsarmee	485 825	"
Vereinigte Methodistische Freikirchen	420 000	"
Walliser Calvinische Methodisten .	368 242	"
Englische Presbyterianer	156 815	"
Neue Wesleyanische Methodisten .	135 728	"
Bibelchristen	110 024	"

Zus. 7 600 013 Sitzplätze.

Der Aufsteller dieser Liste folgert wohl ganz richtig, daß bei Hinzurechnung der übrigen kleineren Secten Englands die Zahl von 8 Millionen Sitzplätzen erreicht, wenn nicht überschritten werden würde, und vergleicht mit diesen 8 Millionen diejenige Zahl, die nach den eigenen Angaben der bischöflichen Kirche die Summe aller Sitzplätze in staatskirchlichen Gebäuden darstellt, nämlich die Zahl 6 778 288. Ein solcher Vergleich läßt daran wohl kaum nicht mehr zweifeln, daß die Mitgliederzahl der englischen Staatskirche von der der Sectenangehörigen bereits überholt worden ist.

3. Organisation, gottesdienstliche Gebräuche und Wohltätigkeitsbestrebungen der Sectengemeinden.

Gegenüber den staatskirchlichen Gemeinden zeichnen sich die Sectengemeinden jeder Art vor allem durch zwei Eigenthümlichkeiten aus: alle Angehörigen der Secten sind eingetragene, zahlende, thätige Mitglieder, und alle ihre

Pfarrer, Gemeinde und Aelteste.

Geistlichen sind unmittelbare Angestellte der Gemeinde, die für ihren Lebensunterhalt aufkommt. Hieraus ergibt sich sofort die grundsätzliche Verschiedenheit einer Sectengemeinde von einer staatskirchlichen: es giebt bei den Secten keine lauen Mitglieder, die, wie es bei der Landeskirche vorkommt, nur der Kirche angehören, weil ihr Austritt unangenehm auffallen würde, dann aber auch muß sich

nothwendigerweise ein engeres Wechselverhältniß zwischen dem Pfarrer und den Mitgliedern einer Gemeinde ausbilden. Dabei bleibt freilich die Stellung des Sectengeistlichen keine so unabhängige wie die des Staatsgeistlichen, der unbekümmert um die Stimmung seiner Gemeindeglieder seine Pfründe genießt.

Dieses Wechselverhältniß machte nun von Anfang an eine Art von Zwischenglied zwischen Gemeinde und Pfarrer zur Nothwendigkeit, und dies besteht bei allen Secten gleichmäßig in den Kirchenältesten. Die Aeltesten sind recht eigentlich der Kern einer Gemeinde, sie führen das Kirchenregiment, berathen unter dem Vorsitz des Pfarrers, sehen darauf, daß die zur Erhaltung der Gemeinde nothwendigen Mittel aufkommen und sorgen bei einem nothwendigen Wechsel für eine Neu-besetzung der Pfarrstelle. Der Gemeinde gegenüber bilden sie eine Rücken- deckung für den Pfarrer, sind jedoch ihrerseits wieder von der Gemeinde abhängig, welche in öffentlicher Wahl die Kirchenältesten wählt. Dauer des Amtes, Art der Wahl und Anzahl der Kirchenältesten wechseln nach den Umständen. Die Gemeinde versammelt sich unter dem Vorsitz des Pfarrers und der Aeltesten in Zeitabständen zur Berathung der Gemeindeangelegenheiten und einmal jährlich in einer Hauptversammlung zur Rechnungsvorlage und Vornahme von Wahlen. In den meisten Fällen wählt die Gemeinde noch

einen besonderen Wirtschaftsausschuß, der die Geldangelegenheiten in die Hand nimmt, sowie einen Gemeindecsecretär.

Die Mitglieder einer Sectengemeinde sind alle als solche förmlich aufgenommen. Der Pfarrer steht in der Regel nach jedem Gottesdienste zur Entgegennahme von Aufnahmesuchen zur Verfügung; die Gesuche werden den Aeltesten vorgelegt und in der Regel in einer Gemeindeversammlung

Pflichten der Mitglieder.

genehmigt. Verläßt ein Gemeindeglied seinen Wohnort, so händigt ihm seine Gemeinde einen Uebersiedlungsbrief an die seinem zukünftigen Wohnorte zunächst liegende Gemeinde aus, worauf die Aufnahme daselbst ohne Förmlichkeiten erfolgt. Bei solchen Uebersiedlungen kommen sehr häufig Uebergänge von einer Secte in die andere vor, namentlich zwischen Congregationalisten und Baptisten. Bei der Aufnahme eines Mitgliedes wird erwartet, daß der Neueintretende erstens einen regen Antheil am kirchlichen Leben nimmt, daß er zweitens sich an irgend einem Zweige des auferkirchlichen gemeinnützigen Wirkens der Gemeinde persönlich betheiltigt, und daß er drittens zur wirtschaftlichen Unterhaltung der Gemeinde nach seinem besonderen Vermögen beiträgt.

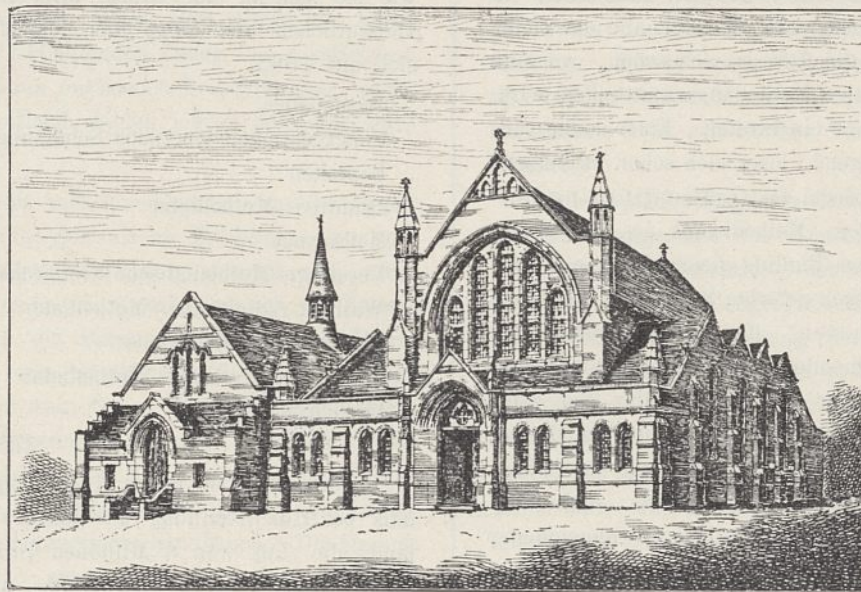
Die Aufbringung der Mittel zum Unter-

Aufbringung der Mittel.



Abb. 55.
Sonntagsschule
in Peckham.
Architekt
J. W. Chapmann.

Builder.



Congr. Yearbook.

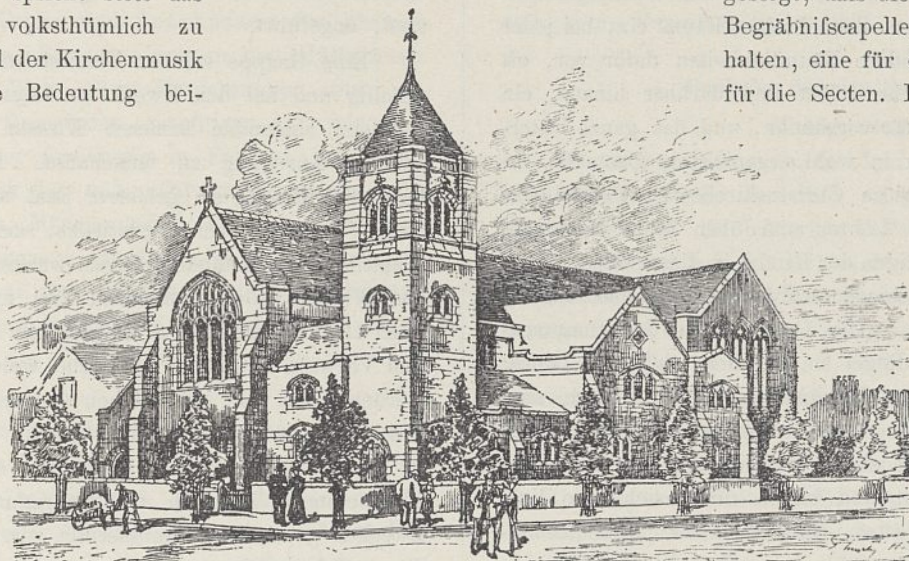
Abb. 56. Congregationalistenkirche in Eastbourne.
Architekten Spurrell u. Murray.

halt der Gemeinde geschieht theils durch gezeichnete Gelder der Mitglieder, theils durch die Einkünfte aus etwa vorhandenen Vermächtnissen, theils durch die Ergebnisse aus den Platzmieten, theils durch die allsonntäglichen Sammlungen während oder nach dem Gottesdienste. Dabei ist es nichts ungewöhnliches, daß reich bedachte Gemeinden ärmere Gemeinden unterstützen. In allen Fällen ist es Grundsatz, daß jeder Beisteuerer seinen Beitrag selbst bestimmt, was auch im Falle der Erhebung einer Platzmiete festgehalten wird. In den meisten Kirchen ist übrigens nur ein Theil der Plätze

in festen Händen, der Rest wird für Nichtmitglieder frei gehalten; auch gilt meist die Bestimmung, daß gemiethete Plätze, welche bei Beginn des Gottesdienstes nicht eingenommen sind, der freien Benutzung anheim fallen.

Der Gottesdienst.

Der Gottesdienst der einzelnen Secten unterscheidet sich, abgesehen von einzelnen Sonderheiten, wie sie beispielsweise bei den Quäkern beobachtet werden, nicht so wesentlich, als daß er nicht einheitlich betrachtet werden könnte, namentlich soweit es sich um den hier eingehaltenen Gesichtspunkt des Einflusses auf das Bauprogramm der Gotteshäuser handelt. Der Mittelpunkt des Gottesdienstes ist bei allen Secten recht eigentlich die Predigt, um die sich Gemeindegang, Verlesen von Bibelstellen und Gebet als Nebenbestandtheile gruppieren. Die Predigt giebt dem Gottesdienste jeder Art durchaus das Gepräge, sie wird immer in freier Rede gehalten, ist meist ganz persönlich gefärbt, streift nicht selten Tagesfragen (ja behandelt hier und da ganz weltliche Gegenstände), und aus ihr spricht stets das Bestreben, möglichst volksthümlich zu sein. Dem Gesang und der Kirchenmusik wird meist geringere Bedeutung beigemessen, obgleich sich neuerdings ein Bestreben nach Vervollkommnung auch auf diesem Gebiete geltend macht. Liturgie und sich in fester Form wiederholende Gebete sind nicht oder nur in verschwindend geringem Maße vorhanden. Der Gottesdienst vor dem Altar fällt ganz fort, da die opferpriesterliche



„London“. Abb. 57. Congregationalistenkirche in Muswell Hill, London. Architekt Morley Horder.

Auffassung des Geistlichen und der Begriff des Opfers überhaupt fehlt. Der Altartheil der Kirche verschwindet daher vollständig, ein Umstand, der das Sectengotteshaus in grundsätzlichen Gegensatz zu dem staatskirchlichen Gotteshause setzt. Man unterscheidet in England daher auch zwischen *church*, der staatlichen Kirche, und *chapel*, der Sectenkirche (nur die Congregationalisten haben den Ausdruck *church* im Laufe der Zeit für ihre Gotteshäuser aufgenommen).

Abendmahl.

Die Feier des heiligen Abendmahles geschieht jetzt bei den meisten Secten derart, daß die Theilnehmer auf ihren Sitzen verbleiben, um dort Brot und Wein, die von dem Pastor den Kirchenältesten am Abendmahlstische zugetheilt werden, aus der Hand der Ältesten entgegenzunehmen. Die Abendmahlsfeier erfolgt meist einmal monatlich im Hauptgottesdienste und einmal im Abendgottesdienste. Jedes Gemeindeglied erhält bei Beginn des Kirchenjahres eine Jahreskarte mit zwölf Abschnitten, die es bei den monatlichen Abhaltungen des Abendmahls der Reihe nach abgiebt.

Taufe.

In Bezug auf die Taufe machen, wie erwähnt, die Baptisten in ihren Gebräuchen insofern eine Ausnahme von den übrigen Secten, als sie nur Erwachsene und diese durch Eintauchen taufen. In Baptistenkirchen ist daher stets ein

versenkter Behälter angeordnet, der zur Vornahme des Taufaktes mit Wasser gefüllt werden kann. Solche Tauffeierlichkeiten finden der großen Umstände wegen nur in größeren Zeitabschnitten, etwa alle drei Monate, statt; viele Baptistengemeinden fangen an, die Taufe der Erwachsenen nicht mehr als zwingend zu betrachten und nehmen auch ungetaufte Mitglieder auf. Bei den übrigen Secten erfolgt die Taufe ähnlich wie in der Staatskirche, jedoch ist wohl selten ein fester Taufstein vorhanden. Zu allermeist wird sie auf dem Abendmahlstisch vorgenommen.

Außer dem allsonntäglichen Hauptgottesdienste finden in der Regel noch Abendgottesdienste, Kindergottesdienste, Mittwochsgottesdienste und einmal wöchentlich Betstunden statt. In den letzteren herrscht häufig der eigenthümliche Gebrauch, daß einzelne sich hierzu berufen fühlende Gemeindeglieder vor versammelter Gemeinde laut beten.

Kleinere Gottesdienste.

Für Begräbnisfeierlichkeiten ist heute meist in der Weise gesorgt, daß die Friedhöfe zwei getrennte Begräbniscapellen (Text-Abb. 58) enthalten, eine für die Staatskirche und eine für die Secten. Beide sind meist symmetrisch mit einem verbindenden Mittelgange und unter einer einheitlichen Architektur angelegt.

Begräbnisse.

Von jeher ist es das Bestreben der Secten gewesen, ihre Wirksamkeit über den eigentlichen Rahmen des Gotteshauses hinaus auszudehnen, und durch nichts ragen sie heute in gleichem Maße hervor, als durch ihr aufserkirch-

Gemeinnütziges Wirken der Secten.

liches gemeinnütziges Wirken. Wie bereits weiter vorn erwähnt, ist ihre Theilnahme an den Unterrichtsbestrebungen geschichtlich geworden. Auch heute noch, nachdem der Staat sich des Volksschulunterrichts angenommen hat, besitzen sie eine Reihe eigener Schulen, außerdem aber pflegen sie in weiter

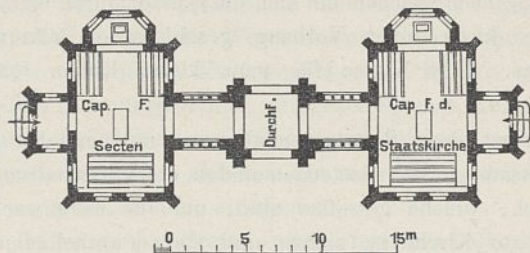


Abb. 58. Friedhofscapelle für Secten und die Staatskirche in Stoke-upon-Trent. Architekten Nichols u. Söhne.

Ausdehnung den Religionsunterricht in der Form der Sonntagsschulen. Im weiteren dehnen sie ihre Wirksamkeit auf die gesellige Zusammenziehung der Gemeindeglieder, auf die Unterstützung der Bedürftigen, auf die Belehrung, Aufmunterung und Erheiterung der im Kampf des Lebens stehenden Klassen in einer Weise aus, die ihre Thätigkeit und ihre weit ausgreifende Auffassung christlicher Pflichten unmittelbar

vorbildlich macht. Thatsächlich haben sie durch dieses ihr gemeinnütziges Wirken selbst der Staatskirche gegenüber anregend gewirkt, deren heutige Aufnahme ähnlicher Christenziele man besten Falls als eine Anpassung an das von den Secten gegebene Beispiel auffassen kann, zu der man sich wohl oder übel gezwungen sah.

Sonntagsschule.

Die hervorragendste Bedeutung in diesem aufserhalb des eigentlichen Kirchenrahmens fallenden Wirken kommt dem Sonntagsschulwesen zu. Die Sonntagsschule, heute allerorten zu grosser Verbreitung gelangt, ist ein echtes Kind des Sectenwesens, hauptsächlich des americanischen. Die Secten waren schon durch den Umstand auf die Sonntagsschulen hingewiesen, dafs sie für die Veranstaltung des von ihnen für richtig gehaltenen Religionsunterrichtes selbst die Wege finden mußten. Und noch heute ist der Sonntagsunterricht für sie von größter Wichtigkeit, weil die Staatsvolksschulen natürlich keinen Religionsunterricht im Sinne der Secten-auffassung zulassen. So nimmt denn der Sonntagsschulunterricht bei allen Secten einen breiten Raum ein, bei jeder Kirche finden sich besondere Räumlichkeiten dafür vor, oft von der Gröfse der Kirche selbst und darüber hinaus, ein Heer von Lehrern ist dafür vorhanden, und das ganze Unterrichtswesen befindet sich in wohl organisirtem Zustande. In London hat die freireligiöse Christuskirche in Westminster Bridge Road allein 400 Lehrer und über 5000 Sonntagsschüler, die unter den Fittigen der Kirche in dieser selbst, ihren Nebengebäuden und verschiedenen Zweigstellen allsonntäglich dem Unterricht obliegen. Die Organisation des Sonntagsschulwesens ist in der Regel so getroffen, dafs die Lehrer den bleibenden Kern der Einrichtung bilden. Diese sind Laien, theils mit, theils ohne besondere Vorbildung für ihren Beruf. Sie melden sich freiwillig oder auf Ersuchen des Pfarrers für ihr Amt und bilden unter sich eine Vereinigung, die ihren Director, ihren Secretär, ihren Bibliothekar aus ihren Reihen wählt. Vorsitzender der Lehrervereinigung ist immer der Pfarrer. Der Sonntagsunterricht geht meist zweimal allsonntäglich in dem besonderen dafür vorhandenen Gebäude vor sich. Er beginnt mit einem gemeinschaftlichen Gebete in einem stets vorhandenen grossen Mittelraum, worauf sich die einzelnen Gruppen mit ihren Lehrern in die rings herum angeordneten Klassenräume zum Unterricht begeben. Der Director leitet diesen vom Mittelraum aus, nach welchem hin sich die Klassen durch eine grosse, oft nur durch einen Vorhang geschlossene Oeffnung erschliessen. Eine Klasse für ganz kleine Kinder fehlt dabei nie.

Sorge für die heranwachsende Jugend.

Nächst dem Sonntagsschulwesen nehmen die grösste Aufmerksamkeit der Sctengemeinden die Veranstaltungen in Anspruch, welche getroffen sind, um die heranwachsende Jugend zur Kirche zu ziehen und sie zu antheilnehmenden Gemeindegliedern zu machen. Man sucht dies dadurch zu erreichen, dafs man ihren naheliegenden Interessen entgegenkommt, z. B. indem man ihnen Gelegenheit zu Zusammenkünften zum Zwecke litterarischer, musicalischer, sportlicher und sonstiger Unterhaltung giebt. Die jungen Leute bilden unter Vorsitz eines Kirchenmitgliedes eine Art Club, zu welchem Zwecke ihnen die Räume von der Kirche gewährt werden. Eine andere Art der Heranziehung ist die Gründung von Vereinen, welche man in England mit dem Namen *Yong people's societies*

for Christian endeavour bezeichnet, im ganzen unseren christlichen Vereinen junger Männer zu vergleichen. Der Zweck ist hier ebensowohl ein kirchlicher, als ein socialer, die Zusammenkünfte sind halb gottesdienstlich, halb unterhaltend.

In den Sctengemeinden sind für alle diese Zweige des aufserkirchlichen Wirkens besondere Mitglieder vorhanden, die ihre Kraft mit Freudigkeit und Opfermuth dem besonderen Zwecke zu widmen bereit sind. Alle Unternehmungen sind genau vereinsmäfsig organisirt, mit besonderer Buch- und Kassenführung, und alle stehen unter der Oberleitung des Pfarrers. Die Vorsteher erstatten in der allgemeinen Versammlung der Gemeinde Bericht und legen ihre Rechnungsaufstellung der Gesamtgemeinde zur Genehmigung vor. Die Zahl solcher Anhängsel an die Kirche ist, besonders wo umfangreiche Gemeinden in Frage kommen, schier endlos, und der Jahresbericht über alle diese Unternehmungen macht in der Regel ein umfangreiches Heft aus. Hier seien nur eine Auswahl derselben, wie sie bei allen gröfseren Sectenkirchen üblich sind, angeführt.

Organisation der aufserkirchlichen Thätigkeit.

Eine Gruppe solcher Veranstaltungen ist zunächst rein gesellig und hat den Zweck im Auge, den täglich um ihre Existenz ringenden ärmeren Klassen einige Erholung und geistige Anregung zu verschaffen. Für diese Zwecke ist fast jeder Kirche ein gröfserer Saal beigegeben, in welchem freie Vorträge über litterarische, sociale, ethische, wissenschaftliche Gegenstände gehalten werden, in welchem während des Winters jeden Sonnabend frei zugängliche Musikaufführungen stattfinden, in welchem Theegesellschaften und Versammlungen zu irgend welchem Zweck abgehalten werden. Für die bei solchen Gelegenheiten gereichten Erfrischungen wird eine kleine Gebühr entrichtet, im übrigen ist der Zutritt entweder ganz frei, oder es wird von den Theilnehmern lediglich die Eintragung in eine zu solchen Zwecken geschaffene Vereinsrolle vorausgesetzt. Jeder Zweig dieser Veranstaltungen steht unter der Leitung eines besonderen Vereinsmitgliedes. Rein gesellige Zwecke verfolgen auch die im Sommer mit Erwachsenen oder Kindern veranstalteten Tagesausflüge in die freie Natur, die sich grosser Beliebtheit erfreuen.

Gesellige Veranstaltungen.

Eine andere Gruppe der Gemeindeveranstaltungen fällt in das Gebiet der schon erwähnten Clubs, bezieht sich aber nicht allein auf die heranwachsende Jugend, sondern auch auf erwachsene Männer und Frauen. So werden Orchester-Dilettantenvereine gebildet, Singvereine, die sich zugleich des Kirchengesanges annehmen, Frauen-Turnvereine, Nähvereine, Lese- und wissenschaftliche Vereine jeder Art. Alle diese Clubs tagen in den Räumen der zur Kirche gehörigen Nebengebäude, falls diese hierfür ausreichen.

Clubs.

Eine dritte Gruppe von Unternehmungen hat unmittelbar unterstützenden und helfenden Charakter. Dahin gehört zunächst der regelrecht organisirte Hausbesuch in ärmeren Bezirken. Der Umkreis der Kirche ist in Abtheilungen getheilt, von denen je eine einem Mitgliede des hierfür bestehenden Damenausschusses zum Besuche zufällt. Bei den regelmäfsigen Besuchen wird jeder Fall von drückender Armuth und Krankheit aufgenommen und darüber zur Herbeiführung einer Unterstützung berichtet. Zum Zwecke solcher Unterstützungen bestehen wieder andere Vereine,

Wohlthätigkeitsziele.

wie z. B. ein solcher für die Lieferung von Kleidern und Schuhen, für die Versorgung mit Heizstoffen, für die Unterstützung armer Wöchnerinnen, ferner Vereine, welche dafür sorgen, daß Armen, welche nicht ausgehen können, eine passende Arbeit in ihrem Hause zugeht, an der sie ihren Unterhalt erwerben können. Eine große Rolle spielen in allen Sectengemeinden die „Vereine der Mütter“, in welchen nicht nur Belehrung über Gesundheitsfragen und Kinderbehandlung gegeben wird, sondern auch thatkräftige Unterstützung durch Bekleidung, Nahrungsmittel oder auch Geldbeträge erfolgt. Zur Versorgung der ärmsten Klassen mit Essen richtet die Gemeinde Volksküchen, Suppenstationen usw. ein, für anhanglose Mädchen werden Heimstätten geschaffen, für die Kinder auswärtiger arbeitender Eltern Krippen, viele größere Kirchen haben eigene Alters- und Krankenhäuser. Ein besonderer Ausschuss der Gemeinde sorgt für Weihnachtsbescherungen an Arme, ein anderer hat die Einrichtung von Feriencolonien auf sich genommen. Mit der Kirche sind Sparkassen für kleinste Beträge, Sterbekassen, Krankenkassen und Hilfskassen jeder Art verbunden. Viele dieser Einrichtungen sind, namentlich bei kleineren Gemeinden, primitiver Art, wie man sich überhaupt in dieser Beziehung in England besser im kleinen zurechtfindet als bei uns. Oft genügt vorerst ein gemiethetes Zimmer als „Mädchenheim“, ein an der Meeresküste erworbenes Bauernhaus als Feriencolonie. Aber man scheut sich nicht, überall mit frischem Muth die Hand ans Werk zu legen und knüpft stets an die kleinsten Anfänge die Hoffnung segensreicher Entwicklung, die dann auch nur selten ausbleibt.

Veredelnde
Ziele.

Eine vierte Gruppe von Thätigkeiten hat moralische und volkserzieherische Ziele im Auge. Dahin gehört die Einrichtung von Mäßigkeitsvereinen, die Verbreitung von religiösen und anderen Schriften, der regelmässige Besuch von Herbergen zur Vertheilung von Tractaten an die Insassen, die Veranstaltung von Vorträgen über Gesundheitslehre, Moral usw.

Werbe-
thätigkeit.

Mit dieser Art Thätigkeit geht auch meist die fünfte und letzte Gruppe der Gemeindeveranstaltungen Hand in Hand, die Werbethätigkeit zur Erlangung neuer Gemeindeglieder. Hierzu dienen vor allem die aufsen liegenden Missionshallen, in welchen Versammlungen halb weltlichen, halb kirchlichen Charakters abgehalten werden mit der Hoffnung, daß die Besucher Gefallen an solchen Veranstaltungen finden und entweder zur Hauptkirche kommen, oder sich in der Missionshalle zu einer Tochtergemeinde vereinigen. Diese Missionshallen, die man mit Vorliebe in den ärmsten und verkommensten Gegenden errichtet (jede englische Industriestadt hat endlose Bezirke dieser Art), sind oft Gebäude der allerprimitivsten Art, vier Wände mit einem Wellblechdach überdeckt, sie sind dazu absichtlich wie weltliche Gebäude gestaltet, um durch kirchliches Auftreten nicht von vornherein die Massen abzustossen. Außer an diesen Stellen wird die Werbearbeit jedoch auch noch im Hauptgebäude eifrig betrieben, und zwar dient hierzu eine Veranstaltung, für die sich in England der Name „Pleasant Sunday Afternoon“ eingebürgert hat. Sie besteht in einem Sonntag-Nachmittag-Concert mit Gebet, meist in der Kirche selbst oder auch in einem Nebenraume derselben abge-

halten. Man hofft dadurch die Massen an den Kirchenbesuch zu gewöhnen. Schliesslich pflegen die meisten Sectengemeinden, eingedenk ihres Leitsatzes, durch das gesprochene Bibelwort bekehrend zu wirken, die Predigt im Freien, auf Plätzen und Strafsen, der in England von seiten der Polizei nicht das geringste Hinderniß in den Weg gelegt wird. Wer in englischen Städten des Sonntags nachmittags durch die Strafsen wandert, findet auf jedem freien Platze, an jeder Strafsenecke diese Wanderprediger, denen eine zufällig sich um sie scharende Menge andächtig lauscht, die auch in den verkommensten Stadtbezirken niemand durch Ungehörigkeiten unterbricht oder stört und deren Worten, meist beredt, gewandt und aus vollem Herzen gesprochen, eine heilsame Wirkung auf die Menge sicherlich nicht fehlen kann.

In dem Programm der Sectenkirchen spielt ferner selbstverständlich auch die Heidenmission eine bedeutende Rolle, auf die jedoch einzugehen an dieser Stelle, an der es sich nur um die Baulichkeiten der Religionsgemeinschaften handelt, keine Veranlassung vorliegt.

4. Bauliches bei den Sectenkirchen.

A. Allgemeines.

Wesentlich anders als bei dem englischen Staatskirchenbau gestaltet sich das Bild, das sich uns bei einem Ueberblick über die bisherige Entwicklung der sectenkirchlichen Baukunst bietet. Hat sich recht eigentlich auf dem Gebiete der staatskirchlichen Baukunst die ganze gewaltige Bewegung abgespielt, die die englische Kunstgeschichte des neunzehnten Jahrhunderts als Gothic Revival bezeichnet, so erstreckten sich auf die Sectenbaukunst höchstens einige unbedeutende Abläufer dieser Bewegung, die sie oberflächlich, und nicht einmal zu ihrem Vortheil, beeinflussten. Ist dort die Uebernahme eines großen Apparates kirchenbaulicher Ueberlieferungen das bezeichnende Merkmal, so hatte man hier sozusagen keine Spur von solchen, ja die besseren Kräfte gefielen sich in einer geflissentlichen Verneinung aller kirchengeschichtlichen Anklänge. Gingen die staatskirchlichen Baumeister seit Pugin mit Eifer und Begeisterung unter das Joch, das die unbedingte Anerkennung des vorbildlichen Werthes mittelalterlicher Bauideale über sie verhängte, so fühlten sich die Baumeister der Sectenkirchen bei jeder Aufgabe, der sie gegenübertraten, lediglich den blanken, von dem Bauherrn unablässig betonten praktischen Erfordernissen gegenübergestellt, die sich in die Worte fassen lassen: gutes Sehen und Hören von jedem Kirchenplatz aus. Machte man dort mit vollem Bewußtsein und mit geschlossenen Augen gegen jede Nützlichkeitsforderung Stimmungsarchitektur, so war hier das einzige Bestreben, sich mit den praktischen Bedürfnissen, so gut es gehen wollte, abzufinden.

Verhältniß
zur staats-
kirchlichen
Baukunst.

Die Bauten der Secten waren fast zwei Jahrhunderte lang lediglich Bedürfnisbauten, und erst vor wenigen Jahrzehnten fing man hier und da an, einigen architektonischen Ehrgeiz in die vorliegenden Aufgaben zu setzen. Bei der Verfolgung, der alle kirchlichen Freidenker bis zur Zeit der Republik, ja bis zum Erlaß der Duldungsacte ausgesetzt waren, konnte kaum von einer baulichen Entfaltung für ihre Zwecke die Rede sein. Man traf sich in Privathäusern zur gottesdienstlichen Vereinigung oder miethete hier und da einen Saal zur Zusammenkunft. Wo man besondere Häuser

Geschicht-
liche Ent-
wicklung.
17. und
18. Jahr-
hundert.

für gottesdienstliche Zwecke hatte, wurden sie nur zu häufig der Vernichtung preisgegeben, sobald wieder einmal eine den Freikirchlichen feindliche Politik einsetzte. Christopher Wren hatte beim Wiederaufbau Londons nach dem Brande von 1666 von Karl II. Befehl erhalten, alle Sectenversammlungshäuser, die er in den noch stehenden Stadttheilen ausfindig machen konnte, zu zerstören. Außerhalb Londons hat sich als ältestes Sectengotteshaus Englands eine 1647 erbaute Independenten-Capelle in Walpole in Suffolk erhalten,*) ein einfaches, anspruchsloses Haus, im wesentlichen einen großen Saal enthaltend. In jener Zeit war für die Sectenversammlungshäuser durchweg der Name Meeting oder Meeting House im Gebrauch, die später gebräuchlichen Bezeichnungen Chapel und Tabernakel setzten erst im 18. Jahrhundert ein, wo die Sache der außerstaatlichen Religionsgemeinschaften durch die Fluthwelle des Methodismus eine kräftige Förderung erfuhr. Der Predigtdrang der Methodisten machte denn auch die ersten Predighäuser größeren Umfanges zur Nothwendigkeit. Eins der ersten und bedeutungsvollsten war die schön erwähnte, von der Gräfin von Huntingdon für George Whitefield erbaute Capelle in Tottenham Court Road, eine Oertlichkeit, die damals außerhalb Londons gelegen war, jetzt aber dem innern London angehört. Von der Gestalt dieser Kirche giebt ein alter Stich Kunde, der ein auf quadratischem Grundrifs errichtetes einfaches Haus darstellt. Die in zwei Stockwerken angeordnete Fensterreihen lassen wohl auf die Anlage von rings herum laufenden Emporen schließen.

Obgleich während des ganzen 17. und 18. Jahrhunderts auch alle staatskirchlichen Gotteshäuser im protestantischen Sinne, d. h. als Predigtkirchen gestaltet wurden, so knüpften die damaligen Sectenhäuser doch keineswegs an diese an. Hierzu waren ihre Bedürfnisse noch viel zu bescheidener Art, sie wollten nichts weiter als ein Schutzdach mit einem Rednerpodium. Die Häuser waren denn auch meistens allereinfachster Construction, ein Umstand, an den der heute noch für viele Kirchen gebräuchliche Name Tabernakel noch handgreiflich erinnert.

19. Jahrhundert.

Eine eigentliche Sectenbaukunst beginnt erst im 19. Jahrhundert, nachdem die volle politische Anerkennung der freien Religionsgemeinschaften einem neuen Leben Raum gab. Aber auch jetzt blieb das Programm für diese Bauten dasselbe wie früher, es war lediglich dasjenige des Vortragssaales, und Vortragssäle waren denn auch die Vorbilder, an die der Architekt anknüpfte, wenn er vor der Aufgabe stand, ein Sectengotteshaus zu errichten. Bei der bedeutendsten Aufgabe, die in dieser Beziehung bis heute überhaupt vorgelegen hat, nämlich der von dem Baptistenprediger Spurgeon gestellten, ein Predighaus für 5000 Zuhörer zu errichten, ging der Architekt W. Pocock von einem Concerthaus, der Surrey Gardens Music Hall aus, die er, mit einiger Vergrößerung, im wesentlichen nachbildete. Der Gedanke, ein kirchliches Gebäude zu errichten, lag eben bis in die damalige Zeit den Secten ganz fern. Der äußeren Hülle gab man im besten Falle die Gestalt eines öffentlichen Gebäudes, im Innern war weder ein Altar, noch eine Kanzel vorhanden, die daran erinnert hätte, daß es sich um eine Kirche handelte, man kannte weder Glocken, für die es eines Thurmes bedurft

hätte, noch dachte man überhaupt im entferntesten daran, irgend einen Bestandtheil des kirchenbaulichen Apparates für das Sectenhaus heranzuziehen. Aus diesem Grunde blieb auch die Gothik fern, die schon seit 1840 für jedes staatskirchliche Gotteshaus zwingend geworden war.

Dies änderte sich um die sechziger Jahre herum, eine Zeit, die überhaupt in der englischen Architekturgeschichte einen vollständigen Wandel bedeutet. Jetzt begannen auch die Secten einen gewissen architektonischen Ehrgeiz zu entfalten, man hatte angefangen, das Sectenhaus als Kirche zu empfinden, der Wunsch nach einer entsprechenden, mehr kirchlichen Gestaltung machte sich allgemein geltend, man fühlte überhaupt das Bedürfnis, der Baufrage mehr Beachtung zu schenken, das Kirchenbauwesen zu organisiren. Den ersten Schritt dazu hatten die Congregationalisten gethan, in deren Körperschaft eine Kirchenbaugesellschaft 1853 ausführliche Anweisungen und Rathschläge für den Bau von Sectenkirchen herausgab, ähnlich wie dies 1818 die Staatskirchenbaugesellschaft gethan hatte. In diesen Vorschlägen wurde naturgemäß auch der künstlerischen Seite der Sache Beachtung geschenkt, übrigens bei dieser Gelegenheit der Schritt gethan, das Sectengotteshaus nicht mehr Tabernakel oder chapel zu nennen, sondern church. Der letztere Umstand betraf anscheinend eine reine Aeußerlichkeit, war aber als Zeichen der Zeit von nicht geringer Bedeutung.

In der That beginnt um diese Zeit ein sichtbarer Einfluß von dem staatskirchlichen Gebäude herüber auf das Sectenhaus sich Geltung zu verschaffen, man machte zum ersten Male Anleihen bei der Kirche. Dies bezog sich zunächst auf die architektonische Formensprache, den Stil. Man baute von jetzt an gothisch oder romanisch, meist in einer gegenüber dem, was in dem staatskirchlichen Lager geleistet wurde, recht abgeblassten Form. Die kleineren Geister verfielen, wie es zu geschehen pflegt, in eine verwerfliche äußerliche Nachahmung, man baute Chöre, ohne eine Verwendung dafür zu haben, und füllte sie mit Sacristeien oder der Orgel aus, Thürme ohne Glocken, Altaraufbauten, ohne einen Altar davor zu stellen. Viel Lächerliches ist in dieser Beziehung im Laufe der letzten Jahrzehnte geleistet worden und wird heute noch geleistet. Indessen war doch solchen Neigungen gegenüber fast stets ein Uebergewicht von gesundem Sinn vorhanden, der grobe Ausschreitungen zu den Seltenheiten machte. In vielen Fällen, besonders wo es sich um bedeutendere Bauten handelte, suchten die bauherrlichen Gemeinden durch beschränkte Wettbewerbe unter tüchtigen Architekten Lösungen zu erreichen, die, ohne den Bedürfnissen Zwang anzuthun, eine gewisse künstlerische Gestaltung des Baues ins Auge faßten. Unabänderlich war bei diesen Wettbewerben die erste Bedingung: gutes Sehen und Hören von jedem Kirchenplatze aus, eine Forderung, die ja die Staatskirchlichen, wie weiter vorn erwähnt, überhaupt und grundsätzlich nicht anerkennen. Aus solchen Wettbewerben sind eine Reihe tüchtiger Bauten für größere Gemeinden hervorgegangen, und von diesen wieder ist manche fruchtbare Anregung auf das übrige Sectenbauwesen übergegangen. Das im ersten Theile erwähnte Buch von Cubitt: *Church Design for Congregations* gab mit den für England damals ganz neuen Gedanken wichtige Fingerzeige. Noch mehr, der Verfasser führte seine Gedanken an einer Reihe

Neue Entwicklungsausgänge.

*) Abgebildet im Congregational Yearbook 1868, S. 401.

musterhafter Bauten praktisch durch, die, meist auf centraler Grundlage aufgebaut (wie z. B. Abb. 3 Bl. 46), wohl das Beste darstellen, was in England im Sectenbau geleistet worden ist. Einige weitere bedeutende Sectenbauten mit neuen Gedanken schuf der bekannte Architekt Waterhouse (z. B. Abb. 4 Bl. 44). Auch eine Reihe anderer tüchtiger Architekten widmete ihre Kraft dem Sectengotteshaus und errichtete, wenn auch weniger einschneidende, so doch anziehend gestaltete und ihren Zweck gut erfüllende Sectenkirchen, sodafs heute die Zahl der künstlerischen Leistungen auch auf diesem Gebiete der Baukunst nicht mehr klein ist. Sulman, J. Tait, Banks, Bickerdike und Paull sind hier in erster Linie zu nennen. Ihre Bauten sind gothisch, zeigen meist bei Anwendung einfacher Mittel eine recht gute Gruppierung und bewegen sich in einer geschulten Formgebung, halten sich sonst aber durchaus an die Ausdrucksmittel der Staatskirche. Hierbei gelingt es ihnen freilich nicht immer, die gefährliche Klippe zu vermeiden, beim Beschauer die Vorstellung eines staatskirchlichen Gebäudes zu erwecken. Denn die Formen, die mit dem Wesen der altangesessenen Staatskirche sich entwickelt haben, können wohl kaum ohne ernste Gefahr auf die Bedürfnisse einer Religionsgemeinschaft übertragen werden, die in ihrem Wesen alle Anklänge an diese Entwicklung grundsätzlich verneint. Die erwähnten Kirchen haben immer die rechteckige Grundriffsform, selten oder nie ist zu einer centralen Anlage gegriffen, die doch am ersten einen Gegensatz gegen die englische Staatskirche ausgedrückt haben würde.

Bauten dieser Art geben dem künstlerisch in Betracht zu ziehenden Theile des englischen Sectenkirchenbaues der letzten dreifsig Jahre das Gepräge. Weit mehr noch als beim Staatskirchenbau bilden aber hier die künstlerisch ernst zu nehmenden Bauwerke die Minderheit. Gerade bei den Sectenkirchen finden sich minderwerthige Leistungen in grösster Anzahl, sie sind so sehr vorherrschend, dafs die „Häfslichkeit der Sectenkirche“ in England sprichwörtlich geworden ist, der englische Volksglaube verbindet mit dem Wort *nonconformist chapel* noch heute den Begriff äufserster baulicher Dürftigkeit. Und eine solche ist in der That in vielen Fällen vorhanden. Dies beruht zum Theil auf der wirthschaftlichen Nothlage, in der sich die Freikirchen, deren Mitglieder sich stets aus den ärmeren Volksschichten zusammensetzen, bis in die neueste Zeit befunden haben, dann aber auch an einem wirklich mangelnden künstlerischen Verständnisse vieler Führer der Sectengemeinden. Die vorzüglichen Leistungen der mit den reichsten Mitteln arbeitenden und inmitten der gebildetsten Klassen wirkenden staatskirchlichen Baukunst mußte diese Schwächen auf der anderen Seite nur noch um so schärfer hervorkehren. Schliesslich sind aber auch bis in die neueste Zeit die englischen Architekten aufserordentlich wenig geneigt gewesen, dem Sectenbau ein regeres Interesse entgegenzubringen. Die wenigen künstlerisch befähigten Architekten, die auf diesem Gebiete gewirkt haben, bilden eine Ausnahme dem Heer von künstlerisch ungeschulten Unternehmern gegenüber, denen solche Aufträge in der Regel zufielen. Und die Träger der oben genannten Namen sind fast als Märtyrer zu betrachten gegenüber dem Vorurtheil, das noch heute in der englischen Architektenschaft gegen den Sectenkirchenbau herrscht. Die grofsen englischen Kirchen-

bauer der neugothischen Richtung würden jeden Auftrag, ein Sectengotteshaus zu bauen, mit Verachtung von sich gewiesen haben. Und bis in die Gegenwart ist bei den meisten englischen Architekten ein Gefühl lächelnder Mifsachtung zu beobachten, sobald die Rede auf Sectengotteshäuser kommt. Solche Gefühle wurzeln im Wesen der englischen Art: das als durchgehende Eigenschaft zu beobachtende heftige Streben, in die besitzenden Gesellschaftsklassen zu gelangen, die hohe Schätzung von Geld und gesellschaftlichem Uebergewicht bringen in England eine tiefe Geringschätzung gegenüber der Armuth und den ärmeren Klassen mit ihrem ganzen Thun und Treiben mit sich, wie sie vielleicht in keinem anderen Lande in ähnlichem Grade zu finden ist.

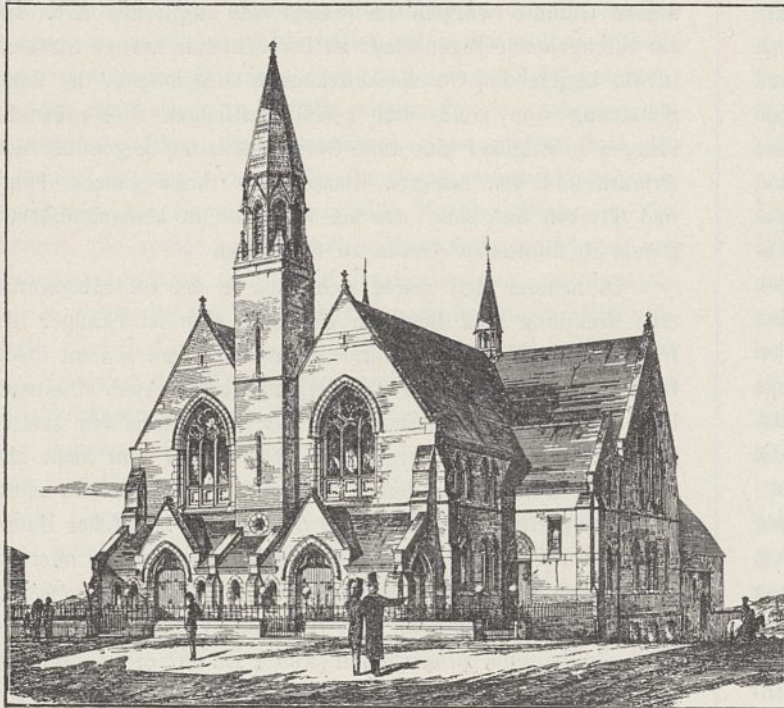
In neuerer Zeit macht sich auch in der Sectenbaukunst eine Wendung zum Besseren geltend. Man ist häufiger als früher in der Lage, Aufwand zu machen, und scheint mehr bereit es zu thun als in der Vergangenheit. Auch stilistisch bereitet sich ein Umschwung vor, der von der aus dem staatskirchlichen Lager herübergeholtten Gothik mehr und mehr absieht und sich wieder dem classicistischen Kleide zuwendet. Auch ganz freie Gestaltungen in den Formen ländlicher Hausbaukunst (Text-Abb. 65), in nordischer Renaissance oder in italienischer Renaissance kommen vor. Als neueste der gröfseren Sectenkirchen ist eine im Bau begriffene Congregationalistenkirche in Brighton zu erwähnen (Abb. 1 Bl. 46), die mit reichen Mitteln in der Form eines mächtigen Kuppelbaues errichtet wird und ein Bau zu werden verspricht, der sowohl durch seinen künstlerischen Werth, als auch durch seine Gröfse und den an ihm entfalteteten Aufwand zu einem hervorragenden baukünstlerischen Werke der neueren Zeit sich gestalten wird. Vielleicht leitet der Bau auch in der Sectenbaukunst eine neue Entwicklungsstufe ein, die grundsätzlich reichere Mittel zur Verfügung stellt und sich höhere künstlerische Ziele steckt, als es bisher der Fall war.

Für die Errichtung von Gotteshäusern und deren Nebengebäuden bestehen in allen Secten Unterstützungskassen, die im Laufe der letzten 80 Jahre meist nach dem Muster der im ersten Theile erwähnten staatskirchlichen Baugesellschaft gegründet worden sind. Die älteste derselben ist die der Baptisten, welche schon seit 1824 besteht. 1853 folgten sowohl die Congregationalisten, als die Wesleyanischen Methodisten mit ähnlichen Vereinigungen. Alle verfolgen den Zweck, den Bau von Gemeindebauten sowohl mit Geldmitteln zu unterstützen, als auch den Baulustigen Rath in Bezug auf die beste Art der Ausführung ihrer Absichten zu ertheilen. Die Unterstützung mit Geldmitteln geschieht entweder durch unmittelbare Zuweisungen aus der Hilfskasse, oder durch Gewährung von unverzinslichen Darlehen. Die Kassen knüpfen an die Gewährung solcher Vortheile gewisse Aufsichtsrechte und geben im allgemeinen den Plan für die gesamte wirthschaftliche Begründung von Bauunternehmungen den Gemeinden in die Hand. Aufser einer bei jeder Secte befindlichen Hauptkasse bestehen über das ganze Land örtliche oder provincielle Zweigkassen, die mit der Hauptkasse in Wechselbeziehung stehen. Die Einkünfte solcher Kassen schreiben sich aus den Jahresbeiträgen ständiger Mitglieder und aus zu diesem Zwecke geschehenen Vermächtnissen und Stiftungen her, ganz ähnlich, wie dies bei der staatlichen Kirchenbaugesellschaft näher beschrieben worden ist.

Baugesellschaften.

Alle diese Bauvereine blicken heute auf eine reiche und gesegnete Wirksamkeit zurück. Der Wesleyanische Bauverein veranstaltete im Jahre 1891 eine genaue Darstellung seiner bisherigen, sowie der wesleyanischen Kirchenbauthätigkeit

Secte in England und Wales 8123 Kirchen mit 2 075 644 Sitzplätzen. Bei dieser Gelegenheit wurde überhaupt ermittelt, dafs die Secte in England und Wales allein jährlich etwa 30 Millionen Mark für ihre Gesamtkirchenzwecke unter ihren Mitgliedern erhebt, von denen sie über 2 1/2 Millionen für Heidenmission ausgiebt. Die Zahlen sind um so erstaunlicher, als die Mitglieder der Wesleyanergemeinden, wie die der meisten anderen Secten, sich fast ausschließlich aus den ärmeren Bevölkerungsklassen zusammensetzen.



Build. News.

Abb. 59. Ansicht.

Von allen Kirchenbaugesellschaften der Secten haben es nur die Congregationalisten unternommen, praktische Rathschläge für den Bau ihrer Kirchen schriftlich niederzulegen. Die Vorschriften sind in Form eines umfänglichen Heftes erschienen*) und geben in sehr ausführlicher, aber vom technischen Standpunkte aus etwas weitschweifiger und unbestimmter Form eine Darstellung dessen, was eine congregationalistische Kirche sein soll. Sie erklären eine solche Kirche als einen Ort „für Belehrung durch die Rede, für gemeinsamen Gottesdienst und brüderliche Vereinigung“ und führen aus, wie das Gebäude diesen drei Bedingungen einzeln gerecht zu werden hat. Sie geben Fingerzeige für die Wahl des Bauplatzes (der Bauplatz soll gelegen sein 1. im Herzen des Bezirkes der Gemeinde, 2. entfernt von den Kirchen anderer Gemeinden, 3. an einem in die Augen springenden Orte, er soll ferner 4. leicht zugänglich sein, 5. genügende Lichtzuführung gewähren, 6. groß genug sein, 7. hoch liegen, 8. nicht in der Nähe störender Geräusche liegen, 9. gut gestaltet und 10. trocken gelegen sein). Für die Platzberechnung der Kirche werden mit Abrechnung von Nebenräumen, aber mit Einrechnung der Mauerstärken und Gänge 0,65 qm (sieben Geviertfuß) für den Besucher angegeben. Es wird der dringende Rath ertheilt, sich für den Bau an einen Architekten zu wenden, aber von Wettbewerben abzusehen, einen besonderen Bauführer zu ernennen, bei Einziehung von Angeboten nicht ganz allein auf die niedrigsten Preise zu sehen, bei beschränkter Bausumme allem Ornament zu entsagen, bei ganz unzureichenden Mitteln aber lieber erst ein ganz billiges vorübergehendes Gebäude zu errichten und für die Ausführung des endgültigen Baues bessere Zeiten abzuwarten. Für letzteren Fall wird empfohlen, unter Umständen die Schule oder den Vortragssaal zuerst zu erbauen und zeitweilig als Kirche zu benutzen. In Bezug auf die Plangestaltung wird als Grundform ein Rechteck empfohlen, dessen Breite etwa zwei Drittel der Länge ausmacht, Querschiffe werden als zulässig betrachtet, „in einzelnen Fällen,“ so heisst es, „sind auch centrale Anlagen mit Vortheil verwandt worden“. Nun folgen ganz ausführliche Auseinandersetzungen der verschiedenen historischen Stile, die etwa angewandt werden könnten,

Die „Rathschläge für den Kirchenbau“ der Congregationalisten.

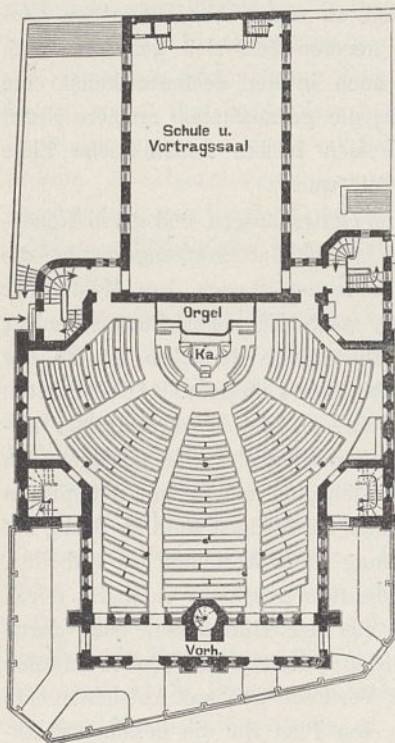


Abb. 60. Grundrifs des Erdgeschosses.

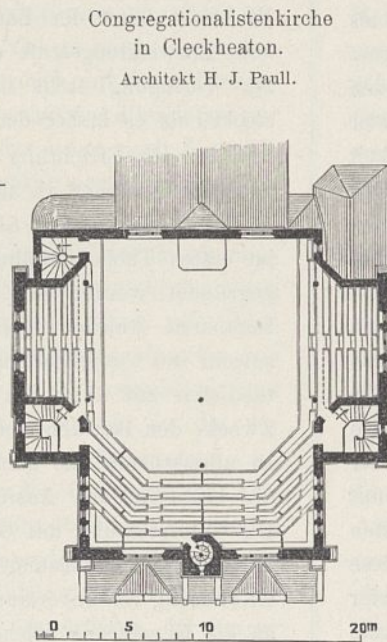


Abb. 61. Grundrifs in Höhe der Emporen.

