

**Centrale.** De centrale bestaat uit tien naast elkaar liggende turbine-kamers, op een onderlingen afstand van 10,50 M. hart op hart, waarachter zich het generator-gebouw bevindt, dat de uitmondningen der turbine-kamers overbrugt. Op den oever liggen de voor het bedrijf noodzakelijke dienstruimten als bureaux, toiletten, magazijnen.

Om aesthetische redenen wordt de ingang van de schutsluis door twee torengebouwtjes geaccentueerd, terwijl de centrale door een forschen toren geflankeerd wordt. (Zie fig. 23). Aan de stroomopwaartsche zijde van de centrale is een in plattegrond flauw gebogen grof roosterwerk met 7 c.M. licht-wijdte tusschen de staven aangebracht, ter lengte van 180 M.

De bovenstroomsche afsluiting heeft hier plaats door 8,80 M. hooge en rond 10 M. breede Stoney-schuiven, waarachter zich het schuinstaande fijn roosterwerk bevindt, dat tusschen de staven 3 c.M. wijde openingen heeft. (Zie fig. 25).

Onder aan dit fijn roosterwerk bevindt zich een spoelinrichting.

De turbines zijn viervoudige Francis-turbines met horizontale as van 107 omwentelingen per minuut, waarvan de lagers in kasten zijn gebouwd, welke voor het personeel volkomen toegankelijk zijn. (Zie fig. 24 en 25).

De tien turbines zijn elk met een driefasengenerator van 5200 K.V.A., 50 perioden, 6000—6600 volt direct gekoppeld. Elke generator heeft een aangebouwde bekrachtigings-machine. (Zie fig. 26). De generatoren, welke voortdurend een vermogen van 5200 K.V.A. tusschen de spanningsgrenzen 6000—6600 volt kunnen afgeven, werken over driefasentransformatoren van ditzelfde vermogen, welke de stroom van 6600 volt op 47000 volt brengen, direct op de lijnen.

Parallelbedrijf van meerdere machines is door middel van een Boddelsysteem op de 47000-voltzijde mogelijk.

Het schakelgebouw en de schakelruimte, van waaruit de geheele elektrische inrichting bestuurd wordt, zijn van de machinezaal volkomen gescheiden. De bevelen worden door speciale apparaten van uit de schakelruimte aan het machinepersoneel kenbaar gemaakt.

De schakelaanleg is volgens het half-gesloten systeem gebouwd. De polen van de 47000-voltzijde worden door betonwanden van elkaar gescheiden. Alle olie-schakelaars worden op afstand van uit de schakelruimte bediend.

De turbines, inlaatschuiven en montagekranen zijn geleverd door „Escher, Wyss & Cie.” Zürich. De elektrische installatie en schakelaanleg is afkomstig van „Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft”.



**Fundeering en vast gedeelte van de stuw.** De stuw is tusschen de buitenste pijlers 82,70 M. lang en bevat vier openingen van 17,30 M. doorstroomwijdte tusschen 4,50 M. dikke pijlers en is, evenals de centrale, direct op den rotsbodern, welke het rivierbed vormt, gefundeerd. Vergeleken bij de stroomafwaarts gelegen stuw van Augst-Wyhlen, waar de Rijn dezelfde hoeveelheid water afvoert, heeft de stuw een zeer klein totaal doorstroomprofiel. De drempels liggen in de twee middelste openingen 15 M., in de beide buitenste openingen 13 M. onder stuwpeil. Het steunvlak der pijlers op den rotsgrond is 25,50 M. lang. De stuwvloer tusschen de pijlers heeft dezelfde lengte; de maximum druk door de pijlers op den ondergrond overgebracht bedraagt 8,5 K.G. per c.M<sup>2</sup>., terwijl de toelaatbare grens voor goede kalkrots 10—12 K.G. per c.M<sup>2</sup>. bedraagt. (Zie fig. 33).

Met de uitvoering van de fundeering werd hier een andere methode gevolgd dan te Augst-Wyhlen.

De schutsluis en aan de andere zijde de onderbouw van de centrale en het linksche deel van de stuw met den eersten stroompijler, zijn achter vangdammen in den droge uitgevoerd. De stijlen dezer dammen bestaande uit dubbel-T. N.P. 30, werden op onderlingen afstand van 2 M. in den rotsgrond geheid, door houten gordingen verbonden en aan twee zijden met koud tegen elkaar staande delen afdicht. De tusschenruimte werd met behulp van een zeilafdekking volgebetonneerd, welk werk door den sterken stroom te wenschen overliet, zoodat op uitgebreide schaal met behulp van duikers aan de afdichting moest worden gewerkt.

Het overige gedeelte van de stuw werd pneumatisch gefundeerd. Hierbij ging men op de volgende wijze te werk. Stroomop- en stroomafwaarts van elke plaats waar een stroompijler moest komen, werd op een verloren caisson een tijdelijken pijler in beton opgetrokken. Op deze wijze ontging men het lastige en gevaarlijke steigerwerk in de rivier. Loodrecht op de stroomrichting sloeg men over deze hulppijlers twee uit ijzeren vakwerk bestaande hulpbruggen. Op deze bruggen liepen loopstellen, waaraan een mobiele caisson (duikerklok) van 14 M. lengte en 5 M. breedte was opgehangen. Zodoende konden alle punten van de fundeering met de klok worden bereikt. Bij het aanbrengen van de beton voor de fundeering volgde men een vroeger reeds bij de waterkrachtcentrale Jonage-Cusset-Lyon in Frankrijk, dateerende van 1894—1902 en bij de stuw te Beznau toegepaste methode. (Zie fig 27). Eerst werden op den rotsbodern naast elkaar gescheiden betonkoeken aangebracht, waartusschen, tengevolge van den caissonvorm driehoekige uitsparingen bleven bestaan.



Vervolgens zette men de caisson midden over deze uitsparingen heen en dichtte ze aan voor- en achterzijde af door betonstorting onder water. Daarna werd het water tusschen deze twee dammetjes verwijderd, het oppervlak schoongemaakt en opvuld met beton, waarna een nieuwe betonkoek midden over twee van een vorige laag werd aangebracht.

De fundeering is 3 M. in den rotsbodem ingekast en is aan voor- en achterzijde door een 1 M. diep en 3 M. lang koffer tegen onderloopsheid beschermd.

Pijlers en drempels zijn met harde granietblokken bekleed. Bij open stuw werd te Laufenburg de granietbekleding van den drempel 3 c.M. uitgeslepen en de beton 15 c.M. bij een snelheid van het water van 5 M. per seconde. Daarom is de 8 M. breede drempel met 3 c.M. dikke gietstalen platen gepantserd. Ook bij de pijlernissen en op andere aan aantasting blootstaande punten is een gietstalen pantsring aangebracht.

Het verwijderen van rotsmassa's aan de benedenstreamsche zijde van de stuw geschiedde gedeeltelijk door een steenbreker, opgesteld op een drijvende ponton, gedeeltelijk met behulp van een kleine mobiele caisson op pontons.

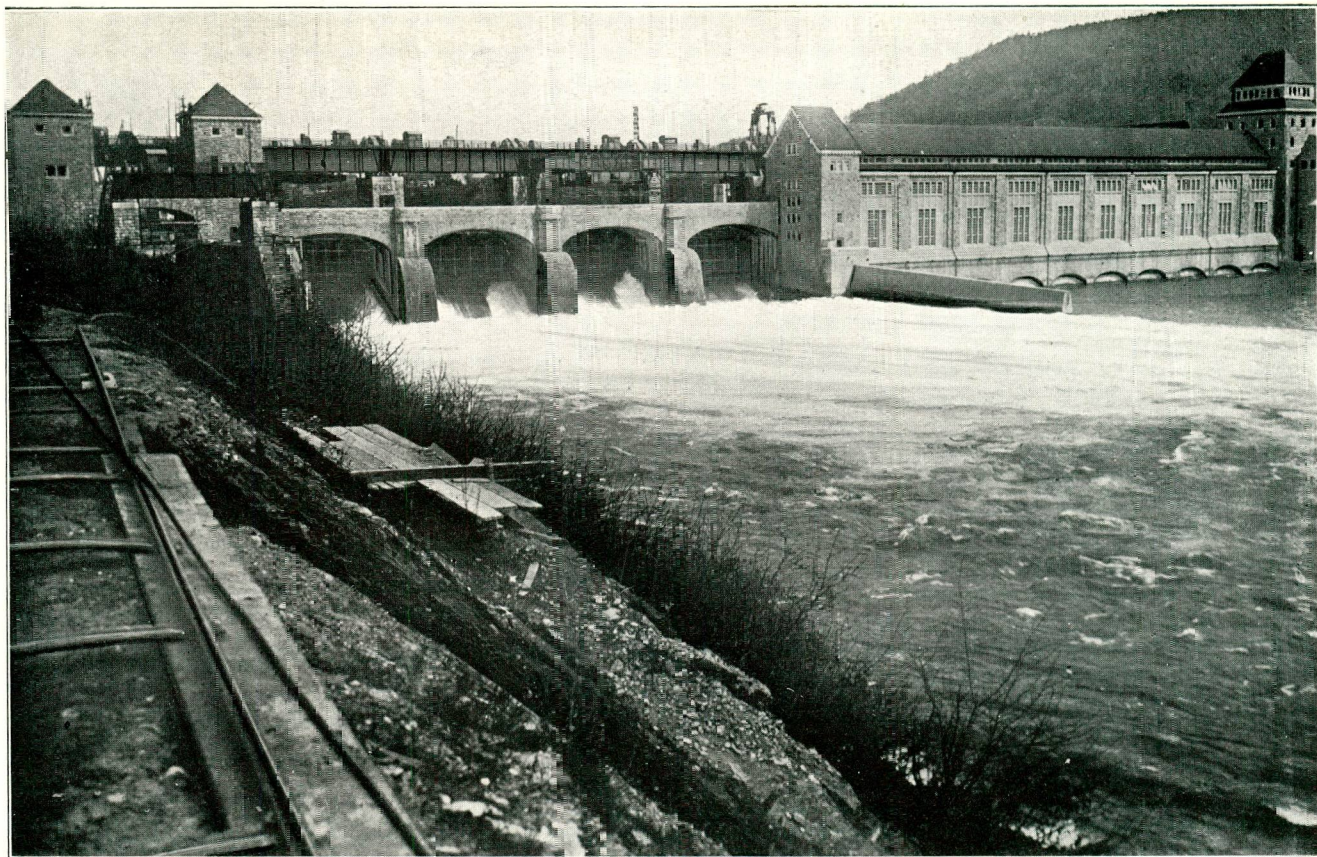
**Beweegbaar gedeelte van de stuw.** De openingen tusschen de pijlers worden afgesloten door twee schuiven, waarvan de bovenschuif aan de benedenstreamsche zijde van de onderschuif is geplaatst. (Zie fig 33).

De bovenschuiven zijn in alle vier openingen 7.50 M. hoog en tusschen de opleggingen 18 M. breed. De onderschuiven zijn in de diepere middelste openingen 7.50 M, in de buitenste openingen 5.50 M. hoog en hebben een breedte tusschen de opleggingen van 20.10 M.

