

RAPPORTEN EN MEDEDEELINGEN VAN DEN RIJKSWATERSTAAT.

Nº. 17.

INHOUD:

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.



UITGEGEVEN DOOR HET MINISTERIE
VAN WATERSTAAT.

INHOUD.

	Bladz.
I. INLEIDING.	
Aanleiding tot de reis	1
II. KORTE BESCHRIJVING VAN EENIGE BELANGRIJKE STUWEN UITGERUST MET SCHUIVEN.	
A. STUW BIJ CHÈVRES IN DE RHÔNE	3
Ligging.	3
Situatie.	4
Centrale	4
Vast gedeelte van de stuw	5
Beweegbaar gedeelte van de stuw.	6
Kosten	8
Litteratuur.	8
B. STUW BIJ BEZNAU IN DE AARE	8
Ligging.	8
Situatie.	9
Centrale	9
Stoomcentrale	11
Toeleidingskanaal en inlaatsluis.	12
Fundeering en vast gedeelte van de stuw	12
Beweegbaar gedeelte van de stuw.	13
Kosten	14
Litteratuur.	15
C. STUW BIJ TUILIÈRE IN DE DORDOGNE	15
Ligging.	15

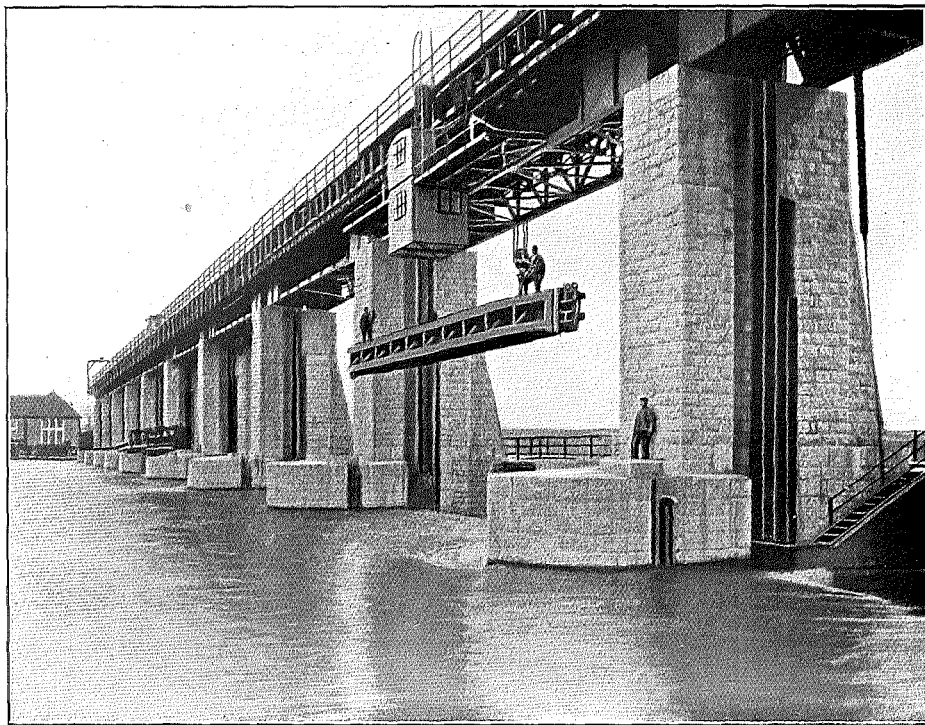
	Bladz.
Situatie.	15
Centrale	16
Stoomcentrale	17
Fundeering en vast gedeelte van de stuw	18
Beweegbaar gedeelte van de stuw.	19
Kosten	21
Litteratuur.	22
 D. STUW BIJ AUGST-WYHLEN IN DEN RIJN.	 22
Ligging.	22
Situatie.	22
Centrale Wyhlen	23
Stoomcentrale Wyhlen	25
Centrale Augst	26
Fundeering en vast gedeelte van de stuw	28
Beweegbaar gedeelte van de stuw.	31
Schutsluis.	37
Kosten	37
Litteratuur.	39
 E. STUW BIJ LAUFENBURG IN DEN RIJN	 39
Ligging.	39
Situatie.	39
Centrale	40
Fundeering en vast gedeelte van de stuw	41
Beweegbaar gedeelte van de stuw.	42
Schutsluis.	44
Litteratuur.	45
 F. STUW BIJ FAAL IN DE DRAU	 45
Ligging.	45
Situatie.	45
Centrale	46
Fundeering en vast gedeelte van de stuw	46
Beweegbaar gedeelte van de stuw.	48
Litteratuur.	49

III. BESCHOUWINGEN.

Toenemend verval en grooter afstand tusschen de pijlers	50
Afvoer door overstorting. Dubbele schuiven	51
Aantasting van het rivierbed	51
Voorbeelden van kolkvorming	52
Fundeering	54
Vloer en pijlerbekleeding	54
Verandering in de constructie van het schuiflichaam .	55
Dichtingen	56
Verbetering der beweegbare deelen	56
Aan de schuif bevestigde wielen	57
Loopbanen	57
Ophanging	57
Bewegingswerktuigen. Tegengewichten vervallen . .	58
Electrische aandrijving	58
Montage kraan	58
Noodafsluitingen	58
Enkele cijfers betreffende gewichten en kosten . . .	58
Conclusie	59

IV. AANTEKENINGEN BIJ DE REIS.

Persoonlijke indruk van het werk	61
Bezoeken	62



Figuur 1. Stuw te Augst-Wyhlen in den Rijn.

I. INLEIDING.

Aanleiding tot de reis. De rivier de Maas zal in ons land gekanaliseerd worden van Maasbracht tot Grave.

Tusschen deze twee plaatsen heeft de rivier niet overal hetzelfde karakter. Van Maasbracht tot Roermond heeft de Maas een aanzienlijk verhang, dat geringer wordt tusschen Roermond en Belfeld om beneden Belfeld zéér flauw te worden. In verband hiermede varieëren de eischen, welke gesteld worden aan de beweegbare stuwen, welke de kanalisatie op die verschillende gedeelten moeten bewerkstelligen.

Terwijl op het gedeelte met flauw verhang jaarlijks gedurende langeren tijd voldoende vaardiepte wordt aangetroffen, is deze op het gedeelte met aanzienlijk verhang slechts gedurende zeer korte perioden aanwezig. Dit brengt mede, dat de stroomafwaartsche stuwen gedurende een groot gedeelte des jaars buiten werking kunnen worden gesteld, de stroomopwaartsche stuwen daarentegen, op een korte periode na, voortdurend in bedrijf moeten zijn. Terwijl eerstgenoemde stuwen dus in werking zijn bij lage rivierstanden, worden laatstgenoemde ook gebruikt bij hoogere standen, wanneer de afvoer aanzienlijk grooter is. Bij de grootere afvoeren vermindert het verval aan de stuw en daardoor de afvoer per M^2 doorstroomoppervlak, zoodat het doorstroomoppervlak, dat moet worden vrijgemaakt om een bepaalde hoeveelheid water méér door de stuw af te voeren, met het debiet van de rivier grooter wordt.

Hieruit spruit voort, dat bij de stroomopwaartsche stuwen in den zelfden tijd een veel grooter doorstroomoppervlak moet kunnen worden vrijgemaakt (of gesloten) dan bij de stuwen op het gedeelte met flauw verhang.

Eerstgenoemde stuwen moeten dus worden voorzien van groote elementen, welke snel uit het doorstroomprofiel kunnen worden verwijderd.

Deze eisch, geldend voor alle stuwen op het riviergedeelte met sterk verhang, wordt voor de stuw te Linne nog toegespitst. Deze stuw beheerscht een pand, waarin zoowel het kanaal van de Maas naar de Zuid-Willemsvaart als het toegangskanaal naar de kolenhavens uitmondt, terwijl bovendien de mogelijkheid bestaat, dat bij de stuw een waterkrachtcentrale zal worden opgericht.

Bij deze stuw komt het er dus niet alleen op aan om in korten tijd groote doorstroomoppervlakken vrij te maken (of te sluiten), maar is een snelle, nauwkeurige en gemakkelijke regeling van het stuwpeil uiterst gewenscht.

Reeds bij een voor-ontwerp viel de keuze der afsluiting der zoogenaamde „afvoeropeningen” van de stuw op Stoney-schuiven, welke tot zeer groote afmetingen kunnen worden toegepast, gemakkelijk beweegbaar en bedrijfszeker zijn. Bij de Maasstuwen, welke een groot verval zullen krijgen met betrekking tot den lossen grondslag, komt het er bijzonder op aan, dat het arbeidsvermogen van het door de stuw afgevoerde water zich niet op ongewenschte plaatsen uitput en den bodem en oever beneden de stuw zoodanig aantast, dat gevaar voor de stabiliteit van het kunstwerk ontstaat en een zeer dure voorziening noodzakelijk wordt.

Enkelvoudige schuiven, welke worden opgetrokken en onder door de schuif het water afvoeren, konden daarom in dit geval niet voldoen, omdat vooral in tijden van groot verval een sterke aantasting van den bodem te vreezen is.

De keuze viel daarom op tweedeelige, schuins achter elkaar geplaatste, schuiven. Daarbij kan de bovenschuif achter de onderschuif worden neergelaten, zoodat het water door overstorting wordt afgevoerd en gelegenheid bestaat het arbeidsvermogen van dit water in een speciale stortkom zonder belangrijke kosten uit te putten. Bij een zoodanige opstelling der schuiven zou het dan tevens mogelijk blijven bezinksel van tijd tot tijd, onder de schuiven door, af te spuien.

Van deze dubbele schuiven werd een voor-ontwerp uitgewerkt. Daar echter over dubbele schuiven vrijwel geen litteratuur bestond en er zich, bij deze groote constructies in het algemeen, een aantal practische vragen voordoen, wier beantwoording uit de voorhanden litteratuur onmogelijk was, bleek het gewenscht in bedrijf zijnde grootere schuifstuwen te bezoeken.

Deze stuwen zijn over de geheele wereld verspreid, doch komen in betrekkelijk groot aantal in Zwitserland voor, waar het ook gelukt is de oorspronkelijke constructie aanmerkelijk te verbeteren. Daar het bezoek aan een der oorlogvoerende landen bovendien bezwaarlijk was, werd de reis beperkt tot enkele der voornaamste Zwitsersche werken.

De reis had plaats, nadat reeds door litteratuurstudie en het maken van uitgebreide voor-ontwerpen detailkennis was verkregen, hetgeen een bezoek ter plaatse uiterst vruchtbaar maakte.

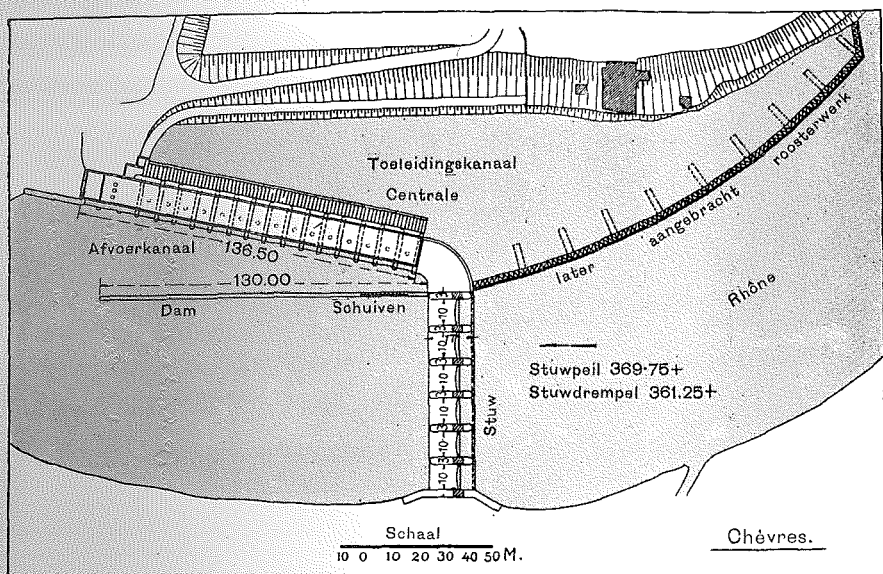


Fig. 2. Situatie van de stuw te Chèvres in de Rhône.

HART PIJLER

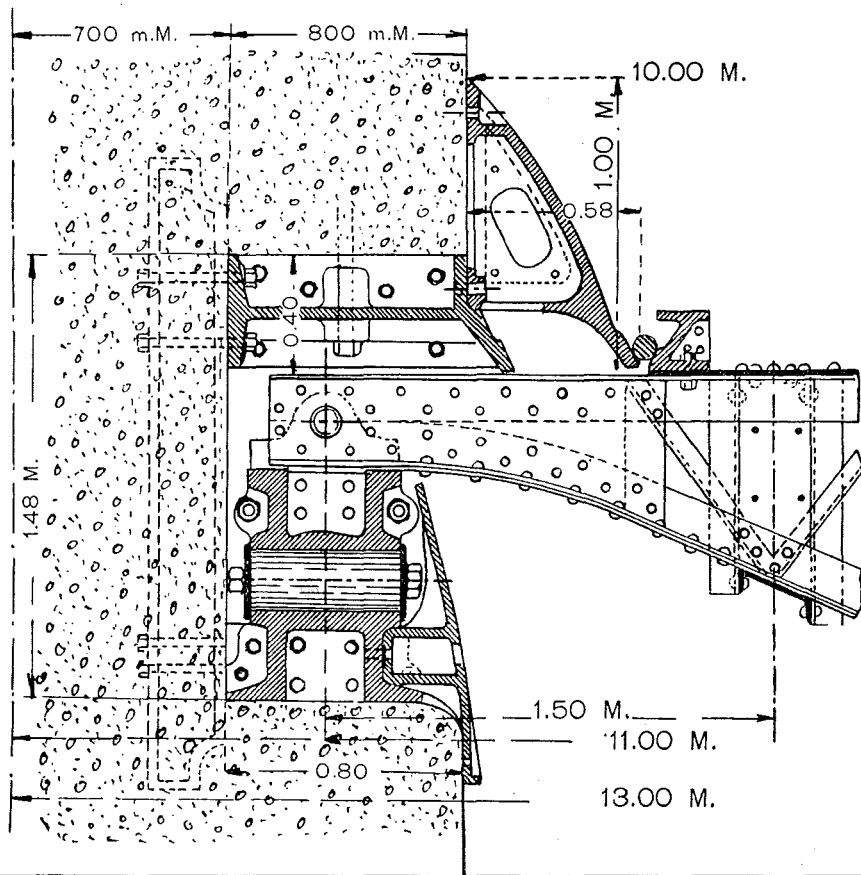


Fig. 3. Detail van de schuifoplegging in de pijlersponning te Chèvres.