überhaupt, die zu dem erstaunlichen Ergebnisse führte, dafs diese Religionsgemeinschaft in den letzten 40 Jahren 200 Millionen Mark für bauliche Zwecke aus eigenen Mitteln zusammengebracht und verausgabt hatte. Jedes Jahr wurden etwa 100 neue Kirchen gebaut, von denen die Hälfte zum Ersatz für alte Bauten, die andere Hälfte aber für neugegründete Gemeinden bestimmt war. Damals zählte diese

*) Practical Hints on the Erection of Places of Public Worship, compiled under the direction of the Committee of the English Congregational Chapel Building Society by Rev. J. C. Galloway. 3. Aufl. London 1874.

mit Abwägung der vermeintlichen Vor- und Nachteile der einzelnen Stile. Das Behagen und die Liebe, mit welcher gerade dieses Capitel behandelt ist, verräth das naive Laienthum des Verfassers, das sich besonders auch in den weiteren Abschnitten zu erkennen giebt, in denen man nach klaren technischen Angaben mit Eifer aber vergeblich sucht. Im übrigen sind aber die allgemeinen Fingerzeige für Construction, Wahl der Baustoffe usw. nicht schlecht, wenn sie technisch auch nichts Neues und nicht einmal etwas bieten, was auf die besonderen beim Sectenbau vorliegenden Zwecke zugeschnitten wäre. Im allgemeinen sieht man die rein sachlichen Gesichtspunkte zu häufig überwuchert von ästhetisirenden und besonders stilmachenden Neigungen. In Bezug auf die Stellung von Rednerpult und Abendmahlstisch werden die bekannten, weiter hinten zu erwähnenden Gesichtspunkte der Secten aufgestellt (beim Rednerpult wird die Engigkeit der üblichen Kanzeln verurtheilt und etwas Bewegungsfreiheit für den Redner gefordert), für Sitzanordnung wird als Mindestmaß der Bankabstände $76\frac{1}{2}$ cm angegeben. Emporen werden nicht ohne Bedauern als zulässig erklärt, mit dem Zusatz übrigens, daß eine dem Redner gegenüber angebrachte Empore die Hörigkeit des Raumes verbessere. Die Angaben über die Stellung der Orgel sind ganz unbestimmt gelassen. Die Stellung auf einer Empore in der Mittelachse angesichts der Gemeinde wird gut geheissen, jedoch der Aufstellung eines Sängerkhoes an dieser Stelle widersprochen, einmal weil derselbe die Aufmerksamkeit der Gemeinde zu sehr fesseln würde, dann aber auch, weil die unmittelbare Nähe so vieler Menschen den Prediger stören würde. Eine Empore für Orgel und Sänger gegenüber dem Redner (also im Rücken der Gemeinde) wird mehr empfohlen und als einziger Gegengrund die Wegnahme der Lichtquelle an dieser Stelle erwähnt. Schliesslich wird gesagt, daß die Orgel aus Temperaturgründen am besten im Erdgeschoss aufgebaut würde, und also etwa in einer Nische im Rücken des Predigers oder zur Seite desselben ihren Platz finden könne, wobei die Sänger am besten hinter Vorhängen sitzen würden. Es folgen für Laien berechnete Angaben über Beleuchtung, Heizung und Lüftung der Kirchen, sowie über Feuersicherheit, Akustik, die technisch nichts Bemerkenswerthes bieten. Die Fingerzeige über die Anlage von Nebenräumen, denen doch in den Sectenkirchen eine ungemaine Bedeutung zufällt, sind ganz auffallend spärlich. Im allgemeinen wird derjenige, der eine sachliche Darlegung der springenden Punkte des Sectenkirchenbaues erwartet, das Schriftchen nicht ohne Enttäuschung aus der Hand legen. Der Verfasser ist zu sehr davon ausgegangen, eine Art „wirklicher Kirche“ anzustreben, er neigt nach der Staatskirche hin oder steht doch unbewusst unter dem Banne der Vorstellung des englischen staatskirchlichen Typus, dem er die Sectenkirche anzupassen sich gedrungen fühlt. Glücklicherweise ist diese Richtung gerade auf die bemerkenswerthesten Beispiele des englischen Sectenbaues ohne Einfluß geblieben, deren Urheber die vorliegenden sachlichen Gesichtspunkte besser beurtheilten als der das Schriftchen verfassende congregationalistische Pfarrer. Und auch im allgemeinen sieht man in der Praxis auf schärfere Betonung der eigentlichen, das Wesen der Sectenkirche ausmachenden Grundsätze, als es in dem Schriftchen geschehen ist. Das aus den besten Sectenbauten zu gewinnende Bild der Sachlage

ist daher ein günstigeres, als das aus dem Lesen des Schriftchens sich ergebende.

B. Besonderes.

Bei Betrachtung der Bauten der verschiedenen Secten erscheint es kaum nöthig, irgend einen Unterschied zwischen den Häusern der einzelnen Religionsgemeinschaften innezuhalten. Wie deren Gottesdienst und Gemeindeleben im wesentlichen übereinstimmt, so ähneln sich auch ihre Cultusstätten und Gemeindebauten in allen wesentlichen Grundzügen so sehr, daß ein Austausch derselben unter den verschiedenen Secten ohne alle Schwierigkeiten vorgenommen werden könnte. In einem ganz ausgesprochenen Gegensatze stehen die Sectenkirchen dagegen zu den englischen Staatskirchen.

Von diesen unterscheiden sie sich am auffallendsten durch eine Anzahl von Nebenbaulichkeiten, die bei keiner

Die Gesamtanlage.

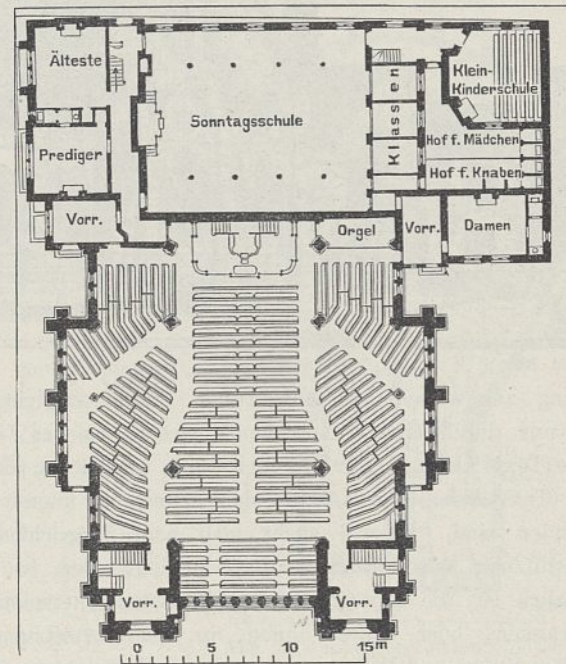


Abb. 62. Congregationalistenkirche in Newcastle-on-Tyne. Architekt T. L. Banks.

Sectenkirche fehlen, die aber die Staatskirche bisher nicht kannte und erst neuerdings, in unbestreitbarer Anlehnung an die Sectenkirchen, hier und da anzunehmen beginnt. Dahin gehört vor allem die Sonntagsschule, ein großer Vortragssaal und eine Reihe anderer zu geselligen oder Berathungszwecken dienender Räume. Die Verbindung dieser Räume mit der Kirche ist verschieden und richtet sich im wesentlichen nach der Gestalt des Bauplatzes. Die stets erstrebte Anlage ist die Nebeneinanderordnung. In Städten mit beschränkter Grundfläche ist man indes häufig zu einer Uebereinanderordnung gezwungen und verlegt dann in der Regel die Nebenräume in ein niedriges Erdgeschoss, über dem man die Kirche anordnet.

a) Die Kirche.

Für die allgemeine Gestalt der Kirche ist, wie schon erwähnt, in jedem Falle die Forderung maßgebend, daß von jedem einzelnen Kirchenplatze aus gutes Hören der Predigt und, was damit zusammenhängt, gutes Sehen des Predigers möglich sei. Dieser Forderung ordnet sich jede andere Rücksicht unter. Man geht daher darauf aus, alle Plätze im engsten Zirkel um das Rednerpult, dem fast stets eine axiale

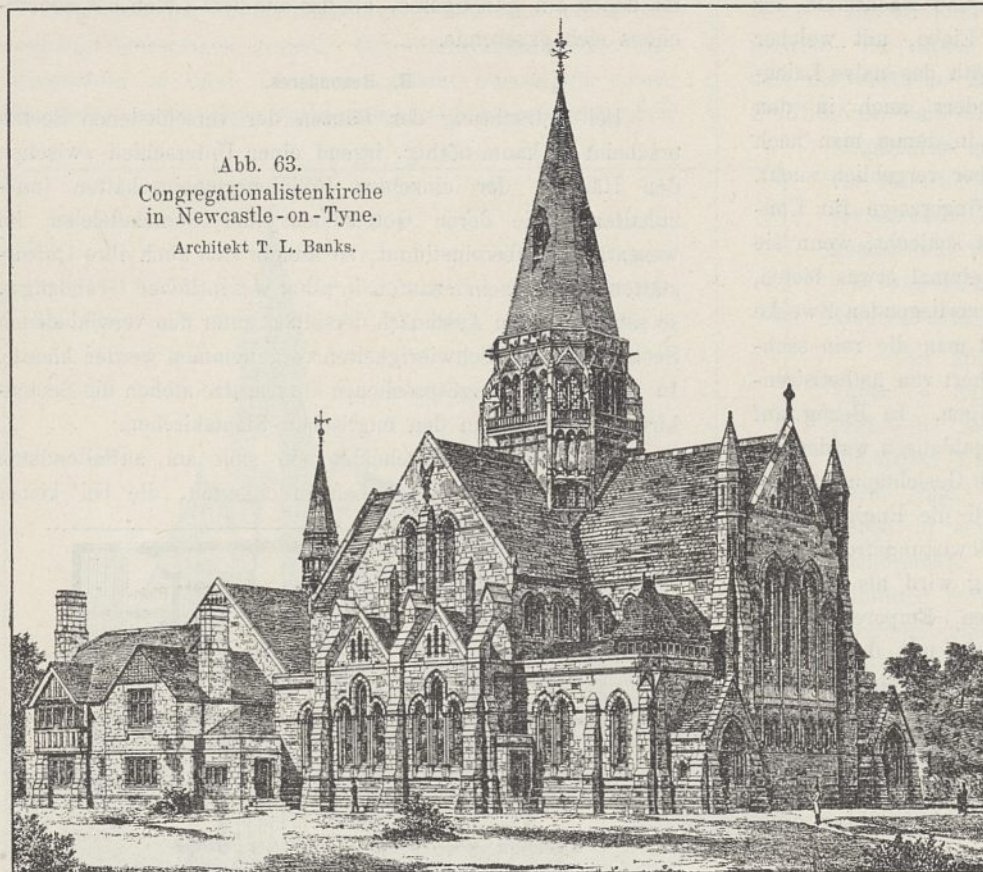


Abb. 63.
Congregationalistenkirche
in Newcastle-on-Tyne.
Architekt T. L. Banks.

Build. News.

Stellung zugewiesen ist, anzuordnen. Dies erreicht man nicht nur durch eine entsprechende Gestaltung des Grundplanes (Text-Abb. 60), sondern auch durch Anordnung von Emporen (Text-Abb. 61), von denen nicht selten zwei übereinander vorhanden sind. Hierbei sucht man nach Möglichkeit die Unterstützung durch Säulen zu vermeiden, oder, wo dies unmöglich ist, die Stützen auf den kleinsten Querschnitt zu beschränken, oder hinter ihnen, in der Fortsetzung des zwischen Stütze und Rednerpult gezogenen Halbmessers, Gänge anzulegen (Text-Abb. 62). Die Sitzreihen ordnet man im Erdgeschoss wie auf den Emporen im Zirkel nach dem Rednerpult hin an, auch dann, wenn die Grundriffsform dem entgegensteht und die Sitzreihen schief auf die Gänge und Umfassungswände einlaufen (Text-Abb. 60 und 62). Sehr häufig geht man sogar dazu über, den Boden des Erdgeschosses leicht ansteigend anzulegen. Auf den Emporen sind die ansteigenden Sitzreihen eine Selbstverständlichkeit. In einzelnen Kirchen ist auch mit Glück eine amphitheatralische Sitzanordnung versucht, wie sie beispielsweise die Victoriahalle in Ancoats, Text-Abb. 64 bis 66, hat.

Grundfor-
men.

Die strenge Befolgung solcher Forderungen würde mit Folgerichtigkeit auf den Theaterplan hinweisen, dem sich auch einige Beispiele, wie das in Text-Abb. 67, eng anschließen, zum mindesten aber würden sie eine zentrale Raumanlage verlangen. In der That haben auf die letztere alle ernstesten Versuche einer sachgemäßen Lösung der Frage hingestrebt, aber trotzdem ist die Zahl der Centralkirchen in England gering geblieben. Der Grund dafür ist wohl hauptsächlich in dem schon erwähnten Umstände zu suchen, daß fast nur in Ausnahmefällen Architekten von höherem Ehrgeiz sich dem Sectenkirchenbau gewidmet haben. Dann aber ist auch hier die ganz große Mehrzahl der Kirchen so klein, daß die

bedeutend größere Einfachheit der Raumüberdeckung zu dem rechteckigen Grundrifs zurückführte, auch wo der Baumeister zu einer centralen Anlage hinneigen mochte. Schliesslich hat auch hier der historisch-gothische Kirchengrundrifs in vieler Beziehung verwirrend gewirkt, er legte es für alle kleineren Geister nahe, sich an ihn anzupassen, zumal die oben erwähnten congregationalistischen Baurathschläge unmittelbar dazu aufmunterten.

Vielfach hat man mit Recht gerade in der Kreuzform des Grundrisses ein Mittel gesehen, die große Mehrzahl der Gemeindeglieder in nächste Nähe des Predigers zu bringen (Text-Abb. 60 bis 62), eine Form, die ja übrigens auch die beste Anbringung der Emporen ermöglicht. In vielen Fällen (aber nicht so häufig wie bei amerikanischen Anlagen) ist ein einzelner Kreuzarm angelegt und wird für gewöhnlich als Vortragssaal benutzt, kann aber bei starkem Kirchenbesuch durch Oeffnen einer verschiebbaren Wand zu dem Kirchenraum hinzu-

gezogen werden (Text-Abb. 68). Oft findet auch die Anfügung des Saales zu solchem Zwecke in der Längsachse der Kirche statt, wie in Text-Abb. 69.

Die Sitzanordnung im Gemeinderaum wird stets ohne Mittelgang bewerkstelligt, um die besten Plätze für die Zu-

Sitze.

hörschaft auszunutzen. Es findet nur festes Gestühl Anwendung, in ähnlicher Form wie es in der Staatskirche üblich ist, aber sehr selten mit einer Einrichtung zum Knien versehen. Die Bankabstände werden in neuerer Zeit aufs bequemste bemessen, 85 cm dürfte für bessere Ausführung heute als Durchschnittsmaß zu bezeichnen sein. Die Stirnseiten der Sitze haben fast immer eine Einrichtung zum Ablegen der Schirme (vgl. Abb. 32 auf Seite 534 des vorigen Jahrgangs), häufig ist unterhalb des Sitzes der Vorderbank eine Vorkehrung zum Ablegen der Hüte getroffen, die am praktischsten in zwei parallelen Längsstäben besteht, wie sie in England auch sonst, an Wänden angebracht, zum Ablegen der Cylinderhüte üblich sind.

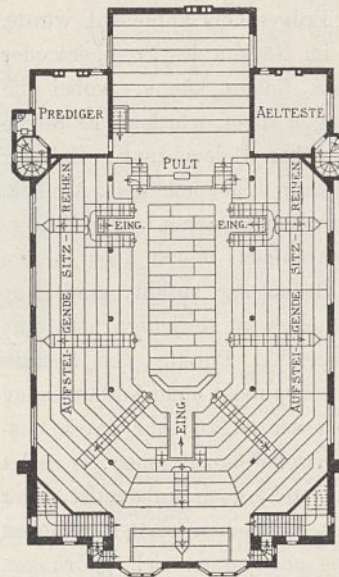


Abb. 64. Victoria-Halle in Ancoats bei Manchester. 1:500.

Die maßgebende Eigenthümlichkeit des Sectengotteshauses prägt sich nicht so sehr im Gemeinderaum aus, als in dem Theile, den man die Ursprungsstelle des Gottes-

Plattform,
Rednerpult,
Abendmahls-
tisch.

Abb. 65 u. 66.
Victoria-Halle
in Ancoats
bei Manchester.
Architekt R. Scharp.

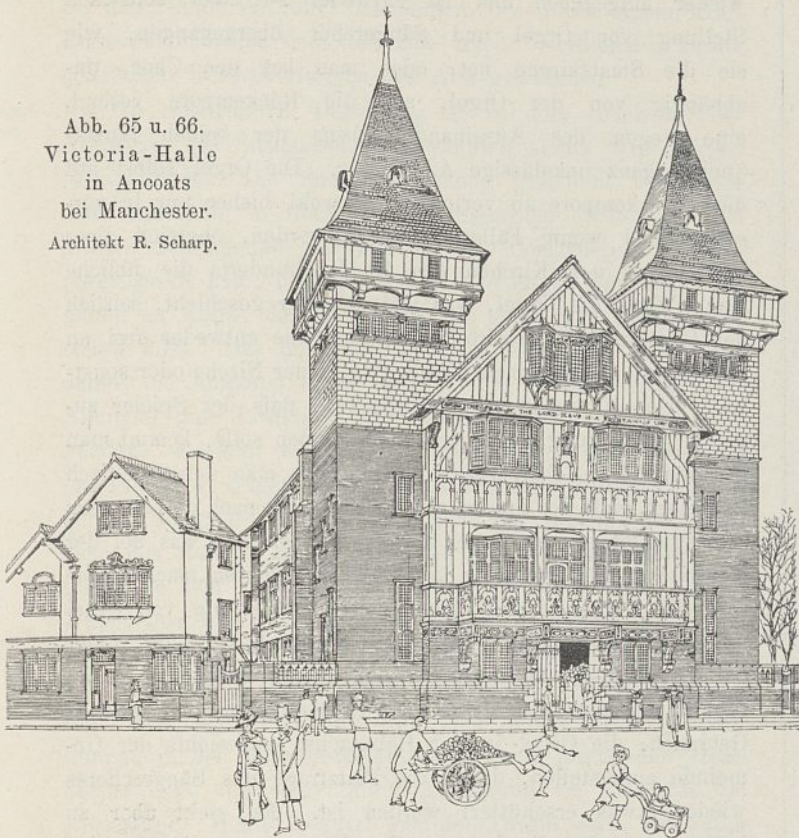


Abb. 65. Strafenansicht.



Abb. 66. Innenansicht.

dienstes nennen könnte, und den man bei andern als bei Sectengotteshäusern den Chor nennt (die Secten nennen ihn meist Plattform). Ein solcher Chor fehlt der Sectenkirche ganz. Da der Hauptbestandtheil desselben, der Altar fehlt, ist der ganze Chor hinfällig, und diese Eigenthümlichkeit bringt für die Allgemeinanlage unter anderm auch den Vortheil der beliebigen Richtung der Kirche mit sich. Sectenkirchen sind nicht orientirt, sie können ganz und gar nach den Eigenthümlichkeiten des Bauplatzes angelegt werden. Die Ursprungsstelle des Gottesdienstes besteht hier lediglich in einem erhöhten Platze, auf dem sich ein Rednerpult, ein Tisch und einige Sitzgelegenheit vorfindet. Für diesen erhöhten Platz ist nur selten eine Nische angeordnet, meist nimmt er das eine Ende des Raumes ein, ohne dafs die Architektur des Raumes besonders darauf hinwiese. Er ist selten oder gar nicht durch Schranken abgetrennt. Der Wand zunächst steht, fast stets in der Mittelachse angeordnet, das Rednerpult. Dieses ist meist mehr einer Rednertribüne als einer Kanzel ähnlich. Zu ihm führen links und rechts kleine Treppen hinauf, und der oben verfügbare Raum ist meist groß genug, um dem Prediger nach links und rechts einige Bewegungsfreiheit zu erlauben (Text-Abb. 70). Es ist immer von Holz und bildet den Zielpunkt der ganzen Anordnung. Vor dem Pult steht unten auf dem erhöhten Platze der Abendmahlstisch, meist ein einfacher Tisch aus Eichenholz. In nächster Nähe desselben sind Bänke angeordnet, auf welchen bei Abendmahlsfeierlichkeiten der Prediger und die Aeltesten der Gemeinde (Diakonen) Platz nehmen. Der Tisch ist nur von mäßiger Größe, etwa 1,20 bis 1,50 m lang und 80 cm breit. Auf ihm findet auch die Taufe und vor ihm finden die Trauungen statt. Für letztere Zwecke wird meist Raum dadurch geschaffen, dafs die vorderste Bankreihe zeitweilig entfernt wird.

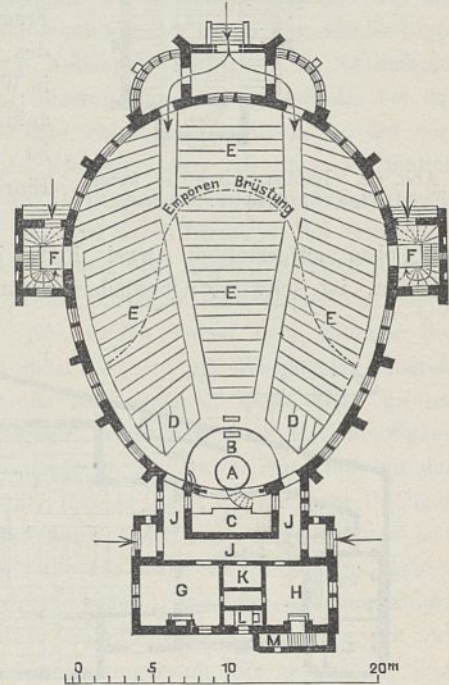


Abb. 67. Congregationalistenkirche
in Wellingborough.

Architekt E. Sharman.

- | | | |
|------------------|------------------------|----------------------|
| A Kanzel | F Emporentreppen | J Flurzugang |
| B erhöhter Platz | G Zimmer der Aeltesten | K Waschraum |
| C Orgel | H Zimmer des Predigers | L Abort |
| D Sänger | | M Treppe zum Keller. |
| E Sitzbänke | | |

Bei den Baptisten tritt zu diesen Bestandtheilen des erhöhten Platzes noch das Baptisterium, ein versenktes Taufbecken, zum wirklichen Eintauchen angelegt. Es ist etwa 1,50 bis 2 m breit, 2 bis 3 m lang und 0,80 bis 1 m tief. Sein Ort ist zumeist auf dem vordersten Theile der Erhöhung, in der Mittelachse der Kirche. Eine wasserdichte Wandung des Beckens, die Sorge für Zu- und Ableitung des nöthigen Wassers sind selbstverständliche Erfordernisse. Für gewöhn-

Taufgrube
der
Baptisten.

Bei den Baptisten tritt zu diesen Bestandtheilen des erhöhten Platzes noch das Baptisterium, ein versenktes Taufbecken, zum wirklichen Eintauchen angelegt. Es ist etwa 1,50 bis 2 m breit, 2 bis 3 m lang und 0,80 bis 1 m tief. Sein Ort ist zumeist auf dem vordersten Theile der Erhöhung, in der Mittelachse der Kirche. Eine wasserdichte Wandung des Beckens, die Sorge für Zu- und Ableitung des nöthigen Wassers sind selbstverständliche Erfordernisse. Für gewöhn-

liche Fälle tritt das Taufbecken nicht in Erscheinung, da es in Fußbodenhöhe durch einen Dielenboden abgedeckt ist.

Orgel-
stellung.

Die Einführung der Orgel in die Sectenkirchen ist neueren Ursprungs, und dieser neue Bestandtheil hat, wie schon aus den Rathschlägen des congregationalistischen Bauvereins hervorgeht, noch keinen vollständig gesicherten Platz.

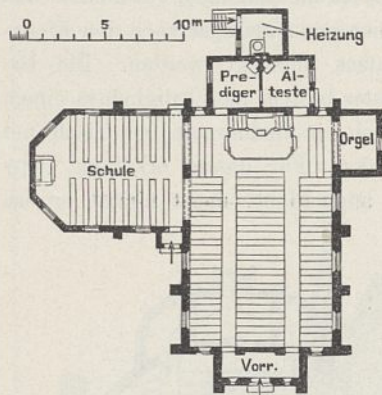


Abb. 68. Baptistenkirche in Acton Bridge. Architekt F. P. Halsall.

Wie oben aufgestellten Orgel Platz im Erdgeschloß zu schaffen, ist schwierig, besonders wenn man, wie es ge-

In neun von zehn Fällen nimmt sie zwar die Wand angesichts der Gemeinde ein und ist symmetrisch zur Mittelachse angeordnet. Diese Stellung würde einwandfrei sein, wenn nicht eine andere Frage, die der Aufstellung des Sängerkhores damit in Widerstreit zu gerathen anfinge. Der Sängerkhor ist eine noch neuere Einrichtung als die Orgel.

Für ihn in der Nähe der

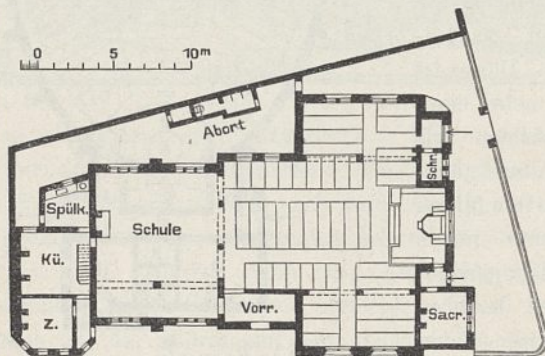


Abb. 69. Walliser Congregationalistenkirche in Bootle. Architekt O. Roberts.

schieht, verlangt, daß der Orgelspieler zugleich die Leitung des Chores übernimmt. Man bringt wohl am häufigsten den Chor auf beiden Seiten der erhöhten Plattform unter, womit eine ähnliche Einrichtung geschaffen ist wie bei der Staatskirche. Manchmal sitzen die Sänger auch zu ebener Erde hinter dem Rednerpulte. Die beste bis jetzt gefundene Lösung der Frage ist wohl die, die Orgel und den Sängerkhor auf einer hinter dem Redner befindlichen Empore unterzubringen (Text-Abb. 70), eine Anordnung, die von den besten Architekten stets bevorzugt worden ist. Wenn Emporen vorhanden sind, führt man dann wohl die erste Empore rings um die vier Wände des Gebäudes herum, wobei man den Raum unterhalb der Orgelempore, der für Sitzplätze ziemlich unbrauchbar ist, weil die Zuhörer im Rücken des Redners sitzen würden, durch geschlossene Holzwände abtrennt (wie in Text-Abb. 70) und zu den Sacristeien für den Prediger und die Aeltesten oder zu andern Zwecken ausnutzt. Man führt gegen die Anordnung allerdings den Umstand an, daß der so vor die Augen der Gemeinde gestellte Chor die Andacht derselben störe. Das naheliegende Mittel, durch besondere Vorkehrungen die Sänger den Blicken der Gemeinde ganz oder theilweise zu entziehen, ist wohl noch nicht versucht worden. Wohl aber hat man infolge

solcher Empfindungen in einzelnen Beispielen die Anordnung wieder aufgegeben und ist entweder zu einer seitlichen Stellung von Orgel und Sängerkhor übergegangen, wie sie die Staatskirche hat, oder man hat den Chor, unabhängig von der Orgel, auf die Rückempore verlegt, eine wegen des Auseinanderreisens der beiden Musikquellen ganz unzulässige Anordnung. Die Orgel selbst auf diese Rückempore zu verlegen, ist wohl bisher nur in verschwindend wenig Fällen versucht worden, obgleich diese Stellung in den Kirchen des 18. Jahrhunderts die übliche war. Wenn die Orgel, was jetzt häufiger geschieht, seitlich der Plattform angebracht ist, so steht sie entweder frei an der Wand, oder in einem Kreuzarme, einer Nische oder sonstwie. Der oft aufgestellten Forderung, daß der Spieler zugleich die Leitung des Chores übernehmen solle, kommt man in allen Fällen leicht dadurch nach, daß man den Spieltisch so anlegt, daß der Spieler mit dem Gesicht nach den Sängern hin gerichtet ist, die Orgel also im Rücken hat, was bei der elektrischen Uebertragung keine Schwierigkeiten macht. Wie sich die Frage der zweckmäßigsten Aufstellung von Orgel und Chor noch entwickeln wird, läßt sich vorläufig weder bei der Staatskirche noch bei den Secten absehen. Es ist sehr zu bedauern, daß der bei den letzteren schon feststehende Gebrauch, die Orgel in der Hauptachse angesichts der Gemeinde aufzustellen, durch die Platzfrage des Sängerkhores wieder etwas erschüttert worden ist. Es steht aber zu hoffen, daß für die letztere eine Lösung gefunden werden wird, ohne die Orgel aus der ihr natürlich zukommenden Stellung angesichts der Gemeinde wieder zu entfernen.

Freilich ist heute bei den Secten an mehr als einer Stelle ein gefährlicher Zug bemerkbar, in ihren Häusern die Anordnungen der Staatskirche nachzuahmen. Man baut schon tiefe Chornischen wie dort, rückt das Rednerpult an die Seite und giebt ihm die Form einer Kanzel, errichtet die ganze Kirche als Basilika, trennt den erhöhten Sitz durch ein Gitter ab wie dort, sucht die Emporen zu vermeiden, richtet das Gestühl zum Knieen ein oder ersetzt es überhaupt durch jene losen Stühle, die die Hochkirche heute als kirch-

Nachahmung
staatskirch-
licher An-
ordnungen.



Congr. Yearbook.

Abb. 70. Inneres der Congregationalistenkirche in Muswell Hill, London. Arch. Morley Horder.

licher betrachtet als festes Gestühl. Der Thurm, der keine Glocken trägt, ist schon lange zur Gewohnheit geworden. Und so scheint Schritt für Schritt eine Annäherung statt-

zufinden, die die merkwürdige menschliche Schwäche auch bei den Secten enthüllt: das Sehnen des durch eigene Kraft Emporgekommenen nach den ohne eigenes Verdienst in Besitz gehaltenen Ueberlieferungen des Altangesessenen.

Construc-
tives.

In constructiver Beziehung ist zu dem schon bei Betrachtung der Staatskirchen Erwähnten nichts Wesentliches hinzuzufügen. Die Raumüberdeckung geschieht auch hier fast vollständig in Holz, und Steingewölbe dürften zu den großen Seltenheiten gehören. Für die Construction der Emporen greift man, falls sie frei in den Raum eingebaut sind, häufig zu Eisen, das man dann als solches in Erscheinung treten läßt. Das Bestreben geht jedoch auch in England dahin, die Emporen lieber organisch in den Bau einzufügen. Allzuviel gute Lösungen sind indes hierfür noch nicht vorhanden. Es fehlt wie bei den Staatskirchen auch hier dem englischen Architekten an plangestaltendem Unternehmungsgeist. Besondere Sorgfalt wird stets der Heizung und Lüftung des Raumes gewidmet. Für die erstere kommt, obgleich es sich hier nicht um Dauerheizung handelt, immer allgemeiner die Warmwasserheizung in Aufnahme, und zwar mit Anordnung von Heizkörpern, statt, wie es früher geschah, von Warmwasserröhren in Fußbodencanälen. Für die Lüftung führt man stets Frischluft zum Theil durch regelbare Oeffnungen in den Fensterbänken, zum Theil hinter den Heizkörpern ein und sorgt durch Absaugung am First für die Entlüftung. Häufig benutzt man den Thurm dazu, um durch Hochführung des Saugerohres den Abzug zu verstärken. Eine sehr bemerkenswerthe Einrichtung trifft augenblicklich James Cubitt in einer seiner Kirchen. Um den bei nur zeitweilig geheizten Räumen häufig beobachteten Zug von oben zu verhindern, der dadurch entsteht, daß die aufsteigende warme Luft gegen die senkrechte Decke prallt und die dort befindliche kalte zum plötzlichen Heruntersinken veranlaßt, ordnet er den Rücken des Deckengewölbes ansteigend und am höchsten Punkte desselben den Abzugsschlot an. Auf diese Weise glaubt er ein Mitreißen der kalten Luft durch den in seinem fortlaufenden Steigen nicht gehinderten warmen Luftstrom herbeiführen zu können.

Innere
Ausstattung.

Die innere Ausstattung ist bei den Sectenkirchen stets ungemein einfach. Als Verglasung wählt man eine ganz anspruchslose Bleiverglasung mit kleinen Scheiben, farbiges Glas gehört zu den Seltenheiten. Im Innern sucht man durch viel Holz eine warme, anheimelnde Stimmung zu erzielen. Hierzu trägt in der Regel sowohl die Ausstattung der Plattform mit Tisch, Rednerpult und Orgel bei, die ganz in Holz gehalten ist, als auch die meist hölzerne Emporenconstruction und in vielen Fällen eine hölzerne Bekleidung der Wände bis in Brüstungs- oder Kopfhöhe. Das Holz wird meist in mitteldunklen Beiztönen gehalten, oft auch hell gelassen.

Eingänge.

Die Frage der Eingänge ist bei den Sectenkirchen meistens vorzüglich geregelt. Fast immer gelangt der Eintretende zunächst in einen geräumigen vorgelegten Gang (Text-Abb. 60), von dem aus erst das Kircheninnere betreten wird. Hier und da ziehen sich auch noch Gänge längs der beiden Seiten des Kirchenschiffes hin, ähnlich wie bei einem Theater. Die Maße der Ein- und Ausgänge, Treppen zu den Emporen usw. regeln in London und in andern Städten polizeiliche Vorschriften, die im ersten Theile dieser

Arbeit näher erwähnt sind. Als Eigenthümlichkeit dieser Vorschriften verdient hier vielleicht noch hervorgehoben zu werden, daß alle Nothausgänge mit sich selbst öffnendem Verschluss versehen sein müssen. Die Einrichtung ist derart, daß eine an der Innenseite in Ellbogenhöhe angebrachte, etwas hervorstehende Messingstange, gegen die sich naturgemäß der erste Druck der Menge äußern wird, das Aufgehen beider Flügel selbstthätig bewirkt, wenn gegen sie energisch gepresst wird. Von außen sind solche Thüren nur durch Schlüssel zu öffnen.

b) Die Nebenräume und Nebenanlagen der Sectenkirchen.

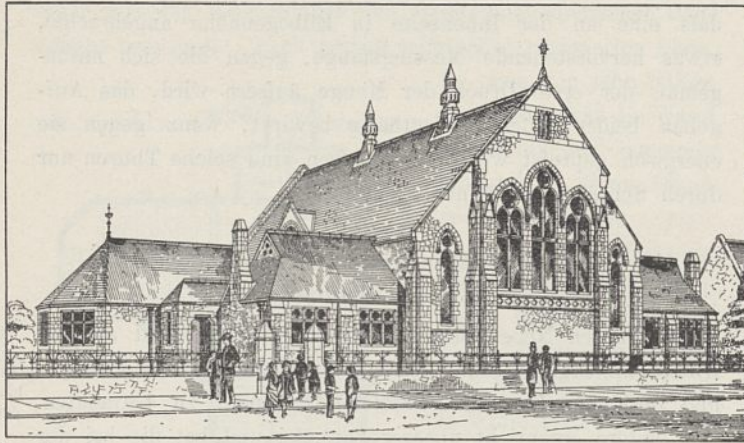
Von den Nebenräumen der Sectenkirchen sind als zur Kirche im engeren Sinne gehörig der Raum für den Prediger und derjenige für die Aeltesten (Diakonen) zu betrachten. Der erstere entspricht unserer Sacristei und hat die bei der Staatskirche erwähnten Einrichtungen mit Ausnahme der dort befindlichen reichlichen Kleidergasse. Er liegt gewöhnlich symmetrisch zu dem der Diakonen, der, wenn möglich, etwas größer gestaltet ist, um dort auch Sitzungen der Gemeindeausschüsse abhalten zu können. Bei umfangreicheren Anlagen sind für letzteren Zweck übrigens eine Reihe besonderer Zimmer vorhanden. Nie fehlen neben dem Zimmer des Predigers und der Aeltesten Aborte und Waschgelegenheiten, wie denn überhaupt die Nebenanlagen stets einen großen Sinn für Zweckmäßigkeit verrathen. Die Nothwendigkeit eines besonderen Versammlungszimmers für den Chor hat sich noch nicht herausgestellt, da der Chor, wie auch der Prediger, eine besondere Amtskleidung nicht hat. Dagegen legt man gern ein Schrankgelaß für die Noten an. Uebrigens mehren sich die Stimmen, welche einen besonderen Versammlungsraum für den Chor in unmittelbarer Verbindung mit der Kirche verlangen. Als Uebungsraum für denselben dient jetzt meist irgend ein Berathungszimmer. Zu den vorgenannten Räumlichkeiten tritt meist noch ein Geschäftszimmer für den Secretär der Gemeinde, das naturgemäß nahe am Eingang zu liegen hat. Ferner wird es für außerordentlich erwünscht gehalten, noch einen besonderen Raum für Wochen- und kleinere Andachten zur Verfügung zu haben, der sich jedoch, ebenso wie der größere Saal für die jährlichen Gemeindeversammlungen, meist in den weiterhin zu betrachtenden Geselligkeitsräumen von selbst ergibt.

Räume in
unmittel-
barer Ver-
bindung mit
der Kirche.

Die Anzahl solcher, vorwiegend den mit der Kirche verbundenen Geselligkeitszwecken dienender Räume ist in den einzelnen Fällen außerordentlich verschieden und richtet sich ganz nach den besonderen Richtungen, Neigungen und dem Maße der aufserkirchlichen Thätigkeit der einzelnen Gemeinden. Oft ist nur der übliche „Vortragssaal“ (*lecture hall*) vorhanden, der sich allen Zwecken anzupassen hat, oft kommen jedoch so viele Nebenräume jeder Art hinzu, daß die Gesamtgrundfläche der Geselligkeitsräume die der eigentlichen Kirche nicht selten um ein mehrfaches übertrifft (Text-Abb. 73). Dies ist besonders der Fall, wenn mit der Kirche alle jene weiter vorn erwähnten Clubeinrichtungen verbunden sind, die eigentlich jede Gemeinde anstrebt. Im Falle des Vorhandenseins eines Arbeiterclubs, eines christlichen Vereins junger Männer, eines Mädchenvereins usw. ist dann für Versammlungszimmer, für Bücherei und Leseräume, für Spielzimmer (in denen Billard

Gesellig-
keitsräume.

und Schach gespielt wird) zu sorgen. Es macht sich ferner ein Raum für Erfrischungen nöthig (die natürlich auf nicht-alkoholische beschränkt bleiben). In manchen Kirchen geht



Builder. Abb. 71. Methodistische Sonntagsschule in Tottenham. Architekt Ch. Bell.

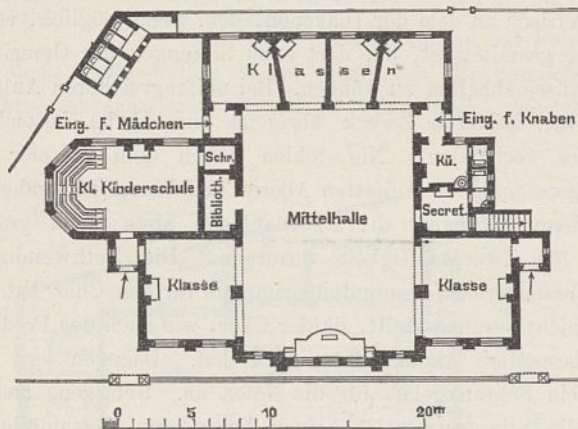


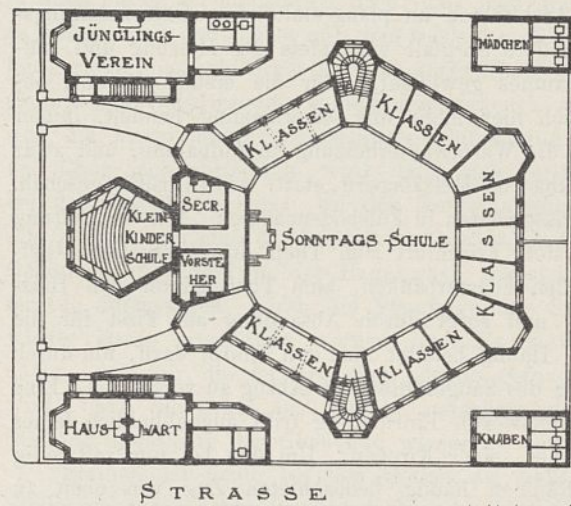
Abb. 72. Methodistische Sonntagsschule in Tottenham.

man noch weiter und schafft Einrichtungen für Turnhallen, Liebhaberphotographie, Musikzimmer für Dilettanten, Orchesterbungsrume. Man betrachtet keine harmlose Vergnügung als zu weltlich, um ihr nicht im Schofse der Gemeinde eine Stätte zu schaffen und so das Band der Gemeinemitglieder immer dichter zu schlingen.

Vortragssaal. Aber auch wo derartige weitausgreifende Unternehmungen fehlen, ist doch stets eine kleinere Gruppe von Geselligkeitsrumen vorhanden, die sozusagen den eisernen Bestand jeder Sectenkirche bilden. Dahin gehört der Vortragssaal. Er hat einen erhöhten Platz mit einem Rednerpult und wird ebensowohl zu Vorträgen, als zu musicalischen Aufführungen, Gemeindeversammlungen, zur Abhaltung von „Theegesellschaften“ usw. benutzt. Zu letzterem Zwecke ist stets eine Theekche in der Nähe vorhanden, sowie die nöthigen Aufbewahrungsrume für Geschirr usw. Für Vorträge hat der Saal alle zur Vorführung von bildlichem Anschauungsmaterial nöthigen Einrichtungen wie Wandtafeln, einen Schirm für Projectionsbilder usw. Aufer dem Saal ist meist ein besser ausgestatteter Empfangs- und Gesellschaftsraum vorhanden, „Church Parlour“ genannt, ferner häufig eine Gemeindebücherei, und, wo weitere Geselligkeitsrume fehlen, immer eine Anzahl groerer Versammlungszimmer, welche für die kleineren Gemeindeunternehmungen wie den „Verein der Mütter“, die Wohlthtigkeitsausschsse usw. bestimmt sind.

Die wichtigste Nebenanlage der Sectenkirche ist die nie fehlende Sonntagsschule. Die Einrichtung der Sonntagsschule ist americanischen Ursprungs, und dort sind auch heute noch die vollkommensten Einrichtungen zu finden, denen sich die englischen Sonntagsschulen im besten Falle anschliefen. In England wurde die erste Sonntagsschule 1780 gegründet. Die Einrichtung ist recht eigentlich ein Kind der Secten und wurde von diesen zu ihrer jetzigen Ausbildung entwickelt, wnngleich in neuerer Zeit sich auch die englische Staatskirche der Sache angenommen hat und das Sonntagsschulwesen in ähnlicher Weise zu pflegen beginnt wie die Secten. Für eine Sonntagsschule liegt folgendes Bauprogramm vor. Es ist ein Raum zu schaffen, der gleichzeitig die Versammlung einer groeren Anzahl von Kindern, sowie den Einzelunterricht derselben in kleinen Gruppen von 8 bis 10 ge-

Sonntagsschule.



STRASSE

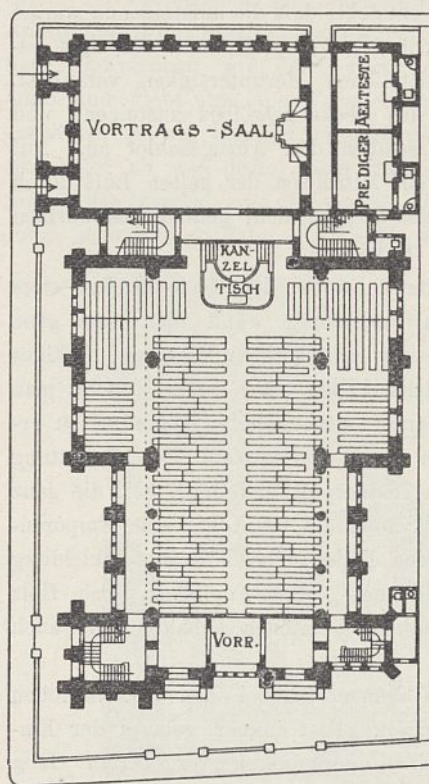


Abb. 73. Congregationalistenkirche in Upton. Architekt T. L. Banks.

bildet die Sonntagsschule der Congregationalistenkirche in Upton (Text-Abb. 73). Die Vorderwnde der Klassen sind offen gelassen, damit der auf dem erhöhten Platz sitzende Director die einzelnen Klassen überwachen kann.

stattet, so jedoch, dafs dieser Einzelunterricht jeder Gruppe von einer bestimmten Stelle aus einheitlich überwacht werden kann. Man erfüllt dieses Programm dadurch, dafs man, wie in Text-Abb. 72 u. 73, einen Mittelraum anlegt, an den sich rings herumlaufend einzelne Kojen anschliefen. Die Trennungswände der letzteren sind dazu häufig strahlenförmig angelegt, wodurch die Kojen zu dem erhöhten Platz des Mittelraumes sichtlich in Beziehung gebracht sind. Ein vollkommenes Beispiel dieser Art

Es sind jedoch zumeist Einrichtungen getroffen, diese Vorderwände auch zeitweilig zu schliessen und so von dem Mittelraum ganz abzuzondern. Diese geschieht entweder durch Vorhänge oder die weiter hinten zu betrachtenden Schiebewände. Ausser diesen gewöhnlichen Klassenräumen, die nur bewegliche Stühle und einen Tisch aufweisen (Pulte sind nicht erwünscht) und für Kinder von 7 bis 13 Jahren dienen, wird bei jeder Sonntagsschule noch ein besonderer Raum für die ganz Kleinen (4 bis 7 jährigen Kinder) gewünscht. Dieser hat immer amphitheatralisch aufsteigendes festes Gestühl, ist viel grösser als die gewöhnlichen Klassen und wird mit Vorliebe etwas abseits gelegt, damit die lärmendere Art des Umgangs mit den Kleinen die andern Klassen nicht stört. Man ordnet die Kleinkinderschule meist ausserhalb des Zuges der übrigen Klassen an, indem man entweder einige Räume anderer Art zwischen sie und die Klassen legt wie in Text-Abb. 72 und 73, oder für sie ein besonderes Gebäude errichtet, wie in Text-Abb. 62. Ferner werden zumeist einige grössere Klassen für halberwachsene Schüler (solche von 13 bis 17 Jahren) oder für solche Erwachsene verlangt, die eine besondere christliche Belehrung wünschen. Am liebsten werden solche Klassen nahe dem Haupteingang des Gebäudes angelegt und sind besonders zugänglich. An nothwendigen Nebenräumen ist das Zimmer des Directors und das des Sonntagsschulsecretärs zu erwähnen, ferner ein Gelaß für eine kleine Büchersammlung. Ausserhalb und von einem Hofe zugänglich sind getrennte Abortanlagen für Knaben und Mädchen nöthig, deren Anordnung sich von gewöhnlichen Schulaborten nicht unterscheidet. Als dringend erwünscht wird ein Raum betrachtet, in welchem eine Unterweisung und Vorbereitung der Sonntagsschullehrer durch den Prediger erfolgen kann. Schliesslich ist die Anlage einer Galerie erwünscht, von der aus die Eltern besonderen Veranstaltungen der Sonntagsschule beiwohnen können. Sie wird zumeist über den das Erdgeschoss einnehmenden Klassen, oder über einem Theile derselben angebracht. Hier und da gehen indes die Klassen durch zwei Stockwerke, wobei dann nur eine Seite des Saales, etwa die dem Rednerpult gegenüberliegende, für die Galerie freigegeben wird.

Bewegliche
Wände.

In der Construction der Sonntagsschule sowie überhaupt der kirchlichen Lehrklassen ist die wichtigste Eigenthümlichkeit die Anordnung verschiebbarer Vorder- oder auch Zwischenwände, eine Einrichtung, die in England auch in Schulen und Versammlungsräumen anderer Art ganz alltäglich ist, bei uns aber noch ziemlich unbekannt zu sein scheint. Die häufig wechselnden Bedürfnisse dieser Klassen sowie des Schul- und Gemeindelebens überhaupt liefsen eine gewisse Dehnbarkeit der Anlage ganz besonders erwünscht erscheinen. Man erreicht sie eben durch bewegliche Wände, durch welche man leicht zwei kleine Räume zu einem grösseren machen, einem Saal ein Zimmer anschliessen, ja selbst, wie bereits erwähnt, den Vortragssaal oder die Mittelhalle der Sonntagsschule zur Kirche hinzuziehen kann. Die verschiedenen Einrichtungen hierfür lassen sich in zwei Klassen theilen: in Rollladenverschlüsse und verschiebbare Wände. Die ersteren sind ganz und gar nach der Art der Straßenschlüsse unserer Läden eingerichtet, indem an der Stelle, wo die Abtrennung stattfinden soll, Rolllädenkästen an der Decke angebracht sind, aus denen der Rollverschluss heruntergezogen wird. Man

bedient sich hierzu einer Stange mit einem Haken, welcher in eine aus dem Kasten herausragende Oese faßt. Der Verschluss hat den Vortheil, in aufgerolltem Zustande keinen Platz von der Grundfläche des Zimmers wegzunehmen. Die Kosten betragen für die fertig angebrachte Einrichtung 32 bis 36 *M* für das Quadratmeter. Ein vollkommenerer und auch für das Aussehen angenehmerer Verschluss ist der der zusammenklappbaren Schiebewände (Text-Abb. 74). Die Einzeltheile der Wand sind gegen einander in Charnieren beweglich, und jeder Theil wird in seiner senkrechten Mittelachse oben und unten in einer Nuth festgehalten. Die Führung geschieht aufs leichteste, da neuerdings für die Achsen der Bewegungs-

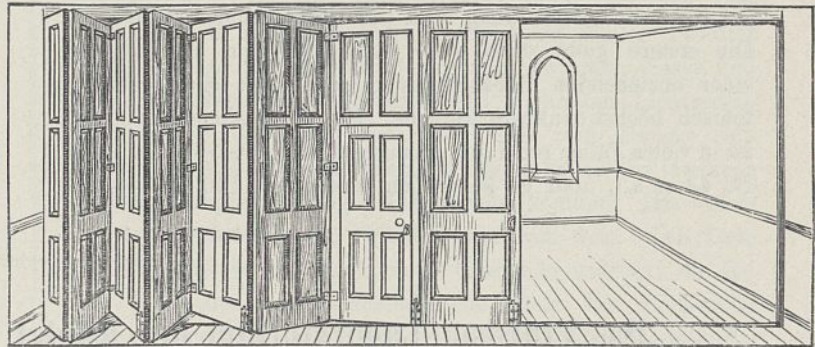
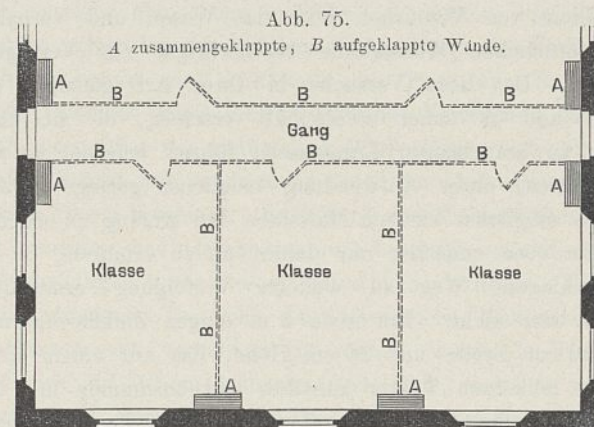


Abb. 74. Zusammenklappbare Schiebewände.

räder Kugellager angewandt werden.*) Die Thüren falten sich senkrecht zur Nuth seitlich an die Wand und können sofort durch eine einzelne Person zum Abschluss des Zimmers



auseinandergezogen werden. Dieser Verschluss durch Schiebewände hat den großen Vortheil, daß die Wände, wie es zumeist geschieht, in ihrer oberen Hälfte verglast werden können und so die Lichtzufuhr nach einem nach dem Innern des Gebäudes hin abgegrenzten Theile ermöglichen. Mit Hülfe dieser Schiebewände kann auf diese Weise, wie die Text-Abb. 75 veranschaulicht, ein Saal vollständig in Klassen aufgetheilt werden. In einzelnen Abtheilungen der Wand sind Verbindungsthüren angebracht. Andere Arten von Abschlüssen bestehen in grösseren unverbundenen Thüren, welche in der Nuth einzeln an ihren Platz geschoben werden. Der Preis für Schiebewände beträgt 27 bis 35 *M* fertig eingerichtet.