De bovenschuif kan bij deze stuw 1.5 M. zakken ten einde ijs en andere drijvende voorwerpen af te voeren en het stuwpeil nauwkeurig te regelen. Terwijl men ons te Augst-Wyhlen verklaarde, dat men spijt had, niet alle openingen van ijskleppen te hebben voorzien, daar men dan tusschen veel wijder grenzen den afvoer door overstorting kon regelen, uitte men te Laufenburg dezelfde klacht en vond men het te betreuren, dat de bovenschuiven niet geheel konden worden neergelaten.

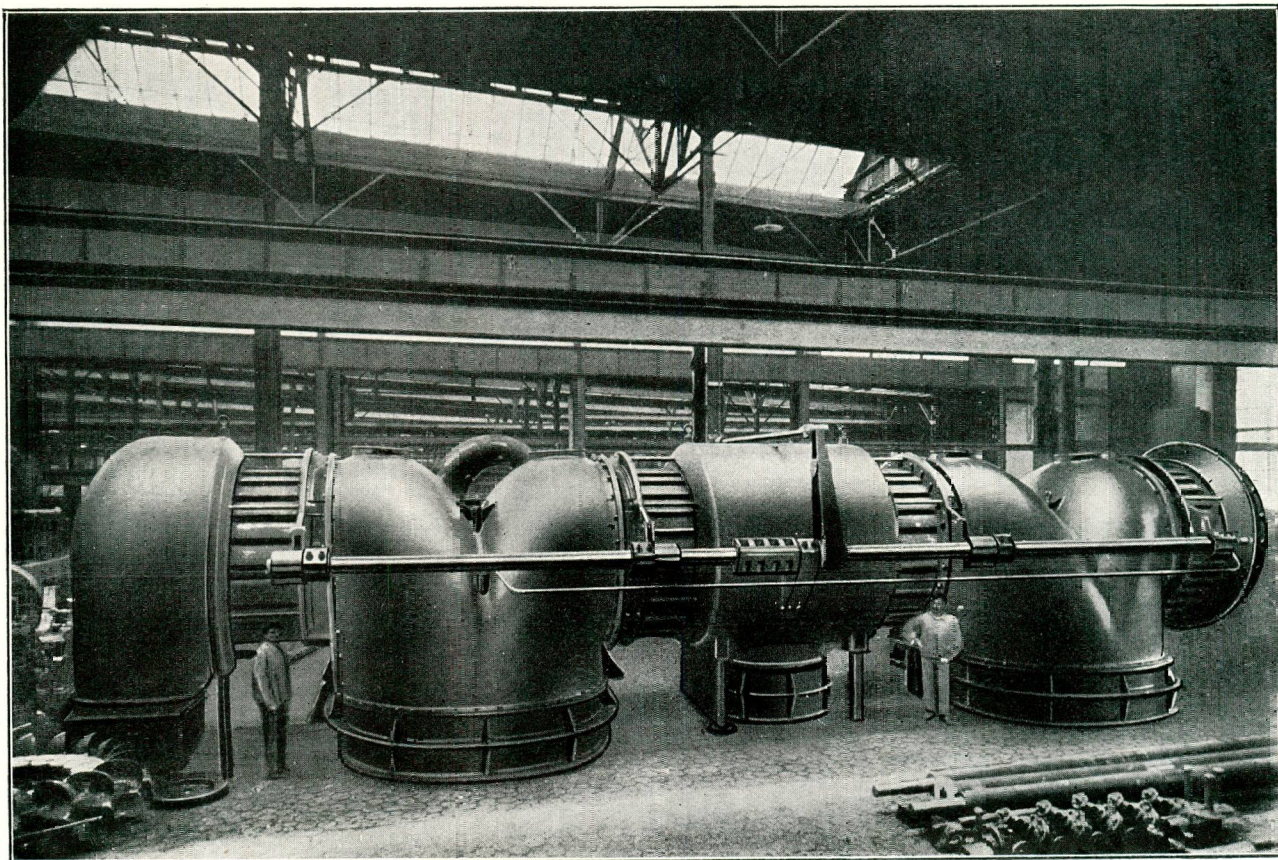
De schuiflichamen zijn niet als te Augst-Wyhlen volgens het statische systeem met twee hoofdliggers met secundaire draagconstructies gebouwd; de waterdruk wordt hier weder door de beplating op een





Figuur 23. Stuw en waterkrachtcentrale te Laiferburg in den Rijn.





Figuur 24. Turbine van de centrale Laufenburg in het Rijn.



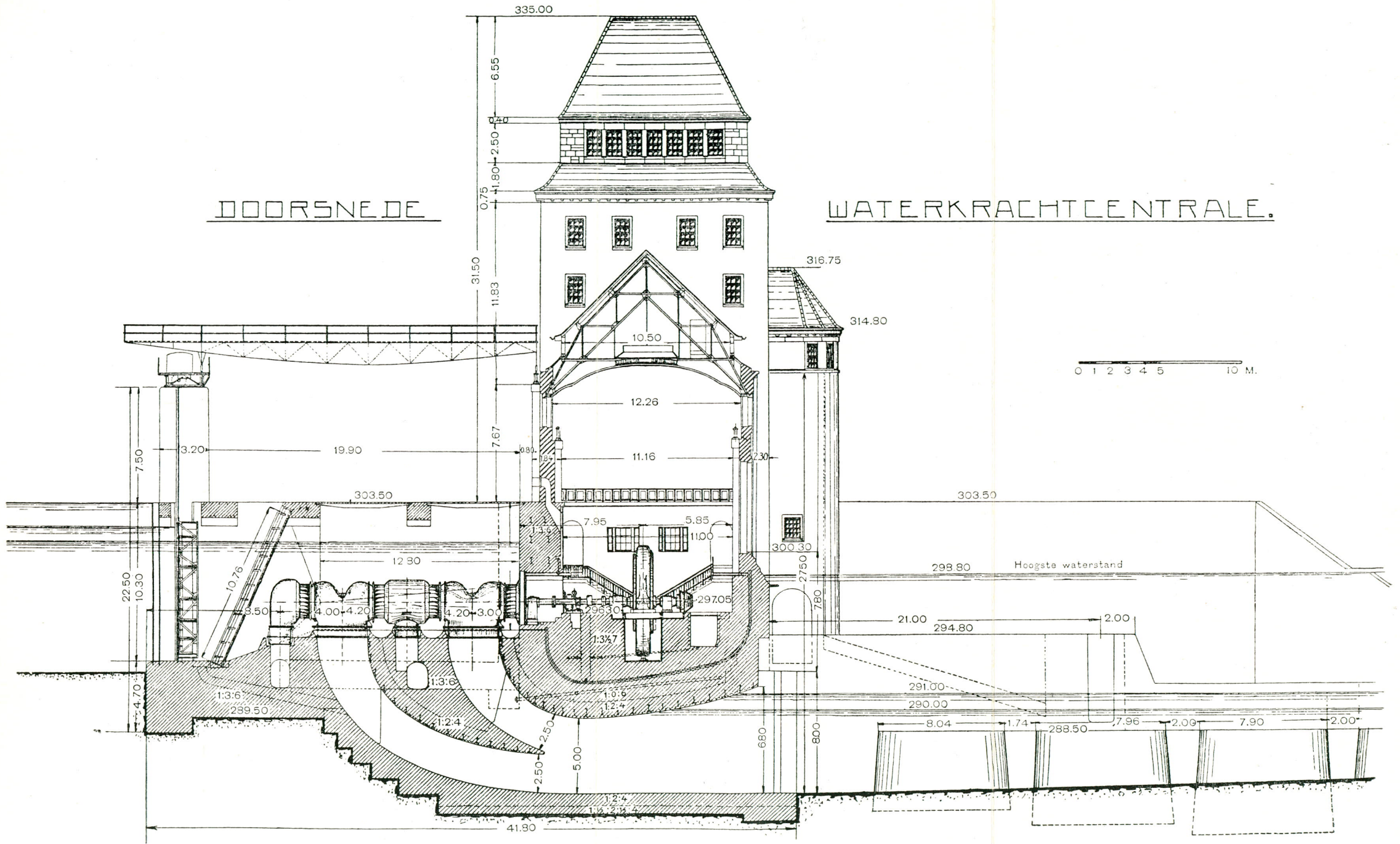


Fig. 25. Doorsnede over de waterkrachtcentrale Laufenburg.



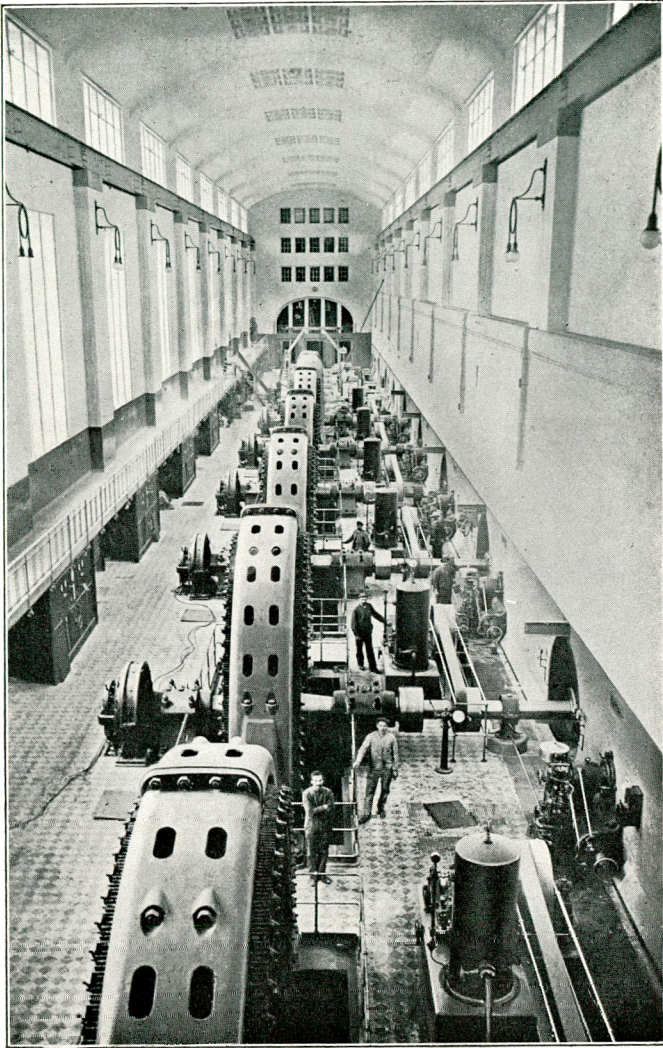


Fig. 26. Overzicht van generatoren-zaal in de centrale Laufenburg, tijdens de montage. Generatoren met aangekoppelde bekrachtigingsmachines.

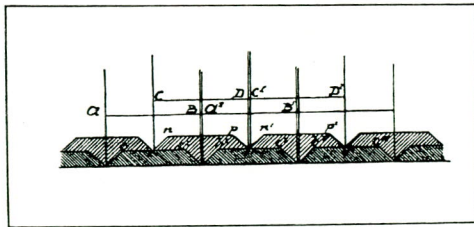


Fig. 27. Wijze van betonfundering met behulp van de duikerklok.