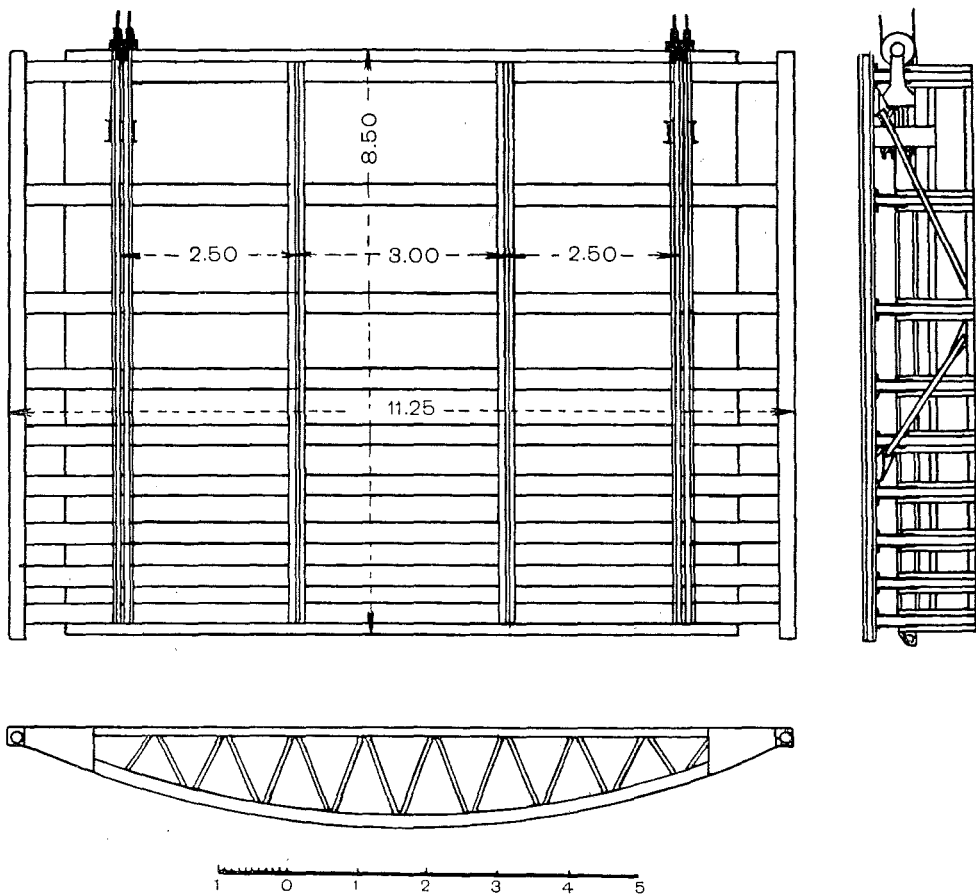


Fig. 4. Schuif van de stuw te Chèvres.

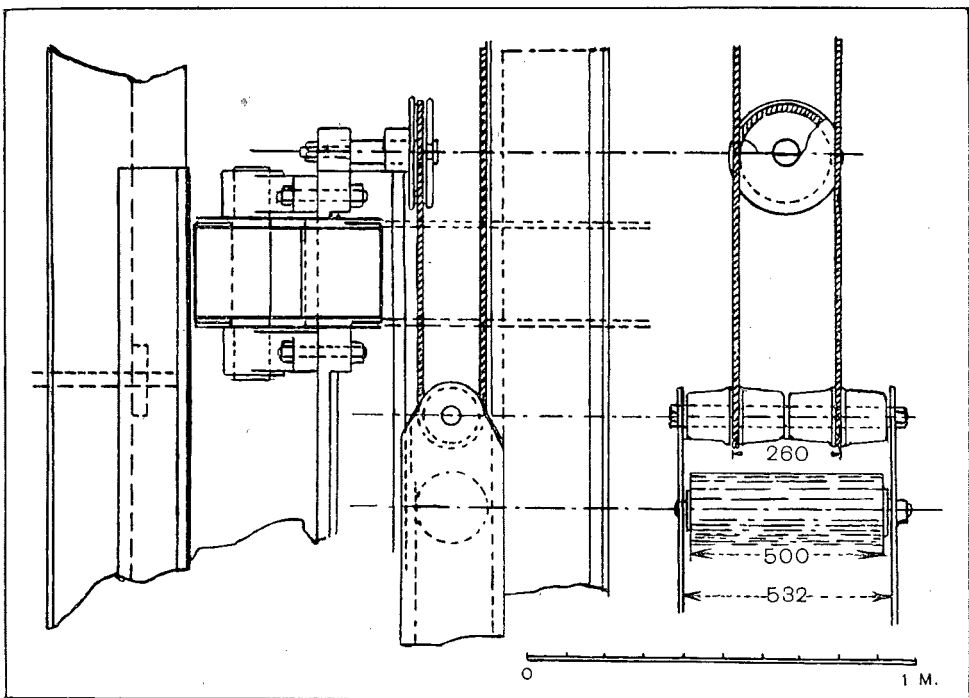


Fig. 5. Ophanging van den rolwagen aan de schuif.

II. KORTE BESCHRIJVING VAN EENIGE BELANGRIJKE STUWEN UITGERUST MET SCHUIVEN.

De stuwen, welke worden beschreven, bevinden zich niet allen in Zwitserland. De stuw bij Tuilière beheerscht de Dordogne in het zuiden van Frankrijk, de stuw bij Faal is gebouwd in de Drau in Oostenrijk.

Hoewel deze werken niet konden worden bezichtigd, is eene beschrijving opgenomen, omdat beide een schakel vormen in de ontwikkeling der stuw-techniek en belangrijke constructieve bijzonderheden vertoonen.

De volgorde der beschrijvingen is chronologisch, zoodat de ontwikkeling der techniek gemakkelijk te volgen is.

Bij de beschrijving zijn enkele hoofdtrekken van de bijbehorende centrales vermeld, daar stuw en centrale bij deze werken nauw samenhangende deelen van één complex vormen.

A. STUW BIJ CHÈVRES IN DE RHÔNE, BEHOORENDE BIJ DE WATERKRACHTCENTRALE VAN DE STAD GENÈVE.

Ligging. Het werk dateert van 1892—1896 en bevindt zich bij het dorp Chèvres beneden Genève in de Rhône.

Tusschen de uitmonding uit het meer van Genève en Chèvres neemt de Rhône de Arne op, een bergstroom, waarvan de afvoer wisselt tusschen 20 M³. en 1136 M³. per seconde en die buitengewoon groote hoeveelheden vaste stoffen, vooral scherp gletscherzand, afvoert.

Door regeling van het meer van Genève heeft men den minimum-afvoer der Rhône van 50 M³. op 100 M³. per seconde weten te brengen, terwijl men tijdens hoog water op de Arne allen afvoer der Rhône boven een debiet van 92 M³. per seconde in het meer accumuleert. Bij Chèvres bedraagt de minimum-afvoer mitsdien 120 M³. per seconde, de maximum afvoer 1228 M³. per seconde. Van belang voor de openings-

snelheid der stuw is verder, dat de maximum-was bij hoogwater 640 M³. in 24 uur bedraagt.

Situatie. De situatie blijkt uit fig. 2. Naast de stuw ligt de monding van het korte toeleidingskanaal, dat volgens het verlengde der stuw doorsneden wordt door een grondkrib van beton, welke medegevoerd zand uit het toeleidingskanaal moet weren. Stroomafwaarts en loodrecht op de stuw is een stroomleidende muur aangelegd, welke van schuiven is voorzien, dienende om bij de centrale partij te kunnen trekken van het lage peil beneden de stuw, ontstaande door straalcontractie. De centrale grenst rechts aan de stuw en ligt schuins-stroomaf. Zij was oorspronkelijk slechts door een onmiddellijk daarvoor geplaatst fijn roosterwerk tegen vuil beschermd. Deze positie is ongunstig voor de centrale, daar het toeleidingskanaal een vergaarbak vormt voor medegevoerde stoffen. Om aan de bezwaren der situatie tegemoet te komen is later voor f 280 000 een nieuw roosterwerk gebouwd, dat het vuil uit het toeleidingskanaal houdt en dat door eene electrische reinigingsmachine wordt schoongehouden.

Centrale. De centrale heeft eene lengte van 137 M. Opgesteld zijn 15 turbines, elk van 1200 P.K. normaal vermogen bij een verval van 8.15 M. Normaal is dus een vermogen aanwezig van 18 000 P.K. De vijf eerst opgestelde turbines zijn verticale conische reactie-dubbel-turbines, welke zoodanig zijn geconstrueerd, dat bij groot verval de onderste radkransen 1200 P.K., bij kleiner verval (4.30 M.) beide kransen samen nog 800 P.K. bij 80 omwentelingen per minuut leveren. De tien later geplaatste turbines zijn centrifugale Francis-reactie-turbines met vier loopkransen boven elkaar van gelijk vermogen als de conische turbines, maar met 120 omwentelingen per minuut. De eerste vijf turbines zijn direct met wisselstroomgeneratoren, systeem Thury, gekoppeld. De generatoren van de 6de tot 14de turbine zijn als tweefasen wisselstroom-machines met stilstaand anker en roteerende veldmagneten volgens het wisselpool-systeem gebouwd. Al deze generatoren kunnen tweefasen-wisselstroom leveren van 5500 volt en 45 perioden. De eerste 5 machines leveren echter als regel wisselstroom van 2750 volt, 45 perioden. De 15de turbine is met een gelijkstroom-machine gekoppeld, welke stroom levert aan een electrochemische fabriek te Chèvres.

Wordt stroom van 2750 volt geproduceerd dan wordt deze in een afzonderlijk transformatoren-gebouw op 5500 volt gebracht. De stroom wordt als tweefasen-stroom van 5500 volt ondergronds naar Genève gevoerd (rond 6 K.M.).

In 1908 werden bij een aansluitwaarde van 22000 P.K. 37.5 miljoen K.W.U. afgezet, waarvan 16.5 miljoen K.W.U. aan genoemde chemische fabriek met een aansluitwaarde van 4000 P.K.

In de centrale kunnen de turbinekamers bovenstrooms door segmentschuiven worden afgesloten. Stroomafwaarts was oorspronkelijk een afsluiting met schotbalken voorzien, welke bij reparatiën echter te veel tijd kostte. Men maakt thans gebruik van een ijzeren ponton, welke voor de af te sluiten opening wordt gedreven en door het inlaten van water wordt gezonken.

Vast gedeelte De stuw is 75 M. lang tusschen den linker land-
van de stuw. hoofdpijler en den rechter eindpijler en bevat 6 openingen, wijd 10 M. tusschen 3 M. dikke pijlers. Het stuwpeil bedraagt 369,75 M. en ligt 2 M. boven hoog water. De drempels der openingen liggen op 361,25 M.

Het Rhônebed bestaat ter plaatse uit molasse en is rechts dieper uitgeschuurd dan links. De fundeering kon hier hoogst eenvoudig zijn; zij bestaat uit een betonplaat, welke aan voor- en achterzijde, alsmede onder den drempel, ter diepte van 0,5 M. is ingekast; slechts waar slechte plekken werden aangetroffen ging men dieper.

De pijlers (zie fig. 33) hebben een lompen vorm en zijn aan voor- en achterzijde halfcirkelvormig afgerond. Zij zijn in totaal 17 M. lang en 3 M. breed. De bovenkant ligt over de volle lengte op 1 M. boven stuwpeil. In het midden steekt een 4,5 M. lang gedeelte 4,8 M. hier boven uit en draagt de dienstbrug. Zoowel aan de boven- als aan de benedenstroomsche zijde zijn schotbalkspanningen uitgespaard met het oog op herstellingen. Evenals de drempel zijn zij geheel in beton opgetrokken. Tegen de sterke schuring van het met gletscherzand bezwangerde water zijn zij over het onderste deel, evenals de vloer, met ijzeren platen gepantserd. De beneden-aanslag der schuiven bestaat uit gietstukken, welke even boven den vloer uitsteken.

Een bescherming van den bodem werd met het oog op den ondergrond niet noodig geoordeeld. Toch bleek de uitwerking van het onder de schuiven doorspuitende water op de harde molasse zeer groot te zijn. Bij drooglegging van het bed beneden de stuw bleken na twintig jaren dienst 2 M. diepe geulen uitgeslepen te zijn, welke zich tot 130 M. beneden de stuw uitstrekten; plaatselijk waren zelfs gaten uitgeslepen van ruim 3 M. diepte. Bij ons bezoek kon duidelijk worden waargenomen hoe het onder de schuiven doorschietende water eerst op meer dan 100 M. afstand beneden de stuw sprongsgewijs in een rustiger strooming overging.

Door den aard van den bodem bood de uitvoering geen moeilijkheden. Zij had bij gedeelten in den droge plaats, waarbij de put werd omsloten door op den rotsgrond rustende houten vangdammen.

Beweegbaar gedeelte van de stuw. De schuiven zijn door den Engelschen Ingenieur STONEY ontworpen en zijn het voorbeeld geweest voor een groot aantal andere constructies. Zij bieden de volgende, door den uitvinder destijds in patenten vastgelegde, bijzonderheden (zie fig. 3, 4, 5 en 33).

De regels van de enkelvoudige schuif brengen door middel van kiplagers den druk over op een verticalen eindstijl. Deze rust op rollen, welke los vereenigd zijn in een rolwagen. Deze rolwagen beweegt met de halve snelheid van de schuif. Tapwrijving treedt niet op, zoodat bij de beweging slechts rekening behoeft te worden gehouden met rollende wrijving.

De rolwagen hangt met een schijf in een kabel, welke eenerzijds aan de schuif, aan het andere uiteinde aan een vast punt (de bedieningsbrug) bevestigd is, zoodat alle rollen gedwongen worden met de halve snelheid de schuif te volgen.

De zijdelingsche afdichting heeft plaats door een ronde staaf, welke aan de schuif hangt en door het water in een wigvormige, door twee lijsten gevormde opening wordt gedrukt. Een der lijsten is bevestigd op de schuif, de andere op den pijler. De horizontale afdichting vindt plaats door de verstijfde onderrand van de schuif te doen aanslaan tegen een gietijzeren drempel.

De schuiven te Chèvres zijn 8,50 M. hoog en 11,25 M. breed. De waterdruk wordt door de vlakke ijzeren beplating, onder 16 m.M. en boven 13 m.M. dik, overgebracht op een 9-tal horizontale vakwerkregels met parabolischen achterrand. De onderlinge afstand dier regels is zoodanig gekozen, dat zij alle dezelfde belasting krijgen, namelijk rond 40 ton, zoodat zij volkomen gelijk geconstrueerd konden worden.

De maximum schuifdruk, groot 360 ton, wordt aan beide zijden door den gegoten verticalen eindstijl op 24 cylindrische rollen overgebracht; deze steunen op een gladde gietijzeren loopbaan, welke den druk over de beton van het pijlerlichaam verdeelt. De 50 c.M. lange en 20 c.M. dikke cylinders zijn door dunne en smalle ijzeren platen tot een rolwagen vereenigd. Rust de schuif op den drempel dan is de rolwagen nog 25 c.M. van den vloer verwijderd, over welken afstand de pijler-nis schuin bijgewerkt is, zoodat er zich geen vuil in kan verzamelen. De cylinders waren oorspronkelijk van gietijzer met

stalen assen. Bij opgetrokken schuif blijven de rolwagens halverwege achter. Zij werden door den stroom (maximaal bijna 13 M. snelheid per seconde) zoo hevig aangegrepen, dat zij beurtelings van de loopbaan werden afgelicht en er tegen aan werden geslagen. waardoor de stalen assen verbogen, de gietijzeren cylindfers braken en naar beneden vielen. Men heeft toen gehard stalen cylindfers met bronzen assen aangebracht. Bovendien werd de oorspronkelijke pantsering van het onderste deel van de pijlers met gietijzeren platen vervangen door een van stalen platen, welke schildvormig over de pijlarnis heengrijpt en het water van de nis afwijst, waardoor echter de nuttige doorstroombreedte tusschen de pijlers met ongeveer 1 M. werd verminderd. Tevens bracht men over de rolbaan, den rolwagen en den verticalen eindstijl een gebogen stalen schild aan. (fig. 3.)

Sindsdien bleven de bewegende deelen voor sterke aantasting gespaard. Bij latere werken heeft men of reeds onmiddellijk deze schilden aangebracht (Tuilière-stuw fig. 14) of een zoodanige constructie van pijler en bewegende deelen gekozen, dat het hier genoemde verschijnsel zich niet meer kan voordoen. (Augst Wyhlen fig. 20.)

Eene speciale zijdelingsche geleiding komt niet voor.