In vielen Fällen, besonders wenn es sich um kleinere Anlagen handelt, muß die Sonntagsschule zugleich als Vor-

*) Wilks' Patent, The North of England School Furnishing Co., Darlington, ferner Peace u. Norquoy, Manchester, und verschiedene andre Firmen.

trags- und Geselligkeitssaal sowie zu Gemeindeversammlungen dienen. Dann hat der Mittelraum derselben dem doppelten Zweck angepaßt zu werden, die nöthigen Nebenräume, wie Küche usw. treten dann neben den Klassen auf, wie dies in dem Beispiele Text-Abb. 72 der Fall ist.

Verbindung
von Kirche
und Neben-
anlagen.

Die Nebenanlagen stehen mit der Kirche in den meisten Fällen in unmittelbarer Verbindung, nur selten kommt eine örtliche Trennung vor, die auch schon aus Verwaltungsgründen unbeliebt ist. Ist sie unvermeidlich, so giebt man dem Sonntagsschulgebäude gern ein halbkirchliches Gepräge, wie es die in den Text-Abb. 55 und 71 dargestellten, alleinstehenden Sonntagsschulen aufweisen. In den gewöhnlichen Fällen einer festen Verbindung mit der Schule strebt man, wie erwähnt, der Nebeneinanderordnung statt der Uebereinanderordnung zu. Die erstere giebt dann stets Gelegenheit zur Entwicklung einer anziehenden Gebäudegruppe und bildet eine architektonisch höchst dankbare Aufgabe. Sie entsprechend zu lösen, ist in vielen Fällen recht gut gelungen (Text-Abb. 56, Abb. 1 u. 3 Bl. 44 u. a.), und es liefse sich eine ganze Blütenlese an-

sprechender Bauten aus den vorhandenen Beispielen zusammentragen, die als musterhaft gelten können. Die architektonische Schwierigkeit liegt ja in solchen Fällen wohl meist darin, den Kirchentheil kirchlich und den profanen Theil profan zu gestalten und doch dem Ganzen einen einheitlichen Ausdruck zu geben. Andererseits wird aber gerade die größere Bedeutung der Kirche, die sich ja auch schon in den größeren Höhenmaßen ausspricht, eine natürliche Handhabe geben, die ganze Baugruppe von dieser beherrschen zu lassen und so dem Gedanken sinnbildlich Ausdruck zu geben, daß das ganze auf Menschenfreundlichkeit, brüderliche Unterstützungsbereitschaft und harmlose Geselligkeit gerichtete Gemeindeleben die kirchliche Gemeinschaft zum Mittelpunkte hat, und daß die Kirche nicht nur eine Stätte der Anbetung, sondern auch die natürliche Beherrscherin, der Ausgangspunkt und der Inbegriff aller Menschlichkeitsbestrebungen zu sein hat.*) (Schluß folgt.)

*) Die hier erörterten Grundsätze des Sectenkirchenbaues werden in einer weiteren Reihe von Beispielen Erklärung finden, die aus Platzmangel leider erst im Schlußtheil veröffentlicht werden können.

Das Flufsbau-Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule in Dresden.

(Mit Abbildungen auf Blatt 47 bis 49 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Als ich im Herbst 1890 mein Lehramt an der Technischen Hochschule in Dresden antrat, wurde mir das hydraulische Laboratorium der mechanischen Abtheilung zur Vornahme von Versuchen über das Wesen und Verhalten der natürlichen Wasserläufe bereitwilligst zur Verfügung gestellt. Da diese Versuche in ihrer Art gänzlich neu waren und es daher zweifelhaft erschien, ob sie überhaupt zu brauchbaren Ergebnissen führen würden, so war es geboten, unter Aufwendung möglichst geringer Mittel, d. h. in möglichst kleinem Mafsstabe den Anfang zu machen. Es kam eben zunächst nur darauf an zu erfahren, ob der eingeschlagene Weg zu weiterer Verfolgung ermuthigen würde oder nicht. Ein etwa 6 m langes Zinkblechgerinne von 40 cm Breite und 10 cm Höhe, das auf einem tischartigen hölzernen Träger aufruhete und zusammen mit diesem eine beliebige Längenneigung erhalten konnte, wurde, nachdem der flache Gerinneboden mit einer Sandschicht bedeckt war, durch Vermittlung eines Hochbehälters mit Leitungswasser gespeist. Am Ende des Gerinnes befanden sich ein Sandfang und Eichgefäß: das war im wesentlichen die ganze Versuchseinrichtung. Die in diesem Gerinne von mir angestellten Untersuchungen über den Schutz von Strompfeiler-Fundamenten gegen Unterspülung habe ich in dieser Zeitschrift veröffentlicht.¹⁾ Aber schon vorher hatte mir das Gerinne werthvolle Aufschlüsse über das Wesen und Verhalten der natürlichen Wasserläufe gegeben, Aufschlüsse, die ich in einem Beitrage zum internationalen Ingenieur-Congresse in Chicago 1893 verwerthen konnte.²⁾ Vor allem aber hatte ich erkannt, ein wie wichtiges, ja unentbehrliches Hilfsmittel für meine Vorlesungen schon das kleine Laboratorium

gebildet hatte. Andererseits aber hatte sich auch herausgestellt, daß das Laboratorium nicht gleichzeitig meinen Zwecken und denen der Maschinenbau-Abtheilung dienen konnte. Ich mußte mich bei meinen Arbeiten hauptsächlich auf die Ferien beschränken, werthvolle und langwierige Versuche erlitten häufig eine sehr unliebsame Unterbrechung. Auch war der verfügbare Raum zu klein, um einer größeren Zahl von Studirenden Versuche vorführen zu können.

Mittlerweile war die Errichtung eines Gebäudes für die Zwecke der Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege und des hygienischen Unterrichts an der technischen Hochschule auf dem Grundstücke der letzteren beschlossen worden, und dank dem Entgegenkommen der beteiligten Behörden wurde mir ein größerer und hellerer Kellergeschofsraum im besagten Neubau für die Errichtung eines „Flufsbau-Laboratoriums“ überwiesen. Das letztere konnte im October 1898 in Betrieb genommen werden.

Zweck des Laboratoriums.

Wissenschaft und Kunst des Wasserbaues sind auf Beobachtung und Erfahrung aufgebaut. Der Wasserbaumeister soll bei seinen baulichen Mafsnahmen Naturkräfte so leiten und bis zu einem gewissen Grade beherrschen, daß der Zweck dieser Mafsnahmen in möglichst wirtschaftlicher Weise und möglichst vollkommen erreicht wird. Dazu bedarf es aber in erster Linie der Kenntniß der Naturvorgänge selbst, einer Kenntniß, die nur durch Beobachtungen erlangt werden kann. „Die unbefangene und methodische Untersuchung, die von genauen Beobachtungen ausgeht, ist aber nichts anderes, als die Theorie in der wahren Bedeutung des Wortes“, so sagt G. Hagen in dem klassischen Vorwort zur 1. Auflage seines Seeufer- und Hafenbaues. Das Laboratorium ist nun hauptsächlich in der Absicht angelegt, solche genauen Beobachtungen auf einem bisher experimen-

1) Vgl. Jahrg. 1894 d. Zeitschr. S. 407 ff. u. Atlas-Bl. 52 u. 53.

2) Civil-Ingenieur, Jahrg. 1893 S. 563 und Centralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1894 S. 66 u. 82. 83.

tell noch wenig betretenen Gebiete zu ermöglichen, d. h. die Wirkungen des fließenden Wassers auf die Gestaltung der beweglichen Flufssohle mit und ohne Einwirkung von Flufsbauwerken zu erforschen. Wenn auch über die Nothwendigkeit solcher Forschungen unter den Fachgenossen keine Zweifel bestehen werden, so kann ich es mir doch nicht versagen, aus dem vorerwähnten Hagenschen Vorworte noch folgende Stelle anzuführen:

„Vorzugsweise sind die Erfolge derjenigen baulichen Anlagen noch sehr unsicher, welche die dabei beabsichtigten Zwecke nicht unmittelbar herbeiführen, die vielmehr das Wasser zu gewissen Wirkungen veranlassen sollen. Hierher gehören beispielsweise die Buhnen. Die Erfahrung hat zwar auch bei ihnen zu manchen Regeln geführt, aber zur klaren Einsicht in ihre Wirkungen und dadurch zur Entscheidung über ihre zweckmäßigste Anordnung ist man noch keineswegs gelangt. Selbst die Frage, unter welchen Verhältnissen das Wasser den Boden angreift, ist bisher nicht genügend beantwortet. Ebensovwenig kennt man die Bewegungen, welche diese Werke bei den verschiedenen Wasserständen veranlassen. Aehnlichen Zweifeln begegnet man in allen Einzelheiten, und der Zusammenhang der ganzen complicirten Erscheinung in der Ausbildung eines Strombettes oder eines Ufers ist noch vollständig dunkel. Der größte Uebelstand besteht aber darin, daß dieser Mangel gar nicht erkannt wird, vielmehr die Ansicht verbreitet ist, daß jene Theorien schon so vollständig über alles Aufschluß geben, wie dieses von Theorien nur erwartet werden kann. So lange diese Auffassung gilt, eröffnet sich keine Aussicht auf gedeihliche Förderung der Wissenschaft und Technik. Es ist daher nothwendig, die bestehenden Mängel unumwunden aufzudecken, und zugleich die Wege zu bezeichnen, die in anderen empirischen Wissenschaften zu Erfolgen geführt haben. Den angehenden Wasserbaumeistern fehlt es weder an der nöthigen allgemeinen Vorbildung, noch an lebhaftem Interesse für ihr Fach, und wenn der spätere Dienst sie auch oft vollständig in Anspruch nimmt, so werden sie doch, sobald sie die Mängel und die Mittel zu deren Verbesserung kennen, jede Gelegenheit wahrnehmen, um wichtige Erscheinungen wenigstens sicher festzustellen. Vielfach werden sie alsdann aber auch sich bemühen, den Zusammenhang derselben mit anderen Erfahrungen und mit den allgemeinen Naturgesetzen aufzuklären. Es kommt sonach zunächst darauf an, daß sie vor dem blinden Glauben an Autoritäten gewarnt, und daran gewöhnt werden, selbst zu sehen und zu beobachten, und selbst zu urtheilen.“

In den letzten Worten ist die zweite Aufgabe des Laboratoriums ausgesprochen: Der Studirende soll in ihm zum Selbstsehen und Selbstbeobachten im Hagenschen Sinne angeleitet werden, nachdem er im Hörsaale erfahren hat, auf welchem Wege gewisse Theorien entstanden sind, nachdem er von der Nothwendigkeit überzeugt worden ist, die Gültigkeitsgrenzen dieser Theorien auf die Fälle zu beschränken, die thatsächlich die Voraussetzungen erfüllen, unter denen die Theorien entstanden sind, nachdem er die Lückenhaftigkeit so mancher Rechnungsunterlage erkannt hat und somit zu der Einsicht gelangt ist, daß eine gesunde Erweiterung

der wissenschaftlichen Grundlagen seines Faches nur durch Vermehrung von Beobachtungen zu erwarten ist.

Beschreibung des Laboratoriums (Bl. 47).

Voranschickend sei bemerkt, daß ich auf die Bemessung der Größenverhältnisse des mir zur Verfügung gestellten Raumes keinen Einfluss hatte, vielmehr den Hauptbestandtheil des Laboratoriums, das Versuchsgerinne, diesem Raume anzupassen hatte. So war zunächst die Länge des Gerinnes durch die Länge des Raumes innerhalb enger Grenzen gegeben. Die Lage des Gerinnes ergab sich durch die Rücksicht auf die natürliche Beleuchtung längs der südlichen Außenwand. Da die Deckenträger durch die aus den Abb. 2 und 3 Bl. 47 ersichtlichen eisernen Säulen gestützt werden, so mußte das Gerinne in dem zwischen diesen und der Außenwand verbleibenden 3,73 m breiten Lichtraume eingebaut werden, und zwar so, daß zum Zwecke von Messungen und Beobachtungen auf beiden Seiten des Gerinnes bequeme Gangbahnen angeordnet werden konnten. Das führte zu der größtmöglichen Gerinnebreite von 2 m. Die Tiefe des Gerinnes wurde durch zwei Umstände bedingt: die bei den Versuchen noch größtmögliche Tiefe des fließenden Wassers und die Stärke der das Bett bildenden Sandschicht. Bezüglich der ersteren hatten mich meine in der Einleitung erwähnten Vorversuche dahin belehrt, daß es nicht empfehlenswerth sei, die mittlere Tiefe des fließenden Wassers über 10 cm anwachsen zu lassen, weil dann die so wichtige und unerläßliche Verfolgung der Bewegungsvorgänge auf der Sohle sich zu sehr dem Auge entzieht. Andererseits ergibt sich alsdann selbst bei der größtmöglichen Breite des Flusses von 200 cm bereits ein Verhältniß der Tiefe zur Breite von 1:20, welches schon eine weitgehende Verzerrung nach der Tiefe gegenüber den natürlichen Wasserläufen bedeutet. Die größte Stärke der Sandschicht unter der Flufsbettsohle habe ich zu 10 cm bemessen. Auf Grund von Vorversuchen durfte ich erwarten, und das hat sich auch bestätigt, daß die Sohlenauswaschungen unter diesem Maße bleiben würden. Um aber rein hydraulische Versuche, Ausflußversuche, Bestimmung von Staucurven usw. vornehmen zu können, wurde die Tiefe des Gerinnes auf 40 cm bemessen, ein Maß, welches sich als ausreichend erwiesen hat. Die das Gerinne durchfließende Höchstwassermenge wurde entsprechend den Gerinneabmessungen auf 30 Liter/Sec. festgesetzt. Bei einer größeren Wassermenge würde die Beruhigung des Wassereintrittes in das Gerinne die Anlage einer so großen Vorkammer nothwendig gemacht haben, daß die nutzbare Gerinnelänge zu klein ausgefallen wäre. Da aber schon bei einem unausgesetzten Durchflusse von nur 4 Liter/Sec. die unmittelbare Wasserentnahme aus der städtischen Leitung zu Unzuträglichkeiten bezüglich der Wasserversorgung der benachbarten Häuser geführt haben würde, so ist das Gerinne zwischen zwei je 2000 Liter fassende eiserne Behälter, einen hoch und einen tief liegenden, so eingeschaltet, daß während der Versuche das künstlich zu hebende Wasser einen ständigen Kreislauf vom Hochbehälter durch das Gerinne nach dem Tiefbehälter und zurück nach dem Hochbehälter macht. Aus der Rohrleitung *r* (Abb. 2 und 3 Bl. 47) wird der Tiefbehälter mit Leitungswasser gefüllt. Eine Kreiselpumpe fördert das Wasser aus diesem durch die 125 mm Rohrleitung in den Hoch-

behälter, nach Öffnen des an letzterem angebrachten Schiebers tritt das Wasser in das Gerinne und fließt durch dieses in den Tiefbehälter zurück. Sind also beide Behälter einmal ganz oder theilweise gefüllt, so findet ein weiterer Verbrauch von Wasser, abgesehen von den Verlusten, die regelmäsig durch Verdunstung und ausnahmsweise bei der Eichung der durchfließenden Wassermenge entstehen, nicht statt. Die Menge des durchfließenden Wassers wird in einfachster Weise durch den verschiedenen Füllungsgrad der Behälter und entsprechende Schieberstellung geregelt. Anfänglich hatte ich beabsichtigt, die Pumpe durch einen von der städtischen Wasserleitung zu betreibenden Schmidtschen Wassermotor zu bewegen. Die weiteren Erwägungen führten aber zur Wahl eines vierpferdigen, von dem städtischen Elektrizitätswerk betriebenen Elektromotors, da die Betriebskosten desselben, abgesehen von dem Fortfall der Rohrleitung, nur etwa ein Viertel von denen eines Schmidtschen Motors betragen.

Die Bestimmung der durchfließenden Wassermenge erfolgt durch Eichung: neben dem Tiefbehälter befindet sich das cylindrische gußeiserne ausgedrehte Eichgefäß von 1000 Liter Inhalt, in welches das durch die Oeffnung *o* ausfließende Wasser durch Zurückschieben einer verschiebbaren Rinne übergeleitet werden kann. Das in das Eichgefäß geflossene Wasser wird nach seiner weiter unten noch zu beschreibenden Messung in der aus Abb. 2 Bl. 47 ersichtlichen Weise in den städtischen Straßencanal abgeführt. In denselben Canal können Gerinne und Behälter, wie aus Abb. 2 Bl. 47 ersichtlich ist, entleert werden. Behufs Gewinnung der hierzu nöthigen Vorfluth mußten Tiefbehälter und Eichgefäß auf die Sohle des Laboratoriumsraumes aufgesetzt werden. Das bedingte die aus der Abbildung ersichtliche Höhenlage des Gerinnes. Daher mußten auch die hölzernen Gangbahnen zu beiden Seiten des Gerinnes entsprechend hoch angelegt werden, sie sind durch Treppen zugänglich. Behälter, Pumpe, Elektromotor und Eichgefäß sind so angeordnet, daß sie bei bequemer Zugänglichkeit dem Gerinne die größtmögliche Längenabmessung sichern. Die nutzbare Länge des Gerinnes ergab sich einmal durch die Nothwendigkeit, das aus dem Hochbehälter tretende Wasser vor seinem Eintritt in das Gerinne in einer Vorkammer zu beruhigen, zum anderen dadurch, daß der vom Wasser mitgeführte Sand vor dem Austritte des Wassers in den Tiefbehälter in einem Sandfange zurückbehalten werden mußte. Da aber die verfügbare Gesamtlänge schon an und für sich sehr klein war, so mußten diese Theile mit möglichst geringen Abmessungen ausgeführt werden, um eben die Nutzlänge des Gerinnes nicht zu sehr zu beschränken. Demgemäß ist die Vorkammer nach Abb. 1 Bl. 47 so ausgeführt, daß das obere Gerinne-Ende auf 57 cm Länge mit Zinkblech abgedeckt ist. An diese Abdeckung schließt sich eine lothrechte Zinkblechwand an, zwischen deren unterem Rande und Gerinnboden eine 10 cm hohe Austrittsöffnung verbleibt. In der Kammer selbst ist noch zwischen dieser Wand und dem Schieberrohr ein Zinkblechsteg auf die Sohle so aufgesetzt, daß ein 10 cm hoher Spalt zwischen Steg und oberer Decke verbleibt. Der daraus sich ergebende Weg des Wassers ist in Abb. 1 Bl. 47 durch Pfeile angedeutet. An das untere Ende des Gerinnes schließt der im Grundrisse trapezförmige Sandfang an (Abb. 1 u. 2 Bl. 47). Oberhalb der in seinem Boden angebrachten und

durch eine in der Abbildung nicht dargestellte Klappe zu regelnden Ausflußöffnung *o* befinden sich lothrechte, 10 cm hohe Zinkblechstege, zwischen denen sich der vom Wasser mitgerissene Sand ablagert. Man kann daher mit der größten Genauigkeit die Menge der durchgeführten Sinkstoffe messen.

Die bauliche Ausgestaltung des Gerinnes ist in den Abb. 1 bis 3, 5 u. 6 Bl. 47 so ausführlich dargestellt, daß eine Beschreibung derselben hier überflüssig ist. Nur das sei hervorgehoben, daß die Gerinneträger an ihrem oberen Ende auf Kipplagern und unten durch Vermittlung eines Querträgers auf zwei Hebeschrauben aufruhe. Die letzteren können durch eingesteckte Hebel gedreht werden, sodas damit die Möglichkeit gegeben ist, die Längenneigung des Gerinnes innerhalb gewisser Grenzen zu verändern. Die Zuführung von Sand erfolgt durch zwei über dem Wassereinlauf angebrachte Zinkblechtrichter, von denen der eine in Abb. 1 Bl. 47 dargestellt worden ist. Diese Zinkblechtrichter sind an einer an der Decke befestigten Rundeisenstange so aufgehängt, daß sie von Hand in langsame Schwingungen quer zur Gerinnachse versetzt werden können. Dabei fließt der Sand in sehr gleichmäßiger Vertheilung in den Zwischenraum vor der Ausflussspalte und wird aus diesem von dem herausquellenden Wasser sehr gleichmäßig mitgenommen.

Der Fußboden unter dem Gerinne ist durch eine Sandsteinschwelle (Abb. 3 Bl. 47) gegen den übrigen Raum abgetrennt und mit einem Längengefälle 1:100 versehen, sodas etwa überlaufendes Wasser nicht in den eigentlichen Laboratoriumsraum treten kann. Zur Aufbewahrung des Sandes dienen die aus den Abbildungen ersichtlichen gemauerten Behälter; nach Hochziehen eines eisernen Schiebers fließt der Sand aus diesen in vorgestellte Eimer ab.

Messungsvorrichtungen.

Da die Abmessungen des Gerinnes nur einen im Verhältniß zu den in der Natur vorkommenden Größen sehr kleinen Maßstab der Versuche gestatten, so war für alle Messungsvorrichtungen die größte Schärfe und Genauigkeit nothwendig. Bei den Versuchen handelt es sich um folgende Messungen: 1. Messung der durchfließenden Wassermenge, 2. Bestimmung der Menge des abgeführten Sandes, 3. Aufnahme von Querschnitten, 4. Messung des Wasserspiegelgefälles.

1. Messung der durchfließenden Wassermenge (Abb. 1 und 4 Bl. 47). In dem gußeisernen Eichgefäß ist ein fester, unten und oben offener Zinkblechcylinder so angebracht, daß zwischen dessen unterem Rande und dem Gefäßboden ein ringförmiger Spalt von 30 mm Höhe verbleibt, durch den das in das Eichgefäß fließende Wasser in den Cylinder eintritt. In dem Zinkblechcylinder bewegt sich unter Vermittlung von drei Führungsrollen eine Schwimmerglocke aus Weißblech. Oben an dem Schwimmer ist eine mit Wachs getränkte Seidenschnur befestigt, die, in der gezeichneten Weise über Rollen geführt, an ihrem anderen Ende einen hinreichend schweren hufeisenförmigen Messingbügel trägt, zwischen dessen kugelförmigen Schenkel-Enden ein schwarzes Roßhaar wagerecht eingespannt ist. Der Bügel bewegt sich vor einem an der Wand befestigten lothrechten Holzpfosten, der in der gezeichneten Weise mit Spiegelglas belegt ist. Auf letzterem ist ein in Millimeter eingetheilter

schmaler Papierstreifen aufgeklebt. Die Ablesung erfolgt so, daß das Auge das Rofshaar und sein Spiegelbild sich genau deckend sieht: dadurch ist jeder durch die Parallaxe entstehende Ablesungsfehler ausgeschlossen und eine sehr große Schärfe der Ablesung, bis auf Zehntelmillimeter, erreicht worden. Durch genaue Wägungen des mit Eimern in das Eichgefäß geschütteten Wassers ist der Ablesungswert genau bestimmt worden: 1 mm Höhe, also bei der gewählten Rollenführung 0,5 mm Schwimmerweg entspricht 0,336 Liter Wasser. Bei der Eichung bedient man sich eines sehr genauen Zeitmessers, der die Ablesung von Zehntelsekunden gestattet.

2. Bestimmung der Menge des abgeführten Sandes. Die bei den Studien über die Sinkstoffbewegung sehr wichtige Bestimmung der Menge des abgeführten Sandes erfolgt einfach so, daß nach Ablassen des Wassers der Sandfang vorsichtig geleert und der herausgenommene Sand durch Messung in geeichten Gefäßen bestimmt wird.

3. Aufnahme von Querschnitten (Abb. 5 bis 7 Bl. 47). Die wagerechten Schenkel der die Seitenwände des Gerinnes oben säumenden und aussteifenden Winkel-eisen sind alle Decimeter durchbohrt. Die Verbindungslinie je zweier einander entsprechenden Bohrlöcher steht genau senkrecht zur Längsachse des Gerinnes und hat von Mitte zu Mitte Bohrloch gemessen überall genau dieselbe Länge. In diese Bohrlöcher wird ein eiserner Fachwerkträger mit einander parallelen Gurtungen durch Vermittlung von zwei Zapfen eingesetzt, von denen der eine fest ist, während der andere das untere Ende einer Stellschraube bildet. Auf der unteren Gurtung befindet sich die aus Abb. 5 Bl. 47 ersichtliche Röhrenlibelle, die mit Hilfe der Stellschraube zum Einspielen gebracht wird. Alsdann liegt auch die obere Trägergurtung genau wagerecht. Die ganze Vorderfläche des Trägers ist mit einer polirten Mahagonitafel versehen. An dem einen über das Gerinne hinaus verlängerten Ende ist ferner an dem Träger eine um eine lothrechte Achse drehbare Trommel befestigt, auf der Zeichenpapier aufgerollt ist. Dieses läßt sich durch Abwicklung quer über die Mahagonitafel ziehen und mittels der beiden Klemmen *kk* (Abb. 6 Bl. 47) festspannen. Auf der oberen, sorgfältig gehobelten Gurtung läuft nun durch Vermittlung der beiden Messingrollen *qq* die Schreibvorrichtung. Diese besteht (Abb. 6 Bl. 47) aus einem rechteckigen Metallrahmen *R*, an dem zwei gleichlange Arme *aa* gelenkartig befestigt sind. Diese beiden Arme sind an ihrem anderen Ende durch eine Stange *b* ebenfalls gelenkartig mit einander verbunden. Unten endigt die Stange *b* in einer Messingwalze *w*. An *b* ist nun eine Zeichfeder *f* befestigt, die durch eine Feder sanft gegen das Papier gedrückt wird. In der in Abb. 6 Bl. 47 gezeichneten Lage schreibt die Zeichfeder die wagerechte sogenannte Null-Linie, die, wie unter 4. dargethan werden wird, für die Feststellung des Wasserspiegelgefälles unerläßlich ist. Soll nun ein Querschnitt aufgezeichnet werden, so wird nach Schreiben der Null-Linie (und nachdem das Wasser abgelassen worden ist) eine bei *c* befindliche Feststellvorrichtung gelöst: infolge dessen senkt sich die Stange *b*, bis die Walze *w* auf der Bettsohle aufruhet. Da der feuchte Sand jedoch sehr weich ist und daher schon einem geringen Drucke nachgibt, so wird das Eigengewicht der Schreibvorrichtung durch die

ein Gegengewicht *g* tragende Schnur *h* in der gezeichneten Weise zum Theil aufgehoben. Es ist nunmehr aus Abb. 6 Bl. 47 ohne weiteres ersichtlich, daß mit Hilfe der beschriebenen Vorrichtung eine vollkommen naturgetreue Zeichnung des Bettquerschnittes dadurch erhalten wird, daß man den Schreibwagen behutsam über den Träger schiebt bzw. zieht.³⁾

Die Höhenlage des Trägers bzw. der Null-Linie in den Meßstellen wird mit Hilfe eines Nivellirinstrumentes bestimmt, das seinen ständigen Platz bei unveränderter Höhenlage auf einer gußeisernen Plattform erhalten hat, die an eine der eisernen Säulen angeschraubt ist (Abb. 2 und 3 Bl. 47). Zu dem Ende wird eine auf die untere Gurtung des Trägers aufgesetzte und in Millimeter eingetheilte Nivellirplatte *m* anvisirt. Die Visirebene mußte hierbei über der oberen Trägergurtung liegen, und das bedingte die gewählte Höhenlage des Nivellirinstrumentes.

4. Messung des Wasserspiegelgefälles (Abb. 5 bis 7 Bl. 47). Um die während des Durchflusses in den aufzunehmenden Querschnitten vorhandenen Wasserspiegelhöhen zu bestimmen, wird auf die obere Trägergurtung ein Schlitten *i* aufgesetzt, der einen in Millimeter getheilten und unten in eine feine Metallspitze endigenden Maßstab *l* trägt. Der Maßstab wird mit Hilfe einer Druckrolle *p* so eingestellt, daß seine Spitze genau den Wasserspiegel berührt. Alsdann liest man mittels eines am Schlitten fest angebrachten Nonius *n* ab. Wie in Abb. 6 Bl. 47 zeichnerisch erläutert ist, muß zur Eintragung des so eingemessenen Wasserspiegels in den später geschriebenen Querschnitt vorher die Noniusconstante durch Messung bestimmt werden, bei welcher die untere Spitze von *l* in der durch die Walze *w* gezogenen Wagerechten liegt. Der Unterschied zwischen dieser Constanten und der Wasserspiegelablesung ergibt den Abstand *d* des Wasserspiegels von der Null-Linie.

Die Ausbildung der Flufsbauwerke.

Zur Bildung der Flußläufe bediene ich mich Sandes verschiedener Korngröße, den ich theils durch Sieben des hier gebaggerten Elbsandes, theils in feinerem und feinstem Korn durch Sieben des auf den hiesigen rechtseibischen Höhen lagernden feinen Diluvialsandes erhalte. Da der von mir benutzte Sand rein ausgewaschen und daher gänzlich cohäisionslos ist, so muß ich die unmittelbar vom fließenden Wasser bestrichenen Ufer, soweit sie nicht durch vorgebaute Bühnen oder Parallelwerke geschützt sind, künstlich befestigen. Ferner stand ich vor der Aufgabe, auch für die übrigen Flufsbauwerke, wie Bühnen, Parallelwerke und Grundschwelle eine für Modellversuche geeignete Bauweise zu ersinnen. Darüber war ich mir von vornherein klar, daß die zu wählende Bauart folgenden Anforderungen entsprechen mußte. Die Bauwerke mußten zunächst so schwer sein, daß sie vom strömenden Wasser nicht fortgetragen werden können. Sie mußten zweitens so beschaffen sein, daß sie allen Aenderungen, die die leicht beweglichen Ufer und Sohle unter der

3) Da das untere Ende der Stange *b* nicht in einer Spitze endigt, so ist eine von dem Durchmesser der Walze *w* und von der Neigung der Uferböschungen abhängige kleine Berichtigung der geschriebenen Uferlinien nachträglich vorzunehmen.

Einwirkung des fließenden Wassers erleiden, selbstthätig sich anpassen, ohne dabei ihren Zusammenhang zu verlieren. Endlich war es sehr erwünscht, daß sie leicht und rasch aus dem Sande herausgenommen werden könnten, ohne in diesem einzelne ihrer Bestandtheile zurückzulassen, daß also eine Verunreinigung des Sandes, die nur durch langwieriges Sieben hätte beseitigt werden können, ausgeschlossen blieb. Nach zahlreichen und mühsamen Vorversuchen, deren Schilderung ich hier unterlasse, kam ich schliesslich dazu, alle meine Bauwerke aus kleinen, mit feinstem (1,25 mm) Bleischrote gefüllten Leinwandsäckchen herzustellen. Die gefüllten Säckchen haben bei 65 mm Länge und 40 mm Breite eine Dicke von 10 mm und wiegen 158 g. Natürlich sind auch andere Mafse zulässig, so lange nur die erstgenannte Bedingung erfüllt bleibt. Es hat sich als das beste herausgestellt, zu den Säckchen ungebleichte feine Leinwand zu verwenden, da diese, wie durch eigens dazu angestellte Untersuchungen festgestellt ist, die längste Dauer aufweist. Es bilden sich nämlich bald im Innern der im Wasser liegenden Säckchen Bleisalze, welche das Leinwandgewebe allmählich zerstören, sodafs eine Erneuerung der Säckchen von Zeit zu Zeit sich als Nothwendigkeit herausgestellt hat. Die Säckchen dürfen nur so weit gefüllt werden, daß sie noch bildsam bleiben. Mit Hilfe derselben lassen sich in der That in überraschend einfacher und zweckmäßiger Weise alle hier in Frage kommenden Bauten herstellen. Da sie in der Zahl von mehreren Tausend gebraucht werden, so sind für ihre Lagerung besondere Holzgestelle (Abb. 2 und 3 Bl. 47) beschafft, die oben einen rostartigen Lattenbelag tragen, auf welchem die Säckchen sehr gut abtrocknen.

Die bisherigen Versuche und ihre Ergebnisse.

Zunächst seien kurz die Versuche aufgezählt, die in Ergänzung und zur Unterstützung meiner Vorträge lediglich dazu dienen, den Studirenden Gelegenheit zu eigenen Beobachtungen und Messungen zu geben und ihnen gewisse Erscheinungen und Wirkungen zu veranschaulichen. Im Anschlusse an die Vorträge über Grundbau benutze ich z. B. das Gerinne dazu, die Kolkbildungen an Brückenpfeilern vorzuführen bzw. durch Versuche zu zeigen, welchen Gefahren die Strompfeiler insbesondere bei Hochwasser ausgesetzt sind. Es ist vielleicht nicht überflüssig hervorzuheben, daß die in dem jetzigen Gerinne angestellten Versuche zu genau denselben Ergebnissen führen, wie meine eingangs erwähnten und in dieser Zeitschrift veröffentlichten Versuche, die ja in einem viel kleineren Mafsstabe hinsichtlich der Flufsabmessungen und Wassermenge ausgeführt worden sind: ein weiterer Beweis dafür, daß der Modellmafsstab auf das Wesen der hier eintretenden Erscheinungen keinen Einfluß hat. Zu diesen Versuchen sei weiter bemerkt, daß Herr Prof. Rehbock nach ihrer Veröffentlichung mir einen Peilungsplan von einem Pfeiler der neuen Weserbrücke in Bremen zuschickte, der genau dieselben Sohlenauswaschungen aufwies wie diejenigen, welche ich bei meinen Versuchen mit einem Pfeilermodell übereinstimmender Form erhalten hatte. Im Anschlusse ferner an die Vorträge über Wassermessungen, Berechnung und Wirkung von Stauanlagen lasse ich von den Studirenden die Ausflusssoeffizienten bei Ueberfällen usw. durch Messung bestimmen, die Stauspiegel aufmessen und mit den Rechnungs-

ergebnissen vergleichen⁴⁾: zu dem Zwecke wird ganz am unteren Ende des Gerinnes das Wehr usw. eingebaut. Ich zeige die unterhalb der Ueberfallwehre eintretenden Sohlenauswaschungen usw. Im Anschlusse endlich an die Vorträge über Flufsbau wird den Studirenden durch den Einbau verschiedener Flufsläufe gezeigt, wie sich die Fahrwinne in Krümmungen und geraden Strecken ausbildet, unter dem Einflusse der verschiedenen Wasserstände verändert usw., welche Wirkungen flufsbauliche Mafsnahmen auf das Flufsbett hervorrufen. Dazu gehört in erster Linie die Vorführung der Wirkungsweise der Buhnen. Ich kann nur sagen, und die vielen hervorragenden Fachgenossen, die das Laboratorium besucht haben, werden das bestätigen, daß es in der That überraschend ist, in welcher Anschaulichkeit diese Wirkung sich darstellt sowohl bezüglich der sich bildenden eigenthümlichen Strömungen, als auch hinsichtlich der Umbildungen des Flufsbettes. Die Strömungen werden durch Hollunderkügelchen sehr schön veranschaulicht. Um die Strömungserscheinungen unmittelbar an der Sohle zu zeigen, bediene ich mich kleiner Kügelchen von dem Einheitsgewichte 1. In anschaulichster Weise zeigt sich bei Niedrigwasser, d. h. so lange die Buhnen nicht überströmt werden, die eingehende Strömung längs der Oberwasserseite der Buhne und die ausgehende Strömung längs ihrer Unterwasserseite, es zeigt sich die Rückströmung längs des Zwischenufers usw. Vor allem aber geht von dem Auge des Beobachters die Ablagerung des Sandes gleichzeitig mit der Ausbildung der tiefen Rinne in der Streichlinie vor sich. Es zeigt sich, daß bei Hochwasser die kräftigste Auflandung der Buhnenfelder eintritt. Es läßt sich durch den Versuch der zulässige Abstand zweier Buhnen ermitteln, der je nach Mafsgabe der Flufsbreite, der Krümmung, der Wasser- und Sinkstoffführung sowie der Geschwindigkeitsverhältnisse verschieden groß ausfällt. Es läßt sich in einfachster Weise vor den Augen der Studirenden die verschiedenartige Wirkungsweise der Buhnen je nach ihrer Richtung zum Stromstrich darthun. Auch die für die Bauart der Buhnen maßgebenden Grundsätze ergeben sich ohne weiteres und überzeugend aus dem Versuch: die nicht genügend breit gegründeten und zu steilen Buhnenköpfe versacken z. B. in kürzester Zeit.

Die bisherigen Arbeiten in dieser Beziehung haben sich aber nur auf die Vorführung dieser Wirkungen vor den Studirenden beschränkt. Zu eigenen methodischen Forschungen, die uns vielleicht manche wichtige Aufklärung bringen können, bin ich noch nicht gekommen. Ich muß mir daher vorbehalten, in späteren Veröffentlichungen etwaige diesbezügliche Forschungsergebnisse mitzuthemen.

Dahingegen glaube ich jetzt schon einige Ergebnisse eigener Versuche allein um deswillen ausführlich mittheilen zu müssen, weil ihre Kenntniß für die Beurtheilung der sehr wichtigen Frage unerläßlich ist, ob das Laboratorium auch für andere als Lehrzwecke sich eignet, ob und wie man an kleinen Modellflüssen das Verhalten der natürlichen Wasserläufe ohne und mit Einwirkung flufsbaulicher Mafsnahmen mit Aussicht auf praktischen Erfolg erforschen kann. Zu

4) Leider konnten die Studirenden wegen anderweitiger Ueberhäufung, und weil das Laboratorium für meine eigenen Forschungen gebraucht wurde, solche Arbeiten bisher nur ausnahmsweise ausführen.

dem Ende ist auf dem Versuchswege der Beweis zu liefern, daß der im kleinen nachgebildete bzw. unter der Einwirkung des fließenden Wassers sich selbst ausbildende Modellflufs die charakteristische Eigenart der vorbildlichen Naturstrecke getreu wiedergibt.

Der Modellmafsstab ist je nach der Grundrifsform und gewählten Länge der Naturstrecke durch die Abmessungen des Gerinnes innerhalb enger Grenzen gegeben. Nur bezüglich der in den Modellversuch einzuführenden Wassertiefe herrscht eine gröfsere Bewegungsfreiheit. Davon kann bei den geringen Breitenabmessungen des Modellflusses nicht die Rede sein, das bei gröfseren Wasserläufen in der Natur vorkommende Verhältnifs der mittleren Tiefe zur mittleren Breite auf den Versuch zu übertragen. Man ist vielmehr von vornherein gezwungen, um überhaupt eine noch wirksame Wassermenge durchlaufen lassen zu können, dieses Verhältnifs erheblich zu vergrößern.

Man wird jedoch auch da thunlichst Mafs halten, um einmal keine zu grofse Abweichung von den Naturquerschnitten zu erhalten und um andererseits, wie schon eingangs hervorgehoben ist, die Wassertiefe nicht über das Mafs hinauswachsen zu lassen, welches noch eine scharfe Beobachtung der doch in erster Linie zu erforschenden Vorgänge auf der Sohle gestattet. Aus diesen Gründen lasse ich bei meinen Versuchen die mittlere Wassertiefe möglichst nicht unter 2 cm sinken und nicht über 10 cm anwachsen.

Bei diesen Versuchen sind nun zwei Fälle zu unterscheiden: entweder will man untersuchen, ob gewisse Eigenthümlichkeiten, die unter gleichen Bedingungen allenthalben wiederkehren, auch im Modell sich zeigen, z. B. die charakteristische Lage der Fahrinne in Krümmungen, oder man will eine bestimmte Naturstrecke mit den ihr eigenthümlichen Eigenschaften im kleinen sich nachbilden lassen.

Unseren weiteren Betrachtungen legen wir zunächst den ersten Fall zu Grunde. Je nach der wie vorerörtert festgelegten Querschnittsform und -Gröfse, der zugegebenen Wassermenge und der Korngröfse des das Bett bildenden Sandes stellt sich das zugehörige Gefälle selbstthätig ein. Dieses wird daher in einfachster Weise auf dem Wege des Versuches ermittelt: man stellt zunächst das Gerinne mit einem beliebigen Gefälle ein, welches von dem zu ermittelnden Gefälle im allgemeinen verschieden sein wird. War es gröfser als dieses, dann entsteht unter der Einwirkung des fließenden Wassers in der oberen Strecke eine Auswaschung, in der unteren eine Aufhöhung der Sohle so lange, bis sich das erforderliche kleinere Gefälle von selbst herausgebildet hat, während im umgekehrten Falle eine von unten nach oben abnehmende Auswaschung der anfänglich zu flach geneigten Sohle eintritt. Nachdem man so das „Gleichgewichtsgefälle“ ermittelt hat, thut man gut, den Versuch abzubrechen und erst dann wieder aufzunehmen oder richtiger mit demselben erst dann eigentlich zu beginnen, nachdem das Gerinne selbst mit Hilfe der Hebeschrauben in das ermittelte Gefälle gebracht worden ist. So ist verfahren worden bei der in Abb. 1 Bl. 48 u. 49 dargestellten Modellstrecke, zu deren Erläuterung folgende Angaben nothwendig sind. Die Krümmungsverhältnisse der im ungefähren Mafsstabe 1 : 400 eingebauten Versuchsstrecke sind mit denen einer Krümmung der Elbe bei Kil. 423 bis Kil. 425,5 übereinstimmend. Der eingebrachte Sand hat eine mittlere

Korngröfse von 0,91 mm. Form und Abmessungen des anfänglichen Querschnitt zeigt Abb. 1^a Bl. 48 u. 49. Die anfänglich unter 1 : 1 abgeböschten Ufer waren mit Schrotsäckchen durchgehend befestigt. Ueber die Gefälleverhältnisse giebt der Längenschnitt (Abb. 3 Bl. 48 u. 49) näheren Aufschluß. Unter der Einwirkung einer 54 Stunden lang durchgeflossenen Wassermenge von 5,88 Liter/Sec. hat sich die mit Hilfe der aufgenommenen Querschnitte, von deren Wiedergabe abgesehen worden ist, dargestellte Bettform selbstthätig ausgebildet. Der gezeichnete Zustand entspricht einem Beharrungszustande, wie er in dieser Zeit sich herausgebildet hatte. Die Sandzufuhr war mit der Sandabfuhr ins Gleichgewicht gebracht worden, und zwar betrug während der Versuchszeit die gesamte Sandbewegung 70 Liter. Das Versuchsergebnifs spricht für sich. Ich brauche meinen Fachgenossen gegenüber nicht hervorzuheben, in welcher auferordentlich charakteristischen Weise die Lage der Fahrinne sich herausgebildet hat! Die bekannten Uebelstände derartiger nur auf Mittelwasser geregelter Flufskrümmungen, schroffe und seichte Uebergänge, treten auch sehr klar in dem zugehörigen Längenschnitt (Abb. 3 Bl. 48 u. 49) hervor. In den letzteren ist auch der Wasserspiegel eingetragen worden. Man wolle beachten, wie deutlich die Beziehungen zwischen dem Gefälle des Wasserspiegels und der Sohlenausbildung sich zeigen: schwache Gefälle oberhalb der stauend wirkenden Uebergangsschwellen, starke Gefälle auf den Uebergängen selbst. Um den Werth der Abb. 1 und 3 Bl. 48 u. 49 nach allen Richtungen hin zu würdigen, wolle man sich vergegenwärtigen, daß man von der dargestellten Strecke kennt, und zwar mit der größten Genauigkeit kennt, das Wasserspiegelfälle, die Gröfsen und benetzten Umfänge sämtlicher Querschnitte, die Beschaffenheit des Bettmaterials und mit der durch Eichung auf das schärfste bestimmten Wassermenge auch die mittleren Querschnittsgeschwindigkeiten. Derartige Ergebnisse bieten somit auferordentlich werthvolle Studienunterlagen dar z. B. für die Untersuchung von Geschwindigkeitsformeln. Aus Mangel an Zeit — ich entbehre noch eines ständigen Laboratoriums-Assistenten — bin ich zu derartigen Untersuchungen noch nicht gekommen. Aber die gesammelten Unterlagen haben ja bleibenden Werth und harren noch ihrer wissenschaftlichen Verarbeitung.

Im zweiten Falle, bei dem es sich darum handelt, das Charakteristische einer bestimmten Naturstrecke möglichst genau im kleinen hervortreten zu lassen, ist zunächst der Modellmafsstab wie vor innerhalb enger Grenzen gegeben. Das gilt auch für die untere und obere Grenze der Wassertiefen, nur müssen diese genau in demselben Verhältnisse unter einander stehen, welches die Naturstrecke bei den entsprechenden Wasserständen aufweist. Daher sind die Mittel- und Hochwassertiefen, nachdem diejenige für Niedrigwasser angenommen ist, auf dem Wege der Rechnung zu bestimmen, wie solches später an einem Beispiele erläutert werden wird. Nach der Bestimmung der Wassertiefen sind nunmehr die diesen entsprechenden Gefälle unter gleichzeitiger Berücksichtigung der in der Naturstrecke vorkommenden und im Modell verwandten Sinkstoffe wie folgt zu ermitteln.

Setzen wir zunächst den einfachsten Fall voraus, daß die Modellstrecke mit dem Bettmaterial der Naturstrecke, z. B. Sand gleicher Korngröfse, hergestellt wird, dann muß in beiden Strecken der Stromangriff auf die Flächen-

einheit der Sohle gleich groß sein. Der letztere wird allgemein ausgedrückt durch die Gleichung

$$1) K = 1000 \cdot t \cdot J \frac{\text{kg}}{\text{qm}}, \text{ wenn bezeichnet werden mit}$$

1000 das Gewicht eines cbm Wasser in kg, mit t die mittlere Tiefe in m und mit J das relative Wasserspiegelgefälle der Naturstrecke. Es muß also auch bei gleicher Korngröße der Sinkstoffe für die Modellstrecke sein:

$$2) K = 1000 \cdot t_m \cdot J_m \frac{\text{kg}}{\text{qm}}, \text{ wenn } t_m \text{ und } J_m \text{ die}$$

für das Modell gültigen Größen bezeichnen.

Aus 1) und 2) ergibt sich ferner

$$3) J_m = \frac{t}{t_m} \cdot J, \text{ d. h.}$$

Bei gleichem Geschiebe verhalten sich die Gefälle umgekehrt wie die mittleren Wassertiefen.

Bezeichnet nun ferner bei verschiedener Korngröße der Geschiebe

d den mittleren Geschiebedurchmesser der Naturstrecke,
 d_m „ „ „ „ Modellstrecke,
 v die „ Querschnittsgeschwindigkeit „ Naturstrecke,
 v_m „ „ „ „ Modellstrecke,
dann ist

$$4) \frac{v^2}{v_m^2} = \frac{d}{d_m}, \text{ und ferner annäherd}$$

$$5) \frac{v^2}{v_m^2} = \frac{t \cdot J}{t_m \cdot J_m}.$$

Somit ergibt sich

$$6) \frac{d}{d_m} = \frac{t \cdot J}{t_m \cdot J_m} \text{ und das gesuchte Modellgefälle}$$

$$7) J_m = \frac{t}{t_m} \cdot \frac{d_m}{d} \cdot J, \text{ d. h.}$$

Bei verschieden großem Geschiebe verhalten sich die Gefälle direct wie die Geschiebedurchmesser und umgekehrt wie die mittleren Wassertiefen.

Ich gehe nunmehr unter Hinweis auf die Abb. 6 Bl. 48 u. 49 zur Erläuterung eines nach Maßgabe dieser Grundsätze ausgeführten Versuches über. Als Naturstrecke wählte ich die geradlinige Elbestrecke Kil. 520,5 bis 522,5, von der mir Lageplan und Querschnitte sowie Geschiebeprobe von seiten der Kgl. preussischen Elbstrombauverwaltung in dankenswerther Weise zur Verfügung gestellt wurden. Ueber die Gefälleverhältnisse dieser Strecke bei den verschiedenen Wasserständen sowie über die letzteren selbst fand ich genügenden Aufschluß in dem von der gen. Verwaltung i. J. 1898 herausgegebenen Elbwerke. Entsprechend den Abmessungen meines Gerinnes wurde diese Strecke im Maßstabe 1:161 eingebaut. Im übrigen giebt die folgende Zusammenstellung Aufschluß über die nach den vorerörterten Grundsätzen berechneten und den Modellversuchen zu Grunde gelegten Werthe. Erläuternd bemerke ich zunächst, daß ich für meine Versuche ausgewaschenen Haidesand mit einem mittleren Korndurchmesser von 0,44 mm verwandt habe, während die mittlere Korngröße des in der Naturstrecke gebaggerten Sandes 0,78 mm beträgt. Beide Werthe sind durch sorgfältiges Aussieben erhalten worden.

Für das Hochwasser habe ich nicht das bekannte größte eisfreie, sondern ein mittleres Hochwasser zu Grunde gelegt,

weil nur letzteres wegen seines regelmäßigen und häufigsten Auftretens auf die charakteristische Bettausbildung von maßgebendem Einfluß ist.

	d mm	t in cm			J		
		N. W.	M. W.	M. H. W.	N. W.	M. W.	M. H. W.
Naturstrecke	0,78	160	260	660	$\frac{1}{11500}$	$\frac{1}{7874}$	$\frac{1}{9000}$
Modellstrecke	0,44	2,0	3,2	8,2	$\frac{1}{258}$	$\frac{1}{174}$	$\frac{1}{178}$

Die Versuche sind nun so ausgeführt worden, daß in das Gerinne eine allenthalben 10 cm starke Sandschicht eingebracht wurde, auf welcher genau nach Maßgabe des Lageplanes die Bühnen mit Hilfe von Schrotsäckchen erbaut wurden. Ihre Höhe war so bemessen, daß sie bei Mittelwasser, d. h. bei 3,2 cm mittlerer Wassertiefe, begannen unter Wasser zu treten. Vor Einlaß des Wassers wurde das Gerinne mittels der Hebeschrauben auf das dem Mittelwasser entsprechende Gefälle 1:174 eingestellt. Nunmehr wurde eine solche Wassermenge zugegeben, daß sich die beabsichtigte Mittelwassertiefe von 3,2 cm einstellte. Da hierbei aber eine Wanderung des Sandes eintrat, so wurde zugleich mit dem Wasser oben möglichst ununterbrochen soviel Sand zugegeben, daß sich Sandabfuhr und -Zufuhr ins Gleichgewicht setzten. Nach Erreichung dieses dynamischen Gleichgewichtszustandes wurde die Wassermenge allmählich bis auf Hochwasser, d. h. bis zur Erreichung der mittleren Wassertiefe von 8,2 cm vermehrt. Nunmehr wurde die Sandführung eine lebhaftere, so daß oben entsprechend mehr Sand zugeführt werden mußte. Auch jetzt wurde die Erreichung eines dynamischen Gleichgewichts, gekennzeichnet durch das Gleichgewicht zwischen Sandabfuhr und -Zufuhr, abgewartet und schließlich die Wassermenge ganz allmählich bis Niedrigwasser vermindert. Bei letzterem hörte die Sandbeförderung ganz auf, nur eine örtlich beschränkte Umlagerung des Sandes fand dadurch statt, daß sich das Niedrigwasser eine sich schlängelnde Rinne auswusch. Bei der gänzlichen Cohäsionslosigkeit des sehr feinen und daher sehr beweglichen Sandes bildeten sich leider bei länger andauerndem Niedrigwasser auch seitliche Rinnen, namentlich in den Streichlinien vor den Bühnenköpfen, die, wenn auch anfänglich von untergeordneter Bedeutung, doch allmählich in wachsendem Maße an der Wasserabführung theilnahmen und somit die volle Ausbildung der eigentlichen Niedrigwasserrinne beeinträchtigten. Bei einer sehr großen Zahl von dahingehenden Vorversuchen hat es sich daher gezeigt, daß bei lange andauerndem Niedrigwasser das Flußbett durch die vielen alsdann entstehenden Rinnsale sein eigenartiges Gepräge verliert. Ich war somit gezwungen, den Versuch abzubrechen, nachdem sich erst die Anfänge der eigentlichen Niedrigwasserrinne herausgebildet hatten. Bei bindigerem Bettmaterial, wie es, auch in besserer Uebereinstimmung mit der Naturstrecke, bei späteren Versuchen benutzt werden soll, werden sich die genannten Uebelstände voraussichtlich nicht zeigen. Nachdem sich daher in dem zur Erörterung stehenden Versuche die Niedrigwasserrinne auf der ganzen Flußstrecke in ihren Anfängen herausgebildet hatte, wurden nach Messung der Wassermenge die Spiegelhöhen einnivellirt, alsdann unter sorgfältigem Ablassen des Wassers der Versuch eingestellt, das Flußbett etwa 48 Stunden

der Austrocknung überlassen und schliesslich die Querschnitte aufgenommen. Mit Hilfe der letzteren sind endlich die Stromkarten mit Linien gleicher Wassertiefen in Abständen von 1 cm aufgezeichnet worden. Abb. 6 Bl. 48 u. 49 giebt das Ergebniss eines der vielen diesbezüglichen Versuche wieder. Um diese richtig würdigen zu können, sei aus dem Elbwerke zur Charakteristik der Naturstrecke folgendes angeführt.