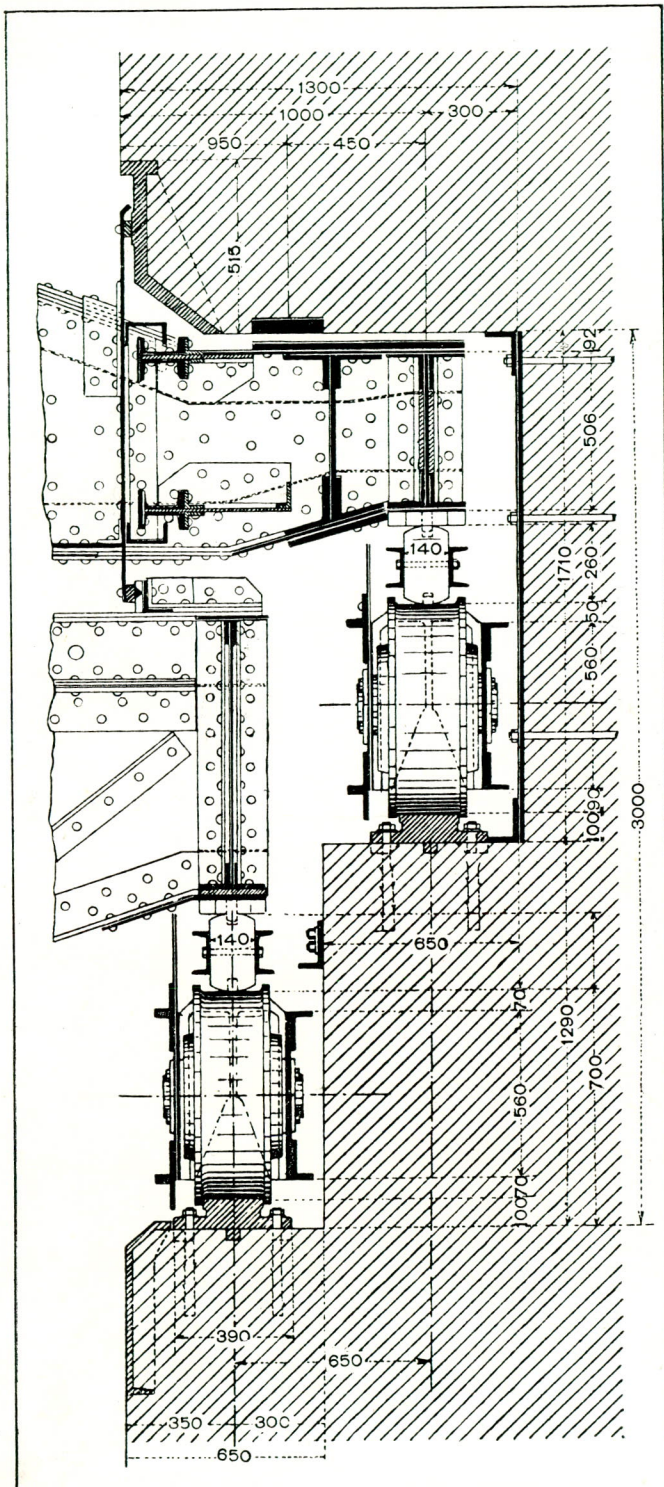


Fig. 28. Detail van de oplegging der schuiven in de pijlspanning te Laufenburg. Schuiven op wielen.



grooter aantal vakwerkregels overgebracht van 2,40 M. hoogte. De bovenschuif heeft vier, de onderschuif negen regels, welke op onderling gelijken afstand liggen.

De beplating van de bovenschuif is aan de stroomopwaartsche, die van de benedenschuif aan de stroomafwaartsche zijde aangebracht. Bij de eerste werkt de beplating, welke alleen door verticale ribben ondersteund wordt, geheel op trek, evenals de beplating der deuren van de sluis te Augst-Wyhlen, welke door dezelfde fabriek werden geleverd (Maschinen-fabriek Augsburg—Nürnberg). De regels zijn door dwarsverbanden en zware eindstijlen verbonden.

In nog ander opzicht zijn de Laufenburgsche schuiven zeer belangwekkend. Men heeft afstand gedaan van de rolwagens en laat de schuiven op aan de schuif bevestigde en dus daarmee met gelijke snelheid bewegende wielen loopen.

De opgaaf, welke hier aan den ontwerper gesteld werd, was niet gemakkelijk. De maximum waterdruk op de onderschuiven der diepste openingen bedraagt volgens berekening niet minder dan rond 1325 ton, terwijl de maximum rustende belasting op den onderregel ruim 152 ton bedraagt. Voor wielen is in de pijlersponningen weinig plaats, de sponning mag niet diep zijn, daar de pijler anders te breed uitvalt. Bovendien maken de veranderlijke doorbuiging van de schuif onder de wisselende belasting en de lengteverandering van de schuif het onmogelijk de wielen onwrikbaar aan de schuif te verbinden, omdat dan een dwarsmoment op de wielen wordt uitgeoefend, dat niet behoorlijk kan worden opgenomen. Te Laufenburg is men aan deze eischen tegemoet gekomen door wielen van zeer groote flensbreedte (20 c.M.) met twee radkransen en een diameter van 70 c.M. toe te passen. (Zie fig. 28). Deze wielen zijn, achter elkaar, vereenigd in een „trunck”, waarin zich de vaste wielassen bevinden. De wielen loopen op de assen met nikkelstalen cylinders. Op de twee trucks, aan iedere zijde van de opening één, steunt nu het schuiflichaam en wel aan de eene zijde door middel van een „vaste” oplegging, en aan de andere zijde door middel van een roloplegging. De truncks zijn aan de schuif verbonden door scharnierende meenemers, welke in dwarse richting geen momenten overbrengen.

De wielen loopen op speciale rails met 20 c.M. breeden kop, welke in de pijlersponning verankerd is. Volgens berekening brengen de onderste wielen elk ruim 76 ton druk over.

Onder tegen de onderschuiven is een houten balk bevestigd, welke op den gietstalen drempel dicht.

Horizontaal wordt de onderschuif tegen de bovenschuif door een veerende balk gedicht.



Voor verticale afdichtingen verliet men hier den hangenden staaf en koos een veerende plaat, welke, voorzien van een gladde stalen lijst, door den waterdruk tegen een glad-gietstalen aanslagstuk in den pijler wordt aangedrukt. Van dezelfde dichtingswijze werd ook bij de verticale afdichting van de boven- tegen de onderschuif gebruik gemaakt. (Zie fig. 28).

Voor de diepste openingen bedraagt het gewicht voor twee schuiven samen 296 ton, voor de andere openingen 261 ton. In totaal weegt de schuifafsluiting van de stuw 1 114 ton (Augst-Wyhlen 2 290 ton).

De schuiven hangen aan Gallsche kettingen en zijn evenmin als de schuiven te Augst-Wyhlen van tegengewichten voorzien. De kettingen worden door windwerken bewogen. Om esthetische redenen plaatste men deze windwerken niet óp maar onder tusschen de plaatijzeren hoofdliggers van de boven over de pijlers loopende bedieningsbrug. (Zie fig. 23). De twee op een schuif werkende ophaalwerktuigen worden hier niet als bij vroeger beschreven schuiven beide aangedreven door één over de schuifbreedte doorlopende hoofddrijf-as. Elk windwerk heeft een eigen electromotor, welke zoodanig zijn uitgevoerd en gekoppeld, dat beide juist hetzelfde aantal omwentelingen verrichten. In de plaats van een „mechanische” koppeling is hier dus de „electrische” koppeling getreden. De maximum heflast der grootste onderschuiven bedraagt 360 ton.

Ten behoeve der bediening is een accumulatorenbatterij aanwezig, waarmede aan de bewegingsmotoren stroom geleverd wordt, wanneer de centrale geen stroom mocht kunnen leveren. Tevens is als reserve een 10 P.K. gasmotor opgesteld voor het laden der accumulatoren.

Een reserve-handbeweging is aanwezig, doch zal bij deze stuw niet vaak noodig zijn.

Aan de bovenstroomsche zijde is evenals te Augst-Wyhlen een noodafsluiting van geconstrueerde schotbalken voorzien. Hierin is, ten einde het gewicht te beperken, zeer veel nikkelstaal verwerkt. Zij wegen 8 ton per stuk.

Aan de bovenstroomsche zijde worden de schotbalken aangevoerd door een electriche hangkraan, waarvan de baan aan de bedieningsbrug is bevestigd; aan de benedenstroomsche zijde worden de balken van af de gewapend-beton-verkeersbrug, welke daar over de pijlers loopt, door middel van een groote portaalkraan aangevoerd en in de sponningen neergelaten.

De *schutsluis* heeft in de hoofden een wijdte van 12 M., doch slechts een nuttige lengte van 30 M., wat voor de thans aldaar varende



scheppen voldoende is. Zonder storing in het bedrijf kan de sluis later bij de bevaarbaarmaking van den Boven-Rijn tot 90 M. worden verlengd.

Het bovenhoofd is op gelijke wijze afgesloten als de stuw, namelijk door dubbele schuiven. In het benedenhoofd is een enkele schuif aangebracht. De vulling van de sluis heeft plaats door de schuiven, wat voor de toekomst bij groot verkeer niet zonder bedenking schijnt.

Zowel op den rechter als op den linkeroever zijn zoogenaamde „wildbach“- vischtrappen aangebracht van 3 M. wijdte. Bovendien is een vischtrap systeem-Denil voorhanden. Het fundeeringswerk werd uitgevoerd door de firma Zschokke.

**Litteratuur.** Tot nog toe is over dit werk geen eenigszins uitvoerige litteratuur aanwezig.

#### F. STUW IN DE DRAU, BEHOORENDE TOT DE WATERKRACHT-CENTRALE FAAL.

**Ligging.** De waterkrachtcentrale Faal werd gebouwd van 1914—1918 voor de „Steiermärkische Elektrizitäts Gesellschaft“ te Graz.

Voordat de Drau het gebied der Karawanken en Stiermarksche Alpen verlaat, doorstroomt de rivier nog in een nauw bed een zeer harden bergrug, waarna het bed zich verbreedt. In dit bredere dal ligt de stad Marburg.

In het stroomgebied van de Drau komen wel geen grootere meren voor, welke als regulateurs dienen, maar daarentegen strekt zich het brongebied uit tot in het gletschergebied van de Norische en Karnische Alpen en van de Karawanken, zoodat slechts in den winter laag water optreedt en de rivier 's zomers een ruimen afvoer heeft. In normale jaren wisselt de afvoer tusschen 100 en 1500 M<sup>3</sup>. per seconde, terwijl ter plaatse van het genoemde, nauwe dal, gelegenheid bestaat een verval van 15 M. te concentreren. De waterkrachtcentrale Faal, welke hier is gebouwd, is ontworpen voor een vermogen van 40000 P.K., terwijl thans 30000 P.K. worden geproduceerd.