De schuiven te Chèvres worden nog uit de hand bewogen. Twee man kunnen in een uur tijds de 6 schuiven elk ongeveer 0,55 M. heffen, wat voldoende is bij de niet overmatig snelle wassen, welke optreden. Ten einde beweging uit de hand mogelijk te maken zijn de rond 50 ton zware schuiven door tegengewichten volkomen uitgebalanceerd, wat in ander opzicht nadeelen oplevert.

Aan elke zijde hangt de schuif aan twee kabels, welke in de 8 M. van elkander verwijderde ophangpunten over schijven loopen. De kabels voeren over, op de bedieningsbrug opgestelde, kabeltrommels en dragen aan de uiteinden de bij elke schuif behoorende twee tegengewichten elk van 25 ton.

De kabeltrommels worden door een windwerk aangedreven, dat een overbrenging van 1 op 620 levert.

Voor noodafsluiting tusschen de pijlers zijn geconstrueerd ijzeren schotbalken aanwezig van dubbel paraboolvormige dwarsdoorsnede. Buiten gebruik liggen zij op den linkeroever. Een eenvoudige kraan kan ze op een daarvoor bestemde wagen laden, welke de schotbalken, langs de over de pijlerkoppen liggende brug, boven de af te sluiten opening rijdt, waar ze door verplaatsbare windwerkjes worden neergelaten.

Kosten.

Onderdeelen.	Kosten in guldens.	Kosten per P.K. in guldens.	Kosten in % van totale kosten.
1. Stuw met toebehooren. (Ont-eigening inbegrepen).	637 920	37,8	17,9
2. Centrale-kanaal met toebehooren. (Onteigening inbegrepen). . . .	339 720	20,—	9,5
3. Centrale gebouw met toebehooren	549 660	32,4	15,4
4. Turbines met roosters, schuiven en regulateurs	1 628 520	96,—	45,4
5. Electriche inrichting (generatoren, schakelaanleg).			
6. Overige werken (wegen, landerijen, woningen)	209 700	12,4	5,8
7. Voorbereiding, ontwerpen, bouw-leiding	214 440	12,7	6,—
Totaal	3 579 960	211,3	100,—

Litteratuur. (De handboeken, waarin de stuw beschreven is, zijn hier niet vermeld).

„L'usine de Chèvres" par M. Th. Turettini. Genève 1900.

„Schweizerische Bauzeitung" Band XXXV n°. 10, 10 Maart 1900.

„Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure" 1896 blz. 1229.

B. STUW IN DE AARE, BEHOORENDE BIJ DE WATERKRACHT-CENTRALE BEZNAU DER A.E.G. BROWN, BOVERI & C°. (BADEN. ZWITSERLAND).

Ligging. De waterkracht-centrale Beznau dateert van 1900—1902 en werd door Prof. C. Zschokke te Aarau voor de A.G. „Motor", Baden, ontworpen en uitgevoerd.

De centrale exploiteert de waterkracht van de Aare op een ongeveer 7 K.M. lang riviergedeelte, dat zich uitstrekt van de samenvloeiing van de Limmat en Aare tot ongeveer 8 K.M. boven de monding van de laatste rivier in den Rijn.

Over 6 K.M. boven Beznau stroomt de Aare door een open dal van afwisselende breedte over een zeer dik bed van steenen en grind, dat zich op den rotsbodem heeft neergezet. Bij Beznau breekt de rivier door harde kalkbanken.

De wisseling der waterstanden op de Aare toont hetzelfde karakter als op den Boven-Rijn. Van begin November tot eind April, zelfs tot in Mei, heerscht in den regel laag water, met den laagsten stand in de maanden December tot Februari. Des zomers, van Mei tot September, treden voortdurend gemiddelde of hoogere standen op.

De minimum afvoer bedraagt 175 M³. per seconde, de maximum afvoer ongeveer 2300 M³. per seconde, zoodat tusschen beide uitersten de gunstige verhouding van 1 : 13,5 bestaat. Het beschikbare verval wisselt van 5.70 M. bij laag water tot 2.40 M. bij hoog water.

Van ijs en medegevoerde vaste stoffen heeft men veel last, daar zoowel de Aare als de Reusz uit het gebied beneden de groote meren een groote hoeveelheid daarvan aanvoeren.

Situatie. De ligging der werken blijkt uit fig. 7. Het aanwezige verval is voor exploitatie geschikt gemaakt door den bouw van een stuw op den uitlooper van de hiervoor genoemde kalkrotsbanken en door het graven van een werkkanaal, dat de uit lossen grond bestaande bocht beneden de stuw doorsnijdt. Waar dit kanaal, ongeveer 1500 M. stroomafwaarts van de stuw, in de rivier mondt, bevindt zich de waterkrachtcentrale, terwijl de inmonding van het kanaal beheerscht wordt door een inlaatsluis.

Centrale. De waterkrachtcentrale is 90 M. lang en rust op een 20 M. breede betonfundering. Ter eene zijde sluit daarbij een ruim schakelhuis met werkplaats aan; de andere zijde wordt begrensd door de machinezaal van de reserve-stoomcentrale, waartegen in schuine richting het ketelhuis met daarbij behorende kolenbunkers, aansluit. Onder dit laatste gebouw bevindt zich een vischtrap, een schutsluis voor kleine schuiten (15 × 3 M.) en een spuisluis.

In de centrale zijn 13 verticale drievoudige Francis-turbines, waarvan 2 bekrachtigingsturbines, opgesteld, werkend met 66.6 omwentelingen per minuut en met een totaal normaalvermogen van 13.200 P.K. Twee verschillende modellen zijn hier toegepast; het eene is bijzonder

geschikt voor het werken bij weinig water en groot verval: „Laagwater-turbines”; het andere voor veel water en gering verval: „Hoogwater-turbines”. Van de eerste soort zijn er 5 opgesteld, van de tweede soort 6. Van de vermogens der turbines geven de volgende cijfers een beeld.

Laagwater-Turbines

(berekend voor een normaal verval van 3.9 M.).

Netto verval in M.	3.3	3.9	4.4	4.9	5.7
Hoeveelheid water in M ³ . per sec.	23.6	26	22.5	20.5	18.3
Vermogen in P.K.	750	1000	1000	1000	1000
Nuttig effect in %	72	74	76	74	72

Hoogwater-Turbines

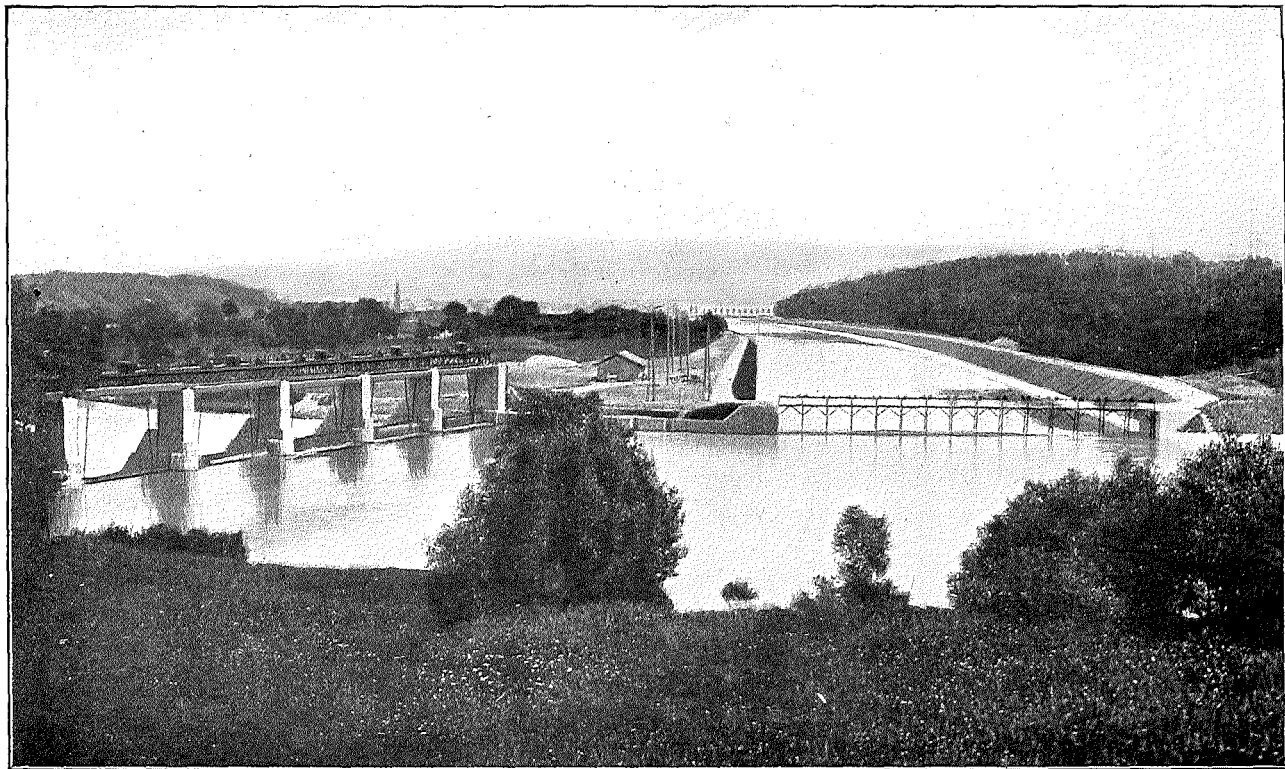
(berekend voor een normaal verval van 3.5 M.).

Belasting	3/8	5/8	8/8	8/8
Netto verval in M.	4.16	4.45	3.46	3.08
Hoeveelheid water in M ³ . per sec.	18.9	30.7	36.7	32.5
Vermogen in P.K.	460	1175	1200	875
Nuttig effect in %	53.5	64.5	71	65

De laagwaterturbines zijn elk berekend voor het leveren van 750 P.K. gemeten aan de turbine-as bij een netto verval van 3.3 M. en 1000 P.K. bij 3.9 M. Bij grooter verval leveren de turbines naar verhouding meer tot over 1200 P.K.

De hoogwaterturbines zijn elk berekend voor een vermogen van 900 P.K. bij een verval van 3.2 M. en van 1200 P.K. bij 3.7 M.

Het bedrijf is zoodanig ingericht dat bij laag water, dus groot verval, eerst de 6 laagwaterturbines vol belast worden en bij grooter afvoer der rivier de hoogwaterturbines successievelijk worden ingeschakeld.



Figuur 6. Stuw te Beznau in de Aare.

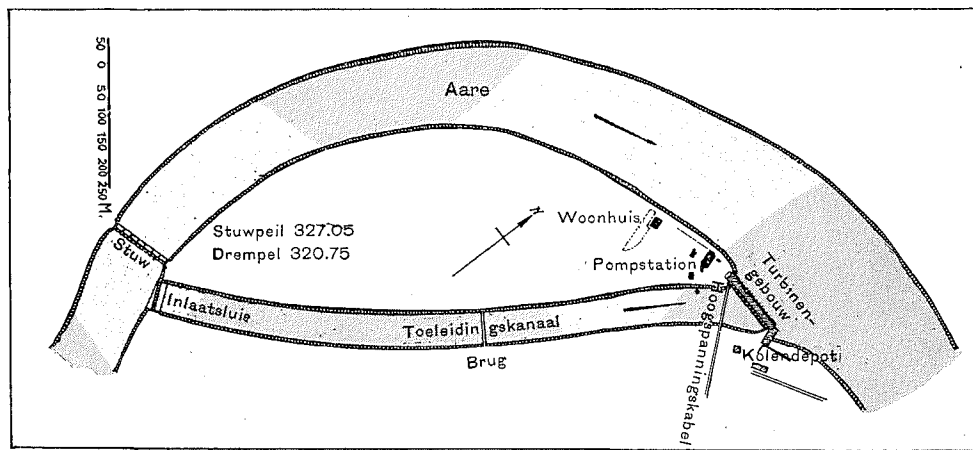


Fig. 7. Situatie van de waterkrachtcentrale Beznau op de Aare.

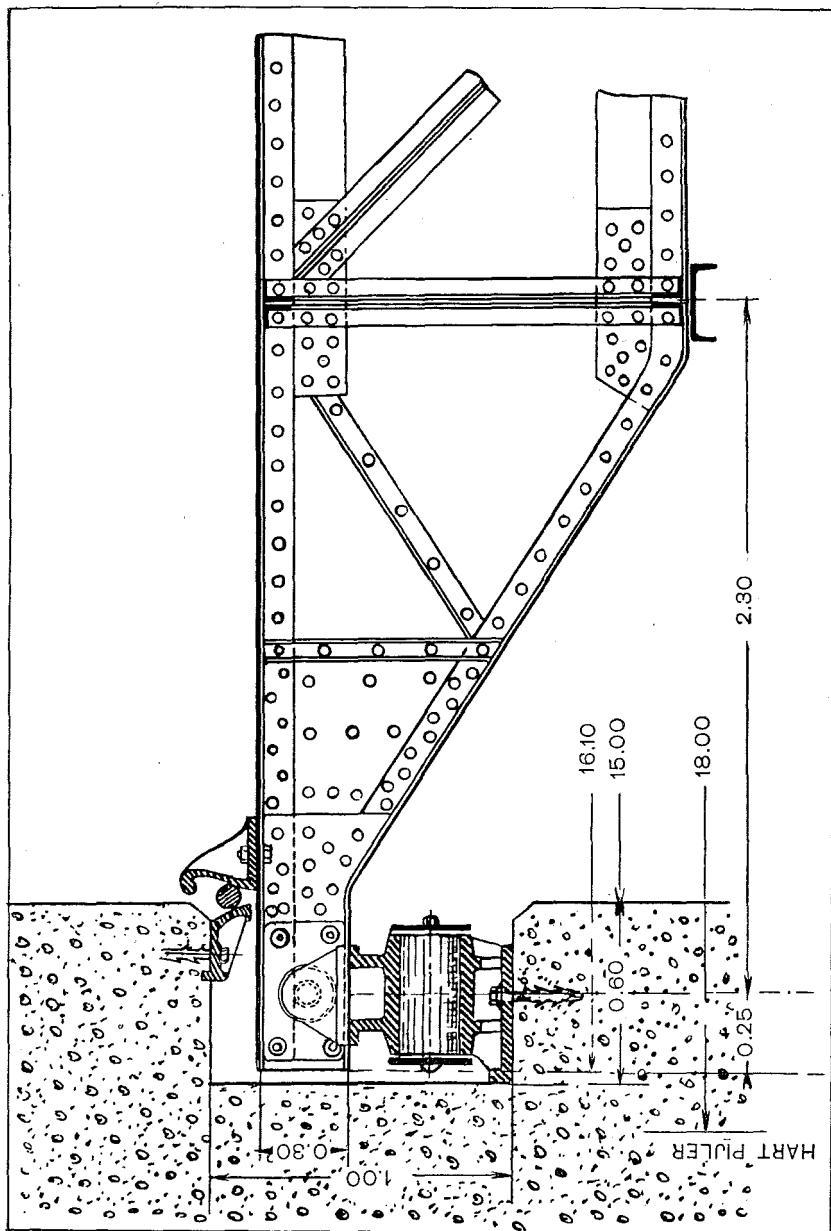
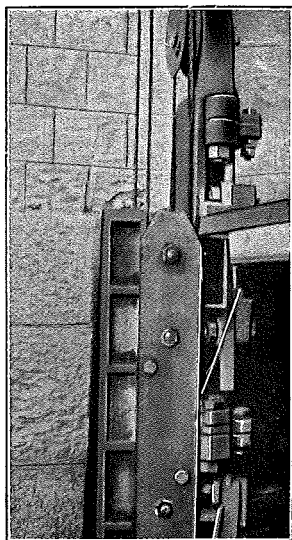
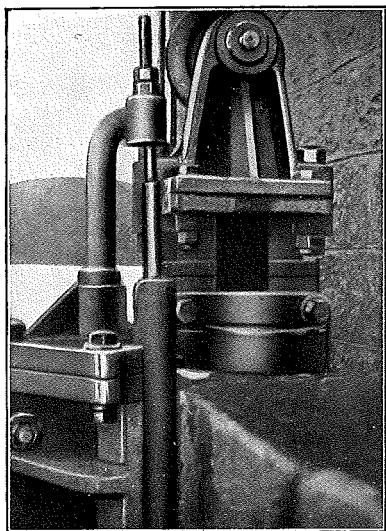


Fig. 8. Detail van de schuifoplegging in de pijlerspawning te Beznau.