Die Fahrinne beschreibt zwischen den wandernden Sandfeldern zahlreiche Krümmungen. Die jährliche Wanderung der Sandfelder beträgt je nach der Grösse und Dauer der Hochfluthen etwa 300 bis 500 m. Die Sandfelder befinden sich abwechselnd am rechten und linken Ufer und sind durch den Rücken des Ueberschlages mit einander verbunden. Als Sinkstoffe führt die Elbe bei hohem Wasser Sand und Schlick mit sich. Besser noch wie mit diesen Worten wird die Eigenart der Stromstrecke durch Abb. 5 Bl. 48 u. 49 gekennzeichnet, die nach amtlichen Unterlagen die Standorte der Landbaken zur Bezeichnung der Fahrinne in den Jahren 1894 bis 1899 zur Darstellung bringt. Danach sind die Sandfelder i. a. so gelegen, dafs auf der 2000 m langen Strecke in der Regel drei Uebergänge vorhanden sind. Man vergleiche nunmehr das Ergebniss des Modellversuches, Abb. 6 mit Abb. 5 Bl. 48 u. 49. Man erkennt, dafs die auf dem Wege des Versuches erhaltene Lage der Niedrigwasserfahrinne etwa derjenigen vom Jahre 1895 entspricht. In der That: wir finden in der Modellstrecke die charakteristischen Eigenthümlichkeiten der Naturstrecke bezüglich der Verwerfung der Fahrinne in voller Schärfe wieder, während aus dem vorhin angegebenen Grunde die Sandfelder, die in der Naturstrecke in geschlossener Bildung auftreten, im Modell durch die kleinen Rinnsale zerrissen sind. Von besonderer Bedeutung ist aber der klare Aufschluss, den die Modellversuche über die Wanderung der Sandfelder gegeben haben, bezüglich deren unter den Fachgenossen immer noch eine Meinungsverschiedenheit dahingehend besteht, ob die Sandfelder, ohne die Uferseite zu wechseln, wandern, oder ob ein Uebergehen der Sandfelder von einem Ufer zum anderen stattfindet. Es ist mir nun gelungen, bei meinen sehr zahlreichen Versuchen und insbesondere auch bei dem hier mitgetheilten Versuche die Wanderung des Sandes genau zu verfolgen, und zwar mit dem Ergebniss, dafs die Sandfelder bei ihrer Wanderung von einem Ufer zum anderen überschlagen. So ist z. B. in Abb. 6 Bl. 48 u. 49 bei Hochwasser der Sand gewandert von *A* rechts nach *B* links, von da nach *C* rechts und endlich von hier nach *D* links. Hierbei bildete der Sand einen dieser geschlängelten Linie entsprechenden fortlaufenden sehr breiten Rücken. Soweit dieser Rücken das Flussbett durchquert, also nach den Uebergängen, bildet er ein Grundwehr, in dessen Rücken das überfallende Niedrigwasser eine oder mehrere sich schnell erweiternde Furchen auswäscht, die sich bald zur Niedrigwasserrinne ausbilden mit einer Schlängelung, die derjenigen entgegengesetzt ist, in welcher bei dem vorangegangenen Hochwasser der Sand sich bewegt hatte. Das Mittel- und Niedrigwasser hat also den bei Hochwasser zusammenhängenden Sandrücken auf den Uebergängen durchbrochen: bei Niedrigwasser haben wir die durch die Uebergänge von einander getrennten,

mehr oder minder an die Ufer sich anlegenden Sandfelder.⁵⁾

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, dafs in Abb. 6 Bl. 48 u. 49 in grosser Anschaulichkeit die Bildung der Niedrigwasserrinne auf den Uebergängen sich zeigt. Während diese auf dem am weitesten stromaufwärts gelegenen Uebergange zwischen *A* und *B* voll ausgebildet ist, hat sie auf dem mittleren Uebergange zwischen *B* und *C* ihre Ausbildung noch nicht vollendet und befindet sich auf dem untersten Uebergange zwischen *C* und *D* noch im Anfangszustande ihrer Entwicklung. Beim nachfolgenden Hochwasser treten die nunmehr wieder wandernden Sandfelder unter Kreuzung und Zuwerfung der Niedrigwasserrinne auf den Uebergängen mit einander in Verbindung, um bei wieder fallendem Wasser weiter stromabwärts wieder von einander getrennt zu werden: die Linie *ABCD* ist annähernd parallel zu sich selbst stromaufwärts verschoben worden, dabei hat aber der wandernde Sand sich in ihr, d. h. im Zickzack bewegt. Hatte ich die Wanderung des Sandes in den geraden Strecken ohne weitere Hilfsmittel betrachten können, so gelang mir solches nur unvollkommen in der gekrümmten Strecke der Abb. 1 Bl. 48 u. 49. Ich versuchte daher zunächst, den Weg des wandernden Sandes dadurch zu bestimmen, dafs ich gefärbten Sand einbrachte. Dieser wurde aber sehr bald von dem ebenfalls wandernden nicht gefärbten Bettsande überlagert, sodafs es nicht möglich war, seinen Weg mit dem Auge genau zu verfolgen. Deshalb stellte ich den Flufslauf nochmals her unter Verwendung feinen Kiesel, und nunmehr ging die Wanderung des eingebrachten gefärbten Sandes in so grosser Deutlichkeit vor sich, dafs ich mit der grössten Schärfe seinen Weg unter Bestimmung der Geschwindigkeit der Wanderung aufmessen konnte. Abb. 4 Bl. 48 u. 49 zeigt das sehr bemerkenswerthe und für die Praxis wichtige Ergebniss dieses Versuches. Der rothe Sand wurde hart am linken Ufer zwischen den Stationen 2,0 und 3,0 eingebracht. Er schlug sofort mit grosser Entschiedenheit den Weg zum gegenüberliegenden Ufer ein, das er bei Station 3,5 erreichte und, sich hart an dasselbe anlegend, bis Station 6,0 begleitete. Und ebenso wie er bei Station 3,0 sich scharf und entschieden vom linken Hohlufer entfernte, that er solches bei Erreichung des rechten Hohlufers in Station 6,0, um, wiederum nach dem gegenüberliegenden Ufer überschlagend, das letztere bis Station 8,5, oberhalb des linken Hohlufers zu begleiten. Wir sehen die gleiche Art der Wanderung unter Kreuzung des Flussbettes auf den Uebergängen in der ganzen weiteren unteren Strecke bis Station 13,5. Auch die Wege des links bei Station 4,5 und rechts bei Station 6,9 eingebrachten blauen Sandes zeigen in Bestätigung des Gesagten, dafs der unterhalb der Hohlufer wandernde Sand seine Uferseite beibehält und erst unterhalb des nächsten ausbiegenden Ufers beginnt überzuschlagen. Das ebenso einfache als wichtige Ergebniss lässt sich in das folgende Gesetz kleiden:

In Flufskrümmungen der vorliegenden Art verfolgt das wandernde Geschiebe den kürzesten Weg, indem es von einem ausbiegenden Ufer zum nächsten ausbiegenden Ufer unterhalb überschlägt.

5) Der vollkommene Anschluss der Sandfelder bei *B* und *C* an die Ufer wurde durch die örtliche Einwirkung der Bühnenköpfe verhindert.

Endlich habe ich beiläufig festgestellt, daß bei diesen Versuchen die mittlere Geschwindigkeit des Wassers rund 5000 mal größer war als die des wandernden Sandes.

Was nun schließlich die Versuche über die Einwirkung flufsbaulicher Maßnahmen auf die Gestaltung des Strombettes angeht, so habe ich bis jetzt nur einen Versuch unter Darstellung des Ergebnisses durchführen können, und zwar bezieht sich dieser auf die Wirkung von Niedrigwasserleitwerken nach dem neueren Franziuschen Vorschlage im Centralblatt der Bauverwaltung, Jahrg. 1899, S. 269. Der Versuch wurde so bewirkt, daß ich in das nach Abb. 1 ausgebildete Flußbett die in Abb. 2 Bl. 48 u. 49 gezeichneten Niedrigwasserleitwerke, wiederum aus Schrottsäckchen bestehend, einbaute. Die gesamte Durchflußzeit betrug bei einer Wassermenge von 5,66 Liter/Sec. 54 Stunden. Während des Durchflusses, bei dem die Leitwerke unter Wasser lagen, wurden 80 Liter Sand zu- und abgeführt. Der in Abb. 2 im Grundriß und Abb. 3 Bl. 48 u. 49 im Längenschnitt gezeichnete Zustand stellt wiederum einen Beharrungszustand dar. Die günstige Einwirkung der Leitwerke auf die schlankere Gestaltung und Vertiefung der Uebergänge geht sehr schön aus diesem Versuche hervor.

Kosten.

Die Kosten für die gesamte innere Einrichtung des Laboratoriums einschließlich Beschaffung der Messungsvorrichtungen, aber ausschließlich der baulichen Anlage und des Mobiliars haben betragen rund 7500 *M.* Die jetzigen etatmäßigen jährlichen Betriebskosten setzen sich wie folgt zusammen:

Laufende Ausgaben	600 <i>M.</i>
Für Zeichenhilfe	1200 „
Für einen Diener	1300 „
Zusammen:	3100 <i>M.</i>

An der Einrichtung des Laboratoriums waren beteiligt: 1. die Maschinenfabrik C. E. Rost u. Co., Dresden (Gerinne, Rohrleitungen und Behälter), 2. Poeschmann u. Co., Dresden (Elektromotor), 3. Brodnitz u. Seydel, Berlin (Kreiselpumpe), 4. Mechaniker O. Leuner, Dresden (Messungsvorrichtungen), 5. Karl Scheurer, Karlsruhe (Nivellirinstrument), dann sei noch hervorgehoben, daß ich den Feinschrot — nicht weniger denn 700 kg! — von den Königl. sächsischen Hüttenwerken in Freiberg i. S. bezogen habe.

Schlufswort.

Die Einrichtung des Laboratoriums hat sich i. a. als zweckmäßig erwiesen. Bezüglich der Abmessungen des Gerinnes ist zu bemerken, daß ich auf Grund meiner bisherigen Erfahrungen sowohl die Breite von 200 cm als auch die Tiefe von 40 cm nicht zu vergrößern empfehle. Bei der Breite von 200 cm kann man, was für die im Gerinne vorzunehmenden Arbeiten sehr wichtig ist, noch mit der Hand von der Seite her die Gerinnenmitte erreichen. Wohl

aber muß ich die Länge des Gerinnes als zu klein bezeichnen. Ich empfehle vielmehr für ähnliche Anlagen eine Gerinnelänge von etwa 20 m. Dann läßt sich auch, was ebenfalls empfehlenswert ist, die Höchstwassermenge bis auf etwa 60 Liter/Sec. vermehren. Ferner mache ich noch besonders darauf aufmerksam, daß die über die Gangbahnen erhöhte Lage des Gerinnes sich vortrefflich bewährt hat, denn nur so kann der Beobachter, sich über das Gerinne beugend, die Vorgänge auf der Flußsohle bequem und scharf verfolgen. Endlich erachte ich es für geboten, nochmals hervorzuheben, daß das hiesige Laboratorium nur auf dem Gebiete des Flufsbauens Forschungen dienen soll, während es auf dem Gebiete der eigentlichen Hydraulik nur für die Zwecke des Unterrichts und der von den Studirenden anzustellenden Uebungen benutzt werden kann. Die auf letzterem Gebiete uns noch fehlenden und für die Praxis dringend notwendigen Forschungen sind Ausflußversuche usw. bei großen Wassermengen, Vertiefung der Untersuchungen über die Geschwindigkeitsverhältnisse des fließenden Wassers usw. Diese rein hydraulischen Forschungen großen Maßstabes lassen sich aber nur in einem sehr viel größeren Versuchscanal mit großen Wassermengen vornehmen, einem Canal von vielleicht 150 m Länge, 3 bis 4 m Tiefe und 7 bis 10 m Breite. Einen solchen Canal würde man dann auch zweckmäßig für die Tarirung von hydrometrischen Flügeln und sonstigen Wassergeschwindigkeitsmessern sowie für die Ermittlung von Schiffswiderständen benutzen können. Für die letztgenannten Arbeiten steht mir hier die Versuchsanstalt der Kette in Uebigau (vgl. Jahrgang 1898, S. 657 d. Zeitschr.) zur Verfügung. Uebrigens wird in nächster Zeit gelegentlich des in Vorbereitung befindlichen Neubaus eines großen Maschinenbaulaboratoriums für die hiesige Technische Hochschule in Verbindung mit diesem ein 72 m langer hydraulischer Versuchscanal mit allerdings bescheidenen Querschnittsmessungen — 2 m Breite und 1 m Wassertiefe — errichtet werden.

Die im Flufsbaulaboratorium zu lösenden Aufgaben sind bei hervorragender Bedeutung für Wissenschaft und Praxis so vielgestaltig und schwierig, daß die Kraft und Einsicht des Einzelnen zu ihrer Lösung nicht ausreicht. Es ist daher im Interesse der Weiterentwicklung der Flufsbaukunst zu wünschen, daß alle technischen Hochschulen mit der Errichtung ähnlicher Anstalten vorgehen. Die alsdann ermöglichte verschiedenartige Behandlung gleicher Aufgaben würde am besten vor Irrthümern schützen und zur richtigen Erkenntniß führen. Und sollte es gelingen, mit Hilfe der gewonnenen Erkenntniß die Versuche im Laboratorium so zu leiten, daß sie mit Sicherheit die Wirkungen von flufsbaulichen Entwürfen vor deren Ausführung anzeigen, dann würde auch die Zeit nicht mehr fern sein, wo jede Strombauverwaltung über ein eigenes Flufsbaulaboratorium mit eigens dazu bestellten Leitern verfügt.

Dresden, im April 1900.

H. Engels.

Die Stauwerke des Nilthales.¹⁾

Vom Regierungs-Baumeister F. W. Otto Schulze in Stettin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 50 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten).

Aegypten, das in seiner ganzen Länge von Süd nach Nord von dem Nil durchflossen wird, verdankt diesem seinen ganzen Wohlstand. Nur soweit, wie seine jährlich regelmäßig eintretenden Ueberschwemmungen reichen, nur soweit, wie es gelingt, durch künstliche Vorrichtungen sein fruchtbringendes Wasser zu führen, nur soweit ist Ackerbau möglich, die Grundlage des Wohlstandes des Landes. Wenn in den Monaten Juli, August und September von den Quellgebieten des Nils gewaltige Regenmengen hergeführt werden, übersteigt der Fluß seine Ufer und befruchtet durch die mitgeführten Sinkstoffe je nach der Gröfse der Hochfluth ausgedehntere oder geringere Landflächen, die nach dem Zurücktreten des Wassers, etwa im October, bestellt werden. Die dann bis zum Ende Februar herangereiften Früchte

diese soweit gefördert worden, daß ein merkbarer Erfolg, der zu weiteren kühnen Plänen ermuthigt hat, zu verzeichnen war. Dies sind das an der Spitze des Nildeltas errichtete große Stauwehr (der bekannte Barrage du Nil), der Koschescha-Auslaß, das Stauwehr von Assiut und der Staudamm von Assuan. Von diesen dient das erstgenannte der Bewässerung Unterägyptens, die beiden folgenden sind für Mittelägypten errichtet, und endlich das größte unter ihnen, der Assuan-Damm, sammelt die für ganz Aegypten in der trockenen Jahreszeit erforderlichen Wassermengen auf. Ihrer Zweckbestimmung nach unterscheiden sie sich dadurch, daß das erste und dritte so eingerichtet sind, daß sie das Hochwasser mit nur unwesentlicher Hebung durchfließen lassen und das Niedrigwasser so hoch aufstauen, daß es in

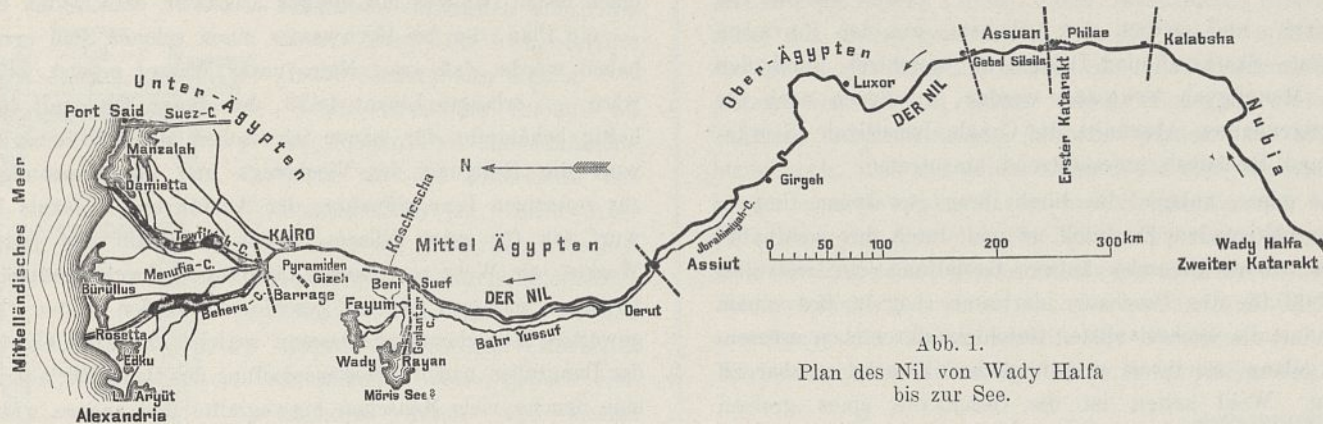


Abb. 1.
Plan des Nil von Wady Halfa bis zur See.

werden im März geerntet und die Felder alsdann der dörrenden und sengenden Sonnengluth überlassen, bis sich Ende Juli dasselbe Spiel von neuem wiederholt. Dabei hängt der Ausfall und Reichthum der Ernten wesentlich von der Höhe der Fluth ab, nasse Jahre führen Wohlstand, trockene Jahre Nothstand herbei. Es ist naturgemäfs, daß denkende Menschen versucht haben, diesem wechselvollen Spiel Einhalt zu thun und durch künstliche Werke eine gröfsere Regelmäfsigkeit in der Bewässerung des Landes zu erreichen, durch Vertheilung und Ausdehnung derselben auf das ganze Jahr und auf immer gröfsere Landflächen.²⁾

Schon König Amenemhet III. hat 2200 v. Chr. in der Nähe des fruchtbaren Fayum den sogenannten Möris-See anlegen lassen, in welchem die ungeheure Wassermenge von 3000 Millionen cbm zur Zeit der Hochfluth aufgespeichert worden sein soll und in den Monaten des niedrigen Nils durch ein kunstvoll angelegtes und bedientes Canalnetz der Niederung zugeführt wurde.

Aber diese Anlage verfiel bald und kam gänzlich in Vergessenheit, und es hat bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts gedauert, ehe die Ausführung neuer grofsartiger Anlagen angeregt und geplant wurde, welche die Bewässerung des Nilthales regeln sollten, und erst in neuester Zeit sind

die Bewässerungscanäle eintritt und sich über das Land vertheilt, während das letztere aber von dem Hochwasser so bedeutende Mengen zurückhält, daß diese in der wasserarmen Zeit ausreichend sind, die Niedrigwassermenge des Nils so zu erhöhen, daß eine gute Bewässerung für das ganze Jahr gewährleistet wird.

Von den genannten Anlagen sind jedoch erst der Barrage und der Koschescha-Auslaß vollendet, während die anderen zur Zeit in emsigster Weise mit gewaltigen Mitteln gefördert werden. Aber schon die bisher ausgeführten Bauten haben außerordentlich wohlthätig gewirkt; während früher im wesentlichen Weizen, Gerste, Bohnen und Klee gebaut wurden, ist jetzt die Baumwollencultur und auch der Zuckerröhrbau als Folge der geregelten Bewässerung zu mächtigem Umfang angewachsen. Die Vollendung aller vier Werke wird bei ihrer gleichzeitigen Ausnutzung durch ein kunstvolles, sorgfältig unterhaltenes Canalnetz eine große Ausdehnung der bebaubaren Flächen bewirken, auf allen diesen eine Ernte sicher stellen, auf den günstiger gelegenen sogar die Möglichkeit zu zwei solchen in einem Jahre bieten.

Es sollen nun die oben genannten großen Werke der Ingenieurbaukunst im einzelnen näher geschildert werden.

Das älteste unter ihnen, der Barrage du Nil, bildet den Mittelpunkt der großen Bewässerungsanlagen Unterägyptens, von denen die Fruchtbarkeit von über 8000 qkm und die Wasserversorgung mehrerer Millionen Menschen ab-

1) Vergl. auch Engineering 1893 II, S. 163; 1894 I, S. 233, 521, 784 und Sir Major Brown „History of Barrage“.

2) Alle Höhenangaben beziehen sich auf den Mittelmeerspiegel.

hängt. An der Spitze des Nildeltas gelegen und die beiden Flusarme von Rosetta und Damietta durchquerend, zwingt es in geschlossenem Zustande die Niedrigwassermenge des Nils, sich zu erheben und in einem kunstvoll angelegten Canalnetz das Land, Fruchtbarkeit verbreitend, zu durchziehen, während es geöffnet den Hochwasserfluthen nur geringe Hindernisse bereitet. Die genannten Flusarme zerlegen Unterägypten in drei große Abschnitte (Lageplan Text-

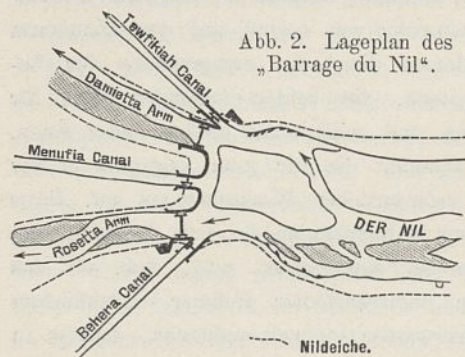


Abb. 2. Lageplan des „Barrage du Nil“.

Abb. 2), von denen der westlichste, die Provinz Beherah, durch den Ragyah Beherah, der mittlere, zwischen den beiden Hauptnilarmen belegen und die Provinzen Menufigyah und Gharbigyah umfassend, durch den Ragyah Menufigyah, und endlich der östlichste, aus den Provinzen Kaliubiyah, Skarkiyah und Dakahliyah bestehend, durch den Ragyah Menufigyah bewässert werden, zu denen noch für den letztgenannten Abschnitt die Canäle Ismailiyah, Skarkawiyah und Basusiyah unterstützend hinzutreten.

Die ganze Anlage, die durch ihren gewaltigen Umfang von überwältigendem Eindruck ist und durch ihre wehrhafte, gefällige, architektonische äußere Gestaltung ein reizvolles Gesamtbild für den Beschauer darbietet, hat in fast einem Jahrhundert die wechselvollsten Geschicke durchleben müssen, ehe es gelang, sie ihrem ursprünglichen Zwecke nutzbar zu gestalten. Wohl selten ist die Geschichte eines großen Werkes so mannigfaltig und lehrreich, daß es verlohnt, sie kennen zu lernen und zu bewundern, daß es doch endlich gelungen ist, allen auf den verschiedensten Gebieten sich aufthürmenden Schwierigkeiten zum Trotz durch die Energie und Begabung der leitenden Ingenieure das schon dem Verderben geweihte Werk brauchbar und dem Lande segensbringend zu gestalten.

Als Urheber des Gedankens, an der Spitze des Nildeltas eine Vorrichtung zu schaffen, mit deren Hilfe die Wasservertheilung in die beiden Nilarme geregelt werden könne, gilt Napoleon I., der zur Zeit seines ägyptischen Feldzuges (1798—99) die Verhältnisse des Landes kennen lernte. Mit Eifer verfolgte alsdann der 1805 zur Regierung gelangte Vicekönig Mohamet Ali den Plan; er hatte erkannt, daß die bisherige Art der Bewässerung, die von der Willkür des Flusses abhing, den höheren Anforderungen der fortschreitenden Cultur nicht mehr genügen könne. Besonders drängte der mehr und mehr an Umfang wachsende Baumwollenanbau zu einem Bruch mit dem bisherigen Canalnetz. Während bisher erst nach dem Zurücktreten des Flusses in seine Ufer die Bebauung auf den überschwemmten und überschlickten Flächen begann, verlangte der Anbau der Baumwolle, die selbst keine Überschwemmung verträgt und schon zu einer Zeit gepflanzt und bewässert werden muß, ehe der Nil zu steigen beginnt, die Eindeichung der Niederung und möglichst lange und regelmäßige ausgedehnte Bewässerung durch ein planmäßig angelegtes Canalnetz. Außerdem führte

zu dem Gedanken der Errichtung eines Stauwerkes die dem Lande obliegende, in Frohndienst auszuführende, schwere Pflicht, die bisherigen tiefen Gräben alljährlich von Nilschlamm zu reinigen, und die Mühe das Wasser nach der Überschwemmung zur Zeit des Niedrigwasserstandes aus diesen Canälen durch die Natal, Schaduf und Sakije genannten einfachen Hebevorrichtungen bis zur Geländehöhe zu fördern. Allen diesen Forderungen würde ein an der Spitze des Nildeltas angelegtes Stauwerk genügen, welches, zur Niedrigwasserzeit geschlossen, das Anheben des Wasserspiegels bis zur Geländehöhe selbstthätig besorgen würde.

Mohamet Ali, von großem Thatendrang beseelt, erkannte bald den Nutzen des Planes, welchem zuerst der Franzose Linant de Bellefonds eine festere Gestaltung verlieh, und verlangte ungestüm seine sofortige Ausführung, indem er sogar vor dem Gedanken nicht zurückschreckte, zur Beschaffung des erforderlichen Bedarfes an Bruchsteinen die Pyramiden von Gizeh abzubrechen. Nachdem eine gemischte Commission die ganze Frage geprüft hatte und sich für die Ausführung eines festen Dammes mit einigen Auslässen entschieden hatte — ein Plan, der bei Hochwasser einen solchen Stau erzeugt haben würde, daß ganz Kairo unter Wasser gesetzt worden wäre —, erlangte Linant 1833, der diesen Plan mit Recht heftig bekämpfte, für seinen inzwischen ausgearbeiteten Entwurf die Billigung des Vicekönigs und die Genehmigung zur sofortigen Inangriffnahme der Ausführung. Linants Entwurf sah für jeden Nilarm, etwas unterhalb des jetzigen Werkes, ein Wehr vor, dessen Oeffnungen durch Schütztafeln zwischen massiven Pfeilern geschlossen werden sollten. Eine gewaltige Menschenmenge begann sogleich die Ausschachtung der Baugruben und die Herbeischaffung der Baustoffe; aber, als eine Seuche viele Menschen hinwegraffte und andere widrige Umstände eintraten, wurde Ali der Sache überdrüssig, und nach einem zu ungunsten des Entwurfes ausgefallenen Beschlusse eines erneut eingesetzten Ausschusses ließ er die Arbeiten allmählich einschlafen. Erst 1842 gelang es dem Franzosen Mougel, der dem militärischen Sinne des Vicekönigs zu schmeicheln wußte, indem er vorschlug, fortificatorische Zwecke mit der Anlage zu verbinden, für seinen denselben Grundgedanken verfolgenden, aber wesentlich verbesserten Entwurf den Vicekönig zu gewinnen. Dieser, dessen Ungeduld sich im Laufe der Jahre wieder gesteigert hatte, beauftragte Mougel mit der sofortigen Ausführung und drängte ihn stets zur Beschleunigung der Arbeiten. So wurde nun von 1843 bis 1851 emsig geschafft und das Werk später nach den Plänen Mougels so beendet, wie es mit geringen Abänderungen auch heute noch besteht. Es erscheint daher hier die geeignete Stelle zu sein, eine kurze Beschreibung des Bauwerkes einzuflechten.

Das Stauwerk, an der Spitze der Gabelung der beiden Nilarme belegen, wird durch eine zwischen ihnen liegende, etwa 1000 m breite Landzunge, auf der inmitten herrlicher Parkanlagen die Verwaltungsgebäude Platz gefunden haben, in zwei Theile zerlegt, das Stauwerk von Rosetta und das von Damietta. Das erstere besitzt bei einer Länge von 465 m 61 Oeffnungen von 5,0 m Breite und an jedem Ufer eine Schiffahrtsschleuse, das andere besaß bei einer Länge von 535 m ursprünglich 71 Oeffnungen, deren Zahl später auf 61 verringert wurde, und 2 Schiffahrtsschleusen von 14,5 m

lichter Breite. Für jeden Arm war anfänglich nur je eine Schleuse an einem Ufer und je eine in der Mitte des Flusslaufes vorgesehen, die letzteren wurden jedoch durch je zwei Schützöffnungen ersetzt und an das Ufer verlegt, sodafs sich

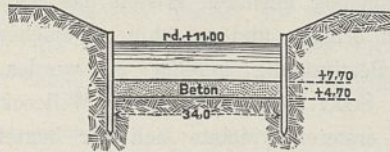


Abb. 3.

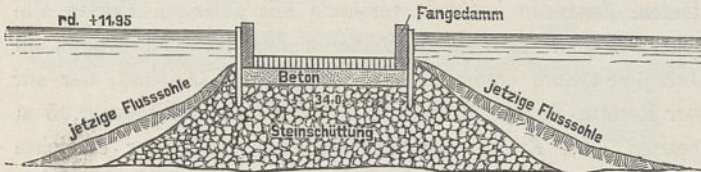
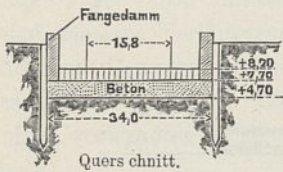
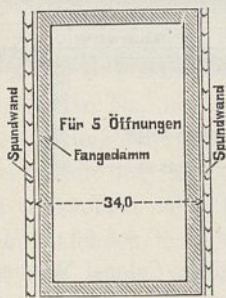


Abb. 4. frühere Flusssohle.

mit den drei am Stauwerke abzweigenden Hauptcanälen, welche ebenfalls durch Schützen abschließbar und durch Schleusen zugänglich sind, die in der Text-Abb. 2 dargestellte Grundrissanordnung ergibt.



Querschnitt.



Grundriss.

Abb. 5.

Oeffnungen Fangedämme (Text-Abb. 5) hergestellt und aus bearbeiteten Blöcken die Sohle und die Pfeiler im Trocknen aufgemauert. Bei den 71 Oeffnungen des Damietta-Armes, welche, wie auch die auf den in dem Querschnitt des Rosetta-Armes (Text-Abb. 6) mit AC bezeichneten Theil entfallenden Oeffnungen nach der in Text-Abb. 7 dargestellten

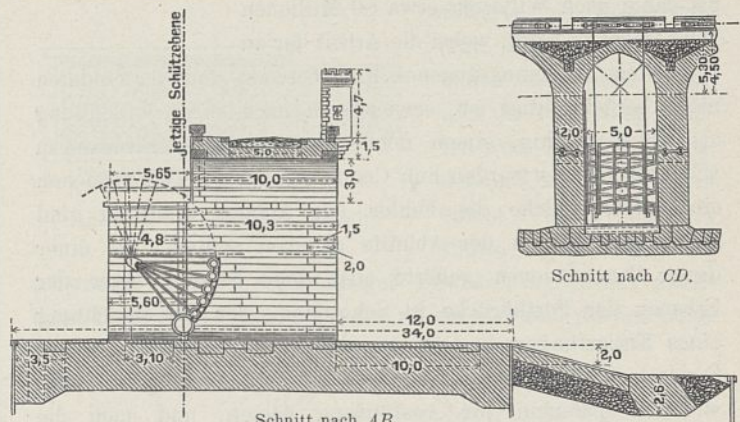


Abb. 6.

Weise ausgeführt wurden, boten sich keine besonderen Schwierigkeiten bis auf eine Stelle, wo sich feiner Trieb-sand vorfand und ein Vermischen des Betons mit dem auf- quellenden Sand und ein Auswaschen des Cementes nicht verhindert wurde. Weit schwieriger gestalteten sich die Verhältnisse für den auf den lose aufgeschütteten Steinen herzustellenden Theil CB des Rosetta-Armes. Da durch die Spundwände die Strömung nicht ganz abgehalten und der Cement aus dem Beton ausgewaschen wurde, zeigten sich bei dem späteren Auspenden der durch Fangedämme eingefassten, einzelnen Baustrecken so starke Quellen, dafs sich

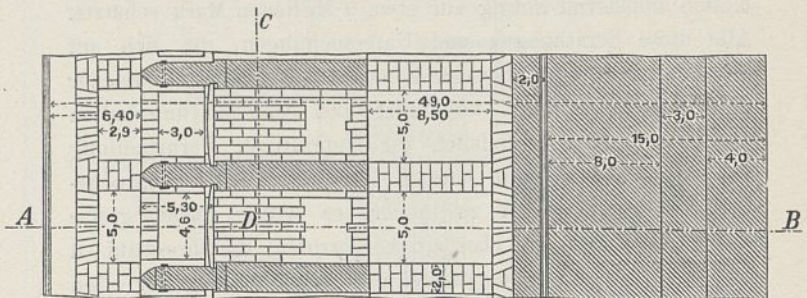
die Sohle stellenweis um 0,50 m hob. Im übrigen erfolgte die Ausführung nach den in Text-Abb. 7 dargestellten Schnitten, zu denen weitere Erläuterungen wohl entbehrlich sein dürften. Auffallen möchten bei der gewählten Anordnung die wenig vollkommene Vorsorge gegen Unterströmungen des ganzen Bauwerkes, das Fehlen tief hineingreifender Spundwände und einer ausgedehnten Abdichtung und Befestigung der Flusssohle oberhalb und unterhalb des Wehres.

Zum Abschluss der einzelnen 5,0 m weiten Oeffnungen waren ursprünglich die in Text-Abb. 7 ersichtlichen, nach einem Kreisbogen gekrümmten, 5,5 m hohen, aus hohlen Eisencylindern bestehenden Schützen vorgesehen, die durch radiale Verbindungsseisen in dem Mittelpunkte des Kreisbogens drehbar befestigt waren. Sie lagerten sich bei geschlossenem Wehr auf einem auf der Sohle fest angebrachten Gitter von 0,30 m Höhe, zur Spülung der Sohle und Verhinderung von Schlammablagerungen bestimmt, und sollten durch Einpressen von Luft in die hohlen Cylinder selbstthätig gehoben werden; sie haben sich jedoch nicht bewährt und wurden später (1884) durch Rollschützen ersetzt, von denen das untere gewöhnlich 2 m (je nach der Höhenlage der Sohle), das obere 2,5 m hoch ist, da sie zusammen einen Aufstau von 4,50 m halten sollen. Gezogen werden die Schützen durch kräftige, fahrbare Winden. Zu erwähnen bleibt noch, dafs die ganze Anlage, die eine Breitenausdehnung von etwa 1,5 km besitzt und gleichzeitig eine wichtige Verkehrsstrafse über den Nil bildet, von einem Schmalspurgleis durchzogen ist, dessen Anordnung sich als auferordentlich zweckmäfsig erwiesen hat. Ist schon durch die Gesamtanordnung die Einheitlichkeit des Betriebes des ganzen Werkes, welches aufser den beiden Hauptwehren die beweg-



Schnitt nach AB.

Schnitt nach CD.



Grundriss.

Abb. 7. Barrage du Nil.

lichen Verschlüsse der drei Hauptbewässerungcanäle und sieben Schiffahrtsschleusen umfasst, gewährleistet, so erleichtert diese Rollbahn, auf welcher die Beamten mittels einfacher zweiseitiger Plattformwagen, von leichtfüßigen, an

schnelles Laufen gewöhnten Eingeborenen geschoben, verkehren, den Dienst ungemein und ist ferner von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Heranschaffung von Baustoffen zu Ausbesserungen.

Mohamet Ali wandte der Ausführung der gewaltigen Anlage ein großes Interesse zu, vielleicht wenig zu Gunsten der ganzen Angelegenheit. Er befahl, daß täglich 1000 cbm Beton verarbeitet würden und war von großer Ungeduld, wenn unvorhergesehene Schwierigkeiten auftraten. Wenn auch gegen die gesamte Anordnung der Construction leise Bedenken nicht unterdrückt werden können, so sind doch die später aufgetretenen großen Fehler des Bauwerkes nicht etwa einem Mangel an technischem Können seitens der leitenden Ingenieure zuzuschreiben, deren Energie und Umsicht vielmehr Bewunderung verdient, sondern hauptsächlich durch die Willkür und Unbeständigkeit ihres Herrn und durch die Hast der ganzen Ausführung veranlaßt worden. Mohamet Ali erlebte die Vollendung des Werkes nicht mehr, ihm folgte in der Regierung 1848 Abbas Pascha, der, obgleich wenig geneigt zur Fortsetzung der von seinem Vorgänger begonnenen Arbeiten und durch Einflüsterungen seines Berathers Linant das Heil des Landes mehr in der Anlage von großen Pumpwerken erblickend, aus Furcht vor der öffentlichen Meinung die Unterbrechung der Arbeiten nicht wagte und das ganze Werk, nachdem Mougel 1853 entlassen war, durch Mazhas Bey im Jahre 1861 vollenden ließ, ohne daß jedoch die Fehler und Schwächen der Gründung beseitigt worden wären.

Die Folgen davon ließen auch nicht auf sich warten. Die ganze Anlage, die bis dahin nach Willcocks etwa 80 Millionen Mark gekostet hatte, wobei die Arbeit der zu Frohndiensten herangezogenen Eingeborenen und der Soldaten nicht berücksichtigt ist, erwies sich nach ihrer Vollendung als völlig unfähig, einem nennenswerthen Wasserdrucke zu widerstehen. Es wurden nun Commissionen auf Commissionen eingesetzt, welche die Fehler der Anlage ermitteln und Mittel und Kosten der Abhilfe angeben sollten. Zu einer dieser Commissionen gehörte auch John Fowler, einer der Erbauer der Forthbrücke in Schottland, der die Errichtung eines Entlastungswehres hinter dem alten vorschlug, ferner General J. H. Rundall, der zu solchen Maßregeln rieth, wie sie späterhin zur Ausführung kamen, und auch die Kosten annähernd richtig auf etwa 9 Millionen Mark schätzte. Alle diese Berathungen und Untersuchungen, die sich auf die Jahre von 1861 bis 1883 erstreckten, während welcher Zeit das ganze Werk unbenutzt und schlecht unterhalten verkam, führten schließlich zur endgültigen Verurtheilung desselben. Als Gründe wurden angeführt, seine gebrauchsfähige Herstellung sei zu theuer, es würde ferner große Schlammablagerungen oberhalb hervorrufen, die ihrerseits zu der kostspieligen Wiederherstellung und Räumung der alten tiefen Canäle führen würden, das ganze Land wäre abhängig von einem einzigen Werke, und endlich würde durch den hervorgerufenen Aufstau eine Schädigung des Landes durch Sickerwasser eintreten. Zum Glück erwiesen sich die erstgenannten Gründe in Zukunft als unzutreffend, bis auf den letzten, welchen das Stauwerk aber mit

den von seinen Verurtheilern damals begünstigten Pumpwerken theilt.

Zwei englischen Ingenieuren, die von Indien geschult und an Erfahrungen reich zurückkehrten, war es vorbehalten, mit verhältnißmäßig geringen Kosten das Stauwerk wieder in Ansehen zu bringen und es fähig zu machen, seiner ursprünglichen Bestimmung gerecht zu werden. Es waren dies Sir Colin Scott Moncrieff und Mr. Willcocks. Auf Veranlassung des ersteren widmete sich der letztere eingehend der Prüfung des bisher Ausgeführten, das er in verfallenen Zustand vorfand, versetzte mit geringen Kosten alle Theile der Anlage in brauchbaren Zustand und wagte im Juli 1884 zum ersten Male einen geringen Aufstau, der auf der Rosetta-Seite 2,20 m und auf der Damietta-Seite 0,95 m betrug. Der Erfolg war überraschend, die bisher erreichte größte Baumwollenernte wurde überschritten, und ein gleich günstiges Ergebnis brachte das folgende Jahr. Der nun eintretende Umschwung der öffentlichen Meinung führte sogleich dazu, daß Mittel zur Instandsetzung bereitgestellt

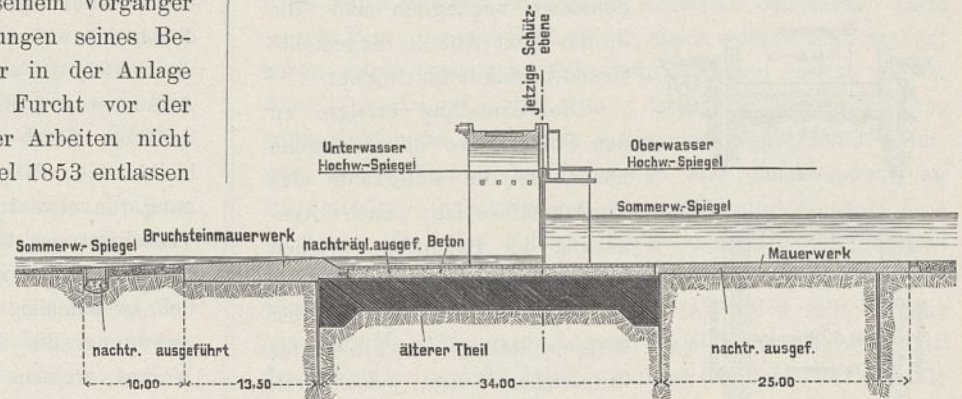


Abb. 8. Schnitt durch den „Barrage du Nil“.

wurden. Die Ausführung wurde von Lieut.-Colonel Western und Mr. A. G. W. Reid übernommen. Zunächst wurde die Hälfte eines Theiles des Stauwerkes mit einem Fangedamm umgeben, trocken gelegt und eingehend untersucht. Darauf entschloß man sich, eine sorgfältige Abdichtung des bisherigen Fundamentes durch Aufbringung einer durchschnittlich 1,25 m starken, mit bearbeiteten Bruchsteinen abzudeckenden Betonschicht vorzunehmen und zur Abdichtung und Befestigung der Flussstrecke ober- und unterhalb des Stauwerkes die in Text-Abb. 8 dargestellten Mauerwerkkörper aus Kalkbruchsteinen (schräg schraffirt), Abpflasterungen der Sohle und eine Spundwand nach oberhalb zu auszuführen.

Die Arbeiten wurden auf vier Jahre vertheilt, sodafs in jedem in dem kurzen Zwischenraume zwischen zwei Hochwässern vom November bis Juni die Hälfte des Stauwerkes eines Nilarmes durch einen Fangedamm eingeschlossen, untersucht und ausgebessert wurde. Von diesen acht Monaten entfielen etwa zwei auf die Herstellung des Fangedammes, zwei auf die Trockenlegung der Baugrube, sodafs für die eigentliche Arbeit nur vier Monate verfügbar blieben. Trotz mancher unvorhergesehener Hindernisse gelang es in den vier Jahren 1887 bis 1890 mit einem Kostenaufwande von 9 300 000 *M* die ganze Arbeit glücklich zu beenden und das Stauwerk nun endlich für den beabsichtigten Aufstau widerstandsfähig zu gestalten. Wenn auch, wie ursprünglich in Aussicht genommen, ein Aufstau von 4,5 m bis

1894 noch nicht erreicht wurde, so konnte dieser jedoch schon bis 4 m gesteigert werden.

Die kaum noch erhoffte glückliche Vollendung des ganzen Werkes nach so wechselvollen Schicksalen brachte nun dem Lande reichen Segen, in wenigen Jahren verdoppelte sich die Baumwollenernte, die Frohndienste zur Räumung der Canäle konnten abgeschafft werden, und große

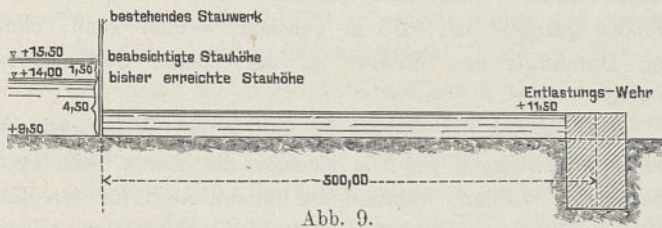


Abb. 9.

Geld- und Arbeitsaufwendungen für Hebung des Wassers wurden erspart. Der Aufstau der Niedrigwassermenge des Nils ist sogar so vollkommen erreicht worden, daß z. B. 1892 alles Nilwasser den Canälen zugewiesen werden konnte. Einige später noch auftretende Quellen wurden mittels einer entsprechenden Verlängerung des Sturzbettes, die durch eine starke mit Cementsäcken bedeckte Kleischicht bewirkt wurde, unschädlich gemacht. Die gesamten auf Herstellung der Anlage verwandten Kosten haben sich reichlich bezahlt gemacht.

Daß aber sorgfältige Unterhaltung und Ueberwachung nicht fehlen dürfen, ist jedem Eingeweihten klar, und nachdem das Bedürfnis zu höherer Anspannung des Stauspiegels eingetreten ist, hat man sich neuerdings zu einer weiteren Verstärkung der ganzen Anlage entschlossen und eine Summe von 11 000 000 *M* dafür bereitgestellt. Die Arbeiten haben im verflossenen Jahre begonnen und werden voraussichtlich in dem laufenden ihrer Vollendung entgegengehen. Sie beruhen auf dem schon von John Fowler angeregten Gedanken der Anordnung eines zweiten, unterhalb belegenen, die Staustufe zerlegenden Entlastungswehres, wie in der Uebersichtszeichnung (Text-Abb. 9) ersichtlich ist. Die weitere Anordnung dieses zweiten festen Wehres, das 500 m unterhalb des bestehenden errichtet wird, zeigen die Text-Abb. 10 bis 12. Das Hauptinteresse fordert dabei die Herstellung des Mauerwerkernes aus Kalkbruchstein. Nachdem zunächst die Baugrube durch Baggerung hergestellt ist, werden hölzerne abgebundene Tafeln von etwa 1 m Breite und 8 m Höhe zu einem Kasten zusammengestellt, dessen Innenraum dem herzustellenden Mauerwerkkörper entspricht, und durch Zangen und Ketten zusammengezwängt. In den Hohlraum werden nun, nachdem darin drei eiserne, mit zahlreichen Löchern versehene Rohre von 0,15 m Durchmesser aufgestellt worden sind, Kalkbruchsteine bis zu der erforderlichen Höhe geworfen. Die Ausfüllung der Fugen erfolgt darauf durch dünnflüssigen Cement, der durch ein besonderes, etwa 0,05 m Durchmesser haltendes Rohr eingegossen wird, welches, von unten anfangend, allmählich dabei gehoben wird. Nach vorgenommenen Proben soll auf diese Weise ein guter dichter Mauerwerkklötz erhalten und, da ein in acht Stunden abbindender Cement zur Verwendung gelangt, außerordentlich schnelles Arbeiten ermöglicht werden.

Bei dem im Jahre 1899 im Damietta-Arm in Ausführung begriffenem Theile wurde die ganze Arbeit von

schwimmenden Rüstungen (Text-Abb. 12) aus vorgenommen, von denen vier in Verwendung waren. Der Arbeitsfortschritt betrug täglich insgesamt 10 m, sodaß in zwei Monaten der ganze etwa 500 m lange Mauerwerkkörper hergestellt werden konnte. Eine solche Beschleunigung der Arbeiten wird dadurch bedingt, daß sie innerhalb zweier Hochwässer des Nils, also vom November bis Juni ausgeführt werden müssen.

Mögen diese Arbeiten zur weiteren Vervollkommnung des mit so vielen Opfern hergestellten „Barrage du Nil“ beitragen und seine Nutzbarkeit für die Bewässerung Unterägyptens erhöhen.

Der Koschescha-Auslaß, das zweite große vollendete Werk englischer Ingenieure in Aegypten, ist für den mittleren Theil des Landes bestimmt. Seine Herstellung wurde dadurch veranlaßt, daß Ismail Pascha für seine in Mittelägypten belegenen ausgedehnten Ländereien von der alten bisherigen Bewässerungsart, dem Beckensystem, nach welchem jährlich nur eine Ueberstauung stattfindet, Übergang zu der zeitgemäßerer Form der regelmäßigen, das ganze Jahr hindurch währenden Bewässerung, um Zuckerrohranbau zu treiben.

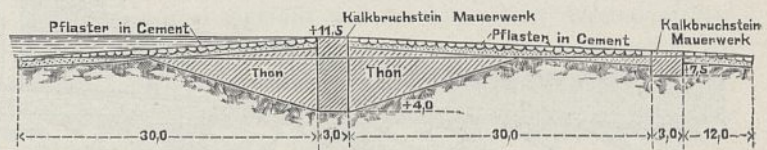


Abb. 10. Entlastungswehr.

Diese Besitzungen bilden einen großen Theil des unbaren Landes in Mittelägypten, erstrecken sich von Derut

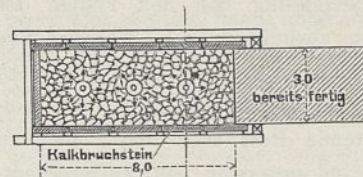


Abb. 11. Wagerichter Schnitt (s. Abb. 12).

abwärts bis Koschescha (vgl. Text-Abb. 1) und bilden längs dem Westufer des Nils einen Streifen von 190 km Länge, dessen Breite zwischen einem Viertel und der Hälfte der Thalbreite

schwankt. Behufs regelmäßiger Bewässerung dieses mächtigen Besitzes ließ Ismail Pascha 82 km oberhalb Assiuts einen

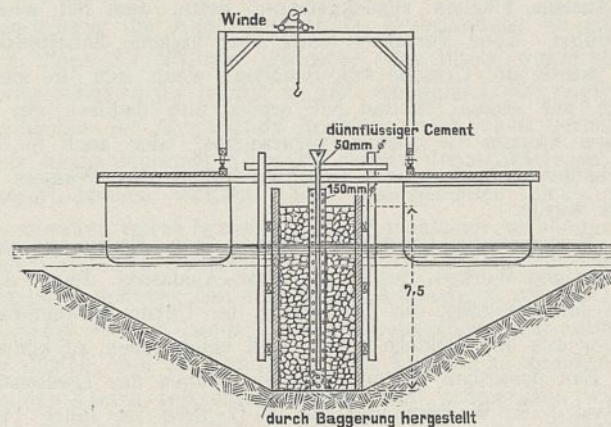


Abb. 12. Schwimmende Rüstung für die Herstellung des Mauerwerkkörpers.

Canal von dem Nil abzweigen, der unter dem Namen Ibrahimiyah-Canal das ganze Gebiet durchzieht und das Nilwasser zur bequemen Versorgung der Aecker hoch genug

heranführt. Durch diese Mafsregeln wurde allerdings für den genannten Landstreifen gut gesorgt, dafür aber das dahinter liegende Land von unmittelbarer Bewässerung abgeschnitten. Während bis dahin der ganze Landstreifen von Assiut bis Koscheschah in einzelne Polder zerlegt war, die meist mit dem Nil in unmittelbarer Verbindung standen, von diesem mit schlickreichem Wasser überstaut wurden und auch wieder in denselben entwässerten, so blieb ihnen im wesentlichen nur noch die Bewässerung durch den Bahr Jussuf-Canal und von Polder zu Polder von oben herab; dabei kamen die am weitesten nach unterhalb belegenen Flächen zu kurz, da sie nur noch sehr schlickarmes Wasser erhielten. Diesem Nachtheil wurde von 1884 ab dadurch abgeholfen, dafs auf der ganzen Strecke gleichmäfsig vertheilt eine gröfsere Zahl von Zubringercanälen angelegt wurde, die, meist vom Nil ausgehend, den Ibrahimiyah-Canal mittels Düker kreuzten und so in die von der unmittelbaren Bewässerung abgeschnittenen Polder zur Hochwasserzeit fruchtbares Wasser führten. Die gesamte in den

Abb. 13 und 14). Jede derselben ist durch ein gewölbtes Zwischenmauerwerk in eine gröfsere obere und eine kleinere untere Abtheilung zerlegt. Die obere Oeffnung wird durch eine um ihre untere wagerechte Kante drehbare Klappe geschlossen, die durch eine Ausklinkvorrichtung gehalten und durch Auslösen derselben leicht und schnell geöffnet werden kann. Die untere Oeffnung kann durch ein in Falzen gleitendes Schütz verschlossen werden, welches durch fahrbare Winden gezogen und 0,75 m gehoben werden kann, ohne den Durchflufs des Wassers in der oberen Oeffnung zu stören.