**Situatie.** De situatie vertoont veel overeenkomst met die van Laufenburg. (Vergelijk fig. 29 en fig. 22.) Stuw en centrale liggen in elkaars verlengde, loodrecht op de stroomrichting. Boven- en onder-toeleidingskanaal, in deze nauwe rotsige dalen buitengewoon duur, worden slechts zoover ontgraven als voor een gladde toe- en afstreaming van het water noodig is. Het toeleidingskanaal wordt aan de rivierzijde begrensd door een inloopwerk, dat in het verlengde



van de oeverlijn ligt en bestaat uit een steenen grondmuur, waarvan de kruin 6 M. boven den rivierbodem ligt en waar op het grof roosterwerk later wordt opgesteld.

Ter rechterzijde van de stuw is een 7 M. breede vlotsluis gebouwd, waarnaast een vischtrap is aangelegd.

**Centrale.** De centrale staat evenals de andere belangrijke bouwwerken geheel op harden rotsgrond. Als machine-type werden Francis-turbines van 6000 P.K. met twee loopraden op een horizontale as gekozen, direct gekoppeld met een electrischen generator en een bekrachtigingsmachine.

Er zijn 7 turbine-kamers, waarvan 5 de normale turbines bevatten en 2 hoogwater-turbines. De kamer-wijdte bedraagt 8.30 resp. 8.80 M., terwijl de scheidingsmuren 1.70 M. dik zijn. Als gevolg van de keus der horizontale turbines komt de generatoren-zaal onder het stuwpeil te liggen en in tijden van hoogwater ook onder het niveau van het beneden-water. Kwelwater wordt hier door een drainage-systeem afgevoerd naar een centrale pompput, wat voldoende voorzorg is om doorgaande isoleerlagen te kunnen ontberen.

Het in de turbine-kamers schuin opgestelde fijn roosterwerk wordt door „tegenstroom” gereinigd volgens hetzelfde principe als bij de centrale Augst (zie bladz. 28). Daarvoor is een in den vloer van de turbine-kamers loopend spoelriool uitgespaard, dat door den eindpijler van de stuw afbuigt naar het beneden-water en hier door een schuif afgesloten wordt.

Over de geheele lengte der centrale ligt nog voor het fijn roosterwerk een verzamelkanaal met overlaat, dat in het spoelriool uitmondt. Hiermede hoopt men drijvend vuil af te scheppen en weg te voeren. Bij plotselinge peilveranderingen van het bovenwater dient deze inrichting tevens eenigszins als automatische reguleur.

**Fundeering en vast gedeelte van de stuw.** Zooals bij de meeste lagedruk-centrales is ook hier de bouw van de stuw het moeilijkste gedeelte van het geheele werk geweest.

De stuw is tusschen beide eindpijlers 93 M. lang en bevat vijf openingen, elk wijd 15 M., tusschen 4.50 M. dikke en 25.20 M. lange pijlers, waarover de vloer van de bedieningsbrug zich ruim 37 M. verheft boven den stuwrempel. De drempels liggen op 15 M. onder stuwpeil en ongeveer 1.50 M. boven de gemiddelde hoogte van het rivierbed. Het verval bedraagt rond 15 M. bij laagwater, 12.50 M. bij middelbaren waterstand en 10.50 M. bij gewoon hoogwater. (Zie fig. 33).



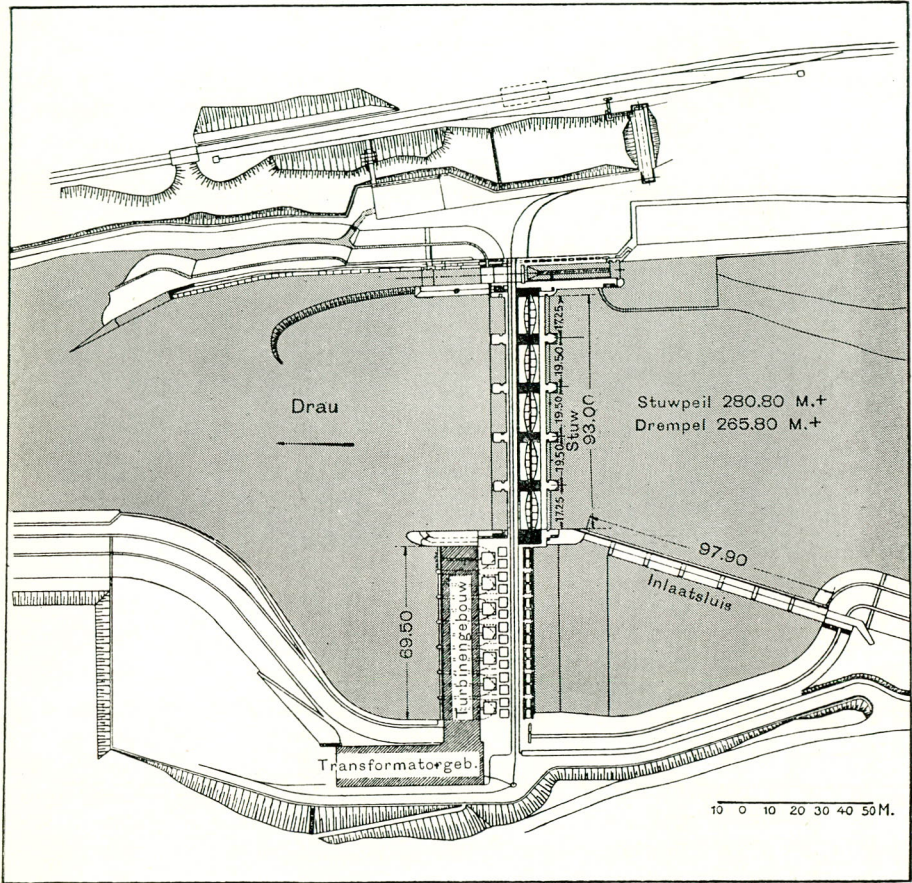


Fig. 29. Situatie van de waterkrachtcentrale Faal in de Drau.





Figuur 30. Bouw van de Faal-stuw in de Drau.



Het rivierbed bestaat ter plaatse van de stuw uit een laag groote steenblokken, waaronder eerst een laag los materiaal en daaronder eerst de harde rots ligt. De pijlers en stuwvloer (drempels) moesten daarom gedeeltelijk gefundeerd worden op een diepte, welke slechts met behulp van de pneumatische methode bereikbaar is.

Het fundeeren der pijlers geschiedt op verloren caissons, evenals de boven- en benedenzijdsche afsluiting van den stuwvloer. Op sommige plaatsen ligt de onderkant der caissons op 17.80 M. onder den stuw-drempel, zoodat de pijlers hier in totaal de geweldige hoogte van 54.80 M. hebben.

De wijze van uitvoering der fundeering was in hoofdtrekken gelijk aan die te Augst-Wyhlen. Eerst bracht men de pijler-caissons op diepte, vervolgens werden de voor- en achter-afsluitcaissons van den stuwvloer gezonken en werden hierop tusschen de pijlers waterdichte schotten aangebracht, waarna de stuwvloer als gewapende plaat over de afsluit-drempels in den droge werd uitgevoerd.

Bij het neerlaten der caissons is men hier echter tot een nieuwe methode overgegaan. (Zie fig. 30). Het opstellen van steigerwerk in de rivier is door de gesteldheid van het rivierbed vrijwel onmogelijk, bovendien zou dit steeds gevaar loopen door de drukke vlotvaart, welke op de Drau plaats heeft. Daarom werd besloten van steigerwerk en tijdelijke bruggen geheel af te zien en voor het menschenverkeer en het lichterè kipwagentransport een kabelbaan tusschen beide oevers te spannen.

Het neerlaten van de caissons in de rivier geschiedt van af een verschuifbare ijzeren vakwerk-kraagbrug. Van af het eind van den overstekenden kraag wordt de pijler-caisson naar beneden gelaten, terwijl van uit het aan beide zijden opgelegde deel van de brug de drempelcaissons worden behandeld. Tegelijkertijd dient de brug als transportbaan.

Is de pijler voltooid, dan wordt de brug over den gereed zijnden pijler heen naar voren geschoven, aan de achterzijde verankerd en wordt met de fundeering van den volgende pijler begonnen.

Groote op de kraagbrug opgestelde ijzeren Derrick-kranen dienen voor de montage der caissons, het bedienen van de luchtsluizen en voor het materiaal-transport. (Zie fig. 30).

De pijlers zijn van beton en met natuursteen bekleed. De gedeelten der pijlers en stuwvloeren, welke direct aan den aanval van het water bloot staan, zijn door staalplaten gepantserd. (Zie fig. 31). Deze worden bevestigd op in het beton gelegene ijzeren balken, onderling vastgeschroefd en met beton achtervuld. De stroomafwaartsche deelen der



pijlers en stuwvloeren, welke door afdamming door middel van schotbalken ook gedurende het bedrijf gemakkelijk toegankelijk zijn, worden beschermd door een vervangbare bekleeding van dikke houten balken. (Zie fig. 31 links onderaan).

**Beweegbaar** De afsluiting tusschen de pijlers geschiedt door **gedeelte van de dubbele Stoney-schuiven** en geeft tegenover de **stuw.** eenige jaren oudere constructies te Augst-Wyhlen en Laufenburg eenige belangrijke nieuwe oplossingen. (Zie fig. 33).

De bovenschuif is, evenals te Laufenburg, stroomafwaarts van de onderschuif geplaatst, doch kan hier geheel achter de onderschuif zakken, zoodat de afvoer van de stuw tusschen veel wijder grenzen uitsluitend door overstorting kan worden geregeld.

De onderschuif is 11 M. hoog en tusschen de opleggingen 16.45 M. breed.

De stroomafwaarts aangebrachte beplating brengt den waterdruk (maximaal 1724 ton) door middel van langs- en dwarsdragers over op 4 dubbel geconstrueerde regels. Deze regels hebben een paraboolvormigen bovenrand en een vlakken onderrand en zijn in het midden 2.50 M. hoog; diagonalen zijn bij een gelijkmatig aangenomen waterbelasting niet noodig, zoodat tusschen boven- en onderrand slechts vertikalen zijn aangebracht, welke zelf weder deel uitmaken van de vertikale verbanden, welke de regels onderling verstijven.

Het mag betwijfeld worden of de aanname van een gelijkmatige belasting wel altijd met de praktijk klopt.