Figuur. 9. Ophanging van den rolwagen en den dichtings-staaf
bij de schuiven van de stuw te Beznau.

De turbines zijn elk direct gekoppeld met een 1200 P.K. opnemenden draaistroomdynamo van 8000 volt, 50 perioden, berekend voor een vermogen van 900 K.V.A. Voor de bekrachtiging zijn twee afzonderlijke gelijkstroom-machines van 400 P.K. opgesteld, direct gekoppeld aan de hierboven genoemde bekrachtigingsturbines. Bovendien zijn in de centrale aanwezig een tweetal drie-cylinder hooge-druk oliepompen, elk van 50 P.K., door middel van tandrad overbrenging aangedreven door dezelfde bekrachtigingsturbines. Zij leveren bij 60 omwentelingen per minuut 600 liter olie van 30 atm. druk ten behoeve der turbine-regeling, de ontlasting van de ringspoorlagers der turbines en de beweging der inlaatschuiven aan den bovenstroomschen kant der centrale.

Een speciaal daarvoor opgestelde centrifugaalpomp, gekoppeld aan een zich over de geheele centrale uitstrekkende zuigleiding, voorzien van afsluitbare zijspruiten, dient om elk der turbinekamers, onmiddellijk na afsluiting, te kunnen droogleggen ten behoeve van inspectie of herstelling.

Aan de bovenstroomsche zijde worden de turbine-kamers afgesloten door ijzeren, met behulp van oliepersen bewogen, schuiven (6×3.2 M) Ten einde deze schuiven in hunne leibanen te kunnen nazien, zijn bovenstrooms nog schotbalkspooningen aanwezig, waarvóór zich het fijne roosterwerk bevindt. Voor afsluiting aan de benedenstroomsche zijde dienen schuiven, welke door een kat naar elke gewenschte opening kunnen worden gevoerd.

Stoomcentrale. De stoomcentrale, welke met haar vermogen moet bijspringen in perioden van geringen afvoer en tijdens hoogwater, bezit twee Brown-Parsons turbines, elk van 2400 K.W., welke met op 30° C. oververhitte stoom van 12 atm. overdruk werken en met een oppervlak-condensor zijn uitgerust. De door deze werktuigen gedreven dynamo's leveren dezelfde stroomsoort van gelijke spanning als die der waterturbines.

Bij de ketelinstallatie gold als eerste eisch, dat het stoombedrijf in den kortst mogelijken tijd in dat der centrale moet kunnen ingrijpen. In de tweede plaats werd een groote elasticiteit in de stoomproductie verlangd om economisch de belastingsschommelingen te kunnen aanvullen.

Men koos daarom waterpijpketels met kunstmatigen trek. De ketels zijn in 3 groepen, elk van 2 stuks opgesteld. Elke ketel heeft een verwarmingsoppervlak van 350 M^2 , is met een oververhitter van 110 M^2 verwarmingsoppervlak uitgerust en is voorzien van een kettingrooster, dat van uit de 400 ton bevattende bunkers automa-

tisch gevoed wordt. Deze stoomcentrale vordert zeer weinig geschoold personeel.

Van uit het schakelhuis wordt in een kring van 20 K.M. stroom van 8000 volt geleverd, terwijl een 27000-volt net (het project dateert van 1900) verder afgelegen plaatsen bedient en de verbinding bewerkstelligt met het op 85 K.M. afstand gelegen Löntschwerk van de zelfde onderneming.

Toeleidingskanaal Het toeleidingskanaal heeft een bodembreedte van **en inlaatsluis.** 42 M. en is 5 M. diep onder stuwpeil. Op 2 M. onder stuwpeil ligt in de belooopen een 0.85 M. breede berm; onder dezen berm is het beloop 2:1, daarboven $1\frac{1}{2}$:1. De bodem is met een verhang van 0.15 pct. aangelegd; bij normalen waterstand en 340 M³ doorvoer per seconde, bedraagt de gemiddelde snelheid 1.35 M. per seconde, waarbij vrijwel de grens van het toelaatbare in onbekteleden grindzandbodern bereikt is. De uitvoering kon in den droge geschieden; het is de vraag of eene betonnering van bodern en belooopen (waar bij een grootere snelheid dus kleiner profiel had kunnen worden toegelaten) hier niet voordeelilig ware geweest.

De drempel van de inlaatsluis aan de inmonding van het kanaal ligt 1.45 M. hooger dan de drempel van de stuw. Doordat eerstgenoemde in de oeverlijn is aangelegd, wordt een krachtige spoeling bij het openen van de dichtstbijzijnde schuiven van de 50 M. stroomafwaarts gelegen stuw verkregen. (Zie fig 6 en 7).

Het kanaal wordt afgesloten door 15 op rollen loopende schuiven, elk 3.73 M. breed. De schuiven rusten tegen ijzeren jukken, welke in een dikke, in den rotsbodern ingelaten betonplaat verankerd zijn. Over de jukken voert een lichte loopbrug, waarop de bediening van de met wormoverbrenging bewogen schuiven plaats vindt.

De pneumatisch gefundeerde inlaatdrempel diende bij de uitvoering van de inlaatsluis als fundament voor een tijdelijken steenen kofferdam. De drempel is met het fundeeringsblok der jukken door een met steen bekleede betonplaat verbonden; achter de jukken bevindt zich op de rots een 4,50 M. lang stortebed van beton.

Fundeering en vast gedeelte van de stuw. De stuw heeft een lengte van 123 M. tusschen de landhoofden en bevat, tusschen 3 M. breede pijlers, zeven 15 M. wijde openingen, welke door enkelvoudige Stoney-schuiven worden afgesloten. De drempels liggen in alle openingen op 320,75 M. + N.N. Daar de rots op ongelijke diepte ligt, wisselt de dikte van de fundeering van 1 tot 7 M. onder den

rivierbodem. De pijlers, in beton opgetrokken en met natuursteen bekleed, zijn op verloren caissons (4×12 M. grondvlak) gefundeerd evenals de drempels tusschen de pijlers. In de vier linker openingen, waar de fundeering dieper ligt, heeft men een stortebed van slechts 4,5 M. lengte aangebracht. In de overige openingen heeft men dit een lengte gegeven van 9 M. Afgezien van een natuursteen randbekleding en een gietijzeren plaat voor onder-aanslag der schuiven is de beton van den vloer onbeschermd. De bodem is stroomafwaarts van de stuw over 20 tot 30 M. lengte bevestigd door grove steenen, terwijl de oevers over meer dan 100 M. beneden de landhoofden, welke eveneens pneumatisch gefundeerd zijn, van steenbestorting zijn voorzien. (Zie fig 33).

In het rechter landhoofd is een 2 M. breede vischtrap ingebouwd, welke door vier openingen met het bovenpand in verbinding staat en bij normaal verval ongeveer 1 M^3 . per seconde verbruikt.

Beweegbaar gedeelte van den stuw. De afsluiting der openingen heeft plaats door enkelvoudige STONEY-schuiven, welke gemeten tusschen het hart der cylinders 15,60 M. breed en 6,30 M. hoog zijn (zie fig. 33).

Het schuiflichaam bestaat, evenals te Chèvres uit een beplating rustend op verscheiden (zeven) vakwerkregels, welke ter wille van eene uniforme belasting op, naar beneden toe verminderende, afstanden zijn geplaatst. Van deze regels loopen voor- en achterrands parallel. Als verticale verstijving is een achterverband van goot-ijzer aangebracht. De ophangpunten bevinden zich op 11 M. onderlingen afstand en zijn elk voorzien van een schijf waarover een Gallsche draagketting loopt. Elk der einden dezer ketting loopt boven op de bedieningsbrug over een kettingrad en is bevestigd aan een der twee tegengewichten behoorende bij elke schuif. De tegengewichten zijn 15 M. lang, bestaan uit met beton gevulde kastvormige ijzeren liggers en balanceeren de 57,5 ton zware schuiven volkomen uit.

De ophanging en bewegingsinrichting der schuiven is vrijwel geheel gelijk aan die te Chèvres. Slechts geschiedt de aandrijving niet uit de hand maar door een electromotor van 8 P.K., terwijl beweging uit de hand als reserve mogelijk is. In het rechter landhoofd wordt de door de centrale toegevoerde stroom van 8000 volt op 250 volt getransformeerd ten gebruike der bewegingsmotoren.

De schuiven zelf toonen evenmin ingrijpende constructieve afwijkingen van die te Chèvres, wat te verklaren is uit het feit, dat de onvolkomenheden van de eerste stuw eerst na een langjarig bedrijf

aan het licht traden, toen de stuw te Beznau reeds in uitvoering was, zoodat men te Beznau dezelfde ongunstige ervaringen met de door den stroom aangetaste rolwagens heeft opgedaan als te Chèvres. (Zie fig. 8 en 9).

Als wijziging diene vermeld te worden, dat de onderaanslag plaats heeft door een aan de schuif bevestigde balk op een vlakken giet-ijzeren drempel te doen dichten.

Kosten.

Onderdeelen.	Kosten in guldens.	Kosten per P.K. in guldens.	Kosten in % van de totale kosten.
1. Stuw met toebehooren, onteigening inbegrepen	720 000	54,50	13
2. Werkkanaal met inlaatsluis, onteigening inbegrepen	1 942 000	147,—	36.5
3. Centralegebouw met toebehooren loopkraan, werkplaats, enz.			
4. Turbines met roosters, schuiven en reguleurs	762 000	57,70	14
5. Electriche installatie met schakelaanleg	870 000	66,—	15.5
6. Stoomcentrale	797 000	60,40	14.5
7. Overige werken (wegen, landerijen, woningen)	138 000	10,50	2.5
8. Voorbereidend werk, ontwerpen, bouwleiding	—	—	—
9. Waterrechten en concessies	255 000	12,30	4
Totaal	5 484 000	415,40	100

C. STUW IN DE DORDOGNE, BEHOORENDE BIJ DE WATERKRACHT-
CENTRALE TUILIÈRE.

Ligging. De waterkracht-centrale Tuilière werd gebouwd in de periode Juni 1905 — December 1908 naar het ontwerp van den hoofdingenieur van de Ponts et Chaussées CLAVEILLES voor de „Société d’Energie du Sud-Ouest”.

De Dordogne, ontspringend op het plateau van Auvergne, neemt vele waterrijke zijrivieren op, heeft een lengte van 477 K.M. en mondt 25 K.M. beneden Bordeaux in de Gironde.

Tuilière ligt 12 K.M. beneden de uitmonding van de laatste groote zijrivier: de Vézère. Het neerslag-gebied van de Dordogne is boven Tuilière 14,537 K.M.² groot; de gemiddelde regenval bedraagt 800 m.M., de gemiddelde afvoer 220 M.³ per seconde, wat overeenkomt met 15,2 L. per K.M.² Deze hoeveelheid water is echter zeer ongelijkmatig over de verschillende maanden van het jaar verdeeld. De maanden Juni en November zijn droog, de tusschenliggende zomermaanden zéér droog; de maanden Mei en December zijn nat; de overige zéér nat. In den nazomer daalt de afvoer tot 38 M.³, zelfs tot 30 M.³ per seconde, terwijl bij hoog water een maximum van 4500 M.³ per seconde bereikt wordt en de jaarlijks wederkerende hoogwaters gewoonlijk 1000 M.³ per seconde geven.

De hoogwaters treden onverwachts en scherp op. Daar het rivierbed boven Tuilière over een groote lengte van 10 tot 20 M. diep is ingeslepen, is de wisseling der waterstanden zeer groot en plotseling.

De hoogste stand ligt 15 M. boven gemiddeld laagwater, terwijl tijdens den bouw in 24 uur een was van 2.65 M., in 3 uur een van 0.88 M. werd waargenomen. Tegenover dit bezwaar van ongelijkmatigheid staat, dat bij de zuidelijke ligging der centrale, ijs bijna nooit optreedt, terwijl de hoeveelheid stoffen door de rivier medegevoerd gering is.

Situatie. De stuw ligt 300 M. boven de uitmonding van het kanaal de Lalinde (100 ton schepen) in de Dordogne en stuwt het water tot 12 M. boven gemiddeld laagwater op. Aan den rechter-eindpijler sluit de centrale aan, liggende in een zeer kort werkkanaal, dat in den hoogen oever is ingesneden. Landwaarts, in het verlengde der waterkrachtcentrale, ligt de stoomcentrale. Loodrecht op de as

der stoomcentrale is de as van het ketelhuis gericht, waarbij een kolensilo aansluit. Vrij van dit complex ligt het transformatorgebouw. (Zie fig 10 en 11).

Terwijl te Chèvres de centrale ten opzichte van de stuw benedenstrooms afgebogen is, zoodat de invloed van het door de stuw stroomende water in de centrale zeer hinderlijk was, heeft men te Tuilière om deze fout te ontgaan, de centrale bovenstrooms afgebogen, waarvoor een aanzienlijke ontgraving noodig was en waardoor de hooge oever beneden de centrale aan aantasting bloot staat. Met minder kosten had men hetzelfde effect kunnen bereiken door de centrale in het verlengde van de stuw te plaatsen.

Centrale. In de 67.5 M. lange en 12 M. breede waterkracht-centrale zijn 9 gelijke verticale tweelings Francisturbines opgesteld (evenals de turbines te Beznau afkomstig van Bell in Kriens) in tegenstelling met verschillende op den Boven-Rijn onder ongeveer dezelfde omstandigheden werkende centrales waar horizontale turbines tot uitvoering kwamen, welke tot eene beperking van de afmetingen van het turbine-gebouw voeren, daar grooter eenheden kunnen worden toegepast.

Aanleiding om turbines van verschillend model in de centrale toe te passen als te Beznau, was hier niet, daar met bijzondere laagwater-turbines bij de zeer geringe laagwaterhoeveelheden geen voordeel te bereiken was.

De turbines hebben een normaal vermogen van 2000 P.K. bij 8 M. netto overval, 25 M³. per seconde waterverbruik en 107 omwentelingen per minuut; het loopwiel heeft een uitwendigen diameter van 2 M. De stalen turbine-as draagt den horizontalen rotor van de dynamo. Het gezamenlijk gewicht der beweegbare deelen wordt op een met druk-olie gesmeerd taplager, boven water, opgenomen.

De draaistroom-generatoren leveren (bij $\cos \varphi = 0.80$) 1750 K.W. 5500 volt, 50 perioden; het nuttig effect bedraagt 94 pct. bij vol belasting, 91 pct. bij halve belasting. De bekrachtiging heeft plaats door 4 omvormers elk bestaande uit een electromotor van 220 P.K. welke met een gelijkstroomdynamo van 150 K.W. gekoppeld is.

Als reserve van deze bekrachtigingsinstallatie is in de stoomcentrale een hulpstoommachine van 75 P.K. opgesteld, welke met een 50 K.W. 125 volt dynamo gekoppeld is.

De turbinekamers worden bovenstrooms afgesloten door 6.7 M. hooge en 4.6 M. breede stoney-schuiven. De schuiven worden door druk-oliepersen van 25 atm. bedrijfsdruk bewogen.