Der Betrieb des Werkes ist nun in der Weise gedacht, dafs beim Ansteigen des Nils zunächst die oberen Oeffnungen geschlossen werden, während die unteren noch für den Eintritt des Hochwassers geöffnet bleiben, bis eine Ausspiegelung des Wassers im Polder mit dem hochangeschwellenen Flusse stattgefunden hat, alsdann werden auch diese heruntergelassen. Der Wasserstand im Polder steigt nun durch von den oberen Becken herabkommendes Wasser und kann, wenn er die zu-

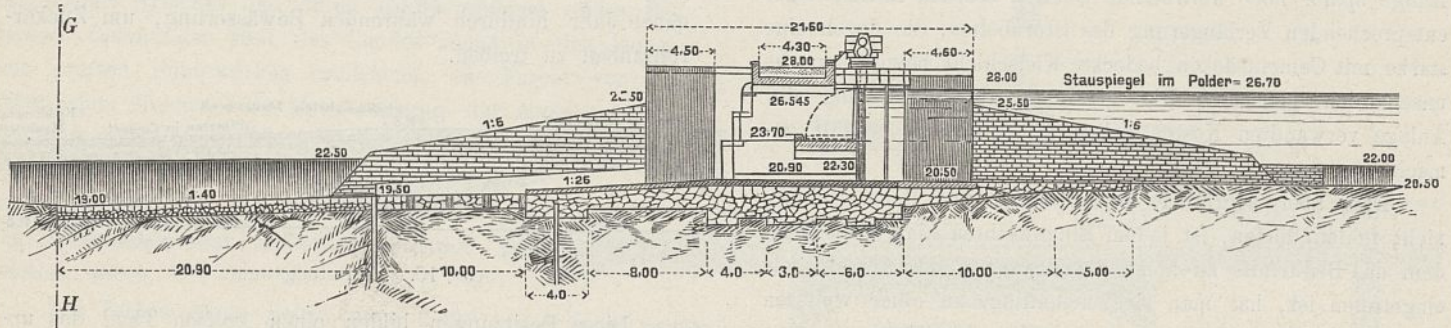


Abb. 13. Querschnitt durch den Koschescha-Auslaufs. 1:500.

fünfzig Tagen der Ueberschwemmung von den Poldern der Strecke Assiut—Koscheschah zurückgehaltene Wassermenge beträgt etwa 2000 Millionen cbm, von denen ein Theil durch den Bahr Jussuf in das Fayum abgezweigt wird, ein weiterer verdunstet, der bedeutende Rest aber von Polder zu Polder fluthet und endlich im untersten ein außerordentliches Ansteigen des Wassers hervorruft. Von hier wurde aus dem Koscheschah-Polder bis 1890 nach der mit feierlichen Ceremonieen bewirkten Durchstechung des Deiches die gewaltige Wassermenge, die ihre Sinkstoffe auf den überstauten Flächen zurückgelassen hatte, dem Nil wieder zugeführt. Dies Verfahren hatte aber manche Schattenseite und wurde die Ursache von Schäden, wenn sich die ganze Fluth auf einmal in den Nil ergoß und dadurch ein zu starkes Steigen in diesem verursachte, oder auch in den durchstauten Poldern die Geschwindigkeit des Wassers zu grofs wurde.

Vorgenannte Umstände führten zur Erbauung eines grofsartigen Werkes, des Koscheschah-Auslasses, dessen Aufgabe darin besteht, die Entfernung der Ueberschwemmungswässer aus den Poldern regeln und beherrschen zu können. Der Bau desselben wurde nach den Plänen des Lieutenant-Colonel J. H. Western und Mr. A. G. Reid im Jahre 1889 beschlossen und im Jahre 1891 unter der Oberleitung des Mr. W. Marshall Hewatt glücklich vollendet mit einem Kostenaufwand von rund 1 250 000 M.

Der Auslaß besteht aus einem massiven beweglichen Wehr mit 60 Oeffnungen zu je 3 m lichter Weite (Text-

lässige Höhe zu überschreiten droht, ehe der Zeitpunkt für die Gesamtentleerung aller Polder gekommen ist, durch Anheben der unteren Schützen geregelt werden. Soll dann die Gesamtentlastung beginnen, so werden so schnell als möglich alle oberen Oeffnungen freigegeben und einige Tage später auch die unteren Schützen gezogen; das Werk ist dann imstande, in 24 Stunden 100 bis 150 Millionen Cubik-

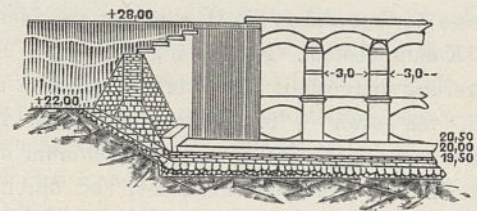


Abb. 14. Schnitt GH (s. Abb. 13).

meter abzuführen. Die Oeffnung der sechzig oberen Klappen hat im Jahre 1891 nur 20 Minuten beansprucht und soll in noch kürzerer Zeit möglich sein. Das ganze Werk hat seiner Bestimmung bisher vollauf genügt zum Ruhm seiner Erbauer.

Das Assiut-Stauwerk, zur Zeit noch im Bau befindlich, soll für Mittelägypten und das Fayum einem ähnlichen Zweck dienen wie der Barrage du Nil; es soll zur Niedrigwasserzeit den Spiegel des Flusses bis zur Geländehöhe anstauen, dadurch die Vertheilungsfähigkeit der Mittelägypten durchziehenden Canäle, des Ibrahimiyah- und Bahr Jussuf-Canals vergrößern und für eine das ganze Jahr hindurch

während regelmäßige Bewässerung Sorge tragen; zur Hochwasserzeit wird es den Nilfluthen aber freien Durchfluß gestatten. Seine Bauart ist daher ähnlich der des unterhalb Kairos befindlichen großen Stauwerks; es wird massiv ausgeführt und erhält 120 Oeffnungen, in denen mittels Rollschützen ein Stau von 3 m gehalten werden kann. Eine große Vermehrung des bisher bebaubaren Landes wird für Mittelägypten durch Errichtung desselben erhofft. Die Arbeiten befanden sich im Jahre 1899 in vollem Gange und werden durch die Firma Aird u. Co. ausgeführt.

Bei weitem das größte Interesse hat in neuerer Zeit der Assuan-Staudamm (Bl. 50) hervorgerufen. An Kühnheit des Gedankens alle seine Vorgänger überragend und den Schlufstein der großartigen Bewässerungsbauten Aegyptens bildend, ist er bedauerlicherweise mit dem einen Nachtheil behaftet, die oberhalb Assuans belegene Insel Philae mit ihren herrlichen Baudenkmalern theilweis zu überschwemmen und diese dadurch vielleicht früher dem allmählichen Untergange zu weihen. Zwei frühere Aufsätze im Centralblatt der Bauverwaltung im Jahrg. 1894 S. 517 und 1896 S. 385 haben dieser Befürchtung Ausdruck gegeben. Ein Sturm der Entrüstung wurde unter den Archäologen Europas entfesselt, als die Nachricht zu ihnen drang, daß jene herrliche Kunststätte in ihrem Bestehen gefährdet sei; die preussische Regierung hat den Regierungsbaumeister Dr. Borchardt nach Aegypten gesandt, um die Verhältnisse an Ort und Stelle zu untersuchen; dieser hat durch Freilegen der Fundamente und eingehende Prüfung der Bauwerke in seinen beiden an die Akademie der Wissenschaften zu Berlin gerichteten Berichten die Befürchtigungen bestätigt, die den Bauten Philaes durch zeitweise Ueberschwemmungen drohen.

Der geplante Staudamm, der das bei Assuan von Felsen begrenzte Nilthal in einer Breite von 2 km durchquert, hat den Zweck, ein großes Sammelbecken herzustellen, in welchem die für die Sommerbewässerung erforderlichen Wassermengen zur Zeit der Fluth aufgespeichert und bei Niedrigwasser nach und nach abgegeben werden sollen, wodurch die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit Aegyptens ganz gewaltig vermehrt werden würde. Sir William Garstin, Unterstaatssecretär im ägyptischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten, giebt den durch den Staudamm für den Staat zu erwartenden Nutzen auf jährlich 17 000 000 *M* an und berechnet die Zunahme des Werthes der Ernten für Ober-, Mittel- und Unterägypten auf jährlich 320 000 000 *M*.

Nachdem Sir William Willcocks dem Gedanken 1891 festere Gestalt gegeben und die großen Vortheile eines solchen Wasserspeichers nachgewiesen hatte, wurde den verschiedenen Lösungen der Aufgabe nähergetreten. Auf zwei Wegen kann man zu dem Erfolge gelangen; indem man entweder den Fluß durch einen Querdamm selbst zum Staubecken herrichtet oder ein Seitenthal dazu verwendet. Für die erste Art wurden vier Entwürfe, für die letztere nur einer aufgestellt.

Die Möglichkeit der Anordnung eines Querdamms wurde gefunden bei Kalabsha, oberhalb Philaes, oberhalb Assuans und bei Gebel Silsila (vgl. Text-Abb. 1); die Benutzung eines Seitenthales, durch den Franzosen Mr. Cope Whitehouse zuerst vorgeschlagen, schien nur im Wady Rayan gegeben (vielleicht dem alten Möris-See).

Zur Prüfung der Frage wurde ein Ausschufs berufen, dem der Engländer Benjamin Baker, der Italiener Torricelli und der Franzose Boulé angehörten, von denen die beiden ersteren sich für die Stelle bei Assuan entschieden in Uebereinstimmung mit der ägyptischen Regierung und deren englischen Rathgebern, während Boulé eine Anzahl kleinerer Sperrdämme oberhalb Philaes vorschlug.

Die Gründe, die im wesentlichen zur Verwerfung der anderen Entwürfe führten, waren die folgenden. Bei Kalabsha wäre wohl die Gründung des Sperrdamms durchweg auf Fels möglich gewesen, aber die Entfernung des Staubeckens von den zu bewässernden Landflächen ist so groß und die Lage so südlich, daß durch Verdunstung und Versickerung auf dem langen Wege thalwärts zu viel Wasser verloren gegangen wäre. Oberhalb Philaes konnte an einer Stelle durch Bohrungen ein für die Gründung ausreichende Festigkeit besitzendes Gestein nicht gefunden werden; während bei Gebel Silsila sich im Untergrunde soviel Felsspalten, Kleinschichten und verwitterter Feldspath vorfanden, daß es nicht rathsam erschien, dort eine Thalsperre von solcher Höhe, daß sie ganz Aegypten speisen könnte, zu errichten.

Bei dem Wady Rayan-Entwurf, der darin bestand, daß der dort vorhandene Thalkessel bei Hochwasser durch einen Zubringercanal angefüllt und bei Sommerzeit durch denselben oder einen zweiten Canal wieder entleert werden sollte, erschienen, obgleich er mannigfache Vorzüge besitzt, die Kosten zu hoch; durch seine nördliche Lage würde er auch nur Unterägypten große Vortheile bringen.

Alle eben geschilderten Nachtheile finden sich bei der oberhalb Assuans gewählten Oertlichkeit nicht; in mäßiger Tiefe steht ein gesunder Fels an, sodaß ein so gewaltiges Bauwerk, das, wenn es nicht mit peinlichster Sorgfalt sicher gegründet werden kann, eine ständige Gefahr für das unterhalb belegene Land bildet, dort zuversichtlich errichtet werden kann. Zudem verbreitert sich der Nil hier erheblich, spaltet sich in mehrere Arme und erleichtert dadurch, daß einzelne derselben nach einander abgesperrt und dann im Trockenen gearbeitet werden kann, die Ausführung bedeutend. Geeignete Bausteine finden sich in unmittelbarer Nähe, während für die Heranschaffung von Cement usw. der Nil selbst und die bis hierher reichende Eisenbahn zur Verfügung stehen.

So kam es denn, daß nach eingehender Prüfung und Bearbeitung der Angelegenheit die Entscheidung zu Gunsten der Pläne Sir William Willcocks, des Philae verderblichen Assuan-Entwurfes gefällt wurde, wengleich die englischen Rathgeber der ägyptischen Regierung sich nicht verhehlten, daß ihnen dauernde Vorwürfe seitens der Archäologen nicht erspart bleiben würden. Aber sie befanden sich in der Zwangslage etwas Besseres nicht vorschlagen zu können und gaben sich der Hoffnung hin, daß der Nutzen der Gesamtanlage in späterer Zeit ihre Wahl rechtfertigen würde. Auch glaubten sie dem Lande große Mehrausgaben nicht aufbürden zu dürfen, um die Interessen von Kreisen zu schonen, die zu den Kosten beizusteuern wohl nicht geneigt sein würden.

Nachdem der Bau beschlossen und seine Ausführung in vollem Gange ist, kann nur noch der Hoffnung Ausdruck verliehen werden, daß es durch geeignete Mafnahmen gelingen möge, die verderbliche Wirkung desselben auf das geringste Maf zu beschränken. An Vorschlägen dazu hat

es bisher nicht gefehlt; die einen wollten die Baudenkmäler auf eine andere höher gelegene Insel versetzen, andere, darunter die gewichtige Stimme eines Baker, wollten die Gebäude an Ort und Stelle höher legen, noch andere endlich sahen in einer Einfassung der Insel durch einen entsprechend hohen Ringwall eine ausreichende Abhülfe.

Der Staudamm, welcher, wie der Uebersichtsplan (Abb. 13 Bl. 50) zeigt in gerader Linie, 6 km oberhalb Assuans, das Nilbett durchquert, erhält eine Länge von 2000 m. Der beabsichtigte Stauspiegel soll auf 106 m über dem Spiegel des mittelländischen Meeres liegen. Bei dieser Höhe beträgt die aufgespeicherte Wassermenge 1 065 Millionen cbm und übertrifft damit ähnliche Anlagen bedeutend. Die Thälränder werden in den höheren Lagen aus Sandstein gebildet, bestehen in den tieferen Schichten wie auch im ganzen Flußbett aus Granit, der an wenigen Stellen durch Erdablagerungen bedeckt wird und in verhältnißmäßig geringer Tiefe sich von guter fester Beschaffenheit zeigt. Die Gründung der Staumauer kann daher nach Wegräumung geringer Gesteins- und Bodenmassen überall auf festem Fels erfolgen, wie es besser nicht gewünscht werden kann. Die Spaltung des Stromes in mehrere kleine Arme gestattet die Ausführung im Trockenem, nachdem durch entsprechende Fangedämme die erforderliche Absperrung bewirkt ist.

Die Staumauer selbst wird aus Granitbruchsteinen in Portlandcementmörtel errichtet und erhält den üblichen Thalsperrenquerschnitt (Abb. 3 bis 12 Bl. 50); mit einer Mindeststärke von 7 m oben beginnend, nimmt die Stärke derselben bei einer Höhe von 25 m nach unten bis auf 19 m und bei der größten vorkommenden Höhe von rund 28 m bis rund 22 m zu. In Abständen von durchschnittlich 65 m sind 10 m breite Strebepfeiler vorgesehen, die durchweg 1 m stärker sind. Solche Abmessungen sind geeignet bei einem aus so edlem und schwerem Material hergestellten Bauwerk jede Befürchtung die Standsicherheit betreffend zu zerstreuen; sie sind aber auch nothwendig, um die durch zahlreiche Schützöffnungen bewirkte Schwächung der Mauer aufzuheben.

Der Staudamm muß, um seine Aufgabe voll erfüllen zu können, Einrichtungen besitzen, welche ihn befähigen die täglichen Wassermassen des Nils bis zu den Hochwassermengen ohne erheblichen Aufstau durchzulassen. Zu dem Ende sind (Abb. 15 Bl. 50) im unteren Theil 180 Oeffnungen, in Gruppen von je zehn durch vorgenannte Strebepfeiler getrennt, angeordnet, von denen 140 je 7 m Höhe und 2 m Breite, die 40 übrigen bei der gleichen Weite nur 3,50 m Höhe besitzen. Innerhalb der einzelnen Gruppen befinden sich die Oeffnungen in einem Abstände von 7 m, sodafs zwischen ihnen ein Mauerwerkkörper von 5 m Stärke bestehen bleibt. Diese zahlreichen Oeffnungen, welche von oben durch einen reichlich weiten Schacht zugänglich sind, werden durch Rollschützen geschlossen, die durch fahrbare Winden gezogen werden können, und ermöglichen jede wünschenswerthe Regelung der Abflufsverhältnisse. Der bei gezogenen Schützen freigebbare Querschnitt beträgt 2240 qm, wodurch ein mittleres Hochwasser, dessen Wassermenge bei Assuan 10 000 cbm in der Secunde beträgt, mit dem geringen Aufstau von 2 m abgeführt werden kann. Aber noch eine weitere Grundbedingung der Ausführbarkeit des ganzen Planes wird durch die im unteren Theile der Mauer angeordneten Oeffnungen erreicht. Bei

dem starken Schlickgehalt der Nilfluthen liegt der Gedanke nahe, dafs aus den ihrer lebendigen Kraft beraubten, aufgespeicherten Wassermengen sich so viel Schlamm in dem Staubecken absetzen wird, dafs sehr bald der Fassungsraum desselben merkbar verringert wird und kostspielige Räumungsarbeiten entstehen werden. Wenn dem auch dadurch etwas entgegengetreten werden kann, dafs das Becken erst bei fallendem Wasser gefüllt wird, wenn die Hauptfluth und mit ihm das schlickreichste Wasser schon vorüber ist, so leuchtet ein, dafs durch die vielen über die ganze Länge des Staudammes vertheilten, dicht über der Sohle befindlichen Oeffnungen, die, um die Niedrigwassermenge von etwa 350 cbm in der Secunde durchzulassen, stets etwas geöffnet sein werden, in den unteren Schichten des aufgespeicherten Wassers eine genügend starke Bewegung erhalten wird, die übermäßige Schlammablagerungen verhindert und bei Hochwasser einen starken Spülstrom, der bis zu 5 m Geschwindigkeit erreicht, möglich macht. Die Anlage von Ueberfällen und anderen Entlastungsvorrichtungen wird dadurch entbehrlich und dürfte auch für den vorliegenden Fall wenig zweckentsprechend sein.

Die Höhenverhältnisse an dem neuen Stauwerk sind etwa folgende: die tiefste Lage der Flußsohle liegt auf + 82 m, der bekannte niedrigste Wasserstand auf + 85 m, der bekannte höchste auf + 99,78 m, der zukünftige Stauspiegel auf + 106 m, die Oberkante des Dammes auf + 109 m und die Oberkante des massiven Geländers auf + 110 m.

Zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt ist dicht am linken Thalrande ein 1600 m langer Canal (Abb. 1 und 2 Bl. 50) vorgesehen, der in die Felsen eingesprengt mit vier Schleusen von 80 m Länge und 9,50 m lichter Weite den Gefällunterschied überwindet und bei dem niedrigsten Wasserstande von + 85 m noch 2 m Wassertiefe hat.

Die Gesamtkosten des Bauwerks sind auf 40 000 000 *ℳ* geschätzt. Nachdem die ägyptische Regierung im Jahre 1898 der Firma John Aird u. Co. die Ausführung des Assuan- und Assiut-Stauwehres übertragen hatte, haben die Arbeiten im Winter 1898 bis 1899 begonnen und sind so kräftig in Angriff genommen, dafs ihre Beendigung in der geplanten Bauzeit von nur fünf Jahren zu erhoffen steht. Sir William Garsten fand sie bei seinem Besuche im Sommer 1899 in bedeutendem Fortschritt begriffen und 14 000 Menschen dabei beschäftigt, von denen etwa neun Zehntel Eingeborene, der Rest zum größten Theil Italiener sind.

Zum Schlufs sei der zukünftige Betrieb des großen Staudammes von Assuan noch einmal vor Augen geführt. Nachdem im Hochsommer die Hauptfluth des Nils eingetreten ist, werden in den Herbstmonaten die Schützen allmählich geschlossen und soviel Wasser zurückgehalten, bis das Becken gefüllt ist, was etwa im Januar und Februar der Fall sein wird. Treten dann in den folgenden Monaten niedrige Wasserstände ein und verlangen die Zucker-, Baumwolle- und Reisfelder am meisten Wasser, so werden die Schützen allmählich höher gezogen und das gesammelte Wasser zur Vervollständigung und Erhöhung der Wassermasse des Flusses abgelassen, bis mit dem Leerwerden des Sammelbeckens auch die nächste Fluth wieder beginnt. So wird jede Unterbrechung in der Bewässerung vermieden. — Möge die Vollendung der beiden jetzt noch im Bau be-

findlichen großen Werke von Assuan und Assiut glücklich erfolgen und es dann gelingen, mit den vier geschilderten Erzeugnissen menschlicher Erfindungsgabe und Schaffenskraft den Wohlstand Aegyptens zu ungeahnter Höhe zu bringen, nachdem durch Vervollständigung und Verbesserung des Canal-

netzes und Einheitlichkeit der Leitung der Wasservertheilung die denkbar höchste Stufe der Vollkommenheit erreicht und der Ackerbau des Landes von den Launen der Witterung und den Schwankungen in der Wasserführung des Nils unabhängig gemacht ist.

Ueber Wasserkraftverhältnisse in Skandinavien und im Alpengebiet.

Vom Prof. Holz in Aachen.

(Mit Abbildungen auf Blatt 51 bis 57 im Atlas.)

(Alle Rechte vorbehalten.)

Vorwort.

Die in der vorliegenden Abhandlung zusammengestellten Mittheilungen stellen den wesentlichen Theil der Ergebnisse einer Studienreise dar, welche der Verfasser in den Monaten Juli bis October 1896 auf Grund der Verleihung des Schinkelpreises nach Skandinavien und nach dem Alpengebiet ausführte. Aus dem Bericht über diese Studienreise sind für die Abhandlung die auf die „Wasserkraftausnutzung“ sich beziehenden Abschnitte zu einem einheitlichen Ganzen bearbeitet worden. Jedoch geht der vorliegende Aufsatz über den unmittelbaren Rahmen der Studienreise hinaus: Einerseits waren viele der besuchten Anlagen, und zwar gerade die bedeutendsten, bei der Studienreise noch in der Bauausführung; diese sind nach Möglichkeit in ihrer heutigen Form dargestellt. Andererseits ist der Verfasser in der Zwischenzeit mit gutachtlichen Entwurfsarbeiten für Wasserkraftanlagen in Norwegen befaßt worden; die hierbei, insbesondere auch durch nothwendige Ortsbesichtigung gewonnenen neuen Anregungen haben ebenfalls in der Abhandlung Berücksichtigung gefunden. Betreffend Skandinavien sei besonders hervorgehoben, daß sich entsprechend der Studienreise der vorliegende Aufsatz überwiegend auf Norwegen erstreckt und nur zum kleinen Theil auf Schweden.

Der Reiseweg für die Bereisung in Skandinavien ist in die Karte (Bl. 53) eingetragen; er ist in Kürze der folgende gewesen: Jütland, Frederikshavn, Skagerack, Kristiansand, Bergen und Umgebung, Hardangerfjord, Odde, Thelemarken, Dalen, Bandakcanal, Skien, Larvik, Kristiania, Drammenfluß, Moss, Sarpsborg (Glommenggebiet), Frederikshald, Trollhättan.

Der Reiseweg im Alpengebiet war der folgende: Vogesen, Rheinfelden, Zürich und Umgebung, Neuhausen, Lend-Gastein, Meran, Davos, Luzern, Bern, Wynau, Genf, Neuchatel, Val de Travers, Vogesen.

Für Unterstützung bei den Ortsbesichtigungen und bei der Stoffgewinnung betreffend die Wasserkraftwirthschaft schuldet Verfasser Dank den Vorständen der Behörden und der besuchten Werke, insbesondere aber den nachbenannten Herren:

1. Betr. Skandinavien den Herren: Saetren, Canalbaudirector in Kristiania; Krag, Wegebaudirector in Kristiania; Kristensen, Abtheilungsingenieur im Canalbauamt in Kristiania; Stenberg, Ingenieur und Oberlehrer in Kristiania; Eger, Ingenieur in Kristiania; Bryn, Director der Actien-Gesellschaft Hafslund in Kristiania; Borchgrevinck, Betriebsdirector des Bandakcanals in Skien; Stören, Abtheilungsingenieur beim

Bandakcanal in Ulefos; Ruths, Betriebsdirector des Kraftwerkes Hafslund in Sarpsborg; Föreholmen, Flöfsereinspector in Föreholmen bei Sarpsborg; Jebesen, Fabrikbesitzer in Dale bei Bergen; Jensen, Fabrikbesitzer (Jensen u. Dahl) in Kristiania; Schmidt, Fabrikdirector in Scotsfos bei Skien; Gottschalk, Director des deutschen Kobaltwerkes Modum bei Drammen; Bensberg, Baumeister der Baudeputation in Hamburg; der Firma Elektrizitäts-Actien-Gesellschaft vorm. Schuckert u. Co. in Nürnberg; ferner betr. Schweden dem Kaiserlichen Deutschen Generalconsulat in Stockholm.

2. Betr. das Alpengebiet den Herren: Fecht, Ministerialdirector in Straßburg; Intze, Geh. Regierungsrath in Aachen; Wyssling, Professor in Zürich; Schmick, Reg.-Baumeister in Frankfurt a. M.; Ammann (†), Ingenieur in Mödling bei Wien; Faehndrich, Ingenieur in Mödling bei Wien; Buttica, Director der industriellen Werke in Genf; der Firma Escher, Wyss u. Co. in Zürich.

Betreffend Norwegen seien die wichtigsten Fremdwörter in ihrer deutschen Bedeutung aufgeführt: møle = möle Mühle; vand Wasser (See); sjø = sjoe See; fos Fall, Wasserfall; ø = ö Insel; naes Nase, Landspitze; dal Thal.

Es sei darauf hingewiesen, daß die norwegischen Ortsnamen oft verschiedenartige Schreibformen besitzen.

A. Die wichtigsten allgemeinen Beziehungen der Wasserkraftausnutzung zu den natürlichen Verhältnissen.

Die unmittelbarsten Zubehöre einer Wasserkraft sind:

1. die Gefällstufe, lothrecht gemessen etwa in m,
2. die Wassermenge, gemessen etwa in cbm/sec.

Die Gefällhöhe wird im Einzelfalle für die Kraftgewinnung nutzbar gemacht, dagegen der natürlichen Benutzung durch den Wasserlauf entzogen. Das Wasser muß aber thalabwärts fließen. Daher muß ihm ein nothwendiger Theil seines Gesamtgefälles belassen werden zur Ueberwindung der Reibungswiderstände. Insbesondere der über diesen nothwendigen Theil hinausgehende Ueberschuß des Arbeitsvermögens darf in natürlicher Form als schadenbringend bezeichnet werden. Schafft man aber zweckgemäße Einrichtungen, so ist es möglich, diesen Ueberschuß, unmittelbar der Gefällhöhe, für die Gewinnung nutzbringender Arbeit einzurichten.

In unseren gewöhnlichen Wasserläufen mit stetigem natürlichem Längenschnitt der Flußsohle ist das relative Gefälle im Quellgebiet größer, als weiter unten. Auf der Strecke *AB* (Text-Abb. 1) senkt sich von *A* bis *B* der Spiegel

des Fließwassers um das Maß h' . Die Verhältnisse mögen so liegen, daß das Wasser zum Fließen weniger als dasjenige Arbeitsvermögen benötigt, welches es beim Durch-

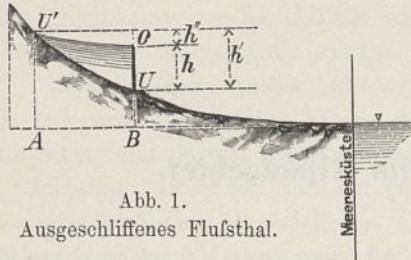


Abb. 1.
Ausgeschliffenes Flussthal.

fallen der ganzen Höhe h' entwickeln kann. Für dieses Fließen möge nur die Höhe h'' erforderlich sein. Alsdann genügt es, auf der Strecke AB den Wasserspiegel nur um h'' , d. h. von U'

bis O zu senken, sodafs das Wasser bei B auf der Spiegelhöhe O anlangt, während es mit der Spiegelhöhe U (bezw. noch tiefer) weiterfließen kann. Auf solche Art entsteht im Längenschnitt bei B eine Gefällstufe von der absoluten Höhe h ; bei dieser wird die Wassermenge Q cbm in der Secunde die nützliche Arbeit $Q \cdot h$ verrichten können.

Die Herstellung solcher Gefällstufen ist ein besonders wichtiger Arbeitsabschnitt der Wasserkraftgewinnung. Sie kann in mannigfacher Form bewerkstelligt werden; die Text-Abb. 1 stellt diesbezüglich nur einen Sonderfall dar. Unter Zugrundelegung dieser Verhältnisse erkennt man, daß es möglich ist, den im Längenschnitt stetig gekrümmten Wasserspiegel durch einen treppenförmigen Längenschnitt zu ersetzen, bei welchem flachere Spiegelstrecken $U'O$ und Gefällstufen OU mit einander abwechseln. Je kleiner bei gleichem h die Strecke AB , bzw. je größer bei gleichem Werthe der Strecke AB die Höhe h ist, um so wirtschaftlicher ist im Einzelfalle unter sonst gleichen Umständen der Ausbau.

In den skandinavischen Flüssen kommen ausgesprochen ausgeschliffene Thäler kaum vor.

Viel günstiger liegen die Verhältnisse für die Schaffung der nutzbaren Gefällstufe dann, wenn die gemäß Text-Abb. 1 in einem stetig ausgewaschenen Thal künstlich herzustellende Treppengestalt schon in natürlicher Form vorhanden ist. In solchem Fall haben wir ein unfertiges, vorläufig noch nicht ausgeschliffenes Thal, das etwa als „Stufenthal“ bezeichnet werden möge (Text-Abb. 2). Diese Thäler zeigen schon in der

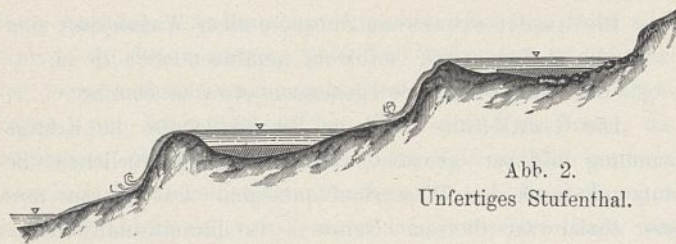


Abb. 2.
Unfertiges Stufenthal.

natürlichen Gestalt steilere Gefällstufen, zwischen welche weite, flache Fließstrecken und Seen eingeschaltet sind. Die natürlichen Gefällstufen des Stufenthal sind in Abwechslung einerseits eigentliche Wasserfälle mit mehr oder weniger senkrechtem Absturz, andererseits örtliche Stromschnellen, wie sie im Alpengebiet z. B. unter dem Namen „Gewild“ bekannt sind. Vergleicht man den Längenschnitt eines solchen Stufenthal mit demjenigen eines fertigen Thales (Text-Abb. 1 u. 2), so erkennt man sofort, daß bei dem ersteren, abgesehen von anderen wichtigen Vortheilen, insbesondere die Schaffung der Gefällstufe sehr billig ist, da die Strecke AB kurz ist.

Den für Wasserkraftgewinnung hiernach sehr werthvollen Charakter eines Stufenthal besitzen die Flüsse des Alpengebietes heute nur mehr auf der Strecke vom Einlauf der großen Seen auf der Vorstufe des eigentlichen Hochgebirges bis auf einige Entfernung unterhalb ihres Auslaufes. Beim Rhein z. B. kann diese Strecke etwa bis in die Gegend von Basel gerechnet werden, auf ihr liegen u. a. der Schaffhausener Wasserfall und die Gewildbildungen bei Laufenburg und bei Rheinfelden. Oberhalb und unterhalb dieser Strecke, bis hinunter nach Bonn, hat zweifellos die Stufenthalbildung auch früher bestanden.

Anders liegen die Verhältnisse in den Flusstälern der skandinavischen Halbinsel. Diese Flusstäler sind heute noch von der Quelle bis zur Mündungsstelle ausgesprochene Stufenthaler; in ihnen finden sich im Gegensatz zu den Alpen die natürlichen Gefällstufen und Seen heute einerseits noch im Oberlauf zum Nutzen der Wasserzurückhaltung, andererseits aber auch, was wegen der größeren Wassermengen besonders werthvoll ist, nicht weniger ausgeprägt dicht bei der Meeresküste. Der größte Stufensee, der Wenernsee, hat rund 6000 qkm Fläche; der höchste Wasserfall besitzt 260 m Fallhöhe.

Es soll nunmehr zu einer Untersuchung über die Bedeutung und Erscheinungsform des Wassers bei der Wasserkraftgewinnung in den in Rede stehenden Gebirgsländern übergegangen werden. In erster Linie ist es erwünscht, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die secundliche Wassermenge Q möglichst groß ist. Ganz allgemein wächst die fließende Wassermenge einerseits mit der Größe des Niederschlagsgebietes, andererseits mit der Größe der atmosphärischen Niederschläge. Die Niederschlagshöhe ist im Hochgebirge erheblich größer als im tieferen Lande; diese Regel gilt auch für Skandinavien und das Alpengebiet, für Skandinavien in einer besonderen, noch zu besprechenden Form. Von dem gesamten Niederschlag findet bei der Wasserkraftgewinnung derjenige Theil Verwendung, der an der Kraftstelle sichtbar abfließt. Diejenige Niederschlagsmenge, die nicht sichtbar abfließt, ist für die Wasserkraftgewinnung als Verlust zu betrachten. Dieser Verlust entsteht dadurch, daß ein Theil des Niederschlagswassers verdunstet, ein anderer Theil durch Versickerung dauernd dem sichtbaren Abflufs entzogen wird. In Schweden und Norwegen geht durch Verdunstung deswegen nur wenig verloren, weil die heißere Zeit, in der eine erhebliche Verdunstung möglich wäre, nur sehr kurz ist, bzw. für die dauernd kalten hohen Gebiete eine solche Zeit überhaupt kaum eintritt, und weil gerade die Seeflächen meistens hoch und kalt gelegen sind. Im Alpengebiet dürfte die Verdunstungsmenge dagegen beträchtlicher sein. Der Verlust durch Versickerung ist sowohl in Skandinavien, wie im Alpengebiet nur gering; denn beide Gebiete bauen sich wesentlich aus dichtgeschlossenem Gestein auf. Auch diese Eigenthümlichkeit gilt für Skandinavien noch strenger, als für das Alpengebiet; daher fehlt z. B. in Norwegen das Grundwasser in der bei uns bekannten Form fast vollständig, sodafs die städtische Trinkwasserversorgung lediglich auf das sichtbar fließende Wasser angewiesen ist. Hiernach sind in den zu besprechenden Gebieten die erwähnten Verlustwassermengen klein. Insbesondere in Skandinavien dürften sie auf Grund von Beobachtungen

stellenweise nur etwa 10 v. H. der gesamten Niederschlagsmenge betragen.

Vertheilung des Abflusses. Sind für einen bestimmten Punkt an einem Wasserlauf die Niederschlagszahlen und das Niederschlagsgebiet ermittelt, so geben die vorstehenden Erwägungen die Leitpunkte zur Berechnung der nutzbaren Gesamtwassermenge.

Nunmehr aber ist zu bedenken, daß der Abfluß sich nicht gleichmäßig vollzieht: es gibt Trockenzeiten mit kleinster Wassermenge (Niedrigwasser) und Fluthzeiten mit größter Wassermenge (Hochwasser). Will man die Gesamtwassermenge ausnutzen, so lassen die Interessen der Wasserkraftgewinnung es erwünscht erscheinen, daß schon in der natürlichen Form in jeder Zeit möglichst gleich viel Wasser abfließt. Denn es muß ein ganz besonderer Werth einer Wasserkraft darin erkannt werden, daß sie ununterbrochen die nämliche möglichst große Kraft zur Verfügung stellt. Kraftausfall in der trockenen Zeit kann das Bestehen eines Werkes in Frage stellen; anderseits ist die Verwerthung von Kraftüberschüssen in der wasserreichen Zeit, wenn überhaupt örtlich möglich, so doch mit Kostenvermehrung verbunden, außerdem kommt die Hochwassergefahr in Betracht.

Damit der Unterschied zwischen Niedrigwasser und Hochwasser in natürlicher Form möglichst klein werde, ist es erforderlich, daß in dem Flußgebiete natürliche wasserzurückhaltende Ausgleicher vorhanden sind; als solche sind anzusehen: 1. wasseraufnahmefähiges, insbesondere loses Gebirge und Ueberlagerung, 2. Wald, 3. Moorflächen (Hochmoore), 4. Schnee- und Eisgebiete (Gletscher), 5. Seen. Je mehr diese Ausgleicher im Flußgebiet vorhanden sind, um so größer wird das Niedrigwasser und um so kleiner das Hochwasser sein, um so günstiger sind die natürlichen Verhältnisse. Ausgleicher von der Gattung 1. sind in beiden Hochgebirgsländern wesentlich nicht vorhanden, in Skandinavien noch weniger, als in den Alpen. Hochmoore besitzt das Alpengebiet m. W. nicht, Skandinavien dagegen in großem Umfange. Auch bezüglich des Waldes und namentlich der Seen ist Skandinavien günstiger gestellt, zumal da diese letzteren Ausgleicher sich am leichtesten durch die Technik beeinflussen lassen.

Da insbesondere im Gebirgslande gute Wasserkraftmöglichkeiten oft in unwirtschaftlichen, abgelegenen Gegenden angetroffen werden, so tritt hier die Kraftübertragung auf größere Entfernungen in den Vordergrund. Demgemäß lassen sich die vorkommenden Fälle von Wasserkraftausnutzungen der Regel nach in eine der beiden folgenden Gruppen einreihen:

1. Ortswerke, bei denen die Wasserkraft gleich am Ort ihrer Herstellung in Arbeitsmaschinen verbraucht wird;
2. Uebertragungswerke, bei denen die Wasserkraft auf elektrischem, hydraulischem oder anderem Wege auf größere Entfernungen übertragen oder vertheilt wird.

B. Die Wasserkraftverhältnisse in Skandinavien, insbesondere in Norwegen.

I. Die natürlichen Verhältnisse Skandinaviens.

1. Die geologischen Verhältnisse.

Die Wasserverhältnisse in Skandinavien sind namentlich dadurch gekennzeichnet, daß die vorhandenen Flußthäler die

Eigenschaften der oben erwähnten geologisch unfertigen Stufenthäler besitzen. Der besondere Nutzen besteht darin, daß 1. die natürlichen Gefällstufen die Einrichtung des Nutzgefälles erleichtern, und daß 2. die Stufenseen den wirtschaftlichen Ausgleich der Wassermengen begünstigen.

Ueber die Eigenschaften der Stufenthäler sei noch folgendes nachgetragen. Die Thalhänge sind durchweg steil; sie zeigen entweder den kahlen Felsen oder tragen häufig sogenannte Terrassen, d. h. Thonablagerungen aus der Zeit höherer Meeresstände. Diese auf den steilen Hängen liegenden Terrassen sind als Gefahrbringer anzusehen, da sie stellenweise in großer Ausdehnung ins Rutschen gerathen. Das Flußbett zeigt im Bereich der steilen Fließstrecken, auf den Ueberlaufrippen der Stufenseen und in den Wasserfällen den nackten Felsen; erhebliche Geröllbewegung ist auf diesen Strecken nicht zu bemerken. Oberhalb der Ueberlaufrippe senkt sich die Felssohle thalaufwärts; sie ist im Bereich des Sees in der Regel mit Anschwemmungsmassen bedeckt.

Die aus felsigem Gebirgsmassiv, vor allem Gneis und Granit, sich aufbauende langgestreckte skandinavische Halbinsel hat eine ungefähr von Norden nach Süden sich erstreckende Richtung. Wir bemerken eine ebenso gerichtete Hauptwasserscheide, die andauernd in nur geringer Entfernung (etwa 100 bis 160 km) neben der Westküste der Halbinsel herläuft; diese trennt ein schmales westliches Entwässerungsgebiet gegen ein breites östliches (Text-Abb. 3).

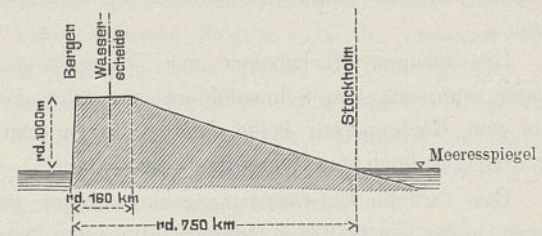


Abb. 3. Querschnitt durch Süd-Skandinavien.

Vom äußersten Norden bis hinunter etwa zur Höhe von Trondhjem bildet diese Wasserscheide nahezu die Landesgrenze zwischen Norwegen und Schweden. Von Trondhjem ab südlich verlegt sich die Landesgrenze erheblich weiter nach Osten, sodaß Süd-Norwegen überwiegend ein Theil des breiten Ostgebietes ist (Landkarte auf Bl. 53.)

Die Bedeutung der beiden Gebiete für die Wasserkraftgewinnung ist eine verschiedene. Sieht man zunächst von den Flußthälern ab, so erscheint das schmale westliche Gebiet als eine von Kuppen überragte, bis dicht an die Westküste heranreichende und hier steil in das Meer abfallende Hochebene, deren Höhe über Meer in Süd-Norwegen auf etwa 1000 m bemessen sein mag. Oestlich der großen Wasserscheide beginnt aber diese Hochebene bald sich abzusenken, sodaß das breite Ostgebiet im ganzen als flaches abgedachtes Gelände erscheint. Die schmale westliche Hochebene ist durch die Fjorde sehr stark zerrissen; diese Meeresbuchten, in welche die Wände des aufgerissenen Gebirgsmassives oft fast senkrecht mit plötzlichen Erhebungen bis mehr als 1000 m einfallen, lassen den Meeresspiegel bis weit in das Innere des Hochlandes hineintreten, stellenweise bis fast an die nordsüdliche Wasserscheide heran. Auf diese Weise ist das Westgebiet in kleine Geländelappen aufgetheilt; die Entwässerung derselben vollzieht sich durch die vorhandenen

Stufenthäler, die ebenfalls als Fjordrisse aufgefaßt werden. Es ist hierbei in Betracht zu ziehen, daß die skandinavische Halbinsel dauernd ihre Höhenlage gegen den Meeresspiegel ändert, daß sie sich insbesondere aus dem Meere stetig heraushebt, und zwar um ein Maß, das bis zu 1,60 m in 100 Jahren angegeben wird. Daher werden die Stufenthäler als alte Fjordarme aufgefaßt, die aus dem Meeresspiegel emporgestiegen sind.

Die Zerrissenheit des Weststreifens hat zur Folge, daß die Regenmengen, die auf die etwa 1000 m hoch liegende Hochfläche niederfallen, einen kurzen Weg bis zum Meeresspiegel haben. Hiermit hängen zwei wichtige Kennzeichen des Westgebietes zusammen:

1. die Stufenthäler des Westgebietes sind außerordentlich steil;
2. es entstehen viele einzelne kleine Flußgebiete.

Die große Steilheit der Westthäler hat einige wichtige Folgen: Die Stufenseen sind nicht so lang und ausgedehnt, wie im Osten. Der heftige Angriff des Wassers führt schneller ein Ausschleifen des Gesamtthales herbei. Andererseits ist die natürliche Gefällvereinigung in den Westthälern im Mittel eine größere und günstigere.

Aber nicht nur im Thalweg sind die Höhenunterschiede und Gefällstufen sehr bedeutend. Auch von einem Wassergebiet zum benachbarten findet man z. B. die Erscheinung, daß zwei einander fremde Seen auf 1500 m an einander heranreichen und annähernd 300 m Höhenunterschied besitzen.

Die felsigen Hochebenen des Westgebietes sind die Träger einerseits von Schneefeldern und Gletschern, andererseits von Hochmooren; beide Erscheinungen sind werthvoll für den Ausgleich der Wassermengen.

Das östliche Entwässerungsgebiet nimmt gemäß dem obigen in der westöstlichen Breitenrichtung den überwiegenden Theil der Halbinsel ein. Die Entwässerung dieser breiten Abdachung erfolgt im wesentlichen in der Richtung der Abdachung, d. h. nach Osten bzw. Südosten; jedoch haben die in Süd-Norwegen liegenden Flüsse des östlichen Entwässerungsgebietes eine südöstliche bis südliche Richtung, tragen aber alle wasserwirtschaftlichen Kennzeichen der Wasserläufe des Ostgebietes. Die in die flachere östliche Abdachung eingeschnittenen Flußthäler sind durchaus Stufenthäler in der bisher erläuterten Bedeutung und werden ebenfalls als Fjordbildungen aufgefaßt. Sie unterscheiden sich von den westlichen Thälern namentlich auf Grund des Umstandes, daß das östliche Entwässerungsgebiet bei gleichem Gesamtgefälle etwa vier bis fünfmal so breit ist, wie das westliche. Infolge dessen sind:

1. die Ostthäler im ganzen flacher,
2. entstehen im Ostgebiet größere Flußgebiete. Dementsprechend enthält das Ostgebiet den größten Fluß von Norwegen, insbesondere von Süd-Norwegen, nämlich den Glommen mit 40 430 qkm Niederschlagsgebiet.

Der weniger steile Charakter der Stufenthäler des Ostgebietes kommt dadurch zum Ausdruck, daß die Stufenseen viel länger und ausgedehnter sind, als an der westlichen Fjordküste. Die Gefällstrecken der Ostthäler sind im allgemeinen weniger steil, als diejenigen der Westthäler; dies schließt aber nicht aus, daß z. B. der 245 m hohe Rjukanfos,

einer der höchsten Wasserfälle der Welt, in dem nach Südosten entwässernden Gebiet des Skienflusses liegt. Stellenweise kommen die Wasserfälle mit unmittelbar dahinter liegenden Stufenseen gleich an der Meeresküste vor; dies gilt z. B. von den in den Kristianiafjord mündenden Flüssen Mosselv und Frederikshald-Elv.

2. Die hydrologischen Verhältnisse. Niederschlag und Abfluß.

Die Niederschläge in Norwegen und Schweden entstehen überwiegend aus den von Westen her zuströmenden Winden. Diese Winde sind infolge der Erwärmung durch den Golfstrom in besonderem Maße wasserführend. In diesem Zustande stoßen sie gegen die sehr steile und sehr hohe westliche Fjordküste und werden hier plötzlich in große Höhe emporgehoben; durch diese Hebung entstehen die großen Niederschläge an der Westküste, die in einem Jahr Regenhöhen bis zu 2500 mm hervorgebracht haben. Infolge dessen erhalten die kleinen Flüsse des westlichen Entwässerungsgebietes Norwegens besonders große Regenmengen. Nachdem derart die Westwinde an der Westküste der größten Menge ihres Wassergehaltes beraubt sind, überschreiten sie östlich ziehend die Wasserscheide, um so in das östliche Entwässerungsgebiet zu gelangen. Dieses erhält dann nur eine bedeutend verminderte Regenmenge, insbesondere im Innern des Landes.

Auf der beigegebenen hydrographischen Karte von Süd-Norwegen (Bl. 53) sind die älteren Regenstationen eingetragen. Diese zeigen im Mittel die nachstehenden Regenhöhen in einem Jahr:

Station	durchschnittliche jährliche Regenmenge in mm	Station	durchschnittliche jährliche Regenmenge in mm
Domsten	1880,0	Sandøund . . .	588,0
Florø	1912,0	Kristiania . . .	684,1
Bergen	1835,0	Eidsvold	735,7
Ullensvang . . .	1008,2	Fagnäs	500,9
Skudsnäs	1088,0	Dovre	363,0
Mandal	1140,0	Røraas	399,6
Okso	698,9		

Besonders niedrige Werthe zeigen die Stationen Dovre und Røraas.

Die Niederschläge gelangen in den Gebirgsthälern in sehr vollständiger Gesamtmenge sichtbar zum Abfluß. Diesbezüglich sei auf das Seite 381 Gesagte zurückverwiesen mit dem ergänzenden Zusatz, daß bei den in wärmerem Klima liegenden westlichen Flüssen der Abfluß in den steilen Thälern sich sehr schnell vollzieht. In der Nähe von Kristiania hat man andererseits Verlusthöhen von 200 bis 300 mm in einem Jahre beobachtet.

Von besonderer Bedeutung sind die natürlichen Ausgleichsgebiete des Abflusses. Als solche kommen die Gletschergebiete nur für die Westflüsse in Betracht. Wichtig sind ferner die Hochmoore und die ausgedehnten Waldungen, die namentlich die niedrigeren Platten und die Thalhänge bestehen. Die wirkungsvollsten natürlichen Ausgleichsgebiete sind aber die großen Stufenseen. Sie sind in besonderem Maße befähigt, als Wasserspeicher den wirtschaftlichen Werth der Flüsse zu erhöhen, zumal da sie meistens enge Ablaufstellen und große rückliegende Ausweitungen besitzen und häufig un-

mittelbar oberhalb größerer Wasserfälle liegen. Den Seen dürfte es vor allem zu verdanken sein, daß bei den Flüssen in Süd-Norwegen das Mengenverhältniß von Niedrigwasser zu Hochwasser nur ganz ausnahmsweise den Zahlenwerth 1:70 bis 1:100 aufweist und in besonderen Fällen 1:15 beträgt.

Nach der Zeitfolge vollzieht sich der Abfluß in den südnorwegischen Flüssen ganz allgemein und mit großer Regelmäßigkeit in der Form, wie die Abb. 4 Bl. 51 ihn für den Drammenfluß in zwei Jahresgruppen darstellt. Die höchsten Wasserstände, die Fluthen, erscheinen in den Sommermonaten Mai bis etwa Juli; erst zu dieser späten Zeit fließen die großen Schneeschmelzwässer zu Thal. Im September/October pflügt dann eine zweite, aber schwache Fluth einzutreten. Im Winter andererseits, etwa Februar/März, ist regelmäßig die trockenste Zeit, da alsdann das Wasser durch den Frost zurückgehalten wird; infolge dessen werden eben im Winter die Wasserbauten in den großen Flüssen ausgeführt.

Die Pegeldarstellungen in Sarpsborg bei der Mündung des Glommen bestätigen das oben Gesagte (Abb. 1 Bl. 52).

Die Beobachtung und Messung des Abfluvorganges der norwegischen Wasserläufe bildet ein großes Arbeitsgebiet des Canaldirectoriats, der in Kristiania eingerichteten Regierungsbehörde; Gegenstände der Beobachtungen sind namentlich Pegelstände und Wassermengen an zahlreichen Punkten, besonders der großen Flüsse; diese Messungen liegen stellenweise schon seit vielen Jahrzehnten vor.

Zur Veranschaulichung seien für die beiden größten Wasserläufe Norwegens, den Glommen und den Drammenfluß, einige Zahlen aus den vorliegenden Beobachtungen entnommen. Der Glommen hat ein Niederschlagsgebiet von 40430 qkm, annähernd soviel, wie die Weser. Der Fluß mündet 75 km südlich von Kristiania von Osten her, und sein Gebiet reicht bis Trondhjem hinauf. Der höchste Punkt im Norden liegt auf + 2560 über Meer. Im Glommengebiet befindet sich eine Seefläche von im ganzen 1202 qkm d. i. $\frac{1}{33,6}$ oder 3 v. H. des Flußgebietes. Der auf + 123 m

liegende größte See, der Mjösen, hat allein 359 qkm Fläche. Für den Glommen liegen seit dem Jahre 1861 ununterbrochene Pegelmessungen vor, deren Umrechnung in Wassermengen für diesen 40jährigen Zeitraum festgelegt ist. Hiernach beträgt für das Gesamtgebiet des Glommen

das kleinste Wasser 100-120 cbm/sec oder 2,5-3 Lit./Sec. f. 1 qkm
 „ größte „ 3500 „ „ „ 86 „ „ „ „
 „ mittlere „ 670 „ „ „ 16,6 „ „ „ „

Das Verhältniß der kleinsten Menge zur größten ist etwa 1:30.

Der mittlere Jahresabfluß beträgt hiernach 21100 Mill. cbm entsprechend einer Wasserhöhe von etwa 520 mm.