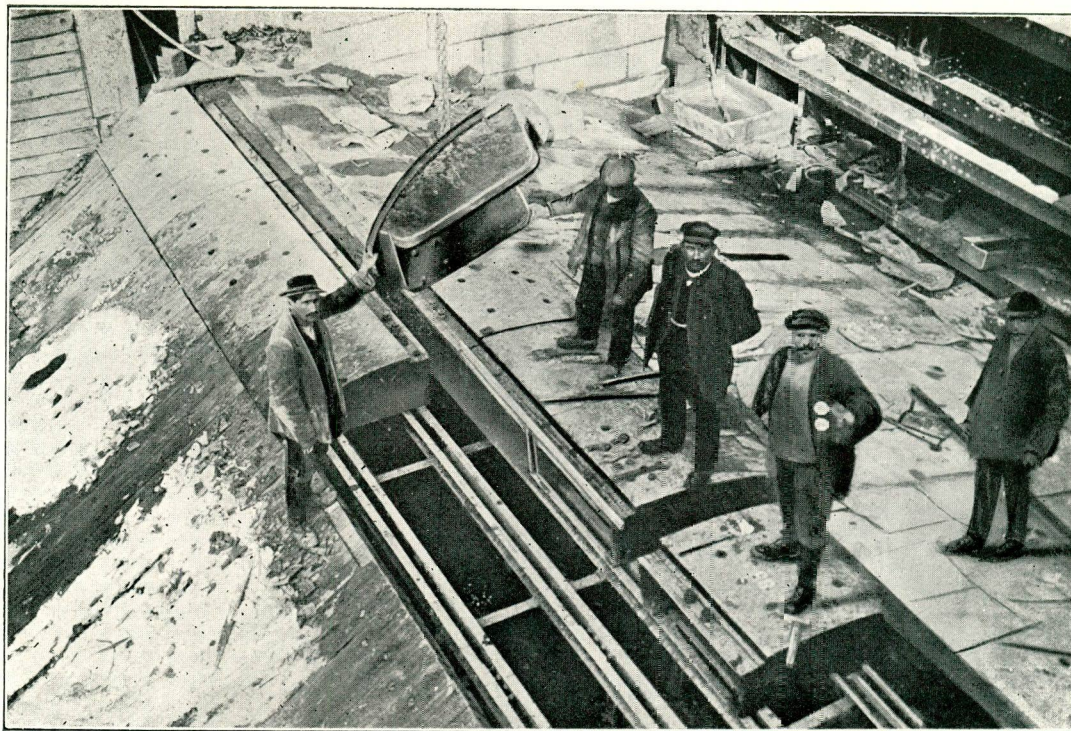
De onderschuiven brengen den druk over op normale Stoney-rolwagens, waarvan niets bijzonders te melden valt.

De bovenschuiven zijn 4.50 M. totaal, 4 M. nuttig hoog en tusschen de opleggingen 15.33 M. breed. De beplating rust hier door middel van dwars- en langs-verstijvingen op twee regels, welke eveneens als paraboolliggers zonder diagonalen zijn uitgevoerd en in het midden 1.60 M. hoog zijn. Op den bovensten regel is een flinke met planken afgewerkte kop geconstrueerd, welke bij het zakken van de schuif als overlaat dienst doet.

De bovenschuiven zijn voorzien van aan de schuif bevestigde wielen. De hierop overgebrachte horizontale druk is bij lange na niet zoo groot als die waaraan de wielen voor de onderschuiven te Laufenburg weerstand moeten bieden, zoodat de constructie ook veel eenvoudiger is.

Bij de beweging van de schuiven is evenals bij alle nieuwere stuwen van tegengewichten afgezien. De bewegingswerktuigen be-





Figuur 31. Pantsering van den drempel van de Faal-stuw in de Drau.



vinden zich boven op de gewapend beton bedieningsbrug. Gebruik is gemaakt van een patent van den Zwitserschen ingenieur C. Bonzanigo om voor de bediening van twee schuiven slechts met één windwerk te kunnen volstaan.

Deze inrichting is zeer mooi, doch het is niet mogelijk met de onderschuif te „spuien” zonder dat de bovenschuif geheel is neergelaten, wat in sommige gevallen een bezwaar kan zijn.

Zoowel aan de stroomop- als aan de stroomafwaartsche zijde van den pijlerbovenbouw zijn gewapend betonbruggen geslagen, welke de pijlers onderling verstijven, voor het transport van schotbalken dienst doen en het verkeer tusschen beide oevers mogelijk maken.

De uitvoering had plaats door de „Oesterreichische Baugesellschaft für Verkehrs- und Kraftanlagen” te Weenen, de voortzetting van een filiaal van de Zwitsersche firma Albert Buss & Cie, te Basel. De ontwerpen, zoowel als de leiding van de uitvoering, waren in handen van Zwitsersche ingenieurs.

**Litteratuur.** H. E. GRUNER. „Vom Bau der Wasserkraftanlage Faal an der Drau”; „Schweizerische Bauzeitung”, Band LXIII, n<sup>o</sup>. 25.



### III. BESCHOUWINGEN.

**Toenemend verval en grooter afstand tusschen de pijlers.** Na de beschrijving van een zestal belangrijke schuif-stuwen moge hier eene samenvatting volgen, waarin de vooruitgang der stuw-techniek tot 1915 aan de hand dier beschrijvingen nader wordt belicht. <sup>1)</sup>

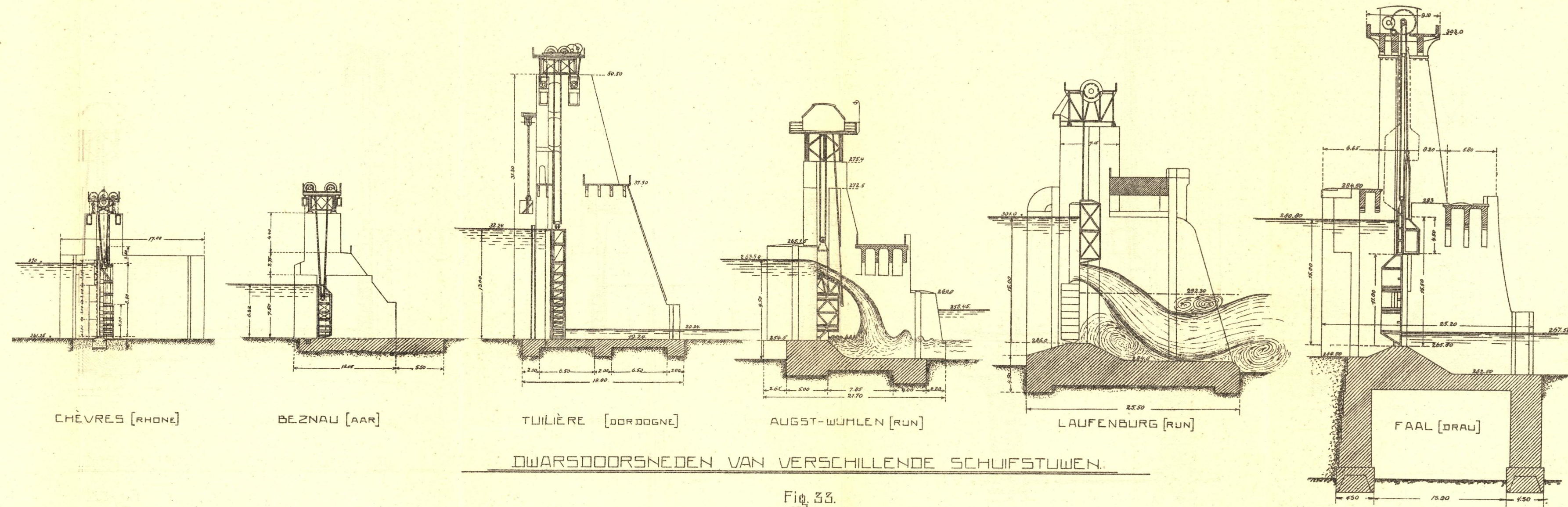
Het springt in het oog, dat de stuwconstructies in den loop der jaren aanmerkelijk grootscher zijn geworden. Het bij de stuwen geconcentreerde maximum-verval is toegenomen, terwijl de openingen tusschen de pijlers grooter en daardoor het aantal pijlers kleiner werd. (Zie fig. 33.)

Door deze beide strekkingen is de horizontale druk, welken een pijler moet opnemen en op den ondergrond overbrengen, bij de nieuwere constructies aangegroeid tot een veelvoud van de horizontale belasting der pijlers bij de oudere stuwen. Dit blijkt duidelijk uit kolom 3 der onderstaande tabel, waarin de waarden voor het maximum verval, de doorstroom-opening tusschen de pijlers, de horizontale druk op één pijler en de horizontale belasting van één schuifelement voor de zes beschreven stuwen zijn opgenomen.

STUW.	Maximum verval, in Meters.	Doorstroom-wijdte tusschen de pijlers, in Meters.	Berekende maximum horizontale pijlerbelasting (boven den drempel) in tonnen.	Berekende maximum horizontale belasting van een schuif in tonnen.
	1.	2.	3.	4.
<i>a.</i> Chèvres . . . . .	8.15	10.00	468	360
<i>b.</i> Beznau . . . . .	6.30	15.00	360	300
<i>c.</i> Tuilière . . . . .	12.00	10.00	1040	800
<i>d.</i> Augst-Wyhlen . . . . .	8.40	17.40	860	700
<i>e.</i> Laufenburg . . . . .	11.40	17.30	2270	1325
<i>f.</i> Faal . . . . .	15.00	15.00	2200	1567

<sup>1)</sup> Deze beschouwingen hebben uitsluitend betrekking op de stuwen.







**Afvoer door overstorting. Dubbele schuiven.** In de tweede plaats wordt de ontwikkeling der stuwen gekenmerkt door het feit, dat de enkelvoudige Stony-schuif, waarbij het water slecht onderdoor kan worden gespuid, allengs heeft moeten plaats maken voor gecombineerde stuwelementen, waarmede zoowel overstorting als onderdoorspuien mogelijk is.

Bij de stuw te Augst-Wyhlen werden 4 van de 10 openingen van schuiven met aangebouwde ijskleppen voorzien, hoofdzakelijk om ijs en drijvend vuil af te voeren en eene fijne regeling van het stuwpeil te verkrijgen. Te Laufenburg voerde men met hetzelfde doel achter elkaar geplaatste schuiven in, waarvan de bovenschuif 1,50 M. kan worden neergelaten, en waar als regel over de onderschuif wordt gespuid. Ons bleek dat men spijt heeft, bij beide stuwen de overstorting niet als *regel* te hebben doorgevoerd, omdat de aantasting van den bodem dan veel minder dreigend zou zijn geweest. Bij de nieuwste stuwen Faal en Olten <sup>1)</sup> is de overstorting volledig tot haar recht gekomen en zijn alle openingen voorzien van dubbele schuiven, waarvan de bovenschuif geheel achter de onderschuif kan worden neergelaten.

**Aantasting van het rivierbed.** Het is wel merkwaardig, dat juist in Zwitserland, waar alle stuwen op goeden rotsgrond werden gefundeerd, het eerst er toe werd overgegaan verandering te brengen in de *wijze* van afvoer, ten einde de aantasting van den bodem te verminderen. De ervaring drong daar echter toe.

De centrales benutten slechts een gedeelte van het per jaar voorhanden arbeidsvermogen. De rest gaat met het door de stuw stroomende water verloren. Op zekeren afstand beneden de stuw bereikt het water weder de normale snelheid en heeft vóór dat punt het overschot aan energie afgestaan. Dat daarbij groote vermogens in het spel zijn moge blijken uit het feit, dat te Laufenburg van tijd tot tijd per M<sup>1</sup>. nuttige stuwbreedte 1400 P.K. vrijkomen, welke binnen een paar honderd meters vernietigd zijn.