Stoomcentrale. De stoomcentrale dient om het bedrijf van de waterkracht-centrale over te nemen, wanneer deze gedurende hoogwater geheel buiten bedrijf is gesteld en om haar te helpen gedurende de laagwaterperiode. In het eerste geval moet de stoomcentrale dus in staat zijn het geheele vermogen te ontwikkelen, terwijl zij in het tweede geval elken dag slechts gedurende enkele uren de spitsbelasting behoeft op te nemen.

De stoomturbines zijn in dezelfde ruimte als de dynamo's der waterturbines opgesteld. Het zijn twee verticale Curtis-turbines van 3000 K.W. geleverd door de Amerikaansche General Electric Co. De machines kunnen $1\frac{1}{2}$ uur lang 50 pct. worden overbelast. Bij 750 omwentelingen per minuut leveren de generatoren draaistroom van 5500 volt en 50 perioden. De asdruk wordt op gelijke wijze als bij de waterturbines door druk-olie opgenomen.

De stoom wordt in 16 waterpijpketels, systeem Büttner, met een spanning van 13 atmosfeer geproduceerd. De ketels staan in twee rijen van 8 stuks en in een afzonderlijk gebouw, groot 59 bij 25 M. Elke ketel heeft een verwarmingsoppervlak van 260 M². en een roosteroppervlak van 5.70 M²., de oververhitter heeft 85 M². nuttig oppervlak. Het voedingswater wordt door twee Green-economisers op 85° C. voorgewarmd. Elke ketel levert per uur 3800 tot 4700 K.G. stoom van 300° C. welke met een spanning van 12 atmosferen in de turbine wordt gevoerd. Twee ventilatoren van 32 P.K. elk zorgen zoo noodig voor verhoogden luchttoevoer naar de ketels en maken de reeds genoemde overbelasting der stoomturbines mogelijk. Twee, 60 M. hooge, schoorsteen en zorgen voor afvoer der rookgassen. Een conveyor neemt de kolen uit de spoorwagens over en brengt ze naar de 850-tons kolensilo of stort ze in gewapend-betoncellen boven de verschillende ketelparen. Van uit deze cellen worden de vuren door pijpen gevoerd. Het bedieningspersoneel is zoodoende tot een minimum beperkt.

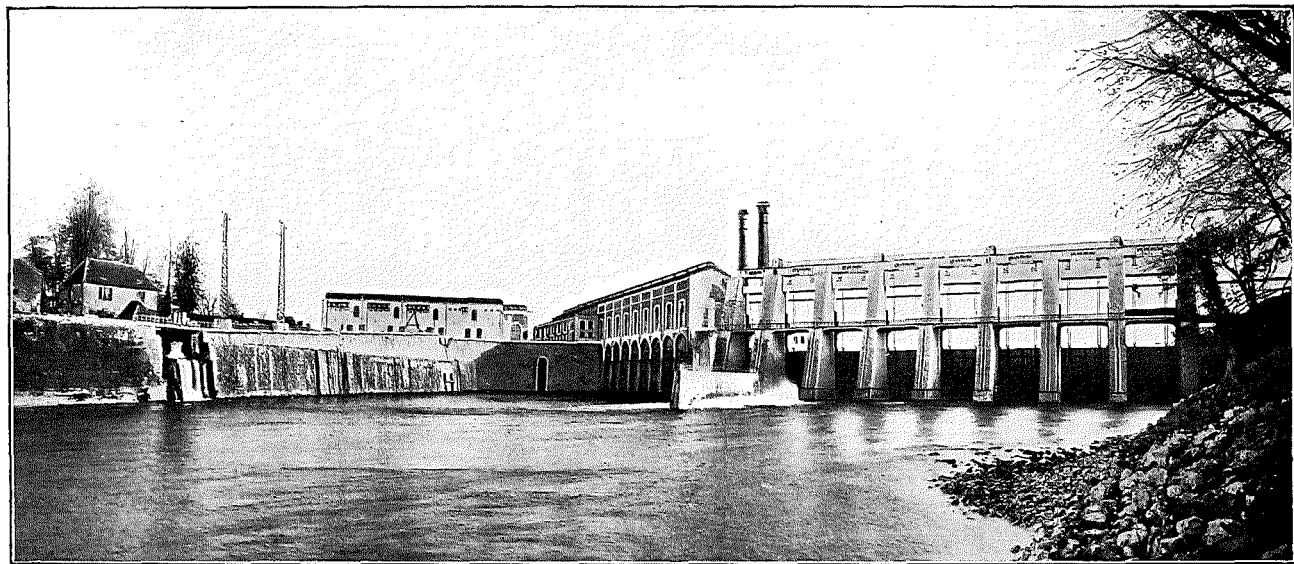
De transformator-inrichting is geheel van de machine-installatie gescheiden en is in een afzonderlijk gebouw ondergebracht. Hier wordt de machinestroom op 50000 volt getransformeerd, waarvoor, in groepen van 3 stuks, 1200 K.W. transformatoren aanwezig zijn. Voor de daarnaast gebruikte middelbare spanning van 13500 volt zijn zes soortgelijke apparaten, elk van 600 K.W., aanwezig. Op de tweede verdieping van het gebouw zijn de olieschakelaars alsmede de bliksembeveiliging opgesteld. Van uit het gebouw voeren drie hoogspanningslijnen, waarvan twee langs verschillende wegen naar Bordeaux (96 en 114 K.M.), terwijl de derde in noordelijke richting naar Angoulême loopt (99 K.M.).

Fundeering en vast gedeelte van de stuw. De stuw is 105 M. lang en bevat acht openingen tusschen 3 M. dikke pijlers. De zeven linksche openingen zijn 10 M., de rechtsche opening is 7 M. wijd. Bovendien is aan de linkerzijde nog een 7 M. breede vischtrap, hoofdzakelijk voor zalmen, aanwezig.

De fundeering kon onmiddellijk op den rivierbodem rusten, welke uit vaste kalkrots bestaat en had zonder groote moeilijkheden plaats achter een aantal ijzeren vangdammen in de volgorde, welke fig. 12 toont. Tijdens de uitvoering ontdekte men, ter plaatse waar pijler 6 moest komen, midden in de rivier twee 10 M. diepe met leem gevulde gaten. Het eene gat, waarboven de pijler moest komen, overdekte men met een 2 M. dikke dubbel gewapende betonplaat, terwijl men de leem in het andere gat met een 1 M. dikke laag metselwerk bekleedde. De drempels der openingen liggen op gelijke hoogte op de gemiddelde diepte van het rivierbed, n.l. op 1.04 M. onder laag water. De stuwvloer is in den rotsbodem ingekast, is 19 M. breed en bezit aan de voorzijde onder de waterkeering en aan de achterzijde 1 M. diepe en 2 M. breede koffers, welke den vloer tegen onderloopsheid beschermen. Tegen de aantasting van het met groot geweld onder de schuiven doorschietend water heeft men de dagzijde van de beton met een dennenvloer bedekt, welke op houten dwarsliggers, wederom vastgemaakt aan ingebetonneerde ijzeren ankers, zijn bevestigd.

De pijlers (zie fig. 33) zijn bij een totale hoogte van 31.3 M. slechts 3 M. dik en zijn in beton achter een bekleding van zeer harde natuursteen opgetrokken. Aan beide zijden bevindt zich een 1.20 M. breede en 0.70 M. diepe sponning voor geleiding der schuiven. De vóór deze sponning gelegen pijlerkop, welke bij de stabiliteitsberekening van het pijlerlichaam onder den horizontalen waterlast als niet-medewerkend is beschouwd, bevat aan de voorzijde ijzeren schotbalksponningen en is met de hooge spanningen, welke kunnen optreden, wanneer één opening met schotbalken gesloten is, verticaal met dubbel-T-balken gewapend en aan den rotsgrond bevestigd. De pijlerkop draagt een lichte zuil-constructie ter ondersteuning van de dienstbrug boven over de pijlers. Op 18,24 M. boven den vloer zijn de pijlers onderling vereenigd door twee gewapend betonbruggen, welke het verkeer langs de stuw mogelijk maken, doch tevens als onderlinge verstijving der zeer slanke pijlers zijn berekend.

Aan de bovenstroomsche zijde zijn in de pijlers steunpunten voor een hangbaan bevestigd, waarlangs de schotbalken snel van af het linker-landhoofd kunnen worden aangevoerd en neergelaten.



Figuur 10. Stuw en waterkrachtcentrale Tuilière in de Dordogne.

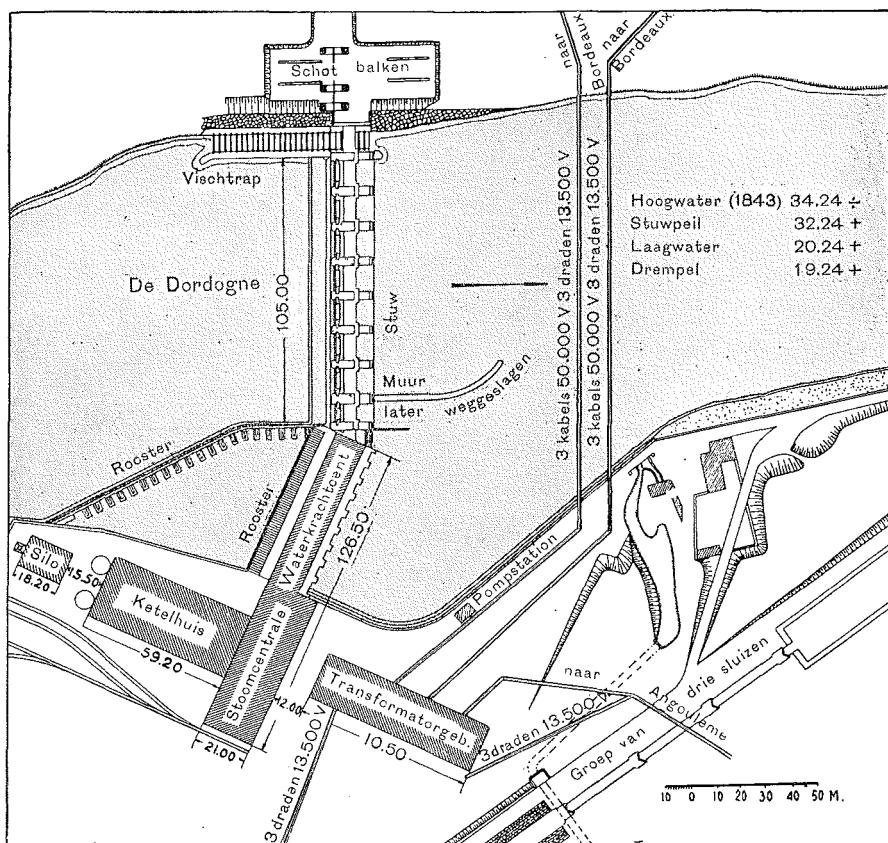


Fig. 11. Situatie van de waterkrachtcentrale Tuilière in de Dordogne.

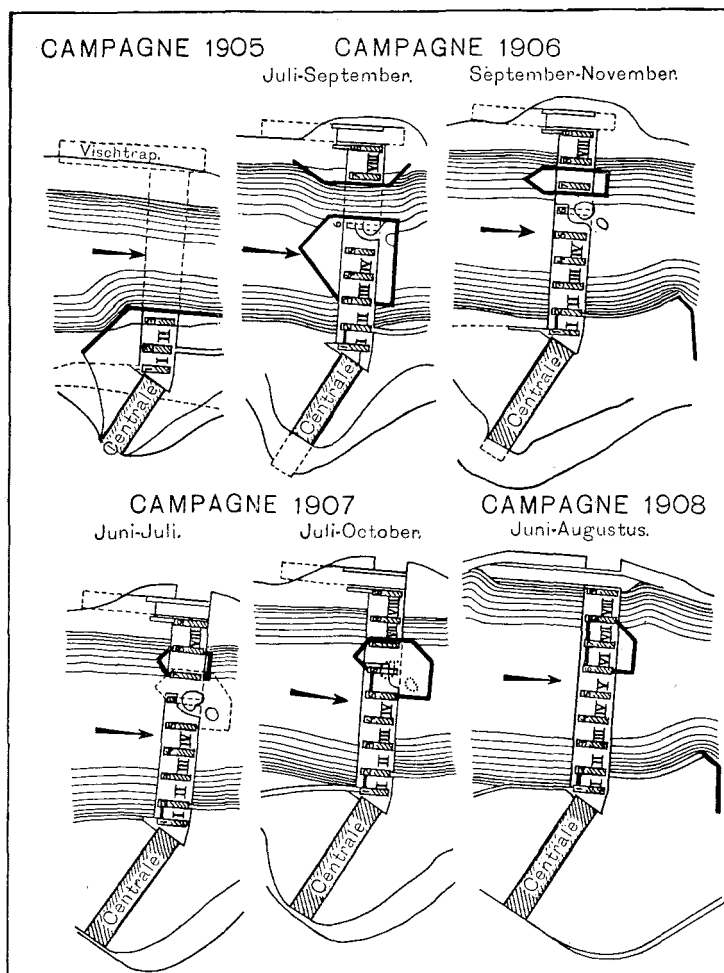


Fig. 12. Volgorde waarin de uitvoering van de waterkrachtcentrale Tuilière plaats had.

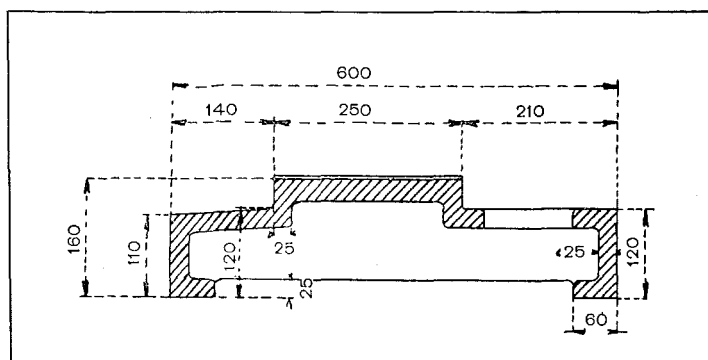


Fig. 13. Doorsnede van den gietijzeren drempel in de stuw te Tuilière.

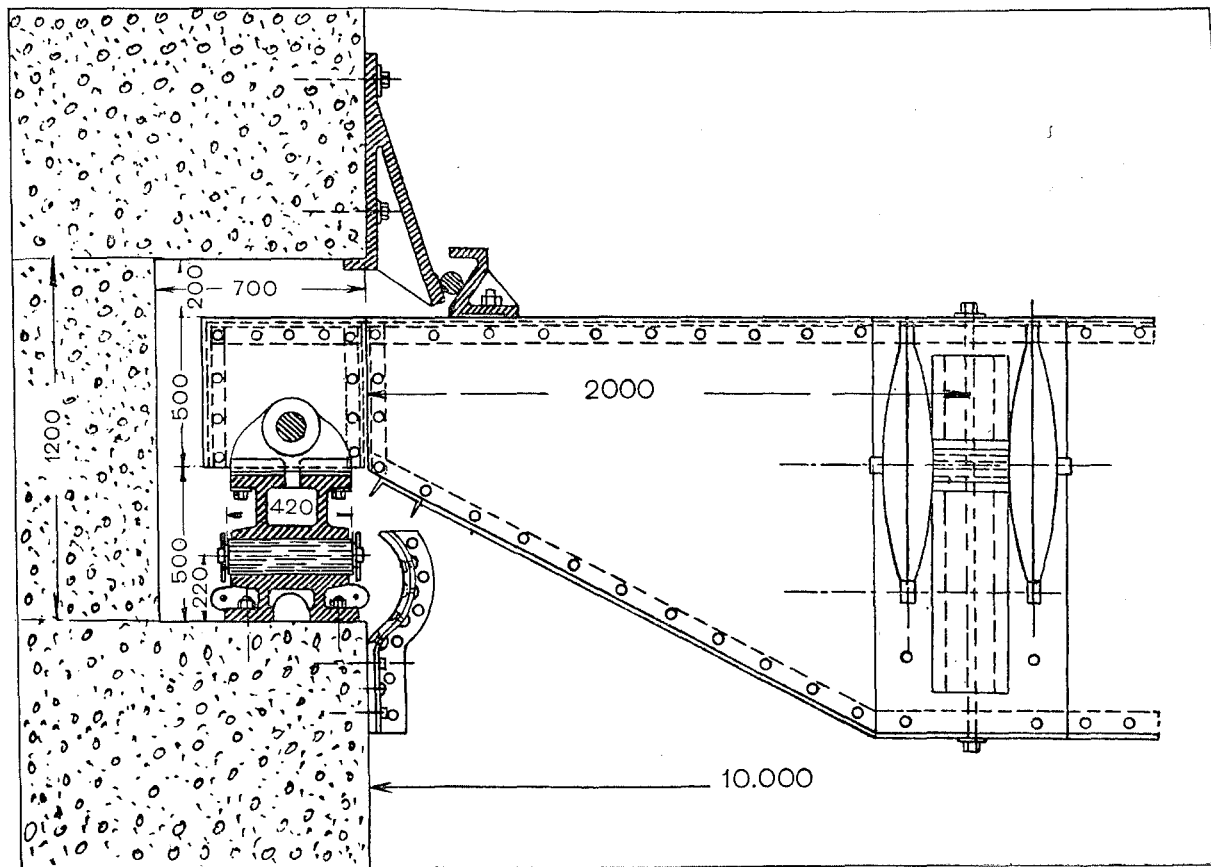


Fig. 14. Detail van de schuifoplegging in de pijlersponning te Tuilière.