Die in dem Gebiet liegenden drei Regenmessstellen Eidsvold, Dovre und Røros zeigen bezw. 736, 363 und 400 mm Regenhöhe. Als Mittel könnte hieraus etwa

$$\frac{1}{2} \left(\frac{363 + 400}{2} + 736 \right) = 560 \text{ mm}$$

geschätzt werden. Daher würde nur $\frac{1}{14}$ oder etwa 7 v. H. verloren gehen. Es ist aber nicht zu vergessen, daß nur drei Regenstationen vorhanden sind.

Abb. 2 Bl. 52 zeigt die Häufigkeit der Wassermengen des Glommen. Die Menge von 100 cbm, die nur in dreien der

37 Jahre für wenige Tage einmal unterschritten wurde, wird durchschnittlich an 1 Tag eines Jahres unterschritten. Andererseits ist die Wassermenge von rund 3500 cbm seit dem Jahre 1860 nicht mehr beobachtet worden.

Das Gebiet des Drammenflusses beträgt 16890 qkm; der höchste Punkt liegt auf + 1960 über Meer. Das Gebiet enthält 659 qkm Seefläche, d. h. die Seefläche beträgt $\frac{1}{25,7}$ oder etwa 4 v. H. des Flußgebietes. Die kleinste Wassermenge beträgt etwa 40 cbm/sec oder 2,5 Liter/Sec. für 1 qkm. Die größte Wassermenge beträgt als Mittel aus mehreren Angaben etwa 1800 cbm/sec oder 107 Liter/Sec. für 1 qkm. Das Verhältniß der kleinsten zur größten Wassermenge ist etwa 1:45. Die Wassermengencurve in Abb. 4 Bl. 51 giebt die Handhabe zu eingehenderen Schlußfolgerungen.

Eine ganz besondere Stelle unter den skandinavischen Flußgebieten nimmt der Götaelf ein, der über die Trollhättanfälle weg bei Göteborg mündet und das 46900 qkm große, ungefähr soviel wie das Glommengebiet betragende Niederschlagsgebiet der Wenernsee-Platte entwässert. In diesem Gebiet ist zunächst die Seefläche außerordentlich groß, sie beträgt 18,8 v. H. des Gebietes oder $\frac{1}{5,3}$ d. i. rund

9000 qkm. Besonders wichtig aber ist ferner, daß der etwa 6000 qkm enthaltende große Wenernsee sehr nahe bei der Mündung, fast an der Meeresküste liegt, also das ganze Gebiet ausgleicht. Das Zusammenwirken dieser Umstände hat einige kennzeichnende Folgen. Da die Seefläche sehr groß und das Flußgebiet des Götaelf südlicher gelegen ist, als die norwegischen Flußgebiete, so ist zweifellos der Verlust durch Verdunstung größer. Die Beobachtungen ergeben, daß von dem Niederschlag etwa 40 v. H., d. h. sehr viel, dem sichtbaren Abfluß entzogen werden.

Die Abfluszahlen aus zehn Beobachtungsjahren geben folgende Zusammenstellung:

Mittleres Wasser	512 cbm/sec	=	11,9 Liter/Sec.	für 1 qkm,
kleinstes „	188 „	=	4 „ „	„
größtes „	926 „	=	20 „ „	„

In erster Linie ist hierbei bedeutungsvoll das wirtschaftlich werthvolle Verhältniß 1:5 des kleinsten Wassers zum größten. Die gegebenen Zahlen führen zu einem Jahresabfluß von 16100 Mill. cbm, entsprechend einer Abflusshöhe von 340 mm, sowie zu einer Regenhöhe von 600 mm. Der Vergleich dieser Zahlen mit den entsprechenden Zahlen des Glommengebietes führt zu interessanten Schlüssen.

Der große Wenernsee spricht schließlic noch eine bemerkenswerthe Erscheinung aus, die bei den übrigen skandinavischen Seen vielleicht auch nachgewiesen werden kann, die aber wohl wegen der geringeren Größe der Seen verwischt ist. Der Wenernsee soll nämlich, wie der Volksmund sagt, sieben Jahre hinter einander steigen und dann sieben Jahre hindurch fallen. Aehnliche Beobachtungen hat man auch bei dem verwandten Ladoga-See gemacht. Solche Erscheinungen weisen auf periodische Abfluvorgänge hin; Thatsache ist, daß z. B. in den finnischen Flüssen und großen Seen in den Jahren 1898 und 1899 ein besonders großer Wasserreichtum vorhanden war, gemäß Mittheilung dadurch hervorgerufen, daß die Seen vor erfolgter Entleerung schon wieder großen Fluthzulauf erhielten.

3. Vergleich zwischen Westgebiet und Ostgebiet.

Die wichtigsten und ausschlaggebenden natürlichen Wasserkraftverhältnisse der skandinavischen Halbinsel, nämlich Gefälle und Abflussvorgang, sind im vorstehenden allgemein besprochen worden. Hiermit sind die Handhaben geboten, um im einzelnen die Wasserkraftmöglichkeiten näher zu bewerthen. Indem hierbei die Betrachtungen auf Süd-Norwegen eingeschränkt werden, erscheint es von Interesse, einen Vergleich zwischen den westlichen und den östlichen Flüssen bezüglich der Wasserkraftmöglichkeit zu ziehen. Hierbei wird man zu dem Ergebniss gelangen müssen, daß die großen östlichen Flüsse für werthvoller zu halten sind, als die kleinen westlichen; dieses Urtheil stützt sich auf folgende Gründe:

a) Da die Ostflüsse große Gebiete haben, so vereinigen sie sehr große Wassermengen; im Einzelfall können also große Kräfte gewonnen werden.

b) Die östlichen Flüsse sind in ihren Abflussmengen besser ausgeglichen. Dies liegt zunächst an der bedeutenderen Größe des einzelnen Flußgebietes, ferner an der Einwirkung des Waldes, der den westlichen Gebieten gänzlich fehlt, sowie an dem größeren Gehalt an Seen. Die östlichen Flüsse von Süd-Norwegen haben zusammen 3370 qkm Seefläche bei 94200 qkm Flußgebiet (Verhältniß 1:28), die westlichen Flüsse 660 qkm Seefläche bei 22200 qkm Flußgebiet (Verhältniß 1:34).

c) Die Kraftstellen der östlichen Flüsse liegen dem europäischen Festland und den Hauptverkehrsmittelpunkten Norwegens näher und bequemer, als diejenigen der westlichen Flüsse.

d) Trotz dieser Vortheile sind die natürlichen Gefällvereinigungen, die Wasserfälle, im Osten örtlich nicht weniger günstig für die Kraftgewinnung gestaltet als im Westen.

An dieser Stelle muß aber auf neuere Bestrebungen bezüglich der Westflüsse hingewiesen werden. Diese gehen dahin, in den mit geringerer Wassermenge ausgestatteten Westflüssen ungewöhnlich große Nutzgefäll-Höhen herzustellen und auf diese Art große Kraftmengen zu schaffen. Es seien hier drei dieser an der Westküste belegenen Möglichkeiten angeführt, deren Verwerthung von norwegischer Seite in Erwägung gezogen worden ist:

	Kleinste Wassermenge	Gefälle	Bruttoleistung
1.	1,0 cbm = 1000 Liter/Sec.	600 m	8000 PS
2.	1,5 " = 1500 "	840 m	16800 "
3.	1,0 " = 1000 "	1000 m	13333 "

In diesen drei Fällen ist die Herstellung der angegebenen kleinsten Wasserführung durch künstliche Ausgleichverbesserung leicht zu erreichen. Alle drei Kraftstellen liegen an tiefen eisfreien Fjorden. Nach ähnlichen Grundsätzen lassen sich an der Westküste noch manche Kraftmöglichkeiten mit mehreren 1000 PS nachweisen. Vielleicht werden bei Befolgung dieses neuen Gesichtspunktes der „sehr großen Gefälle“ die Wasserkräfte der Westküste erheblich an Werth gewinnen.

Es dürfte geeignet sein, die vorstehenden Untersuchungen betreffend Süd-Norwegen noch durch einige Zahlen zu erläutern. Die Gebiete der Westflüsse sind, wie gesagt, klein aber zahlreich. Die hydrographische Karte von Süd-Norwegen (Bl. 53) weist an der Westküste 60 Einzelflüsse auf, deren längster 95 km Länge besitzt; nur acht dieser Flüsse sind mehr als 50 km lang, obschon das Flußgebiet stellenweise bis zu 2400 m über Meer emporragt. Das größte westliche Flußgebiet hat 1500 qkm Inhalt; nur 15 von den 60 Gebieten haben mehr als 500 qkm Niederschlagsfläche. Der Gesamtinhalt dieser 60 Flußgebiete beträgt 22200 qkm, d. h. 1 Gebiet enthält im Mittel 370 qkm.

Demgegenüber zeigt Süd-Norwegen östlich der großen Wasserscheide nur 30 selbständige Flußgebiete mit zusammen 94200 qkm Inhalt, d. h. 1 Gebiet enthält im Mittel 3140 qkm. Von den 30 Gebieten umfassen 6 Gebiete allein 81300 qkm, d. h. 86 v. H. der Gesamtfläche von 94200 qkm. Diese sechs Gebiete, welche für die Wasserkraftgewinnung die werthvollsten genannt werden dürfen, sind die folgenden:

1. Glommen mit 40430 qkm
2. Drammenfluß mit 16890 „
3. Skienfluß 10690 „
4. Laagen bei Larvik 5660 „
5. Arendalfluß 3970 „
6. Otterfluß bei Kristiansand S. . . 3660 „

Auch bei diesen großen Flüssen ist die Stufenthalbildung bis an das Meer heran in hohen Gefällstufen ausgeprägt. Der Längenschnitt der drei größten Flüsse ist in Abb. 1 bis 3 Bl. 51 dargestellt.

Süd-Norwegen hat etwa 260 Wasserfälle mit im ganzen 3277 m Gesamthöhe.

Unter den Wasserfällen, welche die Gefällstufen der östlichen Flußgebiete von Süd-Norwegen bilden, finden wir fünf mit mehr als je 50 m Fallhöhe. Diese sind in der untenstehenden Tabelle A zusammengestellt.

Besondere Beachtung verdient die Kraftbewerthung des größten Wasserfalles, des Rjukanfos. Oberhalb desselben liegt als größter der in den 80 qkm enthaltenen Seen das

Tabelle A.

Nr.	Fall	Fluß	Fallhöhe m	Nieder- schlags- gebiet qkm F	Seefläche qkm F ₁	$m = \frac{F_1}{F}$	Geschätzte Regenhöhe mm	Lage zu Verkehrswegen	Bisher benutzt?
1.	Rjukanfos	Skienfluß	245	1600	80	$\frac{1}{20}$	700	60 km ab Wasser	Nein
2.	Gjävdefos	Arendalfluß	105	320	20	$\frac{1}{16}$	700	75 km ab Meer	—
3.	Gjävdefos	"	95	320	20	$\frac{1}{16}$	700	75 " " "	—
4.	Tistedalfofos	Frederikshaldfluß	66	1500	95	$\frac{1}{16}$	650	dicht an Fjord und Bahn	unvollkommen
5.	Hanefos	Topdalfluß bei Kristiansand	65	880	30	$\frac{1}{29}$	800	30 km ab Meer	—

Tabelle B.

Nr.	Fall	Fluß	Fallhöhe m	Niederschlagsgebiet oberhalb qkm F	Seefläche oberhalb qkm F ₁	$m = \frac{F_1}{F}$	Geschätzte Regenhöhe mm	Lage zu Verkehrsstraßen	Bisher benutzt?
1.	Sarpsfos	Glommen	22	40250	1200	$\frac{1}{34}$	550	an Bahn und Fjord	theilweise
2.	Harpefos	Laugen	25			ziemlich abgelegen	400	60 km ab Inlandbahn	—
3.	Mossefos	Mossfluß	23	660	48	$\frac{1}{14}$	650	am Meer	unvollkommen
4.	Haugsfos	Drammenfluß	38	930	10*)	$\frac{1}{93}$	600	5 km ab Inlandbahn	"
5.	Hönefos	"	22	4800	169	$\frac{1}{28}$	550	a. d. Inlandbahn	ja
6.	Hofsfos	"	27	"	"	"	"	"	"
7.	Heensfos	"	24	"	"	"	"	"	"
8.	Kistefos	"	35	5230	135	$\frac{1}{39}$	550	"	—
9.	Kaggefoss	"	25	"	"	"	"	"	—
10.	Labrofoss	b. Kongsberg	34	4500	150	$\frac{1}{30}$	600	"	—
11.	Larvikfos	b. Larvik	22	510	32	$\frac{1}{16}$	550	am Meer	—
12.	Tinfos	Skienfluß	20	4040	209	$\frac{1}{19}$	700	an Inlandwasserstraße	—
13.	Vrangfos	"	27,5	3700	150	$\frac{1}{25}$	700	"	—
14.	Skjäggsfos	—	25	220		weniger geeignet	650	50 km ab Meer	—
15.	Böjlefoss	Arendalfluß	27	3500	230	$\frac{1}{15}$	650	15 km ab Meer	—
16.	Högfos	"	40	1300	113	$\frac{1}{12}$	650	60 km ab Meer	—
17.	Dynjanfos	"	24	940	67	$\frac{1}{14}$	650	70 km ab Meer	—
18.	Hejrefoss	—	23	640	25	$\frac{1}{26}$	650	30 km ab Meer	—
19.	Flakfos	—	42	?	?	—	650	—	—
20.	Rafos	—	24	1300	28	$\frac{1}{46}$	1100	10 km ab Fjord	—
21.	Rjukanfos	—	27	1870	63	$\frac{1}{30}$	1100	am Fjord	—

*) Seeinhalt künstlich vergrößert.

Mjös vand mit 41 qkm Fläche; dieser See beherrscht 1550 qkm Niederschlagsgebiet und etwa 1550 · 700 · 1000 = 1085 Millionen cbm Niederschlag in einem Jahr. In jüngster Zeit sind künstlich mittels eines Stollens die obersten fünf Tiefenmeter dieses Sees als Stauraum ausgebaut worden, dessen Inhalt mehr als 200 Mill. cbm beträgt. Rechnet man als N.W. 6,4 cbm/sec und als M.W. 32 cbm/sec, so dürften die 200 Millionen cbm etwa ausreichend sein, um ein kleinstes Wasser von 30 cbm/sec zu ermöglichen. Alsdann hat man beim Rjukanfos eine constante Kraft von $\frac{30000 \cdot 245}{100} = 73500$ Nutz-PS.

Zahlreicher als die besonders hohen Wasserfälle sind in den Ostflüssen die mittelhohen Wasserfälle mit 20 bis 50 m Fallhöhe; sie sind in der vorstehenden Tabelle B zusammengestellt. Besonders wichtig sind die weniger steilen, mehr kataraktartigen Gefällstufen, die neben den genannten eigentlichen Wasserfällen in großer Zahl zu finden sind. Das Vorkommen solcher Gefällstellen am Unterlaufe der großen Flüsse schafft diejenigen Kraftmöglichkeiten, die als die besten in Norwegen angesehen werden müssen; hierher gehören namentlich die Gefällstellen am Unterlauf des Glommen.

4. Die Wasserkräfte in der Umgebung von Kristiania.

Am meisten Werth besitzen unter den östlichen Wasserkraftmöglichkeiten diejenigen, die dem Wirthschaftsschwerpunkt am nächsten liegen. Von diesem Gesichtspunkt aus zeigt Abb. 4 Bl. 52 den Lageplan der Umgebung von Kristiania im Umkreis von etwa 50 km von der Hauptstadt aus. In den Lageplan sind die noch unbenutzten bedeutenden Wasserkraftstellen eingetragen; ihre Entfernung von Kristiania ist durch die Kreise zu erkennen. Die hervorgehobenen Wasserfälle, welchen die zugehörige Kraftmenge in Nutz-

Pferdekräften beige beschrieben ist, liegen sämtlich im Unterlauf der beiden größten und besten norwegischen Flüsse: des Glommen- und des Drammenflusses. Der Charakter der betreffenden Gefällstufen kann durch Vergleich mit den Längenschnitten Abb. 1 u. 3 Bl. 51 genauer erkannt werden; über den Abfluvsvorgang im allgemeinen sind oben schon Mittheilungen gemacht (unter 2, S. 385 u. 386).

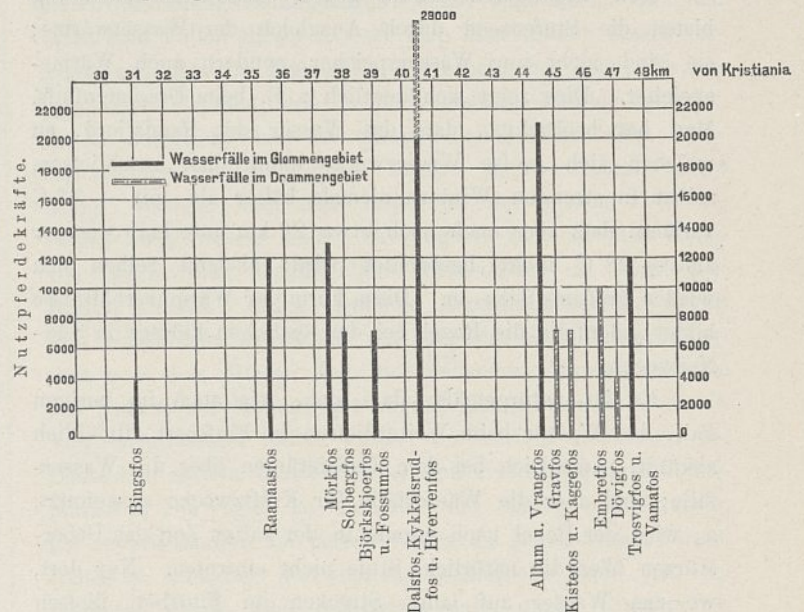


Abb. 4. Unbenutzte Wasserkräfte in der Umgebung von Kristiania. (Vgl. Abb. 4 Bl. 52.)

Die eingetragenen Kraftmöglichkeiten haben in der vorstehenden Text-Abb. 4 bezügliche Darstellung erhalten. Zu dieser Darstellung muß folgendes bemerkt werden:

a) Die angegebenen Nutzpferdezahlen beruhen auf der Annahme, daß man die nur ganz selten vorkommenden

kleinsten Wassermengen als Betriebswassermenge vorsieht. Dieses Verfahren sichert natürlich eine durchaus vollkommene Betriebsgleichheit. Aber es erscheint doch zulässig, mehr als gerade die kleinsten Wassermengen zu Grunde zu legen. So ist z. B. bei dem Entwurf für die Kykkelsrudgruppe 150 cbm/sec angenommen, während ausnahmsweise das kleinste Wasser auf 100 bis 120 cbm sinken kann. Der Menge 150 cbm entspricht die eingetragene Leistung von 28000 PS.

b) Die eingetragenen Kraftzahlen entsprechen dem gegenwärtigen, im wesentlichen natürlichen Abfluß-Kleinstwerth. Künstliche Verbesserung des Ausgleichs und dadurch Vergrößerung des Niedrigwassers kann in beiden Flüssen geschaffen werden. Im Glommen insbesondere läßt sich das Niedrigwasser auf das doppelte heben; dann würden auch alle für die Glommenfälle genannten Kraftzahlen sich verdoppeln.

c) Die Kykkelsrudgruppe ist nicht mehr eigentlich ungenutzt, da gegenwärtig hier ein Kraftwerk im Bau ist.

Die in den Lageplan eingetragenen Möglichkeiten besitzen unter den norwegischen Wasserfällen nicht nur für Kristiania, sondern auch für das continentale Ausland das größere wirtschaftliche Interesse.*)

5. Die Eisverhältnisse.

Zum Schluß muß noch die Frage betr. die Eisbildung zur Winterzeit berührt werden. Der Winter in Skandinavien dauert lang, und die Wassermengen in den Wasserläufen sind im Winter am kleinsten. Wären die Flußthäler Skandinaviens keine Stufenthäler, so würde zweifellos außerhalb des Bereiches der warmen Westküste die Eisbildung eine sehr bedeutende sein, insbesondere bei kleineren Wassermengen; hat man doch nördlich von Kristiania beobachtet, daß in einem kleinen Nebenfluß die Wassermenge von 1,5 cbm/sec vollständig eingefroren ist.

Den wichtigsten Schutz gegen schädliche Eisbildung bieten die Stufenseen durch Ausgleich der Wasserwärme; sie sind nicht nur Wasserspeicher, sondern auch Wärmespeicher. Dies zeigt sich deutlich z. B. beim Drammenfluß. Man hat beobachtet, daß das Wasser den Randsfjord, an welchen sich große Wasserwerke unmittelbar anschließen, selbst in strengen Wintern niemals kälter als mit $+3^{\circ}\text{C}$ verläßt, daß aber auch noch etwa 20 km unterhalb weniger als $+2^{\circ}\text{C}$ nicht beobachtet wird; alsdann reißen sich wieder größere Seen an. Diese Form der Wärmeverhältnisse bildet jedenfalls die Regel bei den östlichen Flüssen in Süd-Norwegen.

Es ist naturgemäß, daß sich, wie auch im vorigen Fall, das Wasser beim Weiterfließen im Flußbett allmählich abkühlt, namentlich bei dem Ueberstürzen über die Wasserfälle; sind aber die Wasserfälle für Kraftzwecke ausgenutzt, so wird der Regel nach gerade in der kalten Zeit das Ueberstürzen über die natürliche Stufe nicht eintreten. Nur dort, wo das Wasser auf lange Strecken im Flußbett fließen muß, ohne wieder einen See anzutreffen, können Eisschwierigkeiten entstehen. Dieser Fall, der in Norwegen selten ist, liegt erfahrungsgemäß z. B. vor bei dem längeren Unterlauf des Glommen unterhalb des letzten Sees Oeieren;

*) Weitere Aufschlüsse über unbenutzte große Wasserkraft in der Nähe von Kristiania finden sich in der „Elektroteknisk Tidsskrift 1897“ 1 u. 2. Heft.

einerseits ist diese seefreie Strecke sehr lang, andererseits sind nur bei dem untersten der vielen Wasserfälle, beim Sarpsfos, Wasserkraftanlagen vorhanden. Infolge dessen treten auf dieser Strecke im Winter Eisbildungen im Wasser auf, und zwar sind diese beobachtet als Eisnadeln, die im Wasser schwimmen und sich unter Umständen zu Breieis zusammenballen. Diese nadelartigen Eisbildungen treiben häufig nur in ganz bestimmter Tiefenlage unter dem Wasserspiegel; sie setzen sich namentlich an die von ihnen angetroffenen festen Gegenstände fest und sind z. B. imstande, bei ungenügender Vorsicht die eisernen Rechen zuzusetzen oder die Turbinen stillzustellen.

Bei dem Werke Hafslund hat man sich gegen diese Eiserscheinung einen Schutz durch eine entsprechende Spülschleuse geschaffen (vgl. unter III 5: Sarpsfos). Im übrigen hat man an anderen Stellen die Erfahrung gemacht, daß die Eisnadel- und Breieisbildungen verschwinden, wenn sie eine Zeit lang unter einer Eisdecke her sich bewegen; diese Thatsache könnte als Gesichtspunkt bei Erwägungen über den Schutz gegen die Eisnadeln in Betracht kommen. Wie schon gesagt, sind Fälle der beschriebenen Art selten; jedoch wird es rathsam sein, in jedem Einzelfall die Verhältnisse auf solche Eisbildungen zu prüfen. Erfahrungsmäßig unschädlich ist das Eis der sich auf den Wasserflächen bildenden Eisdecken. Die etwa entstehenden Eisschollen treiben erst mit der Frühjahrsfluth aus den Seen weg; sie sind dann mürbe und werden durch das Abstürzen in den Wasserfällen bald in kleine Stücke zerschlagen; alsdann können sie keine Gefahr mehr bringen.

Bezüglich der Eiserscheinungen in finnländischen Wasserläufen sind interessante Einzelheiten zusammengestellt in der Nummer vom 1. April 1898 der Zeitschrift „Teknikern“ (Helsingfors) in einem Aufsatz über das Gebiet des Uleåflusses.

II. Die Durchführung der Wasserkraftgewinnung und ihre Technik im allgemeinen.

I. Allgemeines.

Die wirtschaftliche Verwerthung der im vorigen Abschnitt geschilderten natürlichen Verhältnisse für Wasserkraftzwecke ist in Norwegen nicht neu. Jedoch ist, wie an anderen Orten, so auch hier in der jüngsten Zeit ein besonderer Aufschwung in der Wasserkraftwirtschaft zu bemerken, allerdings einstweilen noch nicht so bedeutend, wie z. B. im Alpengebiet. Die bisherige Verwerthung hat eine Reihe von Zuständen geschaffen, deren Betrachtung von Interesse ist.

a) Rechtsverhältnisse. Das norwegische Wasserrecht setzt bezüglich der Wasserfälle und Flußstrecken fest, daß der Uferbesitzer im Bereich seines Eigenthums zur Ausnutzung allein berechtigt ist. Diese Gerechtsame erstreckt sich für jedes der beiden Ufer auf die Hälfte der jeweiligen Wassermenge. Namentlich die letzte Festsetzung giebt unter Umständen Veranlassung zu einem Rechtsstreit zwischen zwei einander gegenüber liegenden Uferbesitzern. Nach diesen Rechtsgrundsätzen regelt sich auch der Verkauf der Wasserfälle, indem der Verkäufer das Recht der Wasserverwerthung für die ihm zustehende Fließmenge und das zugehörige Ufergelände abtritt; manchmal gehören auch Kunstbauten zum Kaufgegenstand.

b) Kosten. Bei diesen Kaufabschlüssen wird der Preis in der Regel auf eine Nutzpferdekraft bezogen, wobei die Anzahl der Pferdekraften nach einer Wassermenge berechnet wird, die einem niedrigeren Wasserstand entspricht. Hierbei ist es von besonderem Interesse zu sehen, daß trotz der im Lande zahlreich vorhandenen günstigen Wasserverhältnisse in den Städten manchmal sehr hohe Preise für eine Wasserpferdekraft gegeben werden. Beispielsweise wurden in Kristiania am Akersfluß für 1 PS 1000 Kronen*) gezahlt. Aehnlich hoch war der Kaufpreis in einem anderen Falle, in welchem die Gerechtsame nur für die Dauer von 100 Jahren abgetreten wurde. Ausnahmsweise wurden für 1 PS sogar 2000 Kronen gezahlt. Diese hohen Preise sind natürlich nur dadurch begründet, daß die Kraft im städtischen Gebiet vorhanden ist. In jedem anderen Falle sind die Preise unvergleichlich niedriger. So hat z. B. der Besitzer des Rjukanfos, dessen Kraftvermögen oben nachgewiesen wurde, für den Wasserfall im ganzen nur 1000 Kronen gezahlt.

Die Ausbaurkosten für eine Wasserpferdekraft sind entsprechend den günstigen Naturverhältnissen niedrig. Beispielsweise berechnen sich diese für den Kykkelsrudentwurf am Glommen (28000 bzw. 56000 PS) mit hohen Einheitspreisen zu etwa 200 *M* (ohne Grunderwerb). In besonderen Fällen kommen erheblich niedrigere Baupreise für die Herstellung von einer Wasserpferdekraft vor. (Vgl. hierzu das Seite 406 Gesagte betreffend den Söneren-See.)

c) Bisherige Verwerthung. Die später (Abschnitt III) zu besprechenden Beispiele sind, abgesehen von den als nachträgliche Ausführungen und Entwürfe bezeichneten Werken, im wesentlichen diejenigen Anlagen, welche auf der Studienreise besichtigt wurden. Unter diesen Werken befinden sich nur wenige aus dem westlichen Entwässerungsgebiet; die meisten und größten der besichtigten Ausführungen gehören den großen östlichen Flußgebieten von Süd-Norwegen an, insbesondere den drei größten Wasserläufen Glommen, Drammenfluß und Skienfluß. Die in diesen östlichen Wasserläufen im Jahr 1896 besichtigten und damals in Betrieb befindlichen Anlagen besaßen eine Gesamtleistung von mehr als 100 000 PS; die größte Kraftmenge am einzelnen Punkt betrug 5000 bis 6000 PS, während Kraftwerke mit weniger als 1000 PS an den genannten Wasserläufen bei der einzelnen Gefällstufe nicht angetroffen wurden. Die Nutzgefälle bei diesen Kraftwerken betragen in der Regel zwischen 10 und 30 m, hatten also mittelgroße Werthe. Das höchste angetroffene Nutzgefälle lag bei Bergen, also im Westgebiet, und hatte 500 Fufs Höhe.

Die genannten 100 000 PS bilden nur einen Theil der bis jetzt erfolgten Wasserkraftausnutzung in den großen Ostflüssen des südlichen Norwegens; namentlich befinden sich in den nicht besuchten Gebieten der drei übrigen großen Flüsse (vgl. Seite 388) noch große Kraftwerke, abgesehen von den Anlagen in den westlichen Flußgebieten.

d) Bisherige Verwendungszwecke und Verwendungsform. Der am weitesten verbreitete norwegische Gewerbszweig ist die Herstellung von Holzschliff und Cellulose aus dem Holz der großen heimischen Wälder. Dieser landeswirtschaftliche Gewerbszweig tritt in Verbindung mit der bis-

herigen Wasserkraftausnutzung mit besonderem Gewicht in den Vordergrund. Sie soll nur in Verbindung mit billiger Wasserkraft lebensfähig sein. Der einzelne Schleifstein ist meist mit großer Kraft ausgestattet, etwa 300 bis 500 PS. In dem im folgenden Abschnitt III im Bilde dargestellten größten Werk Scotsfos, welches 1896 4000 bis 7000 PS ausnutzte und sich auf 10000 PS Kleinstleistung zu erweitern vorhatte, wurden in einem Jahr 20000 t mechanischen Holzrohstoffes hergestellt. Diese Holzmasse wird insbesondere ins Ausland verschickt. Der nächstverwandte Gewerbszweig ist der der Sägewerke; auch dieser ist in Norwegen naturgemäß sehr stark verbreitet. Daneben dient die Wasserkraft noch vielen anderen Gewerbszweigen, z. B. der Tuchindustrie, zum Betrieb von Mahlmühlen, Maschinenfabriken usw.

Besonders bemerkenswerth ist der Umstand, daß bis in die jüngste Zeit hinein die Umsetzung der Wasserkraft in elektrische Energie und die Fernleitung der letzteren in Norwegen nur eine ganz geringe Anwendung gefunden hat; im Jahre 1897 waren im ganzen nur etwa 1650 Wasserpferdekraften in Elektrizität umgesetzt zur Verwendung für Beleuchtung und den Betrieb von Bahnen.

Wie nun schon hervorgehoben wurde, hat die Wasserkraftwirtschaft in Norwegen gerade in der jüngsten Zeit einen erheblichen Aufschwung genommen, der sich gegenwärtig mit großer Stetigkeit und vielseitiger Anregung vollzieht. Dieser Aufschwung beruht in erster Linie und allgemein darin, daß man die Wasserkraftgewinnung im großen Maßstab, mit mehr Planmäßigkeit und in vollkommenerer Ausstattung, als bisher geschehen, betreibt.

e) Betheiligung des Auslandes. Hierbei spielt vor allem das erforderliche Bau- und Betriebscapital eine Rolle. Aus Norwegen heraus allein ist der Ausbau im großen Maßstab nicht ohne weiteres möglich. Daher wird ausländisches Geld — bis jetzt schon viele Millionen — zur Bewirthschaftung herangezogen, bzw. zugelassen. Bei den bisherigen Fällen dieser Art ist man aber immer derart vorgegangen, daß im Einzelfalle ein erheblicher Theil des angewandten Capitals sich in norwegischen Händen befindet. Es ist natürlich, daß bei einem solchen Hinzutreten fremden Geldes die günstigsten Stellen in der Regel zuerst belegt werden, und daß ferner in der ersten Zeit die Preise noch niedrig sind. In jüngerer Zeit ist eine Reihe von werthvollen Gefällstellen insbesondere in englischen Besitz gelangt. Auch deutsche Eigenthumsberechtigungen sind vorhanden; abgesehen von jüngeren Betheiligungen besitzt z. B. aus älterer Zeit die Meißener Porcellanindustrie das Kobaltwerk Modum mit zugehöriger großer Wasserkraft. Von zuverlässiger Seite wurde die Ansicht geäußert, die Deutschen sollten bestrebt sein, sich rechtzeitig gute Gefällplätze in Norwegen zu sichern, und sollten nicht warten, bis andere Länder die besten Stellen an sich gerissen hätten. Jedes in lebhafter Entwicklung befindliche Land hat ein Interesse daran, sich rechtzeitig nach guten Kraftquellen umzuschauen.

f) Lage der Wasserkraft und Kraftübertragung. Ein Umstand, der für die Bewerthung einer vorhandenen Wasserkraftmöglichkeit sehr ins Gewicht fällt, ist die Lage der betreffenden Stelle gegen die nächstgelegenen Verkehrslinien. Hierbei kommen in Norwegen namentlich die Wasser-

*) 1 Krone = 1,12 *M*.

straßen, vor allem Fjord und Meeresküste in Betracht, weniger die Eisenbahnen. Manche Wasserfälle befinden sich dicht bei dem Meeresspiegel, wie z. B. der Mossfos, der bei Moss (südl. Kristiania) mit 22 m Höhe fast bis in das Meer hineinstürzt. Dagegen liegen viele günstige Kraftstellen im Landinneren und abgelegen von den Verkehrsstraßen. Die betreffenden Zahlen der Tabellen S. 387 u. 389 zeigen aber, daß die vorhandenen Entfernungen nicht unüberwindlich sind. Im kleineren Rahmen hat man sich auch bei den vorhandenen Werken mit diesen Entfernungen abzufinden verstanden, indem man u. a. Drahtseilbahnen und elektrische Bahnen für die Beförderung der Erzeugnisse zur nächsten Verkehrslinie einrichtete.

In der neueren Zeit geht nun das Bestreben dahin, vor allem große Wasserkraftwerke herzustellen. Wenn man aber diese Absicht hat, so soll man auch vor größeren Entfernungen nicht ohne weiteres zurückschrecken; ihre Ueberwindung wird in Anbetracht der anderen günstigen Verhältnisse der Regel nach wirtschaftlich möglich sein. Insbesondere geht die Arbeitsrichtung heute dahin, daß man die im Inland vorhandenen Wasserkräfte an die Meeresküste und an die Fjordufer überträgt. Hier liegen einerseits die Städte und größeren bewohnten Orte, andererseits aber finden sich hier Geländeplätze, an denen eine Industrie sich unter günstigen Umständen zu entwickeln vermag, Stellen, bei welchen die Seeschiffe unter Schutz gegen das Meer in eisfreiem Wasser landen können. Für die Betheiligung seitens des Auslandes ist diese Möglichkeit von der größten Bedeutung, da die Beförderung auf dem Seewege die einfachste und billigste ist, und die Entfernung keine große Rolle spielt.

Als Mittel für die Uebertragung der Kräfte kommt natürlich ganz überwiegend die Elektrizität in Betracht; diese dürfte gerade in Norwegen noch zu großen Leistungen berufen sein. Im Teknisk Ugeblad 1897 erschien in Nr. 13 eine Notiz dahingehend, daß demnächst in Californien größere Wasserkraftmengen auf 121 km Entfernung mit 30000 Volt Spannung elektrisch übertragen werden sollen. Es wurde zugleich darauf aufmerksam gemacht, daß es für Norwegen von großem Interesse sei, den Gang und den Erfolg dieser Anlage zu studiren. In dieser Notiz spricht sich eine richtige Würdigung der norwegischen Verhältnisse aus. Inzwischen ist in Schweden der Plan entstanden, größere Kraftmengen nach Stockholm auf 150 km Entfernung elektrisch zu übertragen, bei welcher Uebertragung der Spannungsverlust 25 v. H. ausmachen sollte. Neben der elektrischen Uebertragung der Wasserkräfte besteht in Norwegen an mehreren Stellen der Plan, aus hochgelegenen Inlandsgewässern mittels Gebirgssollen, unter Wahrung der nutzbaren Spiegelhöhe, das Wasser selbst auf größere Entfernung an die Meeresküste zu leiten und dann hier unmittelbar mit großem Gefälle Kraft zu gewinnen. Diese Pläne sind wasserbautechnisch ganz besonders interessant und bieten manche besondere Vortheile.

g) Neuere Verwendungszwecke. Es entsteht nun noch die Frage, wozu die übertragene oder nicht übertragene Kraft in Norwegen Verwendung finden kann. Als Rohstoffe bietet das Land besonders Holz, ferner Torf in den Moorflächen, Kalk, Thon und in geringem Maße auch Erze. Durch das Vorhandensein dieser Stoffe sind namentlich für

die moderne elektrochemische Industrie gute Vorbedingungen erfüllt; die neu angelegten und geplanten Werke sind z. B. in Uebereinstimmung mit der augenblicklichen Arbeitsrichtung für die Herstellung von Calciumcarbid und Aluminium vorgesehen. Die erforderliche Kohle kann billig aus England bezogen werden; die englische Kohle kostet z. B. in Kristiania nicht mehr als in London. Eine norwegische, anscheinend sehr aussichtsvolle Sonderindustrie auf elektrochemischem Gebiete ist die Herstellung von Torfkohle und anderen Torferzeugnissen. Diese Industrie wird nach dem Jepsenschen Patent gegenwärtig in der Nähe von Bergen betrieben.

Carbid, Aluminium und Torfkohle sind handliche Energieträger. Die Verfahren, aus ihnen die Energie nachher wieder zu gewinnen, sind zum Theil noch zu theuer und bedürfen noch der Vervollkommnung. Vielleicht aber wird es z. B. demnächst wirtschaftlich möglich sein, Carbid, das durch norwegische Wasserkräfte aus norwegischem Kalk und englischer Kohle hergestellt worden ist, nach Deutschland zu versenden und hier durch Vergasung motorische Kraft so billig zu erzeugen, wie es in einer Dampfmaschine nicht möglich ist.

Das Interesse des Auslandes an den etwa an die Küste übertragenen norwegischen Wasserkraften könnte sich noch in manchen Formen bethätigen. Beispielsweise könnte man sich denken, daß gleichartige Industrien eines Landes im Falle größeren Kraftbedarfs sich zusammenthun, um auf genossenschaftlichem Wege zur Erfüllung gleicher Zwecke eine große Arbeitsstätte an der norwegischen Küste anzulegen; haben wir doch z. B. schon genossenschaftliche Walkereien, Brennereien usw. Der billige Transport zur See ist hierbei genügend zu würdigen.

2. Die technischen Maßnahmen der Wasserkraftausnutzung.

a) Die Baustoffe und Bauelemente. Die natürlichsten Baustoffe Norwegens sind Stein und Holz; beide kommen im Wasserkraftwesen zur Anwendung, aber mit dem Unterschied gegen unsere Verhältnisse, daß das Holz, lediglich Nadelholz, besonders weitgehend verwandt wird. Nur bei den neuesten großen Ausführungen, bei denen sich der Einfluß des Auslandes geltend macht, scheint die Vorliebe für die Holzverwendung abgeschwächt zu sein. Die Verwendung des Eisens ist, abgesehen von einigen Sonderheiten, eine ähnliche wie bei uns. Bemerkenswerth ist die Einschränkung des Mörtels beim Mauerwerk. Dies hat wohl seinen Grund darin, daß in abgelegenen Gegenden Steine und Holz leicht zu haben sind, während die Mörtelzubehöre theueren Transport erfordern. Infolge dessen findet man insbesondere bei den weniger jungen Ausführungen sehr viel Trockenmauerwerk. Eine Cementfabrik besteht in der Nähe von Kristiania. Beton ist erst in jüngerer Zeit zur Verwendung gelangt, und zwar neuerdings in besonders weitgehender Form. Jedoch werden berechtigte Bedenken geäußert über die Dauerhaftigkeit, die man in Anbetracht der großen Winterkälte den Betonkörpern zuschreiben soll; ein Schutz durch Quaderverblendung erscheint erforderlich.

Zu Dichtungsarbeiten kommt außer Thon auch Sand und Rosentorf in Anwendung.

Unter den aus diesen Stoffen hergestellten Bauelementen ist besonders bemerkenswerth der Steinkistenbau. Diese

auch bei uns nicht ganz fremde Bauweise dient namentlich zur Herstellung von massigen, schweren und widerstandsfähigen Körpern (Wehre, Ufermauern, Abschlußwerke, Leitwerke u. a.), vor allem im strömenden Wasser. Der Steinkistenbau stellt die genannten Körper derart her, daß die Außenflächen und zahlreiche Querrippen als Blockwände aus Baumstämmen zusammengesägt, und daß die entstandenen Zwischenräume mit schweren Steinen ausgepackt werden; die Außenflächen

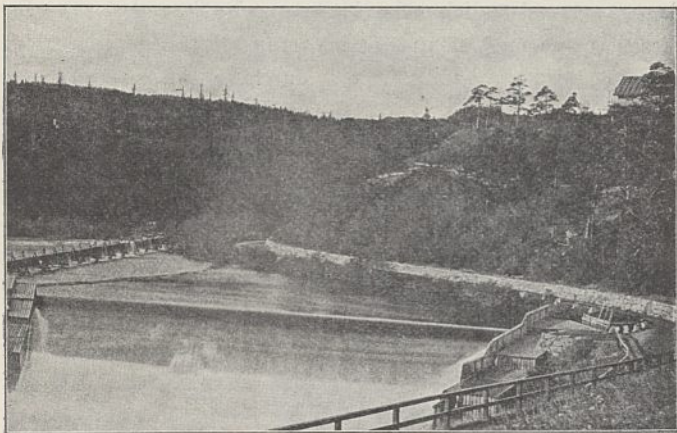


Abb. 5. Holzwehr Larvik.
(Steinkistenbau, 200 Jahr alt.)

erhalten nach Bedarf eine Bekleidung von dichtem Holzbelag. Diese Steinkistenbauten pflegt man auf den Felsen aufzusetzen und mit diesem zu verankern. Die Tiefenlage des Felsens wird beispielsweise vorher gepeilt, dann wird nach



Abb. 6. Steinkistenbau.

dem aufgenommenen Schnitt das Bauwerk auf dem Lande gezimmert und bei niedrigem Wasser, d. i. im Winter, an seine Stelle gebracht.

Diese Steinkistenbauten haben sehr wichtige Vortheile; sie bilden, abgesehen von den Kosten, eine sehr zähe, widerstandsfähige und dauerhafte Construction. Natürlich gilt dies unbedingt nur dann, wenn das Bauwerk dauernd nafs ist; beispielsweise besteht das große Wehr bei Larvik (Text-Abb. 5) schon länger als 200 Jahre. Die Abb. 12 Bl. 51 und 17 bis 19 Bl. 52 geben Beispiele des Steinkistenbaues. Die Herstellung wird durch die Text-Abb. 6 veranschaulicht. Bemerkenswerth ist, daß auch der etwa 30 m hohe Vrangfosdamm (Abb. 5 und 9 Bl. 51) ursprünglich in Steinkistenbau hergestellt werden

sollte; nachträglich entschloß man sich zu der Ausführung in Mauerwerk.

Soll ein Steinkistenbau gegen Wasserdruck dicht sein, z. B. bei Wehren, so hinterfüllt man ihn mit Lehm, Sand, Rosentorf u. a. (Abb. 18 Bl. 52). Mit diesem Verfahren hat man sehr gute Erfahrungen gesammelt. Größere Fangedämme sind bei den Wasserkraftbauten manchmal angewandt worden.

b) Die Wasserkraftbauten im allgemeinen. Die Gesamtanlage eines norwegischen Wasserkraftwerkes umfaßt in der Regel die nachstehenden Abschnitte:

1. das Stauwerk;
2. die Leitung des Wassers (Oberwasserleitung und Unterwasserleitung);
3. die Kraftmaschinenanlage.

Wie die als Sonderfall anzusehende Text-Abb. 7 erläutern mag, handelt es sich darum, das Gefälle h zwischen zwei um die Strecke l aus einander liegenden Punkten A und B bei einer Maschinenanlage zu vereinigen und auszunutzen. Hierbei giebt es für die Gruppierung der genannten

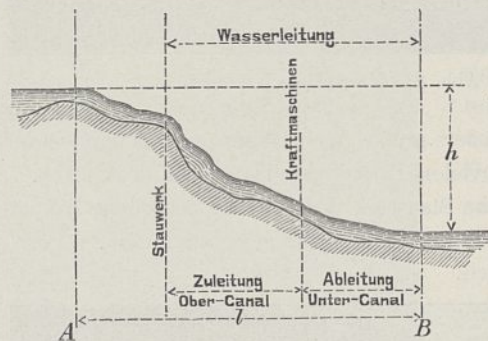


Abb. 7.

den drei Bauabschnitten mannigfache Möglichkeiten. Das Stauwerk, welches bestimmt ist, flussaufwärts bis zum Wasserspiegel A das Wasser zu heben, kann allgemein an jedem

Punkte zwischen A und B angelegt werden. Es wird um so höher und theurer werden, je näher es an den Punkt B geschoben wird. Das Stauwerk muß so beschaffen sein, daß es insbesondere die zu erwartenden Hochwassermengen ohne Gefahr vorbeifließen oder überstürzen läßt. Von dem Stauwerk bis zum Punkte B hinunter gelangt das Wasser durch eine Leitung. Liegt das Stauwerk bei A , so wird die Leitung lang; liegt es bei B , so wird die Leitung kurz. Von Haus aus kann die Maschinenanlage an jedem Punkte der Leitung stehen; sie theilt die Leitung in einen Obercanal oder Zuleitung, und in einen Untercanal oder Ableitung. Die Kraftmaschine darf nicht höher als etwa 8 m über dem Wasserspiegel B stehen (Saughöhe); daher muß, wenn $h > 8$ m ist, die Zuleitung in der Regel ganz oder theilweise als Druckleitung hergestellt werden. Von den hiernach gebotenen mannigfachen Möglichkeiten ist bei den norwegischen Wasserkraftanlagen keine ausgeschlossen.

c) Das Stauwerk. Bei der Anlage der Stauwerke in den norwegischen Wasserläufen muß man der Regel nach vor allem mit zwei gegensätzlichen Umständen rechnen:

1. Die Stauwerke der Kraftanlagen müssen meistens an Punkten angelegt werden, die ein großes Niederschlagsgebiet im Rücken haben; also ist mit großen Hochwassermengen zu rechnen.

2. Demgegenüber ist meistens bei der Erbauungsstelle das Thal eng, also eine große Wehrlänge unmöglich.

Daher entstehen bei Hochwasser große Strahldicken, die Werthe bis zu 5 und 6 m und mehr annehmen. Infolge dessen erhalten die Stauwerke regelmäßig als Aufsatz ein bewegliches Wehr (regulierungsdam), das auf der ganzen Wehrlänge oder nur auf einem Theil derselben hergestellt wird; nur in besonderen Fällen fehlt der bewegliche Aufsatz, hauptsächlich dort, wo Rückstauschwierigkeiten nicht

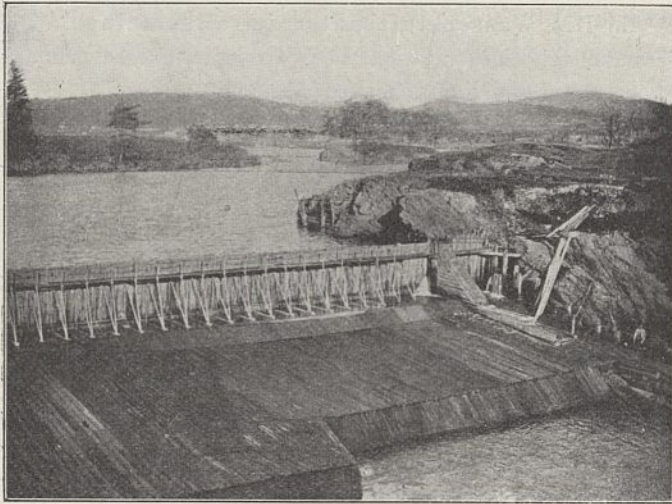


Abb. 8. Klosterfos-Damm.

vorhanden sind, oder große Wehrlängen geschaffen werden können. In sehr vielen Fällen hat das bei A (Text-Abb. 7) stehende bewegliche Stauwerk den Zweck, den rückwärts anschließenden See in seiner Abflussmenge zu regeln.



Abb. 9. Krappeto-Damm.
(Dalslandcanal.)

Hiernach besteht also das Stauwerk der Regel nach aus massivem Unterbau und beweglichem Wehraufsatz. Der massive Unterbau ist bei kleineren und mittelgroßen Höhen meistens in Steinkistenbau ausgeführt (z. B. Text-Abb. 8); das Regulirweh des Sees Oeieren (Mörkfos) hat einen Unterbau aus Steinschüttung, die mit großen Quadern abgedeckt ist. Bei großen Höhen des Staudammes, etwa 10 m und mehr (bis zu 25 m), wird Mauerwerk verwandt, sodaß alsdann der Charakter einer Staumauer oder Thalsperre mit beweglichem Aufsatz entsteht. Stauwerke dieser letzten Art kommen in Norwegen in übereinstimmender Form nicht nur für Kraftzwecke, sondern auch für Schifffahrtzwecke vor, wo es sich darum handelt, rückwärts auf lange Strecken genügende Fahrtiefe zu schaffen.

An dieser Stelle sei noch einiges über die Bauart der in Norwegen vorkommenden höheren Mauerwerk-Staudämme gesagt. Der über 30 m hohe Vrangfosdamm ist durchaus in Cementmörtelmauerwerk hergestellt (vergl. die Text-Abb. im folgenden Abschnitt III unter 2). Andere Staudämme sind derart ausgeführt, daß nur auf der Wasserseite auf etwa 1 m Dicke volles Mörtelmauerwerk vorhanden ist, während bei der Hauptmasse der Mauer nur in den Lagerfugen Mörtel verwandt wird, die senkrechten Stosfugen dagegen grundsätzlich offen bleiben (z. B. Text-Abb. 9). Bei dieser Ausführung, die gute Steine voraussetzt, liegen die Steine

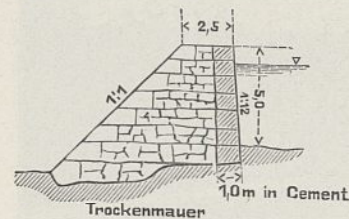


Abb. 10. Kristiansund-Damm.

durchaus sicher. Durch die offenen Stosfugen entsteht der Vortheil, daß im Inneren der Mauer keine Auftriebspannungen entstehen können. Dieses Verfahren ist sehr beachtenswerth, namentlich da, wo Wasserverluste ohne Nachtheil sind; es ließe sich im einzelnen vollkommen ausgestalten. Das bei älteren Ausführungen vorkommende Verfahren, die Wasserseite mit Mörtel zu mauern und die Hauptmasse ganz trocken zu versetzen, ist weniger zuverlässig (Text-Abb. 10).

Bei neueren Ausführungen und Entwürfen kommen auch hohe Beton-Staudämme vor, gegebenenfalls in der Außenfläche mit Quadern verblendet. Ein Nachtheil dieser Bauart ist zweifellos die Ungleichartigkeit des Setzens.

Die beweglichen Regulirwehre werden ausschließlich als Nadelwehre gebaut; es dürfte kaum ein anderes Land geben, in welchem die Nadelwehre so sehr in den Vordergrund treten, wie in Norwegen. Meistens ist das Nadelwehr als Bockwehr gebaut, jedoch mit vielen Abweichungen von der bei uns üblichen Ausgestaltung; insbesondere hat man bei norwegischen Nadelwehren nicht mit so plötzlichen Anschwellungen zu rechnen, wie bei uns. Die Böcke werden meistens aus Eisen, bei geringen Höhen aber auch in Holz hergestellt (vgl. die betr. Abb. im nächsten Abschnitt III unter 2). Die hölzernen Böcke sind immer feststehend; die eisernen werden dagegen häufig umklappbar hergestellt. Bemerkenswerth ist, daß die Böcke der norwegischen Nadelwehre (auch die beweglichen) in der Regel weiter auseinander stehen, als bei uns üblich ist; es kommen Entfernungen der beweglichen Eisenböcke bis zu etwa 3 oder 4 m vor, sodaß sie sich beim Umlegen nicht überdecken.

Als besondere Bauart seien die größeren Regulirwehre bei den Staustufen des Bandakcanals hervorgehoben (vgl. die Abb. im folgenden Abschnitt III unter 2). Diese sind unter Verwendung fester eiserner Böcke im oberen Theil als Nadelwehr, im unteren als Dammbalkenwehr ausgeführt. Diese Bauweise gestattet, lediglich in der größeren Tiefe Wasser abzulassen; die mit eingezogenen Eisenstangen beschwerten Dammbalken können unabhängig von den Nadeln mittels einer Winde an Kabeln hochgezogen werden.