Een aanzienlijk gedeelte van de vrij komende energie wordt be-  
steed aan klokvorming beneden de stuw, welke eerst ophoudt wanneer een zekere evenwichtstoestand is bereikt en de kolk een bepaalden vorm en diepte heeft. Vaak dreigt reeds vóór het bereiken van dien evenwichtstoestand gevaar voor het kunstwerk en moeten voorzieningen worden getroffen, meestal daarin bestaande, dat zware rots- of betonblokken in de kolk worden geplaatst. In het algemeen zijn die voor-

---

<sup>1)</sup> Van de stuw te Olten, welke werd bezocht, stonden bij de samenstelling van dit bericht niet voldoende gegevens ter beschikking om daaruit een volledige beschrijving samen te stellen.



zeningen niet afdoende<sup>1)</sup>, zoodat een voortdurend onderhoud ontstaat.

Bij nieuwe werken in Zwitserland loont het daarom in de meeste gevallen de kosten om in de wijze van afvoer van het water zoodanige verandering te brengen, dat de kolkvorming minder gevaarlijk wordt of geheel ophoudt. Dit wordt reeds grootendeels bereikt wanneer het water door overstorting wordt afgevoerd, terwijl het effect belangrijk wordt vergroot, wanneer het water in een speciale stortkom wordt opgevangen, waar het grootste gedeelte van de overbodige energie wordt vernietigd. Een dergelijke positie is vooral daar op haar plaats, waar bij laag water het waterkussen benedenstrooms van de stuw niet dik is en de fundeering weinig kan lijden. In Zwitserland stelt men het voorloopig nog zonder dit laatste middel, daartoe in staat gesteld door de meestal diepe pneumatische fundeering aan de benedenstroomsche zijde van de stuw, welke een vrij diepe uitkolking toelaat voordat werkelijk gevaar dreigt.

Dat men het nut van stortkommen ook voor Zwitserland inziet, bewees ons een gesprek met Prof. K. E. HILGARD.

**Voorbeelden van Welke** uitwerking het doorstroomend en doorstortend **kolkvorming.** water op den rotsbodem heeft, moge blijken uit de schetsen *a, b, c, d* en *e* van figuur 32.

De eerste figuur (*a* fig. 32) stelt voor de stuw te Chèvres.

Zooals reeds hij de beschrijving van die stuw werd opgemerkt, heeft het water in den rotsbodem diepe sleuven en gaten ingeslepen. Een eigenlijke kolkvorming is hier niet opgetreden, wat verklaard wordt uit het feit, dat de onder de schuif doorschietende straal langs den bodem gericht is en nergens wordt geremd. Zoodra zich een begin van kolkvorming aan de benedenzijde van de stuw voordoet, wordt onmiddellijk ingegrepen, wat hier gemakkelijk is. Een in de stroomrichting loopende scheidingsmuur in het benedenwater stelt in staat tijdens laagwater één stuwheft droog te leggen, terwijl het andere gedeelte in bedrijf blijft.

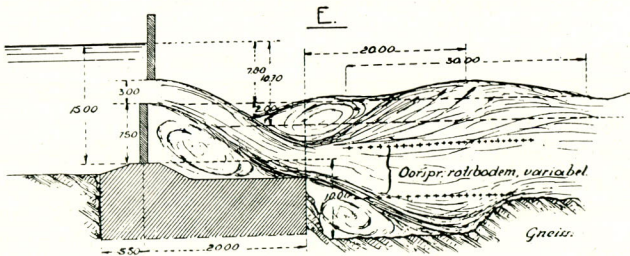
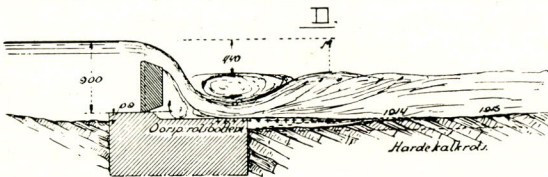
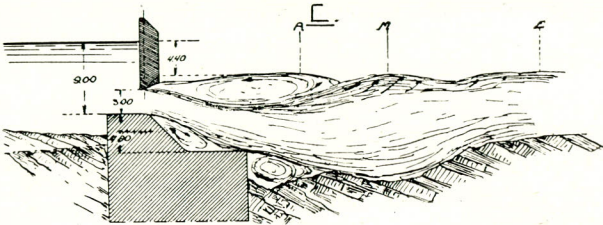
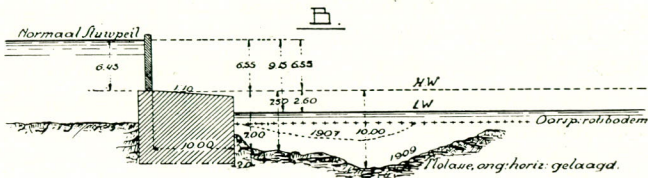
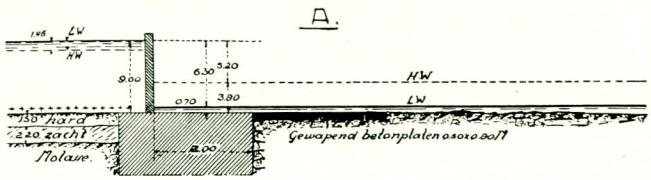
Een 0.5 tot 0.8 M. dikke en 10 tot 30 M. lange gewapend beton bekleeding, welke om onderdruk te voorkomen van gaten voorzien is en aan den rotsbodem verankerd, is hier aangebracht en heeft tot nu toe elke kolkvorming verhinderd. Men heeft hier, ook door de gesteldheid van den ondergrond, vergeleken bij andere stuwen, geluk gehad.

De tweede figuur (fig. 32) geeft een beeld van de kolkvorming

---

<sup>1)</sup> Nieuwere constructies als beweegbare houten stortvloeren, waar men in den laatsten tijd op sommige plaatsen gunstige resultaten mede bereikt heeft, worden hier niet meer behandeld.





Figuur 32. Kolkvorming bij stuwen.



bij de stuw te Hagneck. Hier steekt de drempel aanzienlijk boven den rivierbodem uit. De kolkvorming, welke al zeer spoedig de stabiliteit van de stuw bedreigde, werd uit alle macht tegengewerkt, waarmede slechts bereikt werd, dat de uitbreiding van de kolk iets minder snel plaats had. De kolk werd steeds dieper, tot in 1907 blokken van 15 M<sup>3</sup>. inhoud werden gezonken. Het daarvan verwachte resultaat bleef echter uit, omdat de sterke schietstralen tusschen de blokken in, de molasse als het ware in tweeën zaagden, waardoor de samenhang in den rotsgrond op bedenkelijke wijze werd verbroken. Daar bovendien van uit de diepe kanalen de fundeering van de landhoofden werd bedreigd, moesten na 10 jaar bedrijf omvangrijke maatregelen worden genomen om aan den onhoudbaren toestand een eind te maken. Men heeft toen de stuwvloer over 20 M. benedenstrooms doorgetrokken, waardoor evenwel noch de vorm, noch de diepte van den kolk wijziging hebben ondergaan; deze heeft zich uitsluitend benedenwaarts verplaatst, wat evenwel tot meerdere zekerheid van de stuw zelf heeft bijgedragen.

De derde figuur (*c* en *d*) stelt de doorstrooming te Augst-Wyhlen voor. In (*c*) is geteekend op welke wijze in een der openingen het onder de schuif door schietende water zich gedraagt; in (*d*) wordt hetzelfde duidelijk gemaakt voor overstorting van het water over een der 4 ijskleppen. De hier geschetste kolken hebben zich in twee jaren gevormd; een evenwichtstoestand is nog niet ingetreden. Uit (*c*) blijkt, dat de onder de schuif doorschietende straal door den drempelvorm over twee waterwalsen op den rotsbodem gericht is en deze geleidelijk afslijt en afbreekt. Figuur (*d*) daarentegen toont, dat de overstortende straal op den betrekkelijk korten sluisvloer terecht komt en achter de fundeering weinig onheil aanricht, hoewel ook hier kolkvorming kan worden geconstateerd.

De vijfde figuur (*e* fig. 32) brengt de normale afspuiing over de onderschuiven der middelste openingen te Laufenburg in beeld. De straal schiet ook hier over twee waterwalsen in schuine richting op den gelaagden gneissbodem en breekt deze snel af. De geschetste kolkvorming had in twee jaar plaats, terwijl toen van een evenwichtstoestand nog geen sprake was. Bij 8.70 M. verval is de oppervlakte van het benedenwater 200 M. beneden de stuw nog in heftige beweging, terwijl het water eerst op 300 M. afstand rustig afvloeit. Over 30 M. stroomafwaarts van de fundeering heeft de heftigste werking plaats.

Zonder twijfel had ook hier de aantasting door overstorting aanmerkelijk verminderd kunnen worden, terwijl hier het spuien onder de



schuif door waarschijnlijk zelfs nog voordeliger ware geweest, dan de afvoer tusschen beide schuiven door, waarbij de zoo funeste schuin op den bodem gerichte straal wordt gevormd.

Eerst in de laatste jaren is men gaan inzien, dat bij de groote vervallen, welke worden toegepast, een nauwgezette studie van de verschijnselen, welke bij het door de stuw afgevoerde water optreden, niet slechts nuttig maar hoogst noodzakelijk is. Het toenemend aantal belangrijke publicaties over onderzoekingen in deze materie toont aan, dat men met alle energie naar meerdere kennis op dit tot nog toe verwaarloosde gebied streeft.

**Fundeering.** Waar niet achter bekistingen in den open put kan worden gefundeerd, maakt men gebruik van de pneumatische methode, waarbij van de werkwijze met verloren caissons meer gebruik wordt gemaakt dan van die met de duikerklok. Deze laatste methode, gebezigd bij den bouw van de stuw te Laufenburg, werd bij nieuwere uitvoeringen weder verlaten. Een van de motieven, waarom men de duikerklok gebruikte, was dat men dan een betere eenheid in de geheele fundeering kon bereiken dan met het bezigen van verloren caissons mogelijk was. Daarbij had men vooral het oog op de gebrekkige dichting tusschen de pijler- en drempelcaissons (zie blz. 31, te Augst-Wyhlen bleek deze plek aan sterke erosie bloot te staan). Later heeft men echter in de methode verbetering gebracht. Volgens het denkbeeld van den aannemer LOCHER bouwt men pijler en drempelcaissons beide met een driekantige uitsparing. Zijn beide caissons gezonken, dan blijft tusschen de caissons een zeshoekig gat bestaan, dat men vervolgens met behulp van een kleine zeshoekige caisson dicht.

De caisson-methode is, waar in de rivier zelf en gemeenlijk zeer diep onder water gefundeerd moet worden (zie Augst-Wyhlen en Faal), uitstekend op haar plaats. Het caissonwerk wordt niet te zeer door de wetgeving belemmerd, terwijl twee Zwitsersche aannemersfirma's met een wereldnaam op dit gebied („Zschokke" en „Locher") zich op deze fundeeringmethode volkomen hebben gespecialiseerd en uitmuntend werk leveren.

**Vloer- en Pijler-** Met de toeneming van de ervaring, verkregen bij **bekleding.** in bedrijf zijnde stuwen, werd de bescherming van vloer- en pijlerconstructie allengs gewijzigd. Onbekteede beton is vooral op die plaatsen, waar een zeer sterke stroom langs trekt, niet te gebruiken.