Beweegbaar gedeelte van den stuw. De schuiven zijn 13 M. hoog en tusschen de opleggingen 10.50 M. breed; zij nemen bij 12 M. verval elk een horizontale waterdruk op van rond 800 ton.

De beplating — over de volle hoogte 12 m.M. dik — steunt op 14 horizontale vakwerkregels, Deze zijn naar onder toe op onderling verminderenden afstand geplaatst met het oog op een gelijkmatige verdeling der belasting. De regels hebben een evenwijdigen voor- en achterrand; de liggerhoogte in horizontalen zin bedraagt 1.40 M. De beplating is aan de onderzijde versterkt tot een stevigen aanslag, welke rust op een gietijzeren drempel (zie fig. 13). In de beplating en de regels worden maximum berekende spanningen van 850 K.G. per c.M². toegelaten. De onderste drie regels van de schuif zijn, in tegenstelling met vroegere uitvoeringen, verzwaaard met het oog op de trillingen waaraan zij bij gedeeltelijk opgetrokken schuif blootstaan; in deze regels is een maximum spanning van 500 K.G. per c.M². toegelaten. In verticalen zin is de schuif door drie dwarsverbanden verstijfd.

De regels rusten, zooals door STONEY reeds werd toegepast, door middel van kiplagers op een 20 c.M. hooge gietijzeren loopbaan, zoodat tengevolge van doorbuigingen der regels, geen moment in dwarse richting op de looprollen kan worden overgebracht. (Zie fig. 14.)

De stalen looprollen, aan elken kant ten getale van 31, zijn door twee, onderling gekoppelde, platen in een wagen vereenigd; de diameter bedraagt 12 c.M. de lengte 42 c.M.

De onderlinge afstand der rollen neemt naar onder toe af, ten einde een ongeveer gelijkmatige belasting te verkrijgen. Zij steunen op eene vaste in den pijler verankerde loopbaan van gelijken vorm als die welke aan de schuif bevestigd is. Aan elke rolwagen is een schijf bevestigd, waaraan de rolwagen door middel van een kabel (eenerzijds aan de schuif, anderzijds aan de bedieningsbrug bevestigd) is opgehangen.

Voor de geleiding van de schuif boven water zijn in de sponningen aan de beneden-stroomsche zijde rollen, aan den bovenstroomschen kant 6 glijdzadels aangebracht, ten einde uitzwaaien door winddruk te voorkomen. Voor de zijdelingsche geleiding der schuiven is geen bijzondere constructie aanwezig.

De schuif hangt aan twee bundels, elk van 4 gecalibreerde kettingen. De ophangpunten liggen 6 M. hart op hart ter plaatse van de verticale dwarsverbanden. De ophanging is statisch bepaald, doordat elk paar kettingen samen een korte balans draagt en de twee balansen op haar beurt weder een balans opnemen, waaraan de schuif hangt, zoo-

dat elke ketting hetzelfde gewicht draagt. De kettingen zijn berekend op een maximum spanning van 680 K.G. per c.M.² Zij loopen boven op de bedieningsbrug over kettingschijven en dragen door middel van rollen tegengewichten (met oud ijzer en beton gevulde plaatijzeren kastliggers). De vrije uiteinden der kettingen zijn aan de bedieningsbrug bevestigd. Dit was noodzakelijk om den weg der tegengewichten te beperken tot de helft van die der schuif, waardoor het gewicht der tegengewichten het dubbele van dat der schuif moest bedragen.

Bij de verticale afdichting der schuiven tegen de pijlers is geheel de gebruikelijke Stoney-afdichting gevolgd. De aan den pijler bevestigde dichtingslijst is met het oog op de ervaringen te Chèvres en Beznau reeds onmiddellijk 25 c.M. buiten het pijlerlichaam uitgebouwd, zoodat de stroom van de pijlersponning afgewezen wordt; ook is reeds van den beginne af een gekromd schild voor de rolbaan aangebracht als bescherming tegen mechanische aantasting (Zie fig 3 en 14).

De schuif, tegengewichten inbegrepen wegende 180 ton, wordt door twee onderling door een drijf-as gekoppelde windwerken bewogen. De windwerken worden gedreven door een 6 P.K. gelijkstroommotor; bovendien is als reserve handbeweging voorzien. De hefsnelheid bedraagt bij electrische aandrijving 0.10 M. per minuut, bij aandrijving uit de hand door 2 man 0.03 M. per minuut.

De vischtrap is 7 M. breed en daardoor buiten verhouding duur; men moest zich hierbij echter houden aan bestaande voorschriften. De totale lengte bedraagt 71.70 M. De vischtrap is geheel aan de bovenwater zijde aangelegd en bestaat uit een aantal cascade-bekkens met een onderling verval van 0.4 M.

Ten slotte zij vermeld, dat in den bekleedingsmuur van het toeleidingskanaal een overlaat is aangebracht, welke in staat is 23 M³ per sec. bij een straaldikte van 0.2 M. af te voeren.

Deze overlaat dient voor het fijn-reguleeren van het stuwpeil, ten einde het trage manoeuvreeren met de groote schuiven te beperken.

Kosten.

Onderdeelen.	Kosten in guldens.	Kosten per P.K. in guldens.	Kosten in % van de totale kosten.
1. Stuw met toebehooren. (Ont- eigening inbegrepen)	Vast gedeelte. Beweegbaar gedeelte .	69,40 } 34,70 }	24.2 } 12.1 }
2. Werkkanaal (Onteigening inbegrepen)	1 530 000	70,70	24,7
3. Centrale met toebehooren, loopkraan, werkplaats enz.			
4. Turbines met roosters, schuiven en reguleurs. . .	540 000	25,—	8,8
5. Electriche installatie met schakelaanleg.	660 000	30,60	10,7
6. Stoomcentrale	Gebouwen Machines, ketels, enz.	34,70	12,1
7. Overige werken (wegen, landerijen, woningen) . . .	—	—	—
8. Voorbereidend werk, ontwerpen, bouwleiding. . . .	—	—	—
9. Waterrechten en concessiën	450 000	20,90	7,4
Totaal	6 180 000	286,—	100

Litteratuur. A. CLAVEILLE, Ingenieur en chef des Ponts et Chaussées. „L'usine hydro-electrique de Tuilière sur La Dordogne”, „Annales des Ponts et Chaussées”, 1910, III, Mai—Juin.

D. STUW IN DEN RIJN, BEHOORENDE BIJ DE WATERKRACHT-CENTRALE AUGST—WYHLEN.

Ligging. Dit werk werd voltooid in de periode December 1907—September 1912. De langdurige bouwtijd was grootendeels te wijten aan het feit, dat het bed van den Rijn met het oog op hoogwater niet te veel vernauwd mocht worden.

Het werk ligt 10 K.M. stroomopwaarts van Basel en 7.5 K.M. beneden de centrale Rheinfelden, dateerend uit de jaren 1895—1898. Geologisch werd de juiste plaats van de stuw vastgelegd door dat de Rijn beneden Augst ter lengte van ongeveer 500 M. over een flauw naar onder schietende kalkrotslaag uit de triasformatie stroomt, welke zoowel boven- als benedenstrooms begrensd wordt door minder betrouwbaren bouwgrond. De stuw met de beide centrales is op de stroomafwaartsche grenslijn van de kalkrotslaag geplaatst, ten einde onder de fundeering van een zoo groot mogelijke rotsdikte verzekerd te zijn.

De Rijn heeft ter plaatse een maximum afvoer van 5500 M³ per seconde, een middelbaren hoogwaterafvoer van 2200 M³ per seconde en een minimum afvoer van 290 M³ per seconde.

Van begin November tot eind April, zelfs nog in Mei, heerschen in den regel laagwaterstanden, met den laagsten stand in de maanden December tot Februari. In den zomer, van Mei—Juni tot September—begin October, treden voortdurend middelbare en hogere waterstanden op. De Rijn voert veel vaste stoffen af, benevens groote hoeveelheden ijs in den winter.

Situatie. De stuw ligt ongeveer 400 M. beneden de uitmonding van het riviertje de Ergolz bij het dorpje Augst en kruist den Rijn, waarvan de „Thalweg” de grens vormt tusschen Zwitserland en Baden, rechthoekig. Het bij de stuw geconcentreerde verval bedraagt bij laagwater 8.40 M., bij middelbaren stand 6.70 M. en bij gewoon hoogwater 4.75 M. Het stuwpeil wordt constant op 263.50 M. + N.N. gehandhaafd. (Zie fig 16).

Het volgens de concessie beschikbare vermogen van 30 000 P.K. wordt gelijkelijk verdeeld over Zwitserland en Baden, en in twee centrales, één aan elke zijde der rivier, in electrische energie omgezet. Deze centrales sluiten bovenstrooms onmiddellijk bij de stuw aan en

liggen met de dagzijde in de oeverlijn. Het afvoerkanaal van de centrale Augst (Zwitserland) is met het bovenpand verbonden door een groote schutsluis. Op den Duitschen oever ligt aan de landzijde van het afvoerkanaal een groot schakelgebouw benevens een stoomcentrale.

Centrales. 1. *De centrale Wyhlen behoorende tot de Kraftübertragungswerke Rheinfelden A. G. op den Badenschen oever.*

Deze centrale is door de „Kraftübertragungswerke Rheinfelden” gebouwd als complement van de in de jaren 1895—1898 opgerichte centrale Rheinfelden. Aldaar wordt door een vaste stuw, verhoogd door 1 M. hooge beweegbare schuiven, een 1000 M. lang en 50 M. breed werkkanaal en door een centrale met 20 verticale turbinegroepen van 800 P.K. bij 4 M. verval ongeveer 16000 P.K. gewonnen. Als eerste uitbreiding werd door de Maatschappij de stoomcentrale „Badisch-Rheinfelden” met 5000 P.K. gebouwd, daarna de stoomcentrale „Wyhlen” met 10.000 P.K. en vervolgens de waterkrachtcentrale „Wyhlen” met 15.000 P.K. vermogen.

Het volgens de concessie beschikbaar vermogen van 15.000 P.K. wordt in deze laatste centrale over 10 generator-turbinegroepen en 2 bekrachtigingsturbinen verdeeld. De turbines zijn als 4-voudige Francis-turbines met horizontale as voor een veranderlijk verval van 4 M. tot 8,40 M. uitgevoerd, (geleverd door J. M. Voith te Heidenheim.)

De grootte werd zoodanig gekozen, dat bij een nuttig verval van 6 M. aan de turbine-as een vermogen van 2200 P.K. wordt geleverd.

De horizontale turbines, rond 14 M. lang, liggen aan de bovenstroomsche zijde voor het machinegebouw op een onderlingen afstand van 10 M. in afzonderlijke kamers. De as loopt door den buitenmuur van het machinegebouw en drijft, direct gekoppeld, een electrischen generator. Door deze wijze van opstelling is de breedte van de centrale veel grooter dan waar verticale turbines worden gebruikt, te Wyhlen n.l. 43,20 M. terwijl de lengte over de turbine-kamers 112 M., over het machinegebouw 130 M. bedraagt.

Het uit den Rijn naar de turbines stroomende water passeert eerst een loodrecht opgesteld grof roosterwerk, waarvan de drempel 2,80 M. boven den stuw drempel is gelegen; vervolgens stroomt het water door een scheef opgesteld fijn rooster. Tusschen beide roosters is een tweedeelige schuif aangebracht, welke de turbinekamer kan afsluiten.

De schuifhelften worden door middel van heugelstangen electrisch bewogen. Boven de turbines is een houten wegneembare vloer aan-

gebracht, terwijl een electrisch gedreven montagekraan van 7,5 ton hefvermogen, de machinedeelen direct van uit den spoorwagen in de turbinekamers en vice versa kan brengen. Een speciale rooster-reinigingsmachine vervaardigd door de „Eisengiesserei Bern” is hier eveneens aanwezig. Het fijne roosterwerk kan door een afzonderlijk spui-kanaal aan den voorkant van bezinksel worden bevrijd. Aan de benedenstromsche zijde kunnen de turbinekamers door schotbalken worden afgesloten. Over het voorste deel der turbinekamers, de roosters en schuiven is een ijzeren overkapping aangebracht.

Twee vischtrappen zijn aanwezig. Een dezer vischtrappen, volgens het Belgische systeem Denil is in het landhoofd van de stuw ondergebracht. De andere vischtrap, van het zoogenaamde „Cascade” of „Wildbach” systeem, verbindt, achter de centrale langs, het bovenpand met het afvoerkanaal.

De door de turbines aangedreven 10 draaistroom-generatoren (geleverd door de „Allgemeine ElektrizitätsGesellschaft” Berlijn) zijn gebouwd voor 7000 volt spanning 107 omwentelingen per minuut, 50 perioden en ontwikkelen (bij $\cos \varphi = 0.8$) een vermogen van 2600 K. V. A.

De met beide 400 P.K. bekrachtigingsturbines gekoppelde gelijkstroommachines zijn voor een normaal vermogen van 400 K.W. bij een spanning van 225 volt en 180 omwentelingen per minuut gebouwd. Het generatorengewbouw is 130 M. lang en inwendig 12 M. breed, overdekt met een ijzeren kap, waarvan een gewelfd rabitzdek is opgehangen. De hal is 16 M. hoog en bevat een electrische loopkraan met een maximum hefvermogen van 30 ton.

De vloer van het generatorengewbouw ligt 4.25 M. onder stuwpeil. Aan de bovenstromsche zijde moet de langswand van het gebouw dus als deel van de waterkeering een zeer aanzienlijken druk opnemen. Bij hoogwater staat ook de stroomafwaartsche wand aan een grooten waterdruk bloot, zoodat het geheele gebouw zoowel door onderdruk als door zijdelingschen druk aanzienlijk wordt belast. Daarom moesten bij het betonneeren van de turbinekanalen en van de zijmuren bijzondere voorzorgen worden getroffen. Een krachtige ijzerwapening werd overal toegepast, terwijl ter vermeerdering van de ondoorlaatbaarheid van het muurwerk in het opgaand muurwerk en bij de generatoren, lood-isoleeringen werden aangebracht. Bovendien werd door de opstelling van kwelwater-pompen met het wegzuigen van eventueel instroomend water rekening gehouden.