Nadelwehrconstructions besonderer Art sind auch die durch die Abb. 15 bis 20 Bl. 51 dargestellten Ausführungen. Dieselben haben keine Böcke, sondern statt dessen zwei Zwischenpfeiler, die den Druck der oberen Stützträger aufnehmen. In Abb. 15 Bl. 52 legen sich die Nadeln oben gegen einen wagerechten Träger, der eine Weite von 8 m überspannt.

Bei großen Höhen des Unterbaues, wenn also in Text-Abb. 7 das Stauwerk in die Nähe von *B* gelegt wird, entsteht die Nothwendigkeit, daß das Wasser zur Fluthzeit mit den oben angegebenen bedeutenden Strahldicken über die Stauwand — beispielsweise 15 bis 25 m tief — hinunterstürzt (vgl. Abb. 22 Bl. 51).

In diesen Fällen sorgt man dafür, daß der Sturzboden fester gewachsener Felsen ist. Es kann aber nicht geleugnet werden, daß eine Felsmasse, die so bedeutendes Arbeitsvermögen vernichten soll, mit der Zeit angegriffen werden wird, wie dies an einigen Stellen beobachtet worden ist. Daher legt man Werth darauf, daß solche Staudämme und namentlich ihr Vorboden regelmäßig geprüft werden. Als weitere Maßnahmen für den Bau dieser Staudämme mit großen Ueberfallmassen können vielleicht die folgenden empfohlen werden:

1. Deckung und Schutz des natürlichen Felsens vor dem Fuß der Mauer durch eine widerstandskräftige und erneuerungsfähige Bauweise.

2. Führung des Ueberfallstrahles durch eine der Mauer vorgebaute Leitbahn in größere Entfernung vom Mauerfuß, wie man dies z. B. in Oesterreich gemacht hat.

3. Herstellung eines genügend tiefen Wasserbeckens am Fuß der Mauer mittels eines zweiten niedrigeren Staudammes.

4. Vermeidung des Ueberfalles über die Mauer und Umleitung des Fluthwassers durch Tunnel an die Luftseite.

5. Einrichtung einer genügend großen Ablaufschleuse, die es ermöglicht, wenigstens bei niedrigeren Wasserständen das Wasser dem Ueberfall fernzuhalten und den Absturzboden trocken zu legen.

Am einfachsten werden die Stauwerke, wenn sie bei *A* der Text-Abb. 7 angelegt werden; wird hierbei kein eigentlicher Aufstau bezweckt, so ist ein bewegliches Wehr entbehrlich, und es entstehen dann ganz einfache niedrige Uebersturz-Bauwerke zum Ausgleich der vielleicht unregelmäßigen natürlichen Ueberfallkante; sie haben den Zweck, namentlich in trockener Zeit alles Wasser festzuhalten (Abb. 13 Bl. 51). Das Werk Hafslund am Sarpsfos hat überhaupt kein Stauwerk im Fluß eingerichtet; der Zuleitungscanal ist aber derart vertieft, daß man im Winter alles Wasser zum Werk führen kann.

Die Stauwerke in Norwegen gehören insbesondere zu denjenigen Bauwerken, die im Winter ausgeführt werden müssen, d. h. in der Zeit der größten Trockenheit, aber andererseits auch in derjenigen Zeit, die an die Güte der Ausführung die höchsten Anforderungen stellt.

d) Die Leitung des Wassers. Die älteren Werke Norwegens zeigen nur in seltenen Fällen einen ausgesprochenen Unterwassercanal: die Maschinen stehen in der Regel unmittelbar beim Unterwasser. Neuere Entwürfe scheinen jedoch den Unterwassercanal mehr zu bevorzugen. Wir haben es daher vor allem mit einem Oberwassercanal zu thun, der den Stauraum mit der Maschinenanlage verbindet. Soweit die Oberwasserleitung als Freispiegel-Leitung ausgeführt ist, finden wir namentlich hölzerne Gerinne, Felscanäle, Tunnel und Erdcanäle. Die letzteren sind am seltensten. Dagegen sind die hölzernen Leitungen bei den älteren Kraftwerken sehr viel in Anwendung gebracht worden, zum Theil in vollkommener Ausrüstung. Ein besonders bemerkenswerther Holzcanal ist derjenige, welcher in Larvik am Fariselv in Betrieb ist. Das Gerinne besitzt bedeutende Abmessungen,

etwa 5 m Breite und 3 bis 4 m Höhe, steht auf Holzjochen und ist regelrecht überdacht. Mit den hölzernen Gerinnen ist man aber nicht recht zufrieden, da sie viel Instandsetzungskosten verursachen und infolge Undichtigkeit leicht viel Wasser verlieren. Aus solchen Gründen hatte man im Jahre 1896 die Absicht, die große Rinne in Larvik durch ein eisernes Druckrohr zu er-



Abb. 11. Rohrstücke.

setzen. Felsleitungen, namentlich Tunnel, erfreuen sich in der jüngsten Zeit besonderer Aufnahme.

Wichtiger sind bei den norwegischen Kraftwerken die Druckleitungen, die in vielen Fällen ausschließlich, also ohne zugehörige offene Leitungen, angewandt worden sind. In erster Linie kommen hierzu schmiedeeiserne Druckrohre in Anwendung. Bei diesen sind Durchmesser unter 1 m sehr selten. Dagegen ist eine besondere norwegische Bauart die Anwendung von Rohren mit sehr großem Durchmesser für mittlere Gefällhöhen von etwa 10 bis 30 m. Die größte im Jahre 1896 angetroffene Rohrweite betrug 16' = etwa 5,1 m; sie ist in Scotsfos angewandt für 8 m Gefälle. Durchmesser von 3 bis 4 m sind sehr häufig. Die Länge der Rohrleitungen dürfte im Einzelfall den Werth von 500 m kaum überschreiten; in der Regel sind die Rohre viel kürzer. Die Blechstärken werden möglichst eingeschränkt; beispielsweise haben die 3 m weiten Rohre in Hafslund 8 mm Wandstärke. Die Rohre werden im allgemeinen in der ganzen Länge genietet; die Vernietung ist eine einreihige.

Außer den großen Hauptrohren kommen Vertheilungsconstructionen für die Abzweigung zu den einzelnen Turbinen vor. Ein besonders bemerkenswerthes Stück dieser Art von bedeutenden Mafsen zeigt die Text-Abb. 11. Diese

großen Druckrohre werden, wagrecht oder geneigt, ferner geradlinig oder gekrümmt, fast ausnahmslos freiliegend, d. h. ohne Ueberdeckung angeordnet. Bei der ungedeckten Lagerung spielen Wasserwärme und Frostwirkung eine Rolle. Hierbei ist aber zu bemerken, daß in vielen Flüssen, wie früher erläutert, die Wärme des Wassers infolge der Seen über 0°C geregelt ist. Außerdem wirkt günstig die große Weite der Rohre, sowie der Umstand, daß der Betrieb der großen Kraftwerke in der Nacht keine Unterbrechung erfährt.

Nur in besonderen Fällen, namentlich in den besonders kalten eingeschlossenen Gegenden und bei kleinen Rohrweiten ist eine Eisbildung an der Innenwand zu erwarten. Hiergegen sichert man sich durch Einbettung in die Erde oder durch Umhüllung mit beispielsweise 30 bis 40 cm dicker Wollpackung.

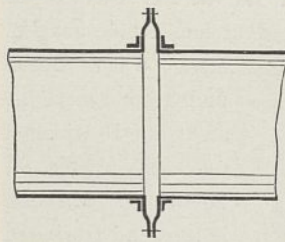


Abb. 12. Feder-Ausgleichsvorrichtung für Rohre.

Die Lagerung der Rohre erfolgt in sehr einfacher Form, vor allem in dem Sinne, daß die Zwischenstützen die Beweglichkeit des Rohres nicht behindern. Meist ruhen die Rohre auf trockenen Steinsätzen oder einem aus Holzbalken zusammengesetzten niedrigen Pfeiler; bei neueren Ausführungen kommen auch in Mörtel gemauerte Stützen vor.

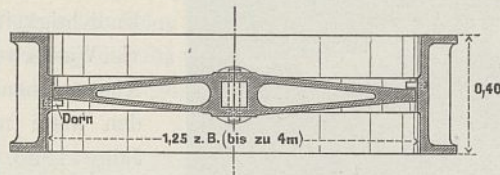


Abb. 13. Drosselklappe.

Nach Bedarf, aber selten, erfolgen Verankerungen der Kniestellen. — Das Eisen der Rohre ist in seiner Wärme wesentlich abhängig von der Wärme des Wassers und daher, solange das Wasser durch das Rohr fließt, keinen großen Wärmeschwankungen ausgesetzt, zumal bei den großen Lichtweiten. Infolge dessen ist das durch die Formänderung entstehende „Arbeiten“ der freiliegenden Rohre unbedeutend. Hierbei muß man davon ausgehen, daß für die Rohrleitung zwei feste Punkte anzunehmen sind: am unteren Ende die Maschinenanlage, am oberen Ende das Einlaßbauwerk. Besitzt nun die Rohrleitung zwischen diesen beiden Punkten wagerechte Knicke und Bogen, und sind lange gerade Strecken vermieden, so sieht man meistens die Nachgiebigkeit dieser Knickstellen als ausreichende Beweglichkeit an. Ist aber die Rohrstrecke geradlinig, so liegen die Verhältnisse anders, wie dies z. B. die zwei Werke zu beiden Seiten der Ulefos-Staustufe zeigen. Beide Werke haben geradlinige Rohrleitungen; solange Wasser im Rohr fließt, bemerkt man beiderseits keine Schäden. Sobald aber die Rohre einmal entleert werden, nimmt das Eisen die Wärme der Luft an und ändert seine Länge erheblich. Nun hat das Werk am linken Ufer (vgl. Text-Abb. im folgenden Abschnitt III unter 2) ein hölzernes Einlaßbauwerk, welches infolge seiner Elasticität die

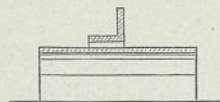


Abb. 14. Rohrversteifung.

Bewegung des Rohres ohne Nachtheil ermöglicht; dieser Werth der Holzconstruction ist sehr bemerkenswerth. Dagegen ist bei dem Werk am rechten Ufer eine steinerne Fassung des oberen Rohrendes ausgeführt; diese kann bei Leerstehen des Rohres nur dadurch gegen Rissebildung geschützt werden, daß man das Rohr dauernd mit Wasser begießt.

Diese beiden großen Rohre besitzen keine Ausgleichsrichtungen; solche kommen aber bei längeren geraden Strecken häufig vor, und zwar meistens als Stopfbüchse; in seltenen Fällen hat man bei großen Rohrweiten auch Feder-Ausgleichsvorrichtungen gemäß Text-Abb. 12 ausgeführt.

Als Verschlüsse im Zuge der weiten Rohre werden Drosselklappen verwandt, und zwar in einfacher Anordnung etwa nach Text-Abb. 13. Auf vollkommene Dichtigkeit derselben verzichtet man für gewöhnlich zum Vortheil der Einfachheit.

Um die großen Rohre, die verhältnismäßig dünne Wände besitzen, gegen Abplattung zu sichern, legt man in Abständen von etwa 3 bis 4 m mit 1 bis 2 cm Spielraum Winkelringe um das Rohr herum und befestigt diese im Interesse der Beweglichkeit gemäß Text-Abb. 14. Die Rohre in Ulefos besitzen außerdem wagerechte Verankerungsstangen. Neben den schmiedeeisernen Druckleitungen kommen ausnahmsweise und nur bei kleinen Rohrweiten gußeiserner und hölzerne Druckrohre vor (letztere z. B. beim Trollhätanfall).

Bei den jüngeren Entwürfen von norwegischen Wasserkraftanlagen kommen als Druckleitungen häufig Stollen oder Tunnel im Gebirgsmassiv, mit oder ohne Auskleidung, in Anwendung. Es ist zu erwarten, daß bei demnächstigen Ausführungen die Eisenrohre gegen die Drucktunnel zurücktreten werden. Für die Verwendung der Felstunnel an Stelle der Eisenrohre sprechen manche Punkte.

Bei der Ausrüstung der Wasserzuleitung kommt in Betracht, daß in Norwegen das Wasser sehr rein, und die Sinkstoffbildung nicht groß ist. Daher sind die bezüglichen Einrichtungen bei den weniger neuen Anlagen sehr einfach hergestellt. Das obere Ende der Leitung, beim Stauwerk, ist in der Regel als Einlaßbauwerk ausgebildet und besitzt einen in Holz gebauten Abschluss aus Zugschützen, deren Bauart eine Eigenthümlichkeit des norwegischen Wasserkraftwesens ist. Die Text-Abb. 15 zeigt ein Beispiel eines solchen Abschlusses; dieser setzt sich aus mehreren etwa 1 bis 1,2 m breiten Holzschützen zusammen, die oben eine Holzrahmung tragen. Die Schützen werden von einem darüber gebauten Jochbauwerk aus an Seilen in die Höhe gezogen. Die neueren großen Anlagen zeigen an Stelle dieser im übrigen sehr gelobten Anordnung nach neueren Grundsätzen ausgeführte Abschlusswerke.

Die Zuleitung erhält bei ihrem oberen Ende an einem oder an mehreren geeigneten Punkten einen Grobrechen, der in einfachster Form aus senkrechten neben einander gestellten Rundhölzern besteht.

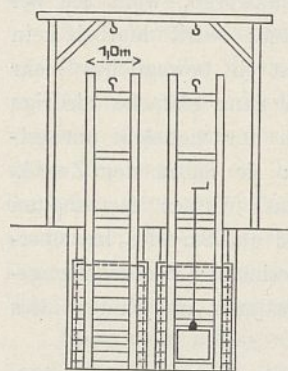


Abb. 15. Norwegischer Schützenabschluss.

Die Zuleitung erhält bei ihrem oberen Ende an einem oder an mehreren geeigneten Punkten einen Grobrechen, der in einfachster Form aus senkrechten neben einander gestellten Rundhölzern besteht.

e) Die Kraftmaschinen. Wasserräder sind in Norwegen sehr selten; es kommen fast nur Turbinen vor. Die Anordnung derselben zeigt große Mannigfaltigkeit; jedoch wiederholt sich meistens die Form der Kapselturbine, indem sich das Gehäuse der Turbine an das Eisenrohr anschließt. Ebenso regelmäßig ist die Ausrüstung der Turbinen mit Saugrohr, da nur bei Verwendung eines solchen bei den stark schwankenden Unterwasserspiegeln das Gefälle bis zum Unterwasser ausgenutzt werden kann. Selbstthätige Regelung ist bis in die neueste Zeit hinein wenig in Anwendung gekommen.

Norwegen besitzt mehrere bedeutende Turbinenfabriken. Jedoch werden auch von deutschen und schweizerischen Firmen Turbinen nach Norwegen geliefert. Bei den bisherigen Betrieben, insbesondere den Holzschleifereien, wird vielfach die zu große Empfindlichkeit der ausländischen Turbinen hervorgehoben.

Für den Ausbau der früher erwähnten sehr hohen Gefälle dürfte in Frage gezogen werden können, ob man nicht statt der Turbinen Wassersäulenmaschinen anwenden soll.

Im vorstehenden sind die unmittelbaren technischen Zubehöre der norwegischen Wasserkraftausnutzung im allgemeinen besprochen worden. Im Anschluß hieran sind noch einige technische Gebiete zu erwähnen, die mit dem norwegischen Wasserkraftwesen in engem Zusammenhang stehen.

f) Der Ausgleich der Wassermengen. Es ist bereits, namentlich in Abschnitt I, eingehend besprochen und durch Zahlen belegt worden, daß infolge der natürlichen Verhältnisse Norwegens auch der natürliche Ausgleich der Wassermengen sich sehr günstig gestaltet.

Aber es ist in vielen Fällen mit sehr geringen Kosten möglich, diesen Ausgleich durch künstliche Mittel erheblich zu verbessern, indem man die noch vorhandenen Fluthmassen zurückhält zur Abgabe während der trockenen Zeit (Winter). Hierzu ist es erforderlich, einen entsprechend großen Speicherraum durch technische Maßnahmen herzustellen. In unseren fertigen Gebirgstälern ist diese Herstellung nur dadurch möglich, daß wir mittels eines verhältnismäßig theureren Staudammes einen künstlichen See schaffen an einer Stelle, wo vorher trockenes Land war. Das Vorhandensein der

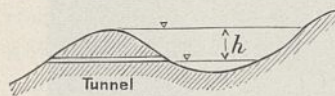


Abb. 16.

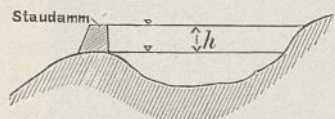
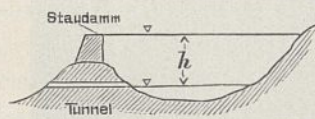


Abb. 17.

Abb. 18.
Seeregelung.

norwegischen Stufenseen erleichtert aber die Herstellung eines künstlichen Speicherraumes außerordentlich, wie dies viele Beispiele zeigen. Die Schaffung künstlicher Stauräume mittels der vorhandenen Seen kann in verschiedener Art geschehen:

1. Durch Herstellung eines in größerer Tiefe in den Seeraum einmündenden Tunnels zur Ausnutzung des in natürlicher Form toten Raumes: diese Form setzt voraus,

daß der See tief ist, und daß sich unterhalb ein Wasserfall oder steile Fließstrecke anschließt (Text-Abb. 16).

2. Durch Aufdämmung der Ueberlaufkante, hierbei kommt zu statten, daß die Ueberlaufstelle gegenüber den Mäsen der Seefläche in der Regel sehr eng ist (Text-Abb. 17).

3. Durch gleichzeitige Anwendung von 1. und 2. (Text-Abb. 18).

Ein Beispiel zu 1. ist die Regulierung des Sees Mjövand, der im Skienflußgebiet etwa 10 km oberhalb des 245 m hohen Rjukanfos mit +889 m Spiegelhöhe ausmündet und rund 1600 qkm Niederschlagsgebiet hinter sich hat. In 5 m Tiefe unter dem natürlichen Seespiegel ist ein Tunnel durchgebrochen. Da der See 40,8 qkm Fläche besitzt, so ist hiermit ein Nutzraum von rund 200 Millionen cbm Inhalt geschaffen. Die ganze Arbeit hat nur 120 000 Kronen gekostet, wobei 1 cbm Sprengarbeit mit 12 Kronen berechnet wurde (bei etwa 3 bis 5 m lichter Weite).

Ein Beispiel zu 2. ist die Aufdämmung des Sönerensees; dieser liegt mit +118 m Spiegelhöhe im Flusse Simoa im Drammenfluß-Gebiet, ist 8,08 qkm groß und hat rund 600 qkm Niederschlagsgebiet hinter sich. Die beiden unterhalb liegenden Kraftwerke, darunter das deutsche (Meißener) Blaufarbwerk Modum, haben den See durch ein 2 m hohes und etwa 20 m langes Nadelwehr (Abb. 15 bis 20 Bl. 51) aufhöhen lassen und auf diese Art einen Nutzraum von etwa 17 Millionen cbm geschaffen. Die ganze Anlage hat nur 25 000 Kronen gekostet. Das Werk Modum hat hiervon 8000 Kronen gezahlt und sich einen Kraftgewinn von 1000 PS gesichert (entsprechend einer Vermehrung der Wassermenge um 3 cbm/sec bei dem Nutzgefälle von 33 m).

Das hervorragendste Beispiel zu 2. liegt beim See Mjösen im Glommengebiet vor. Dieser größte See in Süd-Norwegen liegt auf +123 m, hat 360 qkm Fläche und hinter sich 16 200 qkm Flußgebiet. Der Mjösen, an welchem größere Städte liegen, ist bei seinem Auslauf von alters her durch ein Nadelwehr aufgehört, um Fahrtiefe zu schaffen für die auf dem See zwischen den Städten verkehrenden Dampfer. Da aber die inzwischen am Seeufer entstandenen Eisenbahnlinien den Schiffsverkehr vielleicht entbehrlich erscheinen lassen, so ist neuerdings der Plan entstanden, von der dauernden Hebung abzusehen und die obersten 3 m (in der Wehrhöhe) als Regulirnutzraum zu bewirtschaften. Dieser Nutzraum hat einen Inhalt von 1100 Millionen cbm, also z. B. etwa 100 mal so viel, wie das Staubecken der Gileppe. Mit Hilfe dieses Stauraumes von 1100 Millionen cbm wird das Niedrigwasser des Glommen im Unterlauf, welches gegenwärtig bis 100 bis 120 cbm/sec sinken kann, auf etwa 300 cbm/sec gehoben. Diese Hebung bedeutet aber für die im Unterlauf vorhandenen, in Ausführung begriffenen und noch möglichen Kraftwerke einen Gewinn von mehreren 100 000 PS.

Ein kleines Beispiel zu 2. ist der Damm Svartediget bei Bergen, der zwei kleine Seen für das Trinkwasserwerk der Stadt Bergen aufstaut. Dieser Damm ist aus Stein hergestellt; nur auf der dem Wasser zugekehrten Seite ist die etwa 8 m hohe Mauer auf 1 m Dicke in Mörtel ausgeführt, die übrige Masse ist trocken versetzt. Eine ebensolche Stau-mauer besteht bei Kristiansund N. (Text-Abb. 10).

Außerdem giebt es noch manche Beispiele einfacher Art. So kommen Sperrdämme vor, die aus dicken Steinsätzen mit dazwischen gefüllter breiter Torflage (zur Dichtung) bestehen, auch Steinsätze, die auf der Wasserseite zur Dichtung

eine Betonlage mit schützendem Holzbelag erhalten haben. Es handelt sich aber immer nur um geringe Höhen. (An dieser Stelle sei auf das oben unter c. über Staudämme Gesagte verwiesen.)

Als Beispiel für den Erfolg, den man durch künstlichen Ausgleich in Norwegen erreichen kann, sei der durch Kristiania fließende Akersfluß erwähnt. Dieser hat nur 204 qkm Flußgebiet, darunter 13 qkm Seefläche. Der höchste Punkt des Gebietes liegt auf + 672 m über Meeresspiegel. Durch Ausbau der vorhandenen Seen und mit Hilfe eines vollkommenen Nachrichtendienstes hat man erreicht, daß die Wassermenge in der Stadt Kristiania nicht kleiner als 5 und nicht größer als $5\frac{1}{2}$ cbm/sec wird.

Aus dem sichtbaren Wasser des Akersflusses nimmt weiter aufwärts die Stadt Kristiania ihr Trinkwasser. Für die Trinkwasserversorgung und gleichzeitig für den Betrieb der Akers-Triebwerke wird aber das Wasser des Akersflusses demnächst zu klein sein. Daher ist der Plan entstanden, Wasser aus benachbarten, z. Th. sehr hoch gelegenen Niederschlagsgebieten mittels Tunnel durch die Wasserscheiden in das Akersgebiet hineinzuführen; die Möglichkeit dieser Ueberleitung ist infolge der geologischen Verhältnisse vorhanden. Das überzuleitende Wasser wird nun in seinem eigenen Gebiet zuerst ausgeglichen; hierzu werden in letzterem Ausgleichsräume unter Benutzung der vorhandenen Seen hergestellt. Es stehen vier Nachbargebiete mit bezw. 12,8, 11,7, 20,9 und 35,3 qkm zur Wahl, in denen Stauräume von bezw. 7,3, 6,67, 11,91 und 17,64 Millionen cbm herzustellen sind. Die Herstellung derselben erfolgt in verschiedenster Art und zwar so, daß die obigen drei Verfahren sämtlich zur Anwendung gelangen. Die Wände der in Betracht kommenden Seen bestehen zum Theil aus Moräne.

g) Die Schiffahrtscanäle. Die Beziehung des Wasserkraftwesens zu Schiffahrtscanälen bzw. canalisirten Wasserläufen tritt uns in Norwegen in besonderer Form entgegen. Diese Beziehung ist im allgemeinen in der jüngeren Zeit viel besprochen worden in dem Sinne, daß man möglichst in jedem Falle die Staustufe des Schiffahrtsweges auch zur Kraftgewinnung verwerthen solle. Die Erreichung dieser Absicht ist in den bei uns vorkommenden Fällen mit großen Schwierigkeiten verbunden, welche den norwegischen Möglichkeiten im wesentlichen fehlen.

Eine der angedeuteten Schwierigkeiten besteht bei unseren canalisirten Flüssen darin, daß bei Hochwasser das Arbeitsgefälle ein nicht mehr verwendbares kleines Maß annimmt. Die Staustufen der norwegischen Canäle haben aber einerseits große Gefällhöhen, andererseits sind sie entweder natürliche Stufen (z. B. Scotsfos), oder bei künstlicher Stauung wird das Stauwerk bei H. W. nicht beseitigt (z. B. Vrangfos). Das Zusammenwirken dieser Umstände hat zur Folge, daß das Arbeitsgefälle bei H. W. sich zwar vermindert, aber doch nur um ein im Vergleich geringes Maß.

Eine zweite Schwierigkeit könnte dadurch entstehen, daß das Niedrigwasser für gleichzeitigen Kraft- und Schiffahrtsbetrieb zu klein ist. Wenn wirklich diese Schwierigkeit in Norwegen bestehen würde, so wäre es gemäß dem Früheren nicht schwer, mit geringen Kosten bedeutende Vergrößerungen des Niedrigwassers zu erreichen. Die trockene Zeit fällt in Norwegen in den Winter; in dieser Zeit ist

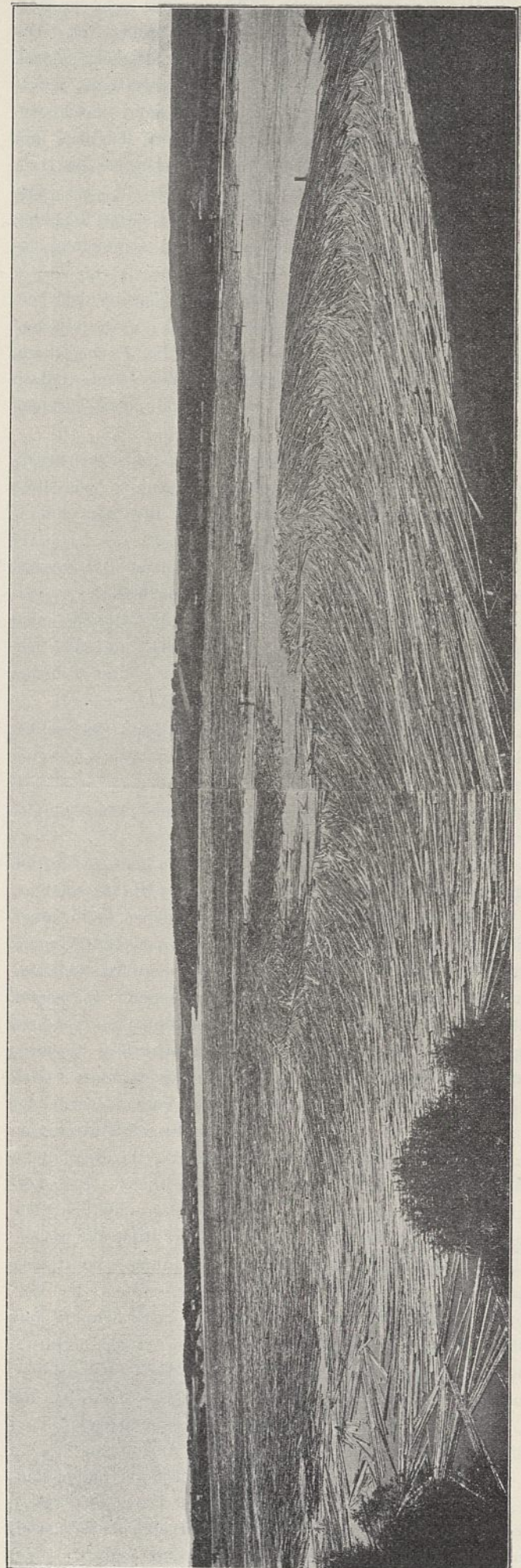


Abb. 19. Wilde Flößerei im Glommen. 1898. Sortinstelle bei Fettsund.

der Schiffsverkehr ohnehin nur gering, sodafs also auch aus diesem Grunde dann für das Kraftwerk eine Einschränkung nicht erforderlich ist. Hiernach ist in Norwegen die Vereinigung eines Kraftwerkes mit einer Schiffsstaustufe der Regel nach einerseits zugänglich, andererseits sehr wirtschaftlich. Im Einzelfall wird das Kraftwerk kaum geringere Bedeutung besitzen, als der Schiffsbetrieb, sodafs unter Umständen die Kraftausnutzung der Stauufen vielleicht das bedeutendere Moment der Wirtschaftlichkeit ausmachen dürfte.

Der bedeutendste Schiffsstaukanal Norwegens ist der Bandak-Skien-Canal, dessen Kraftwerke später noch genauer besprochen werden sollen (vgl. folgenden Abschnitt III unter 2). Hier sei erwähnt, dafs bei den drei unteren der vorhandenen acht Stauufen, nämlich bei Skien, Löveid und Ulefos, gleichzeitig Wasserkraft- und Schiffsbetrieb eingerichtet ist; der Wasserkraftbetrieb ist bei diesen drei von Natur aus schon vorhandenen Stufen zuerst eingerichtet gewesen. Ein wichtiger Wirtschaftsfactor des Canals wird die aufserordentlich bequem zu erreichende Wasserkraftausnutzung bei der Staustufe Vrangfos sein, welche 23 m Gefällhöhe besitzt. Die Kraftgewinnung konnte bis jetzt noch nicht ausgeführt werden, da die Rechtsverhältnisse noch der Entscheidung warten.

Ein anderer norwegischer Stufenkanal ist der schon ältere Dalslandkanal bei Frederikshald. Betreffend die Kraftgewinnung bei der Trollhättanstaustufe sei auf den folgenden Abschnitt III unter 6 verwiesen.

h) Die Flöfserie. Die Interessen der Flöfserie treten an jedes einigermaßen bedeutende norwegische Wasserkraftwerk heran. Flöfserie wird fast in allen Wasserläufen Norwegens betrieben, insbesondere in Süd-Norwegen. Die Form des Flöfseriebetriebes hängt namentlich von dem Charakter der Stufenthäler ab. In diesen kommen vor:

1. Fließstrecken mit starkem, einigermaßen stetigem Gefälle,
2. eigentliche Wasserfälle,
3. Stufenseen.

Von Haus aus betreibt man in Norwegen wilde Flöfserie, indem man die Einzelhölzer durch das Wasser ohne Aufsicht thalabwärts führen läfst. Dies gilt aber zunächst nur für die stetigeren Fließstrecken. Treffen die Hölzer unterwegs einen See an, so fehlt wegen der kleinen Fließgeschwindigkeit oft der genügende Antrieb. In Fällen dieser Art treten stellenweise kleine Schleppdampfer in Dienst. Wie die Text-Abb. 19 zeigt, können in den Seen große Anhäufungen von Hölzern entstehen. Kommen die einzelnen Wildhölzer beim Oberwasser eines Wasserfalles an, so entsteht die Frage: soll man die Hölzer über den Wasserfall frei weg schiefsen lassen, oder nicht. Das freie Hinüberschiefsen beschädigt wegen des festen Felsuntergrundes die Hölzer sehr leicht; daher wird es meistens nur unter günstigen Verhältnissen zugelassen, insbesondere dann, wenn die Fallhöhe nicht zu groß ist; jedoch stürzen auch über den 38 m hohen Haugsfos die Hölzer frei hinunter. In solchen Fällen muß das Stauwehr des etwaigen Kraftwerkes, das auf der Oberkante des Wasserfalles zu stehen pflegt, geeignet gebaut und gegen das Anrennen der Hölzer genügend geschützt sein. Die Saugwirkung des Wassers führt die Hölzer in der Regel von selbst den richtigen Weg; dennoch werden hölzerne schwimmende Leitwerke erforderlich, in einfachster Form an ein-

ander gekettete einzelne schwere Balken. Die Leitwerke sind dann besonders wichtig, wenn, wie z. B. beim Mörkfos (vgl. die Text-Abb. im folgenden Abschnitt III unter 3), das Stauwerk ein Nadelwehr ist, und dieses Nadelwehr theilweise aufgestellt gehalten wird. Der Absturzboden der Wehre ist dem Anprall der Hölzer besonders stark ausgesetzt.

Sollen nun die Hölzer über den Wasserfall nicht hinunter stürzen, so ist eine Flofsrinne herzustellen, in der die einzelnen Hölzer mit sehr großer Geschwindigkeit hinunter geführt werden. In diesen Fällen werden die Hölzer beim Oberwasser mittels eines schwimmenden Leitwerkes gesammelt und gegebenenfalls sortirt und für den Bedarf der zunächstgelegenen Werke herausgenommen. Die weiterzuführenden Hölzer werden von einem Wärter in die Flofsrinne hineingelenkt.

Die Flofsrinnen sind meist in Holz gebaut mit etwa 1 bis 2 m Breite; sie werden sehr steil angelegt. Eine be-

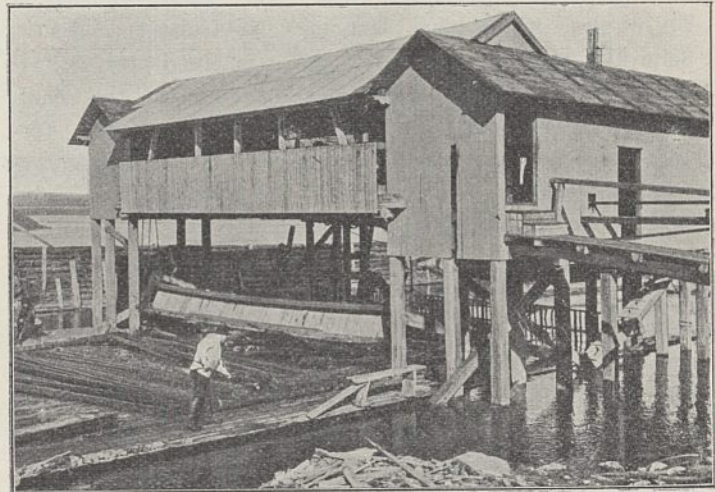


Abb. 20. Flofszerlegemaschine beim Sarpsfos.

merkenswerthe Rinne ist u. a. diejenige, welche den 66 m hohen Tistedalsfos (bei Frederikshald) überwindet.

Im Zuge des Bandak-Skien-Canals werden die Hölzer zu tief gehenden Flößen zusammengebunden und in dieser Form durch die Schleusen hinunter geführt.

Hervorragend interessant ist der Flöfseriebetrieb auf dem Unterlauf des Flusses Glommen (vgl. Abb. 3 u. 4 Bl. 52). Die beim oberen Ende des Sees Oeieren (+ 100 m) ankommenden Hölzer werden in größeren Scharen vereint an das untere Ende des Sees geschleppt. Von hier ab überläßt man die Hölzer sich selbst; sie stürzen die etwa 20 km lange Wasserfallreihe hinunter bis zum Unterwasser des Vamafos. Hier beginnt, bis zum Sarpsfos reichend, eine etwa 30 km lange nahezu wagerechte seeartige Fließstrecke. Am oberen Ende dieser Strecke liegt die wichtige Betriebsstation Föreholmen. Hier finden wir gewissermaßen einen schwimmenden Verschubbahnhof für die Hölzer; durch schwimmende Leitwerke sind Sortirbuchten hergestellt, in welchen die an Firmenzeichen zu erkennenden Hölzer nach „Richtungen“ verschoben werden. Die Hölzer gleicher „Richtung“ werden nun mit interessanten Sondermaschinen zu Flößen von oft 10 bis 20 Lagen in je wenigen Minuten zusammengestellt; alsdann werden die Flöße durch Dampfer flussabwärts zum Oberwasser des Sarpsfos geschleppt. Hier gelangen am linken Ufer die Flöße in eine durch Leitwerke gekennzeichnete und

gegen die Saugwirkung des Sarpsfos geschützte Fahrstraße und werden nun einer ebenfalls sehr interessanten Maschine zugeführt, die durch Druck die Flöße in kürzester Zeit wieder zerlegt (Text-Abb. 20). Jetzt werden die einzelnen Hölzer in eine Floßrinne geleitet, durch welche sie am Sarpsfos vorbei in dessen Unterwasser gelangen. Etwas weiter unterhalb liegt wieder eine Betriebsstation, die die Hölzer gewissermaßen nach „Stationen“ verschiebt und von neuem zu Flößen zusammenstellt. Von dieser Station aus werden

dann die Flöße zu der etwa 15 bis 20 km entfernten Meeresküste nach Fredrikstad geführt, um hier verarbeitet oder verladen zu werden.

Es ist beabsichtigt, für die Umgehung des Sarpsfos eine längere Rinne anzulegen, als sie bis jetzt besteht. Diese Rinne soll über 3000 m lang werden und in Eisen hergestellt sein; sie führt die Hölzer sicher bis Sannesund. Die Kosten dieser Rinne, die einzig in ihrer Art dastehen dürfte, sind auf 650 000 Kronen berechnet. (Schluß folgt.)

Von der canalisirten Fulda.

Vom Baurath Julius Greve in Cassel.

(Alle Rechte vorbehalten.)

Eine ausführliche Beschreibung der Canalisirung der Fulda von Cassel bis Münden, verfaßt von dem Regierungs- und Baurath Volkmann und dem Wasserbauinspector Twiehaus, ist in dem Jahrgang 1899 dieser Zeitschrift Seite 401 bis 424 enthalten. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird auf diese Darstellung hingewiesen. Die Schiffbarmachung erfolgte in den Jahren 1893 bis 1895. Verschiedene Ergänzungsarbeiten wurden von der Neubauleitung noch in den Jahren 1895 bis 1897 zur Ausführung gebracht.

Es war naturgemäß, daß an einer neuen Wasserstraße in den ersten Betriebsjahren sich noch an manchen Stellen kleinere Mängel zeigten, für die Abhilfe geschaffen werden mußte. In den folgenden Mittheilungen soll über Arbeiten berichtet werden, die in den Jahren 1897 und 1898 zur Unterhaltung und zur Verbesserung der Schiffahrtsstraße zur Ausführung kamen, es soll ferner dargestellt werden, welche Versuche gemacht wurden, um Neuerungen und Verbesserungen sowohl an den Canalisirungswerken wie im Schiffahrtsbetriebe einzuführen. Dabei wird sich Gelegenheit finden, auch allgemeinere Fragen zu besprechen.

1. Flußbett, Fahrinne und Ufer.

In dem vielfach gekrümmten Laufe der Fulda findet sich die stärkste Krümmung unterhalb Wilhelmshausens. Hier biegt der Strom nahezu rechtwinklig nach Süden ab, der Halbmesser des Bogens beträgt an dieser Stelle nur 150 m. Aehnliche Krümmungen finden sich fast in allen Haltungen. Anfangs war die Schifffahrt mit den 8 m breiten, 56 m langen Fahrzeugen in einigen dieser Krümmungen sehr erschwert. Es wurden aber bald Mittel und Wege gefunden, die Bögen auch bei starker Strömung fast ebenso gut fahrbar zu machen wie die geraden Strecken. Die Sohlenbreite der Fahrinne in den Geraden beträgt 20 m, während sie in den Krümmungen angemessen vergrößert worden ist, und zwar auf 25 bis 30 m. Damit waren aber die Erschwerungen der Fahrt noch nicht behoben. Auffallend war die gute Fahrbarkeit der Krümmung unterhalb Wilhelmshausens auch bei starker Strömung. Diese Krümmung war noch von der Neubauleitung verbreitert und mit einem Uferdeckwerk auf der ausgebogenen Seite versehen worden. Durch sorgfältige Beobachtungen und Aufnahme von Querschnitten wurde festgestellt, daß die gute Fahrbarkeit ihre Ursachen darin hatte, daß das Flußbett in der Krümmung selbst weit und tief war, während es sich in der unterhalb anschließenden

geraden Strecke verhältnißmäßig stark verengte. Infolge dessen lag die ganze Krümmung bei größerer Wasserführung im Stau der engeren geraden Strecke. Das Gefälle lag fast gänzlich in der Geraden. Nun ist der Schiffswiderstand in den geraden Strecken, wo nur das Vorderschiff von der Strömung getroffen wird, verhältnißmäßig gering; in scharfen Bögen dagegen, wo die Schiffe in Gierstellung fahren und außer dem Vorderschiff auch eine Längsseite von der Strömung getroffen wird, steigt der Widerstand stark. Daraus folgt, daß man, um eine Krümmung gut fahrbar zu machen, ihr einen so weiten und tiefen Querschnitt geben muß, daß die Stromgeschwindigkeit erheblich geringer wird, als in der anschließenden Geraden; dann kann man darauf rechnen, daß der Bogen ohne außergewöhnlichen Widerstand durchfahren werden kann.

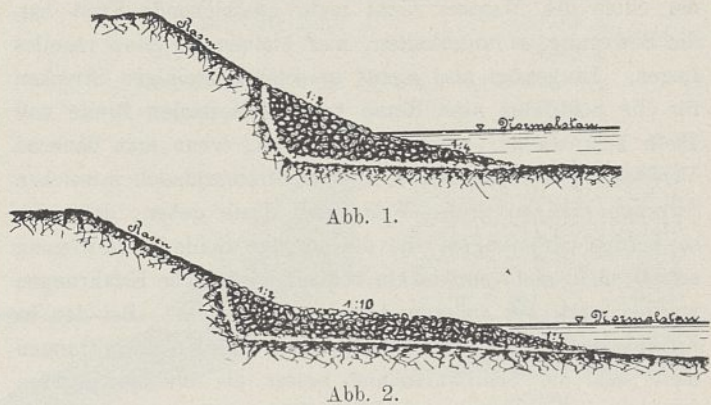
Die Sohle der Fahrinne war im unteren Theil der Haltungen 1,50 m unter den normalen Stau gelegt; in dem oberen Theile dagegen nur 1 m. Die zulässige Tauchtiefe der Schiffe war bei kleinem Wasser zu 0,85 m festgesetzt. Unter dem 8 m breiten Schiffsboden war demnach planmäßig nur 0,15 m Wasser vorhanden. Zur Anwendung dieses geringen Mafses hatten wohl Erfahrungen auf der Oberweser geführt. Ich habe dort folgende Beobachtungen gemacht. Nachdem in den Sommern 1897 und 1898 die Steine, die über die normale Sohle der Weser hervorragten, in sorgfältigster Weise beseitigt worden sind, nutzen die Schiffer die ganze vorhandene Wassertiefe aus. Bei dem klaren Wasser im vergangenen Herbst konnte ich feststellen, daß die Kähne an vielen Stellen zwischen Karlshafen und Münden unmittelbar über den Grund gefahren waren. Man sah deutlich die Stellen, wo die Schiffe den oberen dunklen Grund der Sohle abgeschoben hatten, der reine Kies leuchtete hell hervor. Der Boden der Weser wird also theilweise als Rutschbahn benutzt. Die Schiffer müssen sich dabei auf die Festigkeit der Böden ihrer Fahrzeuge verlassen. Das Schleifen der tief abgeladenen Schiffe über die Flußsohle ist eine Folge des Abfallens des Wassers, welches in der trockenen Jahreszeit sehr häufig durch das Zurückhalten des Zuflusses an den Mühlenwehren auf der oberen Fulda und der Werra eintritt. Nach diesen Erfahrungen konnte ein Spielraum von 0,15 m auf der Fulda ausreichend scheinen. Dieses Maß genügt aber nicht und zwar aus folgenden Gründen.

In der Weser sieht man bei klarem Wasser in den flachen Stellen die Sohle ganz rein und fast eben liegen.

Das Flussbett ist zwar flach, doch mehr als doppelt so breit wie das der Fulda. Die Steine ragen nur kuppenförmig aus dem festen Grund hervor und sind dabei von dem treibenden Kiese und vom Eise glatt geschliffen. Alle lose aufliegenden Steine sind entfernt. Die Einwirkungen von Strömung, Eisgang und Schifffahrtsbetrieb bringen nur noch unwesentliche Veränderungen der Sohle hervor. — Ganz anders liegen die Verhältnisse auf der Fulda in einer frisch gebaggerten Schifffahrtsrinne von beschränkter Breite. In den kiesigen Strecken ist der Strom fortwährend in Thätigkeit, die wagerecht durchgebagerte Sohle in ihrer Höhenlage zu verändern. Hier gräbt er sie tiefer, dort verflacht er sie. Bei starker Strömung kommt die ganze Sohle in Bewegung. Wenn man vom Kahn aus eine Stange auf den Boden stellt, hört man, wie der treibende Kies dagegen schlägt. Es gehen also fortwährend Veränderungen der Tiefe vor sich. Soll durch diese Vorgänge die Schifffahrt nicht behindert werden, so muß unter dem Schiffsboden ein genügender Raum geschaffen werden, in dem Strömung und Sohle ihre Kämpfe ausfechten können. In steinigten Strecken liegen nach Beendigung der Baggerungen viele Steine im labilen Gleichgewicht, wie sie gerade die Baggerer geschoben haben. Ein hohes Wasser genügt, um in solchen Strecken die Sohlenhöhe gänzlich zu verändern; ein Theil der Steine kippt auf, andere werden über einander geschoben. Der Boden der Fulda sieht in vielen Strecken wie ein Steinbruch aus, in dem frisch gesprengt wurde. Die Sohle wird aus Steinen jeder Größe gebildet, die wirt durcheinander liegen. Namentlich in Strecken mit starkem Gefälle hat die Strömung den Kies, der die Fugen ausfüllte und dadurch den Steinen einen gewissen Halt gab, ganz fortgerissen.

Man wird es verstehen, daß unter diesen Umständen bei der geringen vorhandenen Wassertiefe unter dem Schiffsboden zur Erhaltung der richtigen Sohlentiefe fast ständig vier Zangenschiffe und zwei Dampfbagger in Thätigkeit sein mußten. Trotzdem klagten die Schiffer fortwährend über Verflachungen. Es war bald die Erfahrung gemacht, daß bei diesem Unterhaltungsbetriebe lediglich viel Geld ausgegeben wurde, ohne dauernde Erfolge zu erzielen. Die Tieferlegung der Sohle blieb der einzige Ausweg. Es ergab sich die Nothwendigkeit, die von der Neubauleitung begonnene Ausbaggerung der Fahrinne fortzusetzen. Dazu führten auch noch andere Ueberlegungen. Infolge des Schifffahrtsbetriebes waren die Ufer, deren Rasendecke den Angriffen des Wellenschlages nicht standhalten konnte, auf lange Strecken stark beschädigt. Die Wellen höhlten das Ufer vollständig aus. Sobald dann Regen eintrat, begannen die Rutschungen. Auch solche Ufer, die anfangs standsicher zu sein schienen, gaben allmählich nach. Da diese Beschädigungen sich auf sehr langen Strecken bemerkbar machten, konnte man nicht daran denken, sie mit gekauften Steinen auszubauen. Dagegen lehrte die Beobachtung, daß in denjenigen Strecken, wo von der Neubauleitung das grobe Baggergut an die Ufer gebracht war, diese allen Angriffen standhielten. Somit war also eine ganz vorzügliche Verwendung für die durch die Baggerungen zu gewinnenden Massen an grobem Kies, Gerölle und Steinen gegeben. Nur bei ganz flachen Ufern hat sich eine künst-

liche Befestigung als entbehrlich erwiesen. Im übrigen werden die Ufer auf der ganzen Strecke, soweit sie nicht abgeplastert oder steinig waren, mit Baggergut gründlich abgedeckt. In den Jahren 1897 und 1898 wurden 21000 m Ufer befestigt. Es bleiben für 1899 noch 8500 m auszubauen. Das Baggergut ist durchweg sehr grob und steinig. Einmal planmäßig eingebaut, leistet es allen Angriffen Widerstand. Die Böschungen dieser Uferdeckungen stehen über Wasser zweifüßig, unter Wasser vierfüßig. Die Abb. 1 und 2 zeigen die Uferbefestigungen im Querschnitt. Die Abb. 2 stellt die Vorziehung des Ufer bis zur Streichlinie dar. Eine wagerechte Berme muß dabei vermieden werden, weil sich die Schiffe bei höherem Wasser darauf festfahren würden. Bei dem Ausbau der Ufer wurde besonderer Werth auf die Erzielung möglichst schlanker und glatter Streichlinien gelegt. Dies war um so nothwendiger, weil der Strom vor



der Canalisirung nicht regulirt war. Die Ufer befanden sich daher zum Theil noch im Naturzustand, ohne regelrechten Ausbau und ohne Befestigung. Es ist jetzt dadurch eine sehr große Regelmäßigkeit des Stromschlauches erzielt. Die im Jahre 1897 hergestellten Ufer sind schon zum Theil bewachsen. Irgend welche Unterhaltungskosten werden diese Ufer nicht mehr erfordern. Diese Arbeiten kommen im wesentlichen im Laufe des Jahres 1899 zum Abschluss. Zur genauen Ausrichtung der Uferlinien wurden Rundeisenstangen von 2 bis 2,5 m Länge und 50 mm Stärke beschafft. Bei der Ausführung von Steinschüttungen als Fuß für Abpflasterungen werden diese Stangen in gegenseitigen Abständen von 2 m eingeschlagen. Die Steinnachen werden dann unmittelbar an die Stangen gelegt. Auf diese Weise wird die Steinschüttung genau in die richtige Lage gebracht.

Im Bette der Fulda lagen von alters her zahlreiche Aalwehre. Dies sind schräg durch den Fluß gelegte breite und hohe Steinschüttungen. Bei einzelnen beträgt der Inhalt über 1000 cbm. Bei der Durchbaggerung dieser Wehre wurden eigenthümliche Erfahrungen gemacht. In dem Wammersteiner Wehr hatte die Neubauleitung 1896 eine Rinne von 25 m Breite und 1,50 m Tiefe unter Normalstau hergestellt. Im Jahre 1897 war diese Rinne so sehr verflacht, daß Schiffe mit 0,85 m Tiefgang gegen die Steine anstießen. Bei der großen Ausdehnung des Steinfeldes konnte man nicht daran denken, mit den Zangenschiffen einen wesentlichen Erfolg zu erzielen. Die Rinne wurde daher im Jahre 1897 zum zweiten Mal bis auf 1,50 m unter Normalstau durchgebagert. Trotzdem klagten die Schiffer nach dem Hochwasser im Frühjahr 1898

wieder, daß sie mit 1 m tiefgehenden Schiffen Steine spürten. Die Untersuchung ergab, daß die Steine sich infolge der reißenden Strömung bei Hochwasser in dieser engen Stelle wieder so weit verschoben hatten, daß eine neue Baggerung nothwendig wurde. Nach den voraufgegangenen Misserfolgen wurde im vergangenen Jahre gründlich eingegriffen. Die Sohle wurde bis auf 1,80 m Tiefe in einer Breite von 35 m ausgebagert. Bei dieser letzten Baggerung wurden allein 500 cbm brauchbare Steine gewonnen. Nach dieser letzten Baggerung sind nachtheilige Veränderungen der Sohle nicht mehr eingetreten. — Die Verflachungen in solchen Strecken bilden sich in folgender Weise. Aus den engsten Stellen des Stromschlauches innerhalb der Steinschüttungen werden die Steine durch die Stofskraft der Strömung fortgeschleudert. Die Bewegung der Steine hört auf, sobald sie in einen so weiten Querschnitt kommen, daß der Stofs des Wassers nicht mehr ausreichende Kraft hat, die Bewegung zu unterhalten, hier bleiben sie dann regellos liegen. Es genügt also nicht, in solchen steinigen Strecken für die Schifffahrt eine Rinne von der normalen Breite und Tiefe herzustellen, sondern man muß, wenn man dauernd Verflachungen vermeiden will, dem Stromschlauch in solchen Strecken eine so große Weite und Tiefe geben, daß sich so heftige Strömungen, die die steinige Sohle in Bewegung setzen, nicht mehr entwickeln können. Aehnliche Erfahrungen wurden auch bei anderen Aalwehren gemacht. Bei den in Krümmungen durch den Strom gelegten alten Steinschüttungen hielt sich die Schifffahrtsrinne besser als in den geraden Strecken. Es genügt, wenn die Schüttsteine von dem ausgebogenen Ufer fortgebagert wurden. An dem anderen Ufer liegen sie nicht im Stromangriff, sie verändern daher ihre Lage weniger. Doch waren auch an solchen Stellen Nachbaggerungen nothwendig. Nach den bisher gemachten Erfahrungen ist es zweckmäßig, bei der Herstellung der Schifffahrtsrinne in allen steinigen Strecken die Sohle um mindestens 0,30 m tiefer zu legen als bei den Baggerungen im kiesigen Untergrunde. Bei schneller Bergfahrt mit dem Schleppdampfer entsteht in flachen engen Strecken unter dem Schiffsboden eine heftige Strömung, die die losen Steine der Sohle durch Saug- und Druckwirkungen des Wassers ebenso in Bewegung setzt, wie der Stofs des Hochwassers. Diese mit dem Dampftrieb zusammenhängenden Einwirkungen sind die Ursache, daß auch bei kleinerem Wasser Verflachungen der Schifffahrtsrinne eintreten. Auch die Bewegungen der Schleppketten, die die Schiffer zur Sicherung der Thalfahrt bei hohem Wasser auswerfen, geben Veranlassung zu Verschiebungen und zum Aufkanten der Steine. Zur Vermeidung unnöthiger Kosten dürfen die Vertiefungsarbeiten in steinigen Strecken nur bei kleinem Wasser ausgeführt werden. Dabei muß neben dem Bagger ständig ein Zangenschiff in Thätigkeit sein, um die größeren Steine zu heben. Stärkere Strömung und höheres Wasser würden diese Arbeit unmöglich machen.