Allengs heeft men de drempel- en pijlerbekleding verschillend gemaakt. Op de meest bedreigde punten past men een gietstalen



bekleding toe, op plaatsen, welke iets minder aan uitschuring bloot staan, zeer harde natuursteen, terwijl zachtere steen op de overige plaatsen wordt aangebracht. Met houtbekleding heeft men te Tuilière gunstige ervaringen opgedaan. Later heeft men deze bekleding ook te Faal toegepast; de bekleding is goedkoop, glad en dicht, en gemakkelijk te vernieuwen.

Bij de nieuwere constructies wordt zoowel in de vloeren als in de pijlers een flinke wapening aangebracht, welke in staat stelt, ondanks de reusachtige belastingen, waaraan zij bloot staan, de afmetingen binnen normale grenzen te houden.

**Verandering in de constructie van het schuiflichaam.** De schuifconstructie is in den loop der jaren veranderd. Het groote aantal regels heeft plaats gemaakt voor enkele krachtige hoofdliggers (in Augst-Wyhlen bij 9 M. schuifhoogte slechts twee), welke door middel van dwarsdragers, langsliggers en secundaire verstijvingen, den waterdruk van de beplating overnemen. Tegenover oudere schuiven is daardoor de materiaal-verdeeling veel gunstiger geworden; per M<sup>2</sup>. nuttig oppervlak wegen de nieuwere schuiven minder dan de oude onder overigens gelijke omstandigheden.

De hoofdliggers worden bij de nieuwere stuwen volmaakt als brugliggers met bakvormige randen geconstrueerd, terwijl in de meest moderne constructie paraboolliggers zonder diagonalen worden toegepast, uitgaande van de veronderstelling, dat de schuif steeds gelijkmatig wordt belast, hetgeen te betwijfelen valt.

Terwijl bij de oudere schuiven elke regel afzonderlijk aan de einden was opgelegd op een tamelijk lage loopbaan, zijn bij de nieuwere schuiven de hoofdliggers door eindstijlen en verticale verbanden tot een stijf geheel vereenigd. Vooral de eindstijlen zijn zeer stijf geconstrueerd, ten einde den zeer grooten druk der hoofdliggers over groote breedte te kunnen verdeelen. Niet meer de regels zijn bij deze constructies beweegbaar opgelegd, doch de eindstijlen, welke door middel van stalen kiplagers op de looprollen rusten. (Zie fig. 19 en 20)

Een vertikaal langsverband wordt bij slechts enkele constructies aangetroffen, daar de verticale stijfheid wegens de groote hoogte van de schuif en de verstijfde beplating, aan geen twijfel bloot staat.

Bij de dubbele schuiven, toegepast te Laufenburg, Faal en Olten is de beplating van de bovenschuif aan de hoogwaterzijde, die van de onderschuif aan de laagwaterzijde aangebracht. Bij de twee laatstgenoemde stuwen is het bovenste deel van de schuif zoodanig ont-



worpen; dat het water over de schuif stort zonder de dragende deelen aan te raken.

**Dichtingen.** De oorspronkelijke verticale staafdichting van STONEY (Zie fig. 3, 5, 8, 9 en 14), werd bij de nieuwere stuwen of gewijzigd of vervangen door andere dichtingen. Te Augst-Wyhlen voerde men een veerend opgehangen dichtingsbalk in, (fig. 20), terwijl te Laufenburg, Faal en Olten dunne dichtingsplaten worden gebruikt, welke door den waterdruk met een aan de platen bevestigde lijst tegen een glad gietstalen oppervlak aanslaan. (Fig. 28). Deze constructie voldoet uitstekend en wordt thans ook voor de horizontale afdichting tusschen de twee schuiven onderling toegepast. De horizontale afdichting van ijzer op gietijzer verving men later algemeen door een dichting van hout op een gladde, vervangbare stalen plaat.

**Verbetering van de beweegbare deelen.** Te Chèvres bleken de beweegbare deelen van de schuif, met name de rolwagens, de zwakke punten van de oorspronkelijke constructie van STONEY. Tijdens het achterblijven bij de schuif, wanneer deze laatste voor het spuien werd opgetrokken, stond de rolwagen bloot aan de inwerking van den stroom, werden de gietijzeren rollen van de loopbaan afgezogen en daarna met kracht tegenaan geslagen, waartegen de constructie niet bestand bleek.

Te Chèvres werden toen speciale schilden aangebracht, welke den met zand en grind bezwangerden stroom van de schuifspinning afleidden, doch de nuttige doorstroomopening versmalden. (Zie fig. 3).

Te Tuilière heeft men deze schilden reeds tijdens den bouw van de stuw aangebracht. (Zie fig. 14). Te Augst-Wyhlen paste men een verbreeden pijlerkop toe, (zie fig. 23), waarmede hetzelfde effect bereikt werd, doch waarbij evenzeer aan nuttige doorstroombreedte werd ingeboet. Bij de nieuwste constructies heeft men een anderen weg ingeslagen en heeft men zorg gedragen, dat de rolwagen zelf bestand is tegen aantasting door den stroom (Faal, Olten) of heeft men den stroom de kans ontnomen dit vitale constructiedeel aan te tasten, door den rolwagen, nadat de schuif boven water is gekomen, tevens boven water te trekken (deze inrichting wordt bij de schuiven in den Gatundam, Panamakanaal, aangetroffen), wat bij de met de schuif verbonden wielen te Laufenburg uit den aard der constructie reeds geschiedt. (Zie fig. 28),

Te Chèvres werden de gietijzeren looprollen vervangen door stalen, welk materiaal sindsdien in zwang bleef. Bij de rolwagens te



Augst-Wyhlen, (zie fig. 20), Faal en Olten is het frame, waarin de rollen opgenomen zijn, zeer stijf geconstrueerd, zoodat het slingeren onder de inwerking van den stroom vrijwel uitgesloten is. Te Olten grijpen aan den loopwagen bevestigde haken bovendien om de pijlerloopbaan heen, zoodat aflichting van den wagen hier geheel onmogelijk is gemaakt.

Bovendien worden de rolwagens thans zoodanig geconstrueerd, dat inspectie en vervanging der rollen mogelijk is, zonder den geheelen wagen te demonteeren.

Door al deze verbeteringen is de Stoney-schuif een volkomen bedrijfszekere element geworden.

**Wielen aan de schuif.** Te Laufenburg werden inplaats van rolwagens, aan de schuif bevestigde wielen toegepast (zie fig. 28). Hoewel de wijze waarop men in de constructie de moeilijkheden heeft opgelost, bewondering afdwingt, kan na verloop van ettelijke jaren bedrijf eerst blijken, hoe de rolcylinderlagers der wielen zich onder de zware belasting en trillingen onder water houden. In Zwitserland bleek men de constructie niet zoodanig te waardeeren, dat men ze meende te moeten voorschrijven voor de zwaar belaste onderschuiven bij nieuwere werken, waar de thans volkomen bedrijfszekere Stoney-rollen weder worden toegepast. Wel zijn te Faal en te Olten de betrekkelijk licht belaste bovenschuiven van wielen voorzien.<sup>1)</sup>

**Loopbanen.** De oudere gietijzeren loopbaanconstructie is later vervangen door een dikke stalen plaat, welke ondersteund wordt door meerdere hooge ijzeren walsliggers (zie fig. 20). De stalen plaat is gemakkelijk vervangbaar. De loopbaan wordt eerst op de juiste plaats gesteld, wanneer de schuif geheel gemonteerd tusschen de sponningen staat.

**Ophanging.** De kabels (toegepast te Chèvres) hebben moeten plaats maken voor Gall'sche kettingen. Bij de zwaarste schuiven is de ophanging door een stel balansen, op het voorbeeld van Tuilière (zie bladz. 20), statisch bepaald gemaakt, eene ophangmethode, welke ook bij Amerikaansche hefbruggen wordt gevolgd.

---

<sup>1)</sup> Een dergelijke oplossing was ook bij een ouder voor-ontwerp voor de Maasstuw te Linne voorzien. Daar bleek het echter, bij de overeenkomstige afmetingen der schuiven, voordeeliger gelijke rolwagens voor beide schuiven toe te passen.



**Ophaal-  
werktuigen.** Bij de stuwen, welke na die te Tuilière gebouwd zijn, zijn geen tegengewichten meer toegepast.  
**Tegengewichten  
vervallen.** Deze maken, vooral wanneer zij het schuifgewicht volkomen uitbalanceeren, het sluiten van de schuiven zeer lastig; de bedieningsbrug wordt geregeld zwaarder belast; vaak is een grootere pijlerhoogte noodzakelijk; het voordeel dat minder kracht noodig is om de schuiven te bewegen, is bij mechanische aandrijving niet zeer groot. Bij de dubbele schuiven werd te Faal en te Olten voor elk paar schuiven slechts één stel windwerken toegepast. Daardoor ontstaat een afhankelijkheid in de bewegingen der beide schuiven, welke niet altijd op haar plaats is. Het groote voordeel spreekt voornamelijk, wanneer voor boven- en onderschuif windwerken noodig zouden zijn van geheel afwijkende constructie. Bij het ontwerp voor de nieuwere stuw Eglisau schijnt men deze dispositie weder opgegeven te hebben.

**Electrische  
aandrijving.** Behalve te Chèvres werd overal electrische aandrijving toegepast. Ten einde volkomen onafhankelijk te zijn van storingen in de stroomlevering is te Laufenburg reserve aanwezig in den vorm van een accumulatorenbatterij en een gasmotor.

**Montagekraan.** Bij nieuwere werken is de bedieningsbrug zoodanig geconstrueerd en van rails voorzien, dat een montagekraan zich over de verschillende bewegingswerktuigen kan bewegen en aan het eind van de brug door een gat in den vloer machinedeelen van den beganen grond kan ophijschen, respectievelijk daarop kan neerlaten. Deze montagekraan, gebruikt bij den bouw van de stuw, werd later meestal op de brug dienstklaar gehouden voor mogelijke herstellingen.

Men ziet deze kraan op fig. 23 rechts tegen de centrale.

**Noodafsluitingen.** Behalve te Beznau bezigt men op het voorbeeld van Chèvres, overal metalen schotbalken voor noodafsluiting. Deze worden gewoonlijk langs een hangbaan aangevoerd en door speciale windwerken, welke op de pijlerkoppen worden opgesteld, neergelaten en opgeheschen (fig. I). Te Laufenburg is bovendien een kleine caisson aanwezig (van dezelfde constructie als de taatskuipen bij sluizen in gebruik), met behulp waarvan de pijlersponningen geïnspecteerd en hersteld kunnen worden.

**Enkele cijfers.** Van de nieuwere stuwen staan geen voldoende gegevens ter beschikking, om daarover belangwekkende cijfers mede te deelen; van de stuwen te Chèvres, Tuilière, Augst-Wyhlen echter wel.



De stuw te Chèvres heeft een totaal nuttig schuifoppervlak van 510 M<sup>2</sup>. Daarvoor waren in totaal 780 000 K.G. ijzer noodig voor schuiven, bedieningsbrug, windwerken, tegengewichten. Per M<sup>2</sup> schuifoppervlak werd aan ijzer dus verwerkt 1530 K.G. in totaal, terwijl dit cijfer uitsluitend voor de schuifconstructie 589 K.G. bedroeg. De gemiddelde kosten van al het ijzerwerk werden geschat op f 300 per ton.