Voor de drooglegging der turbinekamers is een afzonderlijke pompinstallatie aanwezig.

Ter verbinding van het generatorgebouw met het aan den overkant van het werkkanaal gelegen schakelhuis, dient een afzonderlijke betonbrug, welke de kabels draagt.

Stoomcentrale Wyhlen.

De stoomcentrale ligt aan de andere zijde van het afvoerkanaal en bestaat uit een machinegebouw met aangebouwd ketelhuis.

Het eerste is 32.20 M. lang en 15 M. breed en bevat twee turbine-aggregaten elk van 4500 K.V.A. normaal vermogen, welke gedurende 2 uur tot 5000 K.V.A. kunnen worden overbelast. De generatorspanning is normaal 6800 volt bij 50 perioden en 1500 omwentelingen per minuut. De turbines werken met stoom van 12 atm. overdruk en 300° C. temperatuur. Elk aggregaat bezit een direct gekoppelde bekrachtigingsmachine; het regelen van de generatorspanning geschiedt automatisch door twee Tyrill-regulatoren. De oppervlak-condensor is in de machinekelder opgesteld onder de turbine, terwijl de pompen zich daarnaast bevinden.

Het koelwater wordt uit het bovenpand betrokken en wordt op het onderpand geloosd. (De installatie werd geleverd door de A.E.G.).

Het machine-gebouw is voorzien van een 20-tons montagekraan, terwijl de spooraansluiting tot in het machine-gebouw is voortgezet. De schakelaanleg is in een afzonderlijk bijgebouw van 10 × 15 M. grondvlak en drie verdiepingen, aan de westzijde van het machinegebouw ondergebracht. Hier wordt de stroom op 25000 volt gebracht en takken alle 25000-volt leidingen af.

Het ketelhuis heeft een oppervlak van 32 × 25 M. en is geheel, met inbegrip van het dak, uit gewapend beton opgetrokken. De brandstoftoevoer geschiedt op een aansluitspoor, dat op den hoogen oever is gelegen. De kolen worden in een vul-trechter gestort en voeden beneden een bekerconveyor, welke een vermogen van 20 ton per uur heeft en de boven in het ketelhuis gelegen 650-tons kolenbunker vult, van waaruit de ketelvuren worden gevoed.

De door de „Babco- & Wilcox-Dampfkesselwerke”, Oberhausen, geleverde ketelinstallatie omvat 7 waterpijpketels, elk met 350 M² verwarmingsoppervlak en voor 13 atm. stoomdruk, voorzien van mechanische kettingroosters met een oppervlak van 12 M². De oververhitting van den stoom geschiedt in direct ingebouwde oververhitters, welke bij de eerst aangebrachte ketels 110 M², bij de latere ketels 140 M² oppervlak hebben. Elke ketel is voorzien van een Green-economiser van 220 M². verw. oppervlak. De ketels zijn van het scheepstype en zijn, inplaats van met metselwerk, met 50 m.M.

dikke dolomietplaten en een 30 m.M. dikke ijzeren ommanteling bekleed.

Voor de ketelvoeding dienen een duplex-stoompomp en een electrisch gedreven plunjerpomp; voor de nieuwe ketels kwam daar later nog een roteerende ketelvoedingspomp bij. Voor voedingswater wordt het condensaat van de oppervlak-condensators der stoomturbines gebezigd. Wat als aanvulling noodig is, wordt aan den Rijn onttrokken en in een waterreinigingstoestel onthard. Dit water wordt gemeten en voorgewarmd voor het in den ketel wordt gevoerd.

Het schakelgebouw van de waterkrachtcentrale is 4 verdiepingen hoog, 68 M. lang en 12 M. breed. De kamers voor de transformatoren bevinden zich in een goed geventileerden aanbouw, gelijkvloers. De betrekkelijk ingewikkelde opzet, in verband staande met het gezamenlijk bedrijf van eenige oudere centrales en de nieuwe waterkrachtcentrale, moge hier stilzwijgend voorbij worden gegaan.

Slechts zij vermeld; dat de bestaande 25000-volt-voorziening uit dit schakelgebouw werd gehouden en ondergebracht bleef in het schakelhuis der stoomcentrale, terwijl het waterkrachtschakelgebouw zorgt voor de 7000-volt en de 44000-volt-voorziening.

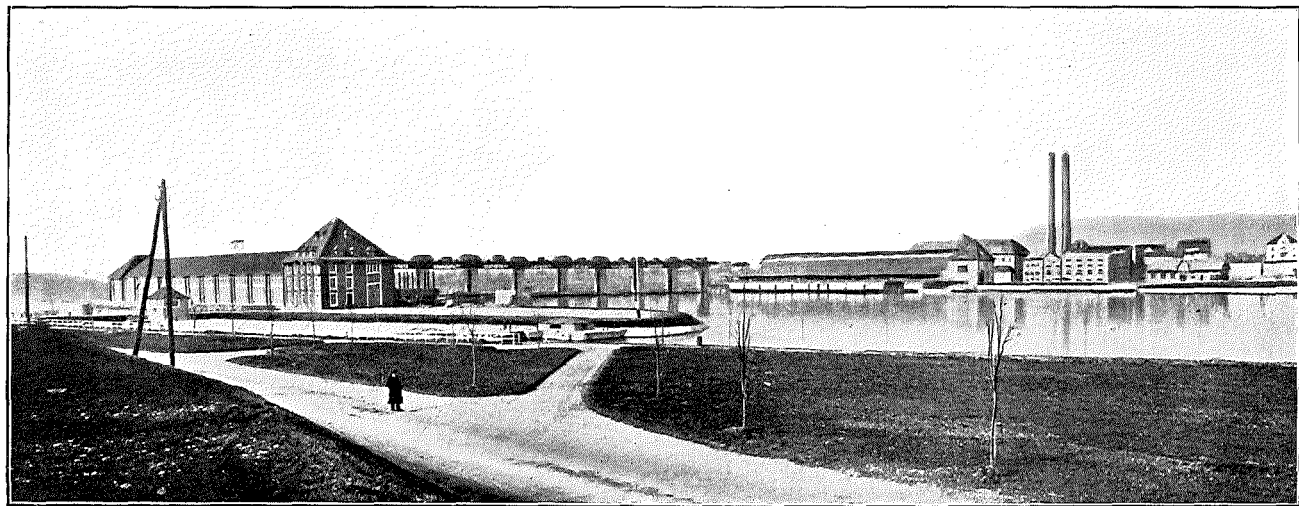
Het schakelgebouw bevat gelijkvloers de vier verzamelrail-systemen voor het 7000-volt-net, op de eerste verdieping de olieschakelaars; op de tweede verdieping de twee verzamelrail-systemen voor het 44000-volt-net en op de derde verdieping de bliksembeveiling van de uitgaande leidingen.

In een centraal aangebouwd gedeelte bevindt zich de ruimte voor de afstandsbediening van de geheele schakelinstallatie. Slechts de schakelaanleg voor de bekrachtigingsmachines werd om praktische redenen in het machinegebouw ondergebracht.

2. De centrale Augst van de stad Basel.

Ook in de centrale AUGST wordt het beschikbaar vermogen in 10 generator- en 2 bekrachtigingsturbines verwerkt. De totale lengte over de turbinekamers bedraagt 112.50 M., de breedte van de geheele centrale 46.60 M., de lengte van de overzijde tot aan den afsluitmuur van het machinegebouw 23.80 M. De as van de onderste turbinekamer ligt 20.50 M. stroomopwaarts van de stuwas. De bovenkant van den inlaatdrempel ligt 3 M. boven den stuw drempel en steunt op een pneumatisch gefundeerde caisson.

Op den drempel is een grof roosterwerk opgesteld, dat door een later te noemen kraan bij gedeelten kan worden uitgelicht en schoon-gemaakt. Achter dit rooster zijn schuiven aangebracht, welke de



Figuur 15. Overzicht van de twee waterkrachtcentrales en stuw in den Rijn te Augst-Wyhlen.

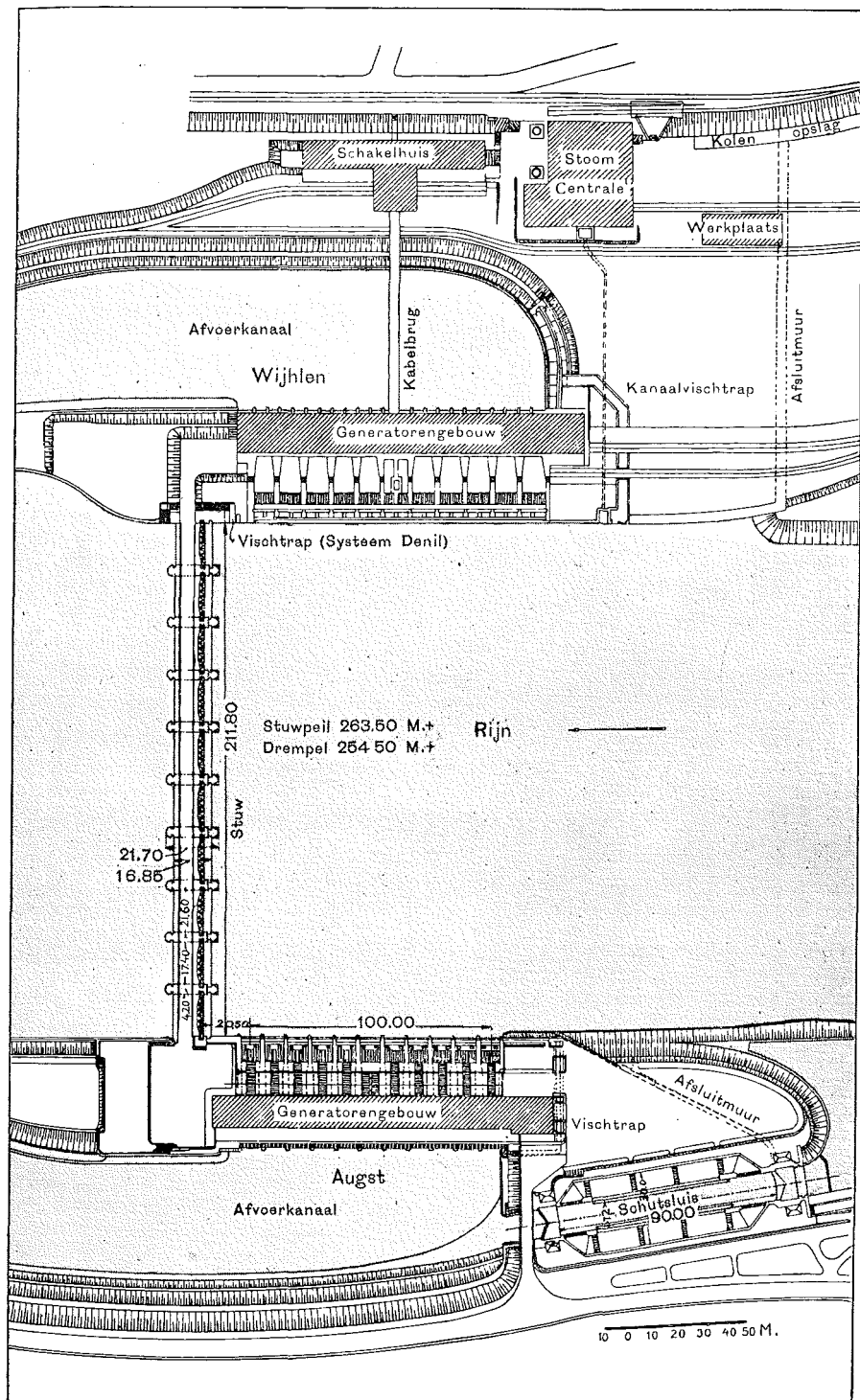
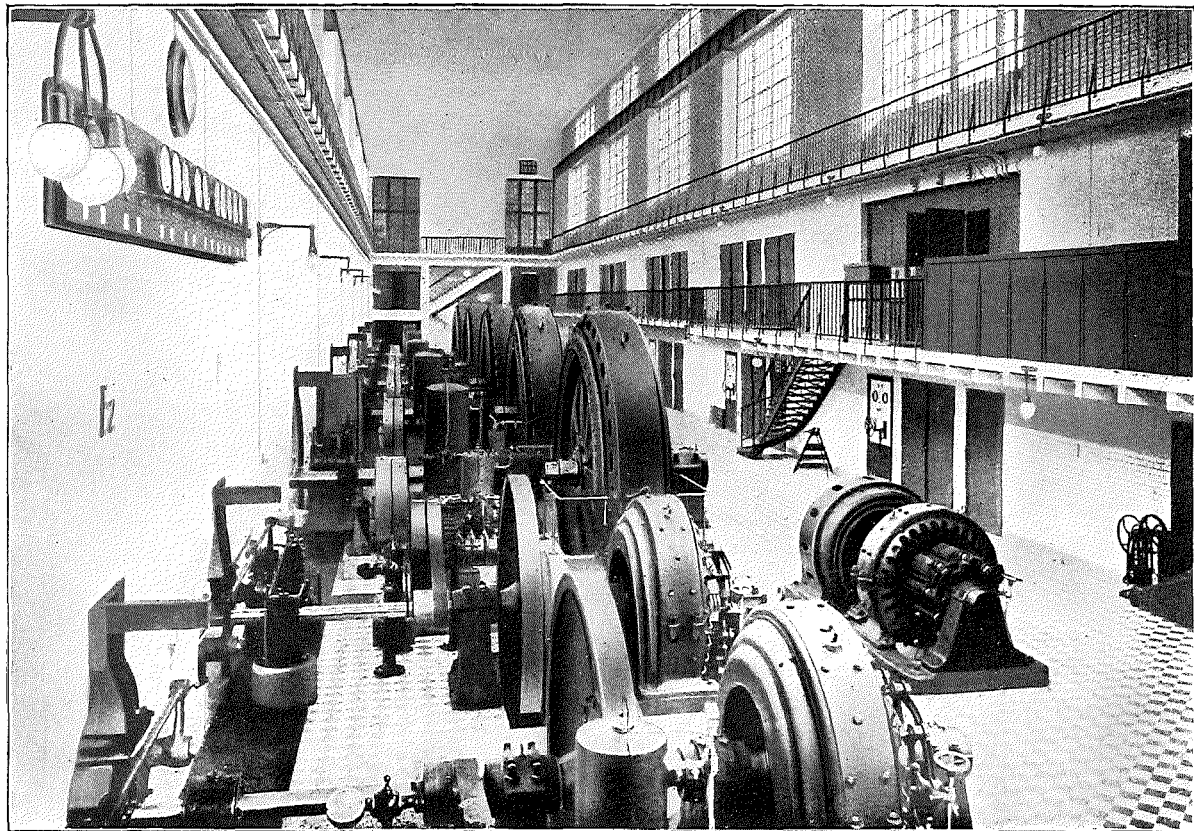


Fig. 16. Situatie van de stuw met de centrales Augst-Wyhlen in den Rijn.



Figuur 17. Overzicht van de centrale Augst.

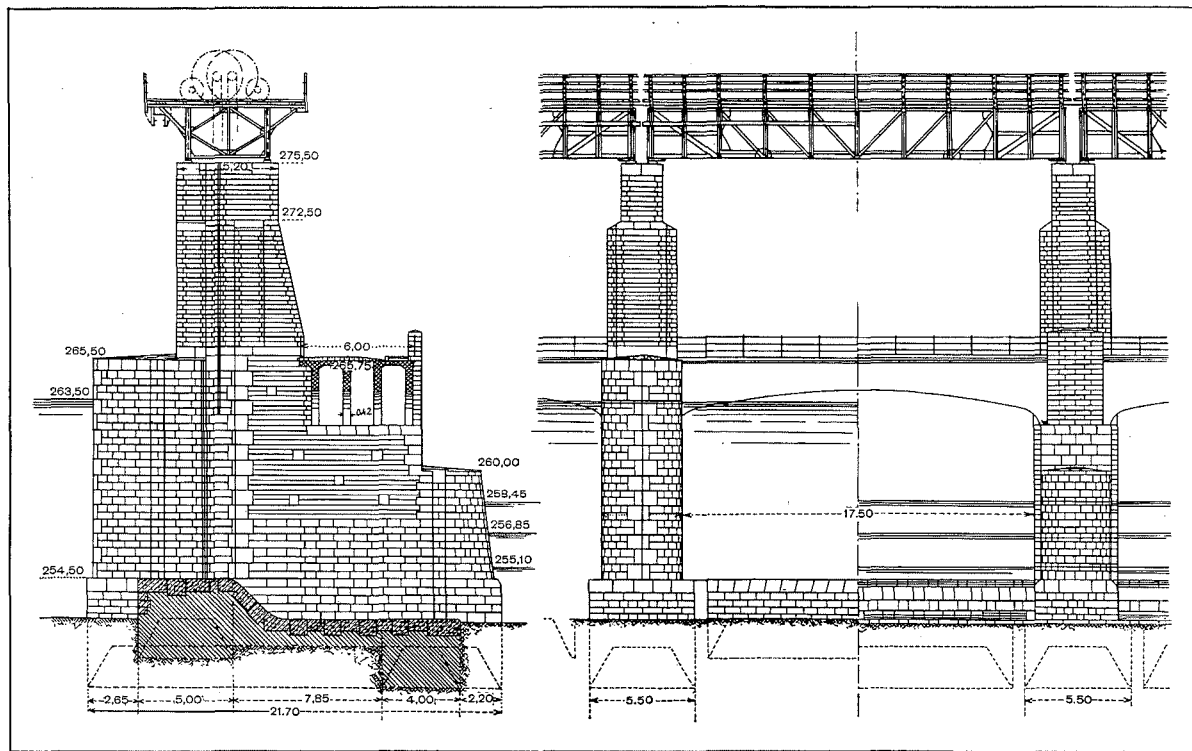


Fig. 18. Pijler- en drempelconstructie van de stuw te Augst-Wyhlen.

turbinekamers kunnen afsluiten. Zijn deze schuiven aan de overzijde in de centrale te Wyhlen horizontaal tweedeelig uitgevoerd, ten einde met lichter en goedkoper windwerken te kunnen volstaan, omdat in dit geval de te overwinnen wrijving tijdens het wedervullen van de turbinekamers tot de helft vermindert, in de centrale te Augst heeft men ze over de breedte in tweeën gedeeld en een tusschenpost aangebracht.

Deze schuiven worden electrisch bewogen.

Achter de schuiven bevindt zich het schuin opgesteld fijnroosterwerk. Het gebruik van een machinale reinigingsmachine heeft men hier op vernuftige en afdoende wijze ontgaan door het water door het rooster terug te laten stroomen, waardoor het vuil van het rooster wordt afgelicht en door een spoelriool van 2.5 M². oppervlak in het benedenpand wordt geloosd. Om deze werking te volbrengen worden twee belendende turbinekamers met elkaar in verbinding gebracht door hevels en wordt de eene kamer door middel van de juist genoemde schuif gesloten. ¹⁾ Het water stroomt dan de eerste kamer binnen, treedt door de hevels achter het fijn roosterwerk de tweede kamer binnen, maar vindt den weg door de turbines naar het beneden-water afgesloten; het moet dan in verkeerde richting door het fijn roosterwerk naar de rivier toestroomen en vindt daar een weg door het reeds genoemde spoelriool naar het benedenpand. De spoelriolen zijn gesloten door schuiven, welke electrisch worden bewogen. Het reinigen van de roosters van een turbine kost in totaal 15 minuten.

Deze inrichting voldoet in de praktijk uitstekend en veroorzaakt geenerlei bedrijfsstoring. De geringe krachtvermindering van de turbine, waarvan het spoelwater wordt afgetapt, wordt automatisch door de andere turbines aangevuld.

De geheele onderbouw van de centrale is in hoofdzaak uit stampbeton opgetrokken, terwijl op verscheidene plaatsen wapening is aangebracht. Ook hier zijn evenals te Wyhlen de wanden en de vloer van het machinegebouw op waterdruk tijdens hoogwater berekend, terwijl dit gedeelte tegen opdrijving aan den onderbouw verankerd is. Over de inloop- en turbinekamers loopt op twee rails een bokkraan met 6 ton hefvermogen.

Aan de benedenstromsche zijde worden de turbine-kamers afgesloten door verplaatsbare schuiven, welke, evenals te Beznau en te Tuilière, door een kat naar de gewenschte opening worden gevoerd.

¹⁾ Het aanzuigen der hevels geschiedt automatisch door eene met den achtersten zuigketel der turbines in verbinding staande 60 m. M. wijde ijzeren buisleiding.

Voor het leegmalen der turbine-kamers is een afzonderlijke pomp-installatie aanwezig.

Onder de machinevloer loopen in de langsinrichting van het gebouw drie kabelkanalen en een ventilatie-kanaal; het laatste staat aan beide zijden met de buitenlucht in verbinding en voert koellucht toe naar de generatoren. Het kwelwater, dat door de muren en fundeering heen mocht dringen, wordt door een speciale drainage naar de pompschachten aan de beide einden van het gebouw gevoerd, van waar het door 3 electrisch gedreven pompen weggemalen wordt.

De bovenbouw van het machinegebouw is uit gewapend beton en baksteen opgetrokken en bevat een 30-tons electrische loopkraan. Op het gebouw bevindt zich een ijzeren kap afgedekt door pannen, waaraan een eternit dek is opgehangen. Het ontwerp van het gebouw werd aan Baseler architecten opgedragen.

De door „Escher Wyss & Cie”, Zürich, gebouwde generator-turbines zijn viervoudige Francisturbines met horizontale as, welke bij een verval van 5 M. een vermogen van 2200 P. K. aan de turbine-as ontwikkelen; het maximum vermogen bedraagt 3000 P. K. bij een verval van ongeveer 7.5 M. Het aantal omwentelingen bedraagt 107 per minnuit. Deze Zwitsersche turbine is iets korter dan de overeenkomstige van „Voith”, terwijl ook de maximum lager-afstand kleiner is. De lagers zijn alle direct toegankelijk.

De bekrachtigingsturbines zijn dubbelturbines elk van 400 P. K. bij 200 omwentelingen per minuut.

De draaistroom-generatoren werden geleverd door de „A. G. Brown, Boveri en Cie” te Baden, hebben een vermogen van 2300 K. V. A. en zijn gebouwd voor een spanning van 6400 tot 7400 volt bij 107 omwentelingen per minuut, 50 perioden. (Zie fig. 17).

De aan de beide bekrachtigingsturbines gekoppelde gelijkstroom-machines ontwikkelen 270 K.W. bij 240 volt en hebben 200 omwentelingen per minuut. (Zie fig. 17).

De schakelinrichting is aangebracht naast de machinezaal, terwijl de centrale schakellessenaar op een galerij in het midden van de machinezaal is aangebracht. Het centraliseeren van alle schakelingen en het ruime gebruik van automatisch werkende inrichtingen stellen in staat met weinig personeel te volstaan.

Fundeering en vast gedeelte van de stuw. De stuw is tusschen de landhoofden 211.80 M. lang en bevat 10 openingen van 17.50 M. doorstroom-wijdtte tusschen 4.20 M. dikke pijlers. De openingen worden afgesloten door enkelvoudige Stoney-schuiven van 9 M.

hoogte, waarvan een viertal voorzien zijn van draaibare ijskleppen. Boven op den pijlerbovenbouw rust een ijzeren bedieningsbrug, welke de windwerken voor de schuiven en ijskleppen draagt. Voor het verkeer tusschen beide oevers en als onderlinge verstijving der pijlers ligt aan de benedenstroomsche zijde der pijlers een gewapend betonbrug van 6 M. breedte.

Het stuwpeil ligt op 263.50 M. + N.N.; de stuw keert bij laagwater 8.40 M., bij gewoon hoogwater 4.75 M. verval. De stuw drempel ligt in alle openingen op 254.50 M. + N.N., 9 M. onder stuwpeil en 0.60 M. onder laagwater, terwijl de dieper gelegen stuwvloeren in de verschillende openingen op ongelijke hoogte liggen.

Zooals reeds is vermeld, werd de plaats van de stuw bepaald door de geologische formatie van den ondergrond. Tijdens de uitvoering van het werk kon worden vastgesteld, dat men een goede keus had gedaan ondanks het feit, dat onder de rechter stuw helft grootere en kleinere verwerings van den rotsbodan de fundeering van pijlers en drempels niet onbelangrijk moeilijker maakten.

Het fundeeringswerk werd gesplitst opgedragen aan de twee aannemersfirma's „Ab. Buss & Cie” Basel en „Conrad Zschokke” Aarau en wel zoodanig dat de eerste firma de linksche landpijler, de twee linksche stroompijlers en de daartusschen liggende drempelconstructies, de laatstgenoemde firma de overige zeven pijlers, den rechter landpijler en de daartusschen liggende drempels kreeg uit te voeren. De gezamenlijke ijzerconstructies van de stuw werden aan genoemde firma Ab. Buss & Cie opgedragen; de windwerken werden door de „Giesserei Bern” en de electriche inrichtingen door de „Maschinenfabrik Oerlikon” geleverd. De 10 gewapend beton bruggen tusschen de pijlers werden door „Maillart & Cie”, Zürich, gebouwd.

Met uitzondering van den rechterlandpijler, welke in een bemalen fundeeringsput kon worden uitgevoerd, zijn alle pijlers en stuwvloeren met behulp van verloren caissons pneumatisch gefundeerd.

De pijlers (zie fig 18) zijn in cementbeton opgetrokken en met graniet bekleed, dat aan de Zwitsersche zijde van den Gotthard, aan de Duitsche zijde uit het Schwarzwald stamt, ter vermijding van invoerrechten.

De pijlers bezitten eene wapening bestaande uit vertikale rails, onderling verbonden door 30 m.M. ronde staven. De pijlerkop is 50 c.M. breeder dan het lijf, zoodat hier de stroomafwijzende schilden (Chrèvres, Tuilière) voor de schuifspooningen niet noodig zijn.

De pijler-caissons zijn 21.70 M. lang en 5.50 M. breed met een overmaat t. o. v. het pijlergrondvlak, zoodat bij niet juiste plaatsing

der caisson, de pijler zoodanig op de caisson kan worden geplaatst dat hij ten opzichte van de andere pijlers den juisten stand inneemt.

Aan de linkerzijde zijn de landpijler en de twee eerste stroompijlers, aan de rechterzijde de eerste stroompijler op gewapend beton-caissons gefundeerd, terwijl voor de overige caissons van ijzer gebruik is gemaakt, daar deze wegens de grootere waterdiepte op steigers moesten worden opgesteld en van daar af werden neergelaten; de beton-caissons konden op de voorhanden zijnde of opgestorte grindbank worden opgebouwd en gezonken. De caissons liggen op ongelijke diepte daar de gezonde rots niet op gelijke hoogte werd aangetroffen. Zoo ligt de onderkant van pijler IX op 250 M. + N.N., die van pijler VI op 242 M. + N.N., dus 8 M. lager, terwijl daar beneden nog een verlengstuk werd aangebouwd tot 239.58 M. Deze pijler heeft tot aan den stuwdrempel een hoogte van bijna 15 M., terwijl de grootste druk van den waterkolom tijdens het werk 17.60 M. bedroeg.

De *stuwvloer tusschen de pijlers* is eveneens uit beton opgetrokken en van af den rotsbodem bekleed met graniet-blokken, welke stuk voor stuk in de beton verankerd zijn. De uitvoering van den stuwvloer heeft op de volgende wijze plaats gehad. Eerst werden in de rivier de pijlers op hunne caissons tot boven water opgetrokken. Daarna werden aan de bovenstroomsche, zoowel als aan de benedenstroomsche, zijde van den stuwvloer tusschen de pijlers caissons dwars op de stroomrichting gezonken en werden de voegen tusschen pijleren drempelcaissons zoo goed mogelijk dicht gebetonneerd. Op plaatsen waar deze vulling niet aan de oppervlakte bekleed was, werd deze na eenige jaren tot 50 c.M. diepte uitgeslepen. Daarna werden op deze caissons tusschen de pijlers schotbalken of vangdammen aangebracht. De ruimte, waar het middenstuk van den stuwvloer moest komen, was op deze wijze aan vier zijden begrensd door op den rotsbodem steunende en daartegen afgedichte caissons, zoodat de stuwvloer verder in den droge kon worden uitgevoerd. De uitvoering gaf hier en daar aanleiding tot interessant werk, daar bij het ontdekken van slechte plekken onder de drempelcaissons deze zelf niet konden worden gezonken omdat hunne hoogteligging van te voren bepaald was. Dit gaf in enkele gevallen aanleiding tot het naar beneden uitbouwen van schermen van uit de werkkamer. Deze gewapend betonschermen vormden een geheel met de caissonwanden, zoodat een nieuwe diepere werkkamer verkregen werd, waarin ook op dieper niveau kon worden gewerkt. Op één plaats wist men zodoende tot 5 M. beneden den onderkant der caissons door te dringen.

De *stuwbrug van gewapend beton* is voor belasting met een 16-tons wals en voor de helft op menschengedrang van 450 K.G. per M². berekend. De uitvoering had plaats boven op houten formeelen, welke als driescharnieren-bogen tusschen de pijlers waren aangebracht. Op de brug is een kraanspoor aanwezig ten dienste van het aanbrengen van de stroomafwaartsche schotbalkdichting tusschen de pijlers.

De *ijzeren bedieningsbrug* boven over de pijlers is 8.05 M. breed en heeft op 4 M. onderlingen afstand twee 2.62 M. hooge vakwerk-hoofdliggers, waarvan de eindvelden vol zijn uitgevoerd. Aan beide landzijden is de brug over de pijlers heen tot een console uitgebouwd, ten einde een op de brug loopende montage-kraan gelegenheid te geven werkstukken onmiddellijk van den grond op te nemen.

Beweegbaar gedeelte van de stuw. De schuiven zijn tusschen de opleggingen 18.70 M. breed en 9 M. hoog. Hoewel zij als enkelvoudige Stoney-schuiven nog tot het oudere type behooren, waarbij het water steeds onder de schuif door wordt afgevoerd, toonen zij door een groot aantal constructieve bijzonderheden aanmerkelijke verbeteringen tegenover de schuiven van de hiervoren beschreven stuwen (zie fig. 19).

Van de 10 schuiven zijn er vier met draaibare ijskleppen voorzien, dienende om ijs, hout en andere drijvende voorwerpen af te voeren; de meest gewichtige functie van deze kleppen is echter het regelen van kleine schommelingen in het stuwpeil. Terwijl te Tuilière hiervoor een afzonderlijke door schuiven beheerschte overlaat dienst doet, is deze fijn-regeling hier direct aan de schuiven van de stuw aangebracht. In gesloten toestand is de klep aan de schuif gegrendeld; ontgrendeling geschiedt uit de hand. De klep draait om zeven horizontale scharnieren, bevestigd op de schuif, en heeft een nuttige hoogte van 2.22 M.

Terwijl bij de vroeger beschreven schuiven de waterdichte bekleding rustte op een groot aantal horizontale regels met onderling varierende afstand is hier een geheel ander systeem toegepast.

Als hoofd-draagconstructie der 9 M. hooge schuiven fungeeren 2 horizontale vakwerkliggers met dubbele randen en 2.40 M. theoretische hoogte, welke op 3.80 M. onderlingen afstand liggen en 7 verticale dwarsdragers steunen, waarvan de 5 middelste volkomen gelijk zijn