Die Schifffahrtsrinne muß immer so gelegt werden, daß sich bei höherem Wasser die stärkste Strömung hineinlegt; in geraden Strecken soll sie in der Mitte liegen, sodas eine regelmässige Mulde entsteht; in Krümmungen muß man sie dagegen nach dem ausgebogenen Ufer herüberlegen. Die Ablagerungen werden dann sehr gering sein. In solchen

Strecken, wo die Ufer hoch liegen, wo also der Strom bei höherem Wasser zusammengehalten wird, bewirkt bei kiesigem Untergrunde die Strömung die Vertiefung der Sohle. Unterhalb der Schleuse bei Spieckershausen wurde durch Aufnahme von Querschnitten festgestellt, daß in einem Jahre über 5000 cbm Kies abgetrieben waren. Diese und ähnliche Erfahrungen an anderen Stellen haben ergeben, daß die Vertiefung der Fahrinne in günstig gelegenen Strecken der Strömung überlassen werden kann, sobald man nur die festen Stellen, die den Kies wie Grundswellen zurückhalten, durchbrochen hat. In den oberen vier Haltungen wurden daher nur die steinigen Strecken durchgebagert. Die Strömung hat dann in den langen kiesigen Strecken eine weite und tiefe Fahrinne geschaffen. In den unteren drei Haltungen ist dagegen die Sohle fast durchweg so fest, daß sämtliche flachen Strecken durch Baggerung vertieft werden müssen. Die bei hohem Wasser für die Schifffahrt besonders schwierigen Stellen wurden durch Einschaltung eines Kraftmessers zwischen Schleppdampfer und Kahn ermittelt. In diesen Strecken wird durch Erweiterung des Querschnitts der Schiffswiderstand so weit vermindert, daß auf der ganzen canalisirten Strecke bei hohem Wasser eine mögliche Gleichmässigkeit des Widerstandes in den schwierigen Strecken erreicht wird.

Nach diesen Ausführungen komme ich zurück auf die Frage, welche Tiefe unter dem Schiffsboden nothwendig ist. Als für die Schifffahrt brauchbare, dauernd vorhandene Wassertiefe kann man nur die Tiefe unter dem hydrostatischen Stauspiegel rechnen. Der hydraulische Stau oder das Stromgefälle in den Haltungen sind mit Ausnahme der Zeit sehr reichlicher Wasserführung ganz unzuverlässige Größen. Das Gefälle steigt vom Niedrigwasser bis zum höchsten schiffbaren Wasserstande von 0 bis 1,20 m. Anfangs als die Wasserstrasse noch neu war, konnte man auch noch im Sommer ein mässiges Gefälle feststellen. Dieses wird aber immer geringer, je mehr das Flußbett durch die Strömungen und durch die Baggerungen vertieft und erweitert wird. Die geringe Druckhöhe ist fortwährenden Schwankungen unterworfen, je nachdem die durch die Haltung gehende Wassermenge größer oder geringer ist. Der Wechsel in der Wassermenge ist eine Folge des ungleichmässigen Ganges der oberhalb der canalisirten Flußstrecke gelegenen Mühlen und der Bedienung der Nadelwehre. Um diese Schwankungen nachzuweisen, werden täglich die niedrigsten beobachteten Unterwasserstände in die Pegeltabellen eingetragen. Die Tauchtiefe der Schiffe auf der Fulda überschreitet in der Regel nicht 1,20 m. Die normale Sohle der Fahrinne liegt in der Höhe der Unterdrempe, d. h. 1,50 m unter dem hydrostatischen Stau. Es ist demnach unter dem Schiffsboden 0,30 m Wassertiefe vorhanden. In den steinigen Strecken und in den Krümmungen wird dieses Maß aus den oben angegebenen Gründen vergrößert. Ausnahmsweise ist die Abladung der Schiffe bis auf 1,40 m Tiefe zulässig. Die Nadelwehre sind so gebaut, daß man für die Durchfahrt von Schiffen dieses Tiefanges den Stau ohne weiteres um 0,20 m heben kann. Die Wassertiefe unter dem Schiffsboden bleibt demnach dieselbe.

Zu den Baggerungen stehen vier Dampfbagger zur Verfügung, drei fiscalische und ein Privatbagger. Von den

Staatsbaggern haben zwei je 14 PS.; der dritte, welcher ursprünglich für die Weser gebaut ist, hat 30 indicirte Pferdestärken. Bei den andauernden Arbeiten in sehr hartem Boden sind die Bagger allmählich so weit verstärkt worden, dafs mit ihnen selbst weiche gewachsene Sandsteinfelsen, wie sie in der ersten und letzten Haltung vorkommen, beseitigt werden können. Für die Arbeiten in besonders steinigen Strecken haben sich die kleinen Bagger vortheilhafter erwiesen, als der gröfsere. Gelangt der Bagger an einen grofsen fest gelagerten Stein, so bleibt die schwächere Maschine einfach stehen, während die stärkere weitergeht und dann leicht einen Bruch der Eimerkette, der Zahnräder oder der Wellen verursacht. Aus diesem Grunde erfordert der gröfsere Bagger verhältnifsmäfsig viel höhere Ausbesserungskosten. Nach diesen Erfahrungen wird der stärkere Bagger mehr in den leichter zu bearbeitenden Bodenarten beschäftigt. Die Leistungsfähigkeit der Bagger beträgt im groben Kies und Geschiebe für den grofsen etwa 700 cbm in der Woche, für die kleineren etwa 500 cbm. In steinigen Strecken sinkt die Leistung bis auf 200 und 150 cbm. Der Privatbagger wurde besonders zur Beseitigung der Versandungen und unterhalb der Nadelwehre und zur Erweiterung der Fahrrinne im Unterwasser der Schleusen verwandt. Der Unternehmer ist verpflichtet, das grobe Material nach Vorschrift in die Ufer einzubauen. Kies und Sand werden in Cassel als Bettungsmaterial für die Eisenbahn und zu Bauzwecken gebraucht. Mit den drei fiscalischen Baggern wurden in den Jahren 1897 und 1898

35000 cbm gebaggert. Der Preis stellte sich für 1 cbm durchschnittlich auf 1,70 *M.* Der Privatbagger leistete in beiden Jahren zusammen 20000 cbm. Im Jahre 1899 waren noch 32000 cbm zu baggern. Damit kommen die Arbeiten zur Vertiefung der Fulda bis auf die Dremptiefe d. h. 1,50 unter dem hydrostatischen Stau und zur Erweiterung der Schifffahrtsrinne zum Abschlufs. Die ganze Räumung umfaßt rund 105000 cbm, im Nachen gemessen. Die Sohle wird mit dem Peilrahmen, der auf die Dremptiefe eingestellt wird, abgepeilt. Alle Steine, die der Rahmen berührt, werden entfernt. Zur Winterruhe werden die fiscalischen Bagger sämtlich Mitte December nach dem Hafen in Cassel gebracht. Die ständig beschäftigten Baggermeister, Maschinisten und Heizer haben dann in der Hafenschmiede sämtliche Wiederherstellungsarbeiten auszuführen. Nur für gröfsere Schmiedearbeiten wird ein Schmied zur Hülfe genommen. Die Ruhezeit dauert in der Regel bis zum Ablauf des Frühjahrshochwassers, Ende April oder Anfang Mai.

Die Beförderung des Baggerbodens nach den Ufern geschieht in Prähmen von 13 m Länge, 2,50 m Breite, 0,60 bis 0,70 m Tiefgang und 5 bis 6 cbm Ladefähigkeit. Die Prähme werden bei kurzen Entfernungen von den Arbeitern gezogen; bei gröfsere etwa bis 1 km wird ein Pferd vorgespannt. Für alle weiteren Beförderungen stellt sich das Schleppen mit dem Bereisungs-Motorboot (8 PS) billiger. — Die Kosten sind nach der Festigkeit des Bodens sehr verschieden; sie betragen für 1 cbm im Prahm gemessen (nach mehrfachen Feststellungen rund 2000 kg):

für groben Kies und Geschiebe . .	1,00 <i>M.</i>
„ Kies mit Steinen	1,50 „
„ Steine	2,00 „
„ besonders schwere Steine und weiche Felsen (Rothliegendes)	3,00 „

Man kann rechnen, dafs bei flachen Baggerungen in steinigem Boden, weil die Eimer, um die Sohle herzustellen und die Steine heraus zu bringen, erheblich tiefer greifen müssen, für 1 cbm der Massenberechnung nach den Querschnitten 2 cbm (4000 kg) im Prahm gemessen gebaggert werden müssen. Bei grobem Kies und Geschieben ergibt 1 cbm der Massenberechnung $1\frac{1}{3}$ cbm im Nachen. Bei weichen Felsen, wo die Baggereimer genau über die herzustellende Sohle gehen, ergibt 1 cbm nach den Querschnitten berechnet ebenfalls $1\frac{1}{3}$ cbm im Nachen. Die Einheitspreise für den Kostenanschlag stellen sich demnach wie folgt:

für groben Kies und Geschiebe . .	1,33 <i>M.</i>
„ Kies mit Steinen	3,00 „
„ Steine	4,00 „
„ besonders schwere Steine . . .	6,00 „
„ weiche Felsen	4,00 „

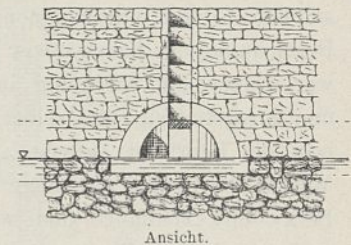
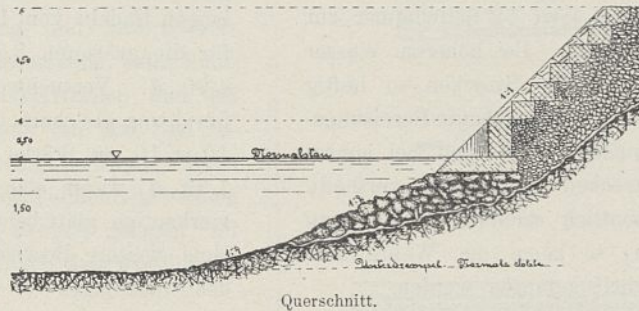


Abb. 3. Baggerstein.

In diesen Preisen ist inbegriffen: das Baggern, das Heben der Steine, die Beförderung auf 1 bis 2 km Entfernung, das planmäfsige Verbauen verbunden mit theilweisem Auskarren und endlich die Unterhaltung der Bagger und Fahrzeuge. Bei den Baggerungen werden aufser dem groben Kies und dem Geschiebe für die Ausfüllung der Ufer auch sämtliche Steine für den Uferbau und für die Befestigung der Wehrböden (Steine von 250 kg Mindestgewicht) gewonnen. Von dem Ankauf von Steinen, die für das cbm 4 bzw. 11 *M.* kosten, konnte in den letzten Jahren ganz abgesehen werden.

Zur Vermeidung unnöthiger Ausgaben ist es nothwendig, dafs die mit der Ausführung der Arbeiten betrauten Beamten und Arbeiter (Wasserbauwarte, Baggermeister, Vorarbeiter) an jeder Arbeitsstelle auf die einfachste Weise die genaue Höhenlage der Sohle feststellen können. Dies geschah früher auf der Fulda in der Weise, dafs an dem nächsten Pegel die Wasserhöhe abgelesen und danach ein Baupegel an der Arbeitsstelle gesetzt wurde. Dieses Verfahren ist zeitraubend und unzuverlässig. Ohne Benutzung eines Nivellirinstrumentes kommen bei den schwankenden Wasserständen und bei dem wechselnden Gefälle leicht gröfsere Fehler vor. Um diese Messungen zu vereinfachen, wurden in allen Strecken, die Räumungsarbeiten erfordern, am linken Ufer in gegenseitigen Abständen von 200 m besondere Baggersteine (vgl. Abb. 3 und 9) gesetzt, im ganzen 46 Stück. Dies sind bearbeitete Werksteine von $0,30 \times 0,30$ m Grundfläche und 0,50 m Höhe. Sie stehen auf einem Betonbett; seitlich sind sie

mit kleinen Flügelmauern versehen. Bei Normalstau spielt das Wasser am Fuß des Steines ein. In derselben Haltung liegen die Oberflächen sämtlicher Steine in gleicher Höhe und zwar 0,50 m über dem hydrostatischen Stauspiegel. Die Schwankungen des Wasserstandes vollziehen sich während der Bauzeit fast stets innerhalb dieses Spielraumes von 0,50 m. Der Wasserbauwart giebt den Baggermeistern und Arbeitern an, wie tief die Sohle unter der Oberfläche der Baggersteine liegen soll. Dadurch sind alle Ungenauigkeiten, die durch das Schwanken des Wasserstandes herbeigeführt werden können, beseitigt. In den abgepflasterten Strecken ist über dem Stein eine 0,30 m breite Treppe angeordnet, um das Ufer zugänglich zu machen. Nach Ablauf des Frühjahrshochwassers erhalten sämtliche Steine, um sie deutlich sichtbar zu machen, einen 10 cm breiten rothen Ölfarbenanstrich.

Die Fulda gleicht jetzt bei kleinem Wasser vollständig einem großen Canal. Sie zeigt fast durchweg regelmäßige Uferlinien. Die Strömung des Wassers ist auch in den engen Strecken sehr gering. Die Tiefe ist stets ausreichend. Zur Bezeichnung schlechter Stellen im Strombett lagen 1897 noch 217 Schwimmbäume aus. Die Zahl dieser Stellen hat seitdem so weit abgenommen, daß jetzt 52 Schwimmer zur Bezeichnung des Fahrwassers genügen. Bei höherem Wasser war früher die Strömung in einzelnen Strecken so heftig und unregelmäßig, daß selbst das schlank gebaute Bereisungsboot die Bergfahrt aufgeben mußte. Jetzt sind bei hohem Wasser die Gefälle auf lange Strecken gleichmäßig vertheilt. Berg- und Thalfahrt sind wesentlich erleichtert. Es kann auch bei hohen Wasserständen, so lange die Wehre aufgerichtet sind, noch mit Sicherheit gefahren werden.

Die Ablagerungen in der Schifffahrtsrinne sind bisher, soweit sie von der Fulda selbst herrührten, sehr gering gewesen. Dagegen warfen bei dem sehr plötzlich auftretenden Hochwasser vom 7. Mai 1898 die von den Bergen der Fulda zuströmenden Seitenbäche mächtige Schuttkegel in den Strom. Als das Hochwasser zurücktrat, lag vor jeder Bachmündung eine breite, halbinselförmig in den Strom vortretende Schuttmasse, bestehend aus grobem Geschiebe und aus Steinen jeder Größe bis zum Gewicht von 100 kg. Die auf diese Weise in erheblicher Menge angelieferten Steine wurden als Senk- und Pflastersteine benutzt. Die Schuttmassen wurden zunächst nur so weit beseitigt, als sie die Schifffahrt behinderten. Der Rest wird allmählich zum Uferbau verwandt.

2. Nadelwehre.

Die Nadellehnen liegen 0,45 m über dem normalen Oberwasserstande = 1,80 m an den Oberpegeln der Schleusen. Während einer Ausbesserung des Wehres bei Speele konnte der Stau des unterhalb gelegenen Wehres bei Wilhelmshausen bei hohem Unterwasser auf 2,30 m am Oberpegel, also 0,50 m über Normalstau gehalten werden. Auffallend gering bemessen ist die Breite des festen Wehrrückens zwischen den Spundwänden. Während der Unterbau auf dem Main ebenso wie an der Maas 8,35 m breit ist, hat er hier nur 5 m Breite. Das durch die Nadelöffnungen stürzende Wasser trifft zum Theil nicht mehr den festen Rücken, sondern die losen Steinschüttungen. Die ersten Schüttungen wurden von der Gewalt des Wassers fortgeschleudert, und auch die Nachschüttungen mit größeren Steinen hielten nicht stand. Erst als nach dem Vorbild der canalisirten Saar, wo man ähnliche Erfahrungen

gemacht hatte, zur Decklage der Schüttungen ausschließlich große Steine von 250 kg Mindestgewicht verwandt wurden, hörten die Auskolkungen auf. Diese schweren Steine wurden bei der Aufräumung des Flußbettes gewonnen. Es giebt einige Strecken, in denen die Sohle fast nur aus solchen Blöcken besteht. Dabei kamen Steine bis zu 0,50 cbm Inhalt zur Versenkung. Die Breite der Schüttungen beträgt 6 bis 10 m (Abb. 4).

Die Nadeln sind von fischbauchförmiger Gestalt mit cylindrischem Handgriff. Der Preis betrug für die 3,49 m

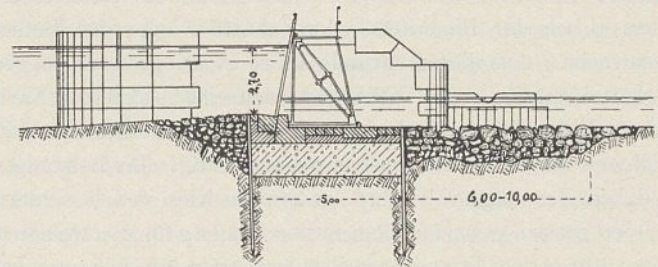


Abb. 4. Schnitt durch das Wehr bei Wilhelmshaven und Ansicht des Fischpalspfeilers.

langen Nadeln von 10×10 cm Stärke in der Mitte 3,40 \mathcal{M} , für die größeren 3,80 m langen und $10 \times 11,5$ cm starken 4,90 \mathcal{M} . Versuchweise wurden im Jahre 1898 Nadeln von durchweg gleichem quadratischen Querschnitt von 9×9 und 10×10 cm Stärke eingeführt. Diese kosteten 1,45 bzw. 1,93 \mathcal{M} , waren also viel billiger. Für diese Preise wurden vierkantige glatt behobelte Hölzer von der angegebenen Länge ohne weitere Bearbeitung geliefert. Die Köpfe werden auf den Stauanlagen von den Schleusenmeistern und den ständigen Arbeitern hergestellt. Sie erhalten jetzt die am Main übliche Flaschenform. Vor der Verwendung werden die Nadeln mit Carbolinum-Avenarius getränkt. Die Erfahrungen mit den neuen Nadeln waren so günstig, daß jetzt nur noch diese billige Form beschafft werden soll. Diese Nadeln sind an den drei unteren Wehren etwas schwerer als die fischbauchförmigen, das hat aber weiter keinen Nachtheil, weil sie das zulässige Gewicht noch lange nicht erreichen. Das Einheitsgewicht steigt nach längerer Verwendung bis auf 750.

Besonders bemerkenswerth ist, daß mit den Nadelwehren auf der Fulda der Stau im Sommer bei sehr geringem Wasserzufluß gehalten wird. Die geringste beobachtete Wassermenge (1893) beträgt etwa 3,5 cbm. Ich bin überzeugt, daß man selbst, wenn dieser äußerste Fall wieder eintritt, den Stau ohne Schwierigkeiten halten können. Früher war man der Ansicht, daß in Flüssen mit geringer Niedrigwassermenge die billigen und handlichen Nadelwehre nicht zulässig seien, weil wegen der Undichtheiten der Nadelwand der Stau im Sommer nicht zu halten sei. Diese Ansicht ist durch die Erfahrungen auf der Fulda, insbesondere an dem Nadelwehr bei Speele widerlegt. Das Abdichten der Wehre im Sommer erfolgt, nachdem die einzelnen Nadeln gründlich gereinigt sind, mit den bekannten Nadelrücken (vgl. Roloff, Centralblatt der Bauverwaltung 1897 S. 210). Diese werden in dem Schlitz zwischen zwei Nadeln heruntergeführt. Durch Seitwärtsdrücken werden die Nadeln so weit zusammen gerückt, daß eine neue Nadel in dem aufgeweiteten Schlitz versetzt werden kann. Auf diese Weise lassen sich die Wehre nach Belieben abdichten. Asche oder andere Dichtungsmittel kommen nicht zur Verwendung.

Die Regelung des Staus wurde früher in der Weise ausgeführt, daß stets möglichst genau der Normalstau, der auf 1,80 am Oberpegel der Schleusen liegt, gehalten wurde. Das erforderte außerordentlich viele Nadelbewegungen. Außer einem ständigen Arbeiter mußte für jedes Wehr noch ein Mann für die Nacht gehalten werden. In Speele waren außer dem Schleusenmeister ständig zwei Mann am Tage und ein Mann in der Nacht beschäftigt. Sobald die fortschreitende Vertiefung des Flußbettes es zuließ, wurden die Schleusenmeister angewiesen, den Stau innerhalb der Grenzen von 1,70 bis 1,90 schwanken zu lassen. Der Erfolg war ein sehr guter; die Zahl der Nadelbewegungen konnte namentlich auf den drei oberen Wehren wesentlich beschränkt werden. Hierdurch wird viel an Arbeit und an Nadeln gespart; der Mann für die Nacht konnte auf sämtlichen Stauanlagen entlassen werden (jährliche Ersparnisse rund 5000 \mathcal{M}). Seitdem ist auf jeder Stauanlage außer dem Schleusenmeister nur ein ständiger Arbeiter vorhanden, der das ganze Jahr hindurch beschäftigt wird. Damit er auch nachts stets zur Hand ist, wurde der auf jeder Stauanlage vorhandene Wacht-raum zum Aufenthalt für diesen Arbeiter mit einem Bett, Tisch, Stuhl, Schrank, Kochvorrichtung und Lampe versehen. Auf diese Weise ist eine Doppelbesetzung jeder Stauanlage erreicht. Bei Urlaub, in Krankheitsfällen und bei Versetzung der Schleusenmeister ist stets ein mit den besonderen örtlichen Verhältnissen durchaus vertrauter Mann zur Stelle. Eine solche Sicherheitsmaßregel scheint bei einem Flusse nothwendig, der, mitten in den Bergen gelegen, oft ganz plötzlichen und nicht vorauszusehenden Anschwellungen ausgesetzt ist.

Eine weitere Sicherheitsvorkehrung bilden die selbstthätigen Pegel. Im Oberwasser jeder Schleuse arbeitet ein selbstzeichnender Pegel nach dem System Seibt-Fuefs. Dieser läßt in seinen Aufzeichnungen die Thätigkeit der Schleusenmeister in der Erhaltung des Staus erkennen. Sobald das Wasser die zulässige Grenze überschreitet, ertönt die Lärmglocke in der Schlafstube des Schleusenmeisters. Im Frühjahr 1898 trat unerwartet in der Nacht vom 7. zum 8. Mai eine starke Anschwellung ein. Sämtliche Schleusenmeister wurden durch die Pegel nachts zwischen 12 und 2 Uhr geweckt; bis morgens 9 Uhr waren die Wehre bereits umgelegt. Für jedes Wehr sind bestimmte möglichst nahe wohnende Stromarbeiter als Hilfsmannschaften in Nothfällen verpflichtet. Im Bedarfsfalle werden diese durch den ständigen Arbeiter herbeigeholt.

Das Hochwasser führt bei dem starken Gefälle stets große Massen von Sand und Kies mit sich. Da die Wehrböden zum Theil tiefer liegen als die Flußsohle unterhalb, so findet eine erhebliche Versandung der niedergelegten Wehre statt. Durch gründliche Aufräumung des Flußbettes unterhalb der Wehre soll dieser Uebelstand beseitigt werden. Die Sohlenbreite der Fulda schwankt, von ausnahmsweise engen und weiten Querschnitten abgesehen, zwischen 20 und 35 m. Die Weite der Nadelwehre (Abb. 5) ist mit Rücksicht auf die Hochwasserabführung und die Länge der Nadelfelder auf 56,87 m festgesetzt. Unmittelbar unterhalb der Wehre beträgt die Sohlenbreite 76,67 m. Infolge dieser sehr reichlichen Weite finden hier bei Hochwasser stets Ablagerungen statt. Die Aufräumungen unterhalb der Wehre müssen daher von Zeit zu Zeit wiederholt werden.

Bei neuen Entwürfen für Nadelwehre dürfte es sich in der Regel empfehlen, den normalen Querschnitt des Stromes auch an der Wehrstelle durchzuführen, also die festen Rücken der einzelnen Oeffnungen der Höhenlage der Flußsohle möglichst anzupassen. Die Weite der tiefsten Oeffnung kann auf das mittlere Maß der Sohlenbreite des Flusses unterhalb des Wehres, also auf die Breite der Schiffahrtsrinne beschränkt werden. Zwischen dem Querschnitt im Wehr und den Querschnitten der Flußstrecke unterhalb der Schleuse muß ein allmählicher Uebergang geschaffen werden, damit die bei plötzlichen Aenderungen auftretenden, für die Schifffahrt gefährlichen Strömungen vermieden werden. Unterhalb des Wehres ist die Flußbreite in der Höhe des Niedrigwassers einzuengen. Dadurch wird die Versandung unterhalb der Schleuse vermieden. Eine weitere Folge dieser Einschnürung ist die Ermäßigung der Strömung im Wehr bei hohem Wasser. Diese Anordnung findet sich bei verschiedenen Wehren der canalisirten Maas. An der Fulda wird unmittelbar unter den Wehren das Flußbett in ganzer Breite bis zur

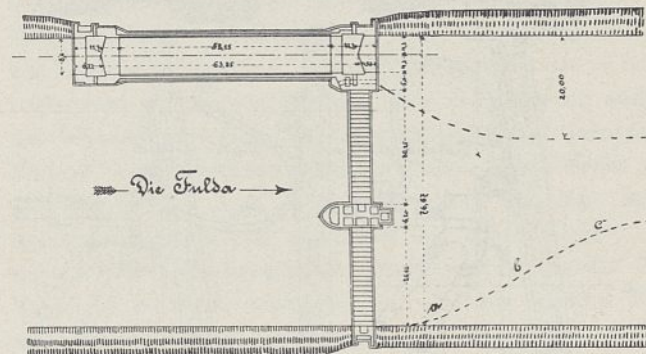


Abb. 5. Lageplan einer Stauanlage.

Tiefe des Wehrbodens aufgeräumt. 10 m abwärts vom Wehr beginnt dann die Einschnürung. Hier soll die etwas unter Niedrigwasser liegende Kiesbank nur bis zu der Linie *abc* (Abb. 5) beseitigt werden.

Die Wasserführung ist im Sommer, wie bereits oben erwähnt wurde, sehr ungleichmäßig. Zuweilen hat es den Anschein, als ob der Wasserzufluß von oben ganz aufhörte, alle Wehre müssen dicht gemacht werden; dann kommt das künstlich zurückgehaltene Wasser fluthartig wieder an, die eben mit großem Arbeitsaufwand gedichteten Wehre müssen schleunigst wieder geöffnet werden. Die Regelung des Staus geschah bisher in der allgemein üblichen Weise durch Ausheben und Einsetzen von Nadeln. Dieses Verfahren hat folgende Nachteile: 1. Beim Einsetzen werden viele Nadeln durch die plötzliche starke Beanspruchung beim Anschlag gegen den Wehrboden zerbrochen. Im Jahre 1898 wurden im ganzen 392 Nadeln verbraucht, davon brachen 286 beim Einsetzen zur Regelung des Staus; 2. Im Sommer, bei dicht gesetztem Wehr, wird durch das Herausnehmen der Nadeln der geschlossene Zusammenhang in der Nadelwand aufgehoben. Die Dichtung kann nur durch umständliches Zusammenrücken der Nadeln wieder hergestellt werden.

Nach verschiedenen Versuchen wurde eine neue Regelungsweise gefunden, durch die nicht nur obige Nachteile vermieden, sondern auch die Bedienung der Nadelwehre wesentlich erleichtert und vereinfacht wird. In die Wehre werden besondere „ausrückbare Nadeln“ (Abb. 6) eingesetzt; diese werden zur Regelung des Staus nicht ausgehoben und wieder eingesetzt, sondern nur aus- oder eingerückt, unter

Vermeidung jeden heftigen Anschlages und ohne Aufhebung des dichten Zusammenhanges in der Nadelwand. Ueberschreitet der Stau nach oben die zulässige Grenze, so werden die ausrückbaren Nadeln mit gekrümmten Hebeln, die sich gegen die obere Nadellehne stützen, aus der Nadelwand herausgerückt. Die Nadeln werden dabei um das zugehörte Fußende, das (zwischen die Nachbarnadeln eingeklemmt) fest auf dem Wehrboden stehen bleibt, soweit gedreht, daß sie aus der geneigten Lage fast in die senkrechte zu stehen kommen. Das Wasser fließt dann durch die so

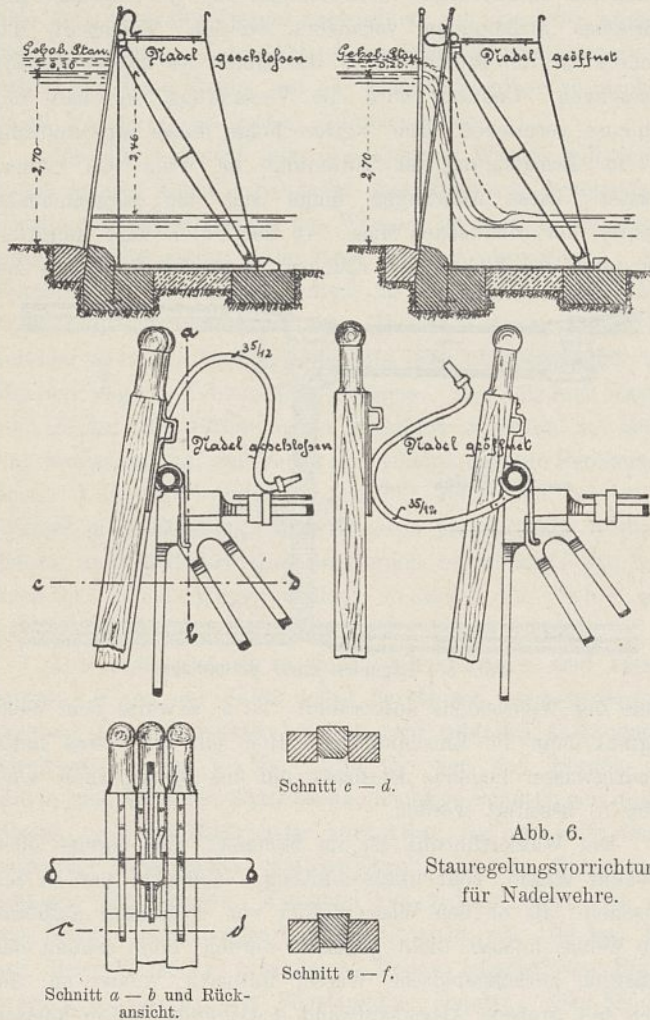


Abb. 6.
Stauregelungsvorrichtung für Nadelwehre.

geöffneten Schlitz ab. Fällt das Wasser unter die zulässige Stauhöhe, so schließt man die Schlitz wieder, indem man die Hebel zurücklegt. Der Wasserdruck preßt dann die Nadel wieder in den Schlitz hinein. Um das Hineinpressen zu erleichtern, erhält die Nadel einen etwas keilförmigen Querschnitt. Die Klauen des Hebels treten oben an der Nadellehne soweit in den Schlitz hinein, daß die Nachbarnadeln nicht nach dem geöffneten Schlitz zusammenrücken können. Der geschlossene Zusammenhalt in der Nadelwand wird demnach beim Ausrücken einer Nadel nicht aufgehoben. Das Ende des Hebels ist in einen Dorn ausgeschmiedet. Soll eine Nadel geöffnet werden, so schiebt der Schleusenmeister ein zur Verlängerung des Hebelarmes und als Handgriff dienendes Gasrohr über den Dorn und legt dann den Hebel nach dem Oberwasser zu herum. Ein Mann kann in einer Minute 7 Nadeln öffnen und 30 Nadeln schließen. Mit dem Wegfall des Anschlages beim Einsetzen der Nadeln ist diese häufigste Ursache des Bruches der Nadeln beseitigt. Im Jahre 1898 wurde monatelang mit 80 solchen Hebelnadeln

der Stau geregelt, dabei ist nicht ein einziger Bruch vorgekommen. Wie man sieht, fällt bei dieser Einrichtung das Ausheben und Wiedereinsetzen der Nadeln ganz fort. Die Wehrbrücken, die sonst theilweise mit den herausgehobenen Nadeln belegt werden müssen, bleiben stets für den Verkehr frei.

Anfangs war die Einrichtung nur gedacht zur Erleichterung der Bedienung der Wehre im Sommer. Sie hat sich aber auch bei den wechselnden Wasserständen in den übrigen Jahreszeiten als sehr zweckmäßig erwiesen. Denkt man sich über ein Wehr 50 solche Nadeln in der Weise vertheilt, daß auf jede Bockentfernung eine Nadel kommt, so gestaltet sich die Bedienung des Wehres bei wachsendem Wasser wie folgt: Zunächst werden nach und nach die 50 Nadeln geöffnet; wächst das Wasser weiter, so werden aus dem Wehr auf einmal 50 gewöhnliche Nadeln entfernt und dafür die 50 Hebelnadeln wieder geschlossen. Dann folgt wieder die allmähliche Oeffnung der letzteren. Es ist nun viel leichter und bequemer, auf einmal 50 Nadeln in einer Stunde aus dem Wehr zu nehmen, als in 10 Stunden je 5 Nadeln. Bei dem in der Regel bei wachsendem Wasser herrschenden schlechten Wetter kann man sich eine günstige Stunde aussuchen. Nimmt man die 50 Nadeln abends heraus, so braucht in der Nacht nur mit den Hebeln gearbeitet zu werden. Damit die ausrückbaren Nadeln ihre Standsicherheit im geöffneten Zustande nicht verlieren, bleiben auf jeder Seite dieser Nadeln zwei gewöhnliche Nadeln stehen. Beim Fallen des Wassers wird in folgender Weise gearbeitet. Statt wie bisher bei normalem Stau von Zeit zu Zeit einzelne Nadeln einzusetzen, erfolgt jetzt das Einsetzen der Nadeln gruppenweise. Sobald sich voraussehen läßt, daß durch das allmähliche Schließen der Hebelnadeln der Stau nicht mehr zu halten ist, wird nach vorheriger Verständigung der benachbarten Schleusenmeister durch Zurückhalten des Wassers an dem oberhalb gelegenen Wehre und durch Oeffnung der Hebelnadeln der Stau um 30 cm gesenkt. Es werden dann auf einmal 30 bis 40 gewöhnliche Nadeln eingesetzt. Da der Wasserdruck durch die Stausenkung erheblich vermindert ist, wird der Bruch der Nadeln beim Einsetzen vermieden. Das Senken des Staues, das Einsetzen der Nadeln und das Wiederanstauen bis zur vorgeschriebenen Höhe dauert nur eine Stunde. Bei weiterem Fallen des Wassers wird dasselbe Verfahren wiederholt. Da in solchen Zeiten stets noch viel Wasser im Strom vorhanden ist, tritt infolge des hydraulischen Staues durch die Senkung des Oberwassers am Wehr eine unzulässige Verminderung der Wassertiefe in der Schifffahrtsrinne nicht ein. Nach dieser Darstellung wird das Verfahren vielleicht schwierig und umständlich erscheinen, das ist aber in Wirklichkeit nicht der Fall, weil man mit Hülfe der Hebelnadeln den Ober- und Unterwasserstand an den Nadelwehren in ganz anderer Weise beherrschen kann, als dieses bisher möglich war. Wenn eine genügende Anzahl von Hebelnadeln (10 v. H.) im Wehr vorhanden ist, können sämtliche nach dem Ablauf des Hochwassers versetzte Nadeln im Wehr stehen bleiben bis zum nächsten Hochwasser oder bis zum Umlegen wegen Frost. Das Wehr ist also mit Ausnahme der kurzen Zeit des Anstieges und Ablaufes des Hochwassers stets voll besetzt, je nach dem Wasserzufluß wird eine größere oder geringere Anzahl Nadeln ausgerückt. Es ist anzunehmen, daß die Nadeln, da sie ständig im Wasser bleiben, längere Haltbarkeit besitzen werden.

Ganz besondere Schwierigkeiten hat früher immer die Bedienung des Nadelwehres in Speele gemacht. An diesem Wehre wird die Wasserkraft durch zwei Turbinen mit einem durchschnittlichen gesamten Wasserverbrauch von 14 cbm/Sec. ausgenutzt. Zur besseren Kraftausnutzung wird das Nadelwehr bei kleinem Wasser möglichst dicht gemacht. Alles Wasser der Fulda fließt dann durch die Turbinen. Neben diesen ist eine 2 m breite Freiarche vorhanden, die nur 3 cbm secundlich abführen kann. Nun kommt es jeden Tag, ja oft mehrmals an einem Tage vor, daß die Turbinenschützen geschlossen werden müssen. Dann hört plötzlich der Wasserzufluß nach der unteren Haltung auf. Die Freiarche kann die Turbinenöffnungen nicht ersetzen. Alsdann muß schleunigst das Nadelwehr wieder geöffnet werden. Andernfalls sinkt das Wasser in den unteren Haltungen so erheblich, daß in Fahrt befindliche Schiffe zum Aufsitzen kommen würden. Nach kurzer Zeit werden die Turbinenschützen wieder geöffnet. Dann muß sofort das Nadelwehr wieder dicht gemacht werden. Da also fortwährend auf dem Wehre gearbeitet werden mußte, brachen bei dem Einsetzen und Dichtrücken viele Nadeln. Um möglichst jeden Wasserverlust zu vermeiden, wurden bei Einführung der Hebelnadeln die Keilflächen derselben und die Flächen der Nachbarnadeln nach Schnitt $e-f$ (Abb. 6) ganz glatt behobelt. Im geschlossenen Zustande dringt fast kein Tropfen Wasser durch die Keilfugen. Wird die Nadel ausgerückt, so drängen die Nachbarnadeln etwas nach dem offenen Schlitz. Das Wasser spritzt dann außer durch den Nadelschlitz auch noch durch die benachbarten Fugen. Sobald man aber die Hebelnadel von dem Wasserdruck wieder einschlagen läßt, verschwindet ganz plötzlich jeder Wasserdurchfluß. Die Nachbarnadeln werden also wieder dicht zusammengedrückt. Der Wasserverlust durch die geschlossene Nadelwand ist sehr gering. Vom Unterwasser gesehen erscheint die ganze Wand trocken. Ich glaube nicht, daß mehr als 100 Liter Wasser in der Secunde durch die Nadeln der 47 m weiten Wehröffnung verloren gehen. Die früher vorhandenen Schwierigkeiten bei der Wehrbedienung sind jetzt vollständig beseitigt. Die Erfahrungen in Speele liefern den Beweis, daß es auch im trockensten Sommer möglich sein wird, den Stau auf der Fulda zu halten.

Die hier beschriebene Verbesserung der Nadelwehre hat nun noch eine weitere Bedeutung. Allgemein ist anerkannt, daß Nadelwehre vor allen übrigen beweglichen Stauwerken wegen ihrer Einfachheit, Billigkeit und leichten Bedienung den Vorzug verdienen. Sie haben den großen Vortheil, daß $\frac{2}{3}$ des Wasserdruckes unmittelbar auf den festen Wehrkörper übertragen werden. Bei Stauhöhen, die 3 m wesentlich übersteigen, hat man aber geglaubt, auf die Anwendung dieser Wehre verzichten zu müssen, weil dann die einzelne Nadel so schwer wird, daß ein Mann die gewöhnliche Bedienung des Wehres, das Einsetzen und Ausheben der Nadeln, nicht mehr ausführen kann. (Der höchste Stau eines Nadelwehres beträgt meines Wissens 3,60 m. Dieses Maß findet sich bei den 25 m weiten Schiffsdurchlässen der canalisirten Oder.) Bei Einführung der ausrückbaren Nadeln fällt diese Arbeit bei der gewöhnlichen Bedienung der Wehre ganz fort. Das Ausrücken der Nadeln mit den Hebeln ist bis 2,90 m Wasserdruck so leicht, daß es auch bei einem Druck von 3,50 bis 4 m bei entsprechend verlängertem Hebelarme noch

keine Schwierigkeiten machen wird. Bei Stauhöhen über 4 m kann man den Hebel durch eine Winde oder eine Presse ersetzen.

Bei großen Stauhöhen sind neben der tiefen Oeffnung noch Fluthöffnungen mit geringerer Stauhöhe vorhanden. Der gänzliche Auf- und Abbau des Wehres geschieht dann in folgender Weise. Zunächst werden in der tiefen Oeffnung die schweren Nadeln versetzt. Die ausrückbaren Nadeln werden geöffnet. Sämtliche Nadeln dieser Oeffnung können dann ohne wesentlichen Stau versetzt werden. Durch Versuche mit drei zusammengeschraubten Nadeln von 30×10 cm Querschnitt, 3,80 m Länge und 70 kg Gewicht wurde festgestellt, daß das Versetzen und Wiederherausnehmen beim Auf- und Abbau des Wehres ohne Schwierigkeiten erfolgt. Inhalt und Gewicht dieser drei verbundenen Nadeln entsprechen einer Nadel von 5 m Länge und 15×15 cm Querschnitt. Nach dem Einsetzen der großen Nadeln werden die Fluthöffnungen besetzt. In umgekehrter Weise wird beim Abbau des Wehres gearbeitet. Bei diesen Arbeiten sind stets so viel Arbeitskräfte auf dem Wehre vorhanden, daß das Mehrgewicht der einzelnen Nadel nicht von Belang ist. Bei der Erhöhung des Staues, beispielsweise von 3 auf 4 m, erreicht man den großen Vortheil, daß die Strömung oberhalb des Wehres bei hohem Wasser vermindert und dadurch die Einfahrt in die Schleuse erleichtert wird; ferner liegen dann die Wehrbrücken 1 m höher. Man hat also bei schnell steigendem Wasser viel mehr Zeit bis zum Umlegen. Man kann mit dem Niederlegen der Böcke warten, bis das Hochwasser 1 m höher gestiegen ist. In den meisten Fällen wird dadurch das Umlegen gänzlich vermieden, weil das Hochwasser die zulässige Höhe nicht erreicht.

Für die Schifffahrt kann aus mannigfachen Gründen bei neuen Entwürfen die Verwendung großer Stauhöhen zweckmäßig sein, in der Regel wird sie auch für die landwirthschaftliche Nutzung des Flufstales förderlich sein. Um die Austrocknung des Ufergeländes, eine Folge des Absinkens des Grundwassers im Sommer, zu verhüten, kommt es in vielen Fällen darauf an, den Stromschlauch möglichst mit Wasser gefüllt zu halten. Wenn ein Flufsthal ein Gefälle von 1:5000 hat, so spart man mit einem um 1 m höher gespannten Stau 5 km Bewässerungscanal. Unter Umständen kann eine Bewässerung nur durch höhere Anspannung des Staues ermöglicht werden. Besonders vortheilhaft gestaltet sich die Erhöhung des Staues aber für die Kraftausnutzung. Während man bei großen Bauausführungen, namentlich beim Brückenbau, allgemein zum elektrischen Antrieb sämtlicher Arbeitsmaschinen von einem Kraftwerke aus übergegangen ist, sind derartige Einrichtungen bei der Ausführung von Flufscanalisirungen noch nicht getroffen. Bei neuen Anlagen wäre es zu empfehlen, einzelne Wehre mit möglichster Beschleunigung fertigzustellen und dann von diesen aus die Kraft für den Antrieb der Pumpen, Bagger, Krane, Mörtel- und Betonwerke usw. elektrisch zu übertragen. Diese Arbeitsmaschinen eignen sich besonders für den elektrischen Antrieb, weil sie lange Zeit an derselben Stelle arbeiten. Störungen der Kraftlieferung durch Frost und Hochwasser sind unbedenklich, weil dann der Baubetrieb ruht.

Besondere Aufmerksamkeit beanspruchen die Nadelwehre im Winter. Die Wehre müssen stets möglichst lange stehen bleiben. Um bei Eintritt von Frost den richtigen Zeitpunkt

für das Niederlegen der Wehre zu erkennen, wird die Wasserwärme beobachtet. Erhebliche Kältegrade der Luft sind noch nicht bedenklich, so lange die Wasserwärme nicht unter $+0,5^{\circ}\text{C}$. fällt. Dies kann ja nach der Wärme des Wassers bei Eintritt des strengen Frostes rascher oder langsamer geschehen. Ist eine längere Zeit mit 0° oder mäßiger Kälte bei bedecktem Himmel vorausgegangen, so kann die Abkühlung in einer Nacht mit scharfem Frost erfolgen. Ist dagegen das Wasser etwa 5° warm, und sind die Tage recht sonnig, so fällt auch bei erheblicher Kälte die Wasserwärme sehr langsam. Die Kälte in der zweiten Hälfte des Februar und im März ist nicht mehr so bedenklich, weil die Sonnenwärme am Tage die Wirkung einer Nacht mit starkem Frost beinahe wieder aufhebt. Die Fuldawehe konnten in dieser Jahreszeit bei andauerndem Frost (bis zu -13°C .) stehen bleiben, weil die Wasserwärme nicht unter $+1,5^{\circ}\text{C}$.

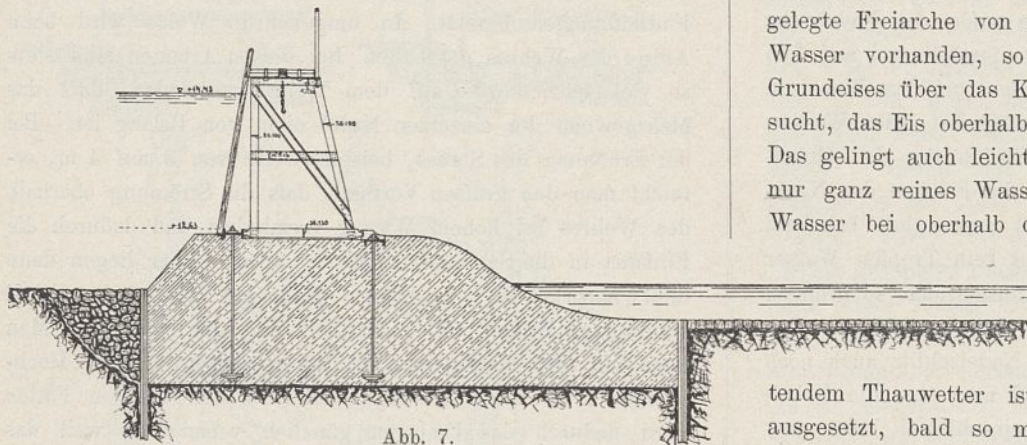


Abb. 7.
Querschnitt des Nadelwehres bei Wolkenburg (Sachsen).

sank. Stets ist mit erheblicher Kälte ein rasches Sinken der Wassermenge im Fluß verbunden. Die Nadellücken müssen geschlossen werden. Bei bergwärts gerichtetem Winde wird das durch die Fugen spritzende Wasser gegen die Eisenstücke der Wehrböcke geschleudert. Diese umhüllen sich dann ganz mit einem Eismantel. Sie werden so dick, daß sie beim Niederlegen nicht mehr hinter der Wehrschwelle Platz finden. Ist nun die Wärme des Wassers bis auf $+0,5^{\circ}\text{C}$. gefallen, so darf mit dem Umlegen nicht mehr gezögert werden. Es erscheint dann oft ganz plötzlich ein arger Feind der Nadelwehre: das Grundeis. Dieses treibt gegen das Wehr und dichtet rasch alle Fugen in der Nadelwand. Das am Abfluß gehinderte Wasser steigt und strömt über die Wehrbrücken. Diese können nicht mehr begangen werden. Es entsteht dann die Gefahr, daß das Wehr von dem antreibenden Eise beschädigt wird und daß der Strom sich seitwärts ein neues Bett gräbt.

Beim Umlegen der Nadelwehre wegen Frost wird die Schifffahrt, gleichviel ob Schiffsdurchlässe in den Wehren vorhanden sind oder nicht, unterbrochen, weil die Wassermenge dann so gering ist, daß sie die Schifffahrtsrinne im freien Strome nicht genügend füllt. Die Schiffe müssen nach sicheren Lagerplätzen gebracht werden. In gleicher Weise wird die Kraftausnutzung unterbrochen. Bei neuen Entwürfen für Nadelwehre wäre vielleicht zu erwägen, ob

man nicht bei günstiger Lage der Wehre durch zweckentsprechenden Bau des Stauwerkes und durch Vorkehrungen zur gefahrlosen Ableitung des Eises die Störungen durch den Frost vermindern könnte. In der Mulde bei Wolkenburg (Sachsen) besteht seit dem Jahre 1894 ein zur Kraftausnutzung gebautes Nadelwehr, das im Winter auch bei Frost stehen bleibt. Die Abb. 7 zeigt den Querschnitt dieses Wehres. Die Nadelwehröffnung ist 30 m breit; daneben befindet sich eine 10 m weite Oeffnung, die mit Klappen von 0,50 m Höhe bis zum Stauspiegel geschlossen wird. Auf dem anderen Ufer zweigt der Turbinencanal ab. Die Wehrböcke sind gegen Eisstoß besonders widerstandsfähig aus Flacheisen und U-Eisen gebaut. Ihre gegenseitige Entfernung beträgt 1,50 m. Bei anhaltendem Froste ist gewöhnlich so wenig Wasser vorhanden, daß seine ganze Menge nach den Turbinen abgeleitet werden kann. Das Grundeis wird durch eine zwischen den beiden Turbinenkammern angelegte Freiarche von 2,50 m Breite abgelassen. Ist mehr Wasser vorhanden, so geht dieses mit einem Theile des Grundeises über das Klappenwehr. Es wird möglichst versucht, das Eis oberhalb des Wehres zum Stehen zu bringen. Das gelingt auch leicht bei starkem Frost. Es fließt dann nur ganz reines Wasser nach den Turbinen. Wenn das

Wasser bei oberhalb des Wehres stehender Eisdecke trotz der Oeffnung des Klappenwehres hier und da einmal über die Nadeln weggeht, so bildet sich zwar viel Eis, aber bei eintretendem Thauwetter ist dieses, weil vollständig der Luft ausgesetzt, bald so mürbe, daß es mit Leichtigkeit beseitigt werden kann. Würden die Wehrböcke im Unterwasser stehen, so könnte dieses nicht so leicht geschehen, weil sich dann eine Eisdecke zwischen den Böcken bildet. Das Umlegen des Wehres soll erst kurz vor dem eigentlichen Eisgang erfolgen. Erfahrungen in dieser Beziehung sind noch nicht gemacht, da seit dem Bestehen des Wehres ein schwerer Eisgang nicht eingetreten ist. Diese Wehranlage ist ein sehr bemerkenswerther Versuch; der nächste strenge Winter wird über ihre Zweckmäßigkeit entscheiden. Weniger bedenklich erscheint der Versuch an dieser Stelle, weil aus der naheliegenden Fabrik jederzeit genügend Mannschaften herbeigeholt werden können, um das Wehr in kürzester Zeit abzubauen. Trotzdem ist es nicht ausgeschlossen, daß bei plötzlich eintretendem Eisgang ein Theil der Nadeln und Böcke zerstört wird. Der Vortheil des ununterbrochenen Ganges der Turbinen im Winter ist aber für die Fabrik so groß, daß er leicht die Kosten etwaiger Wiederherstellungsarbeiten am Wehr aufwiegt.

In diesem Abschnitte habe ich nachgewiesen, daß

1. Nadelwehre ohne Erschwerung der Bedienung beliebig dicht gemacht werden können;
2. diese Wehre auch für Stauhöhen, die 3 m wesentlich übersteigen, angewandt werden können;
3. die bei der Ausnutzung der Wasserkraft eines Nadelwehres entstehenden Schwierigkeiten für die Schifffahrt und für den Turbinenbetrieb sich wohl überwinden lassen.

(Schluß folgt.)