De stuw te Tuilière heeft een nuttig schuifoppervlak van 924 M<sup>2</sup>. De totale hoeveelheid verwerkt ijzer bedroeg hier 1.790.000 K.G., per M<sup>2</sup> schuifoppervlak was in totaal 1940 K.G. noodig. De gemiddelde kosten van al het ijzerwerk werden geschat op f 347 per ton.

Bij de stuw te Augst-Wyhlen hebben de schuiven een nuttig oppervlak van 1575 M<sup>2</sup>. Hieraan werd in totaal verwerkt 2.290.000 K.G. ijzer. Per M<sup>2</sup> schuifoppervlak in totaal dus 1450 K.G.; voor de schuifconstructie zelf 602 K.G. De gemiddelde eenheidsprijs bedroeg slechts f 270 per ton.

De stuw te Laufenburg heeft een totaal nuttig schuifoppervlak van 949 M<sup>2</sup>. Daaraan werden alleen voor de schuiven 1.114.000 K.G. ijzer verwerkt, wat overeenkomt met een gewicht van 1174 K.G. per M<sup>2</sup> schuifoppervlak.

**Conclusie.** Grote Stoney-schuiven zijn, in tweedeelige uitvoering van moderne constructie, stuelelementen, welke aan zeer hoge eischen voldoen.

Daarmede toch is te bereiken:

- a. dat bij groot verval het water door de stuw wordt afgevoerd door overstorting, waardoor de minste schade door de vrijkomende energie van het afgevoerde water wordt aangericht;
- b. dat de stuw een overlaat vormt, welke binnen zekere grenzen het stuwpeil automatisch regelt;
- c. dat met goede bewegingsorganen zonder moeite door één man in korten tijd de afvoer van de stuw aanzienlijk kan worden vergroot of verkleind, terwijl fijne regeling van den afvoer mogelijk is;
- d. dat afspuien van neerzettingen boven de stuw door het ophalen van de onderschuif mogelijk is.

Bovendien zijn de volgende elementen aanwezig voor bedrijfszekerheid:

- a. de constructie is eenvoudig;



- b. bij open stuw kunnen alle beweegbare deelen boven water worden gebracht;
- c. de rolwagen is volgens nieuwere constructies volkomen bedrijfszeker en kan zonder moeite geïnspecteerd worden, terwijl de rollen kunnen worden vervangen, zonder dat demonteerden van den geheelen wagen noodig is;
- d. de bediening geschiedt zonder eenige moeite, zoo noodig op afstand.

Voor de stuwen in de Maas komen de groote dubbele schuiven door deze bijzondere eigenschappen vooral daar in aanmerking, waar het snel en gemakkelijk vrijmaken of afsluiten van groote doorstroomoppervlakken noodzakelijk is en groote waarde wordt gehecht aan een nauwkeurige regeling van het stuwpeil.

De eerste eischen treden vooral op den voorgrond bij die stuwen, welke slechts geheel geopend worden wanneer de natuurlijke waterstand ter plaatse van de stuw het stuwpeil overtreft en waar de kans op het totstandkomen van een waterkrachtcentrale bestaat.

Dit is te Linne het geval, zoodat daar om dubbele redenen een afsluiting van de zoogenaamde afvoeropeningen met tweedeelige Stoney-schuiven moet worden aanbevolen.



#### IV. AANTEEKENINGEN BIJ DE REIS.

**Persoonlijke indruk van het werk.** De indruk, welke de kwaliteit van het werk maakte, was een onverdeeld gunstige. De snelheid waarmede de stuwtechniek zich in korten tijd in Zwitserland ontwikkeld heeft, is opvallend.

Daarvoor een verklaring te vinden is niet moeilijk.

De Zwitsersche nijverheid heeft zich van oudsher toegelegd op kwaliteitswerk, daartoe gedwongen door de armoede van grondstoffen van den bodem en er toe in staat gesteld door de ontwikkeling van zijne bevolking.

Dit kwaliteitswerk kon op geen ander gebied der techniek zoo tot zijn recht komen als bij de ontginning van de aanwezige waterkracht, welke een groot deel van het nationaal vermogen vertegenwoordigt.

Vooraf sinds de mogelijkheid van transmissie van elektrische energie over grooten afstand vast stond, werd voor de industriële expansie een terrein geopend, dat slechts met vrucht te ontginnen was, wanneer waterbouwkundigen, werktuigkundigen, electro-technici (en in vele gevallen ook chemici en bouwkundigen) innig samenwerkten om het gestelde doel te bereiken. Waar deze samenwerking bestaat (en dit is in Zwitserland in hooge mate het geval!) uiten de resultaten zich in alle onderdeelen van het werk, even goed bij de stuw als bij de centrale.

De stuw vormt een integreerend en zeer kostbaar deel van elk waterkracht-complex.

Deze samenhang brengt mede, dat bij de commercieel gevoerde exploitatie der waterkrachtcentrale, de stuw als belangrijke post op de kapitaal- en de exploitatierekening voorkomt, zoodat een sterke directe prikkel aanwezig is om de bouw- en exploitatiekosten van de stuw te drukken, welke bij zuivere scheepvaartstuwen meest ontbreekt.

Bovendien werd de bouw der waterkrachtcomplexen, uitgaande van het particulier initiatief, na onderlingen prijskamp, vaak in zijn geheel opgedragen aan combinaties van groote machinefabrieken, aannemersfirma's en constructiefabrieken, die elk op hun terrein ten volle specialist zijn en waarvan de meesten een wereldnaam hebben.



Hoewel niet te ontkennen valt, dat de nadeelen van het particulier initiatief zich uitten in een stelsellooze ontginning der waterkracht, welke hier en daar in „roofbouw” ontaardde, heeft de sterke prikkel van het directe voordeel en de scherpe onderlinge concurrentie een snelle ontwikkeling van de techniek zeer in de hand gewerkt.

Dit mag, dunkt mij, ook wanneer in een komende periode de opvatting gemeen goed is geworden, dat de waterkracht als nationaal vermogen volgens veel grooter lijnen behoort te worden ontgonnen en geëxploiteerd, niet uit het oog worden verloren.

**Bezoeken.** Hare Majesteits Gezant Jhr. Mr. F. G. VAN PANHUYNS was zoo vriendelijk ons met zijn raad en hulp bij te staan.

De groote bereidwilligheid, waarmede de inspecteur der Zwitsersche openbare werken VON MORLOT ons bij het uitwerken der reisplannen hielp en ons, ondanks zijn hoogen leeftijd, midden in den winter naar de meeste der bezichtigde werken vergezelde, zullen wij stellig niet vergeten. Behalve dat hij ons op stuwgebied inlichtte, gaf hij ons een indruk van het belangrijke werk, dat onder zijne leiding verricht was op het gebied van riviercorrectie en het beteugelen van bergstroomen.

Te Zürich deed Prof. K. E. HILGARD ons het genoeg eenige inlichtingen over beweegbare stuwen te geven.

Geïntroduceerd door het bestuur van het „Baseler Natuurwetenschappelijk Genootschap” werd te Basel een lezing bijgewoond van Dr. Ing. H. GRUNER over den bouw van de waterkrachtcentrale te Laufenburg, terwijl wij daar ter plaatse tevens kennis maakten met den directeur en de ingenieurs van de *Gemeentebedrijven der stad Basel* (waaronder de centrale Augst ressorteert) en de leiders van de constructie-werkplaatsen „Alb. Buss & Cie”.

Te Bern werd de fabriek van de „*Eisengiesserei Bern*” bezichtigd, waar tevens plannen voor nieuwe stuwafsluitingen werden gedemonstreerd. In de nabijheid van Bern werd een kleine, weinig belangrijke stuw gebezigd.

Te Olten bezochten wij de destijds half voltooide stuw en maakten wij kennis met de aannemers LOCHER en hun werk.

Over de wijze, waarop wij overal werden ontvangen en wij op vele vragen antwoord ontvingen kan niet anders dan met den grootsten lof worden gesproken.

Maastricht, October 1918.

*De Ingenieur,*  
G. P. NIJHOFF



Bij de firma GEBRS. VAN CLEEF, Boekhandelaar, Spui 28 te 's-Gravenhage zijn mede verkrijgbaar gesteld van de „Rapporten en Mededeelingen van den Rijkswaterstaat”:

- N<sup>o</sup>. 6. Aanteekeningen omtrent de gevolgen van zware stormvloed, tusschen 1500 en 1825 voorgekomen, voor de dijken en polders langs het Zuidwestelijk deel der Zuiderzee, samengesteld door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat D. A. VAN HEYST. Prijs f 0.25.
- „ 7. Verslag omtrent den aanleg van stroomleidende dammen in de Zandkreek en Veergat, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0.25.
- „ 9. Over straatklinkers, welke aan hooge eischen voldoen en de wenschelijkheid om de levering van straatklinkers afzonderlijk aan te besteden, door de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT en Jhr. A. G. BEELAERTS VAN BLOKLAND. Over Friesche steen, in het bijzonder in Friesland gebakken straatsteen, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT. Prijs f 0.25.
- „ 10. Nota, betreffende de toepassing van gewapend beton voor heipalen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat J. J. CANTER CREMERS. Prijs f 0.25.
- „ 11. Nota, betreffende berekeningen omtrent rivierverbeteringen, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat C. W. LELY. Prijs f 0.25.
- „ 12. Kort verslag van een bezoek in 1916 gebracht aan het Panama-kanaal en aan verschillende sluis- en kanaalwerken in Noord-Amerika door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Jhr. C. E. W. VAN PANHUYS, met eenige reis-aanteekeningen van de Ingenieurs van den Rijkswaterstaat F. L. SCHLINGEMANN en G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0.25.
- „ 13. I. Verslag betreffende het visschen naar een gezonken mijn in de haven van IJmuiden, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat W. G. C. GELINCK.  
II. Verslag omtrent de lichting van het op 18 Juni 1917 in de Doorgraving te Hoek van Holland gezonken stoomschip „Turin”, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat A. T. DE GROOT. Prijs f 0.25.
- „ 14. Verslag omtrent het gebruik van Indische en Australische houtsoorten, volgens door den Rijkswaterstaat verstrekte gegevens, bewerkt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. J. VAN DEN BROEK. Prijs f 0.25.
- „ 15. Rapport naar aanleiding van de werking eener proefinrichting tot verlagings van den grondwaterspiegel door middel van bronbemaling en de daarmede verkregen uitkomsten, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF. Prijs f 0.25.
- „ 16. I. Nota betreffende de bemaling van de Drentsche Hoofdvaart, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat Dr. L. R. WENTHOLT.  
II. Nota over het proefheien van houten en ijzeren damwand te Linne, opgemaakt door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat F. VOLKER. Prijs f 0.25.
- „ 17. Verslag van een bezoek, gebracht door den Hoofdingenieur-directeur van den Rijkswaterstaat A. A. H. W. KÖNIG en den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF aan eenige belangrijke beweegbare stuwen in Zwitserland in het jaar 1915, door den Ingenieur van den Rijkswaterstaat G. P. NIJHOFF. Prijs f 1.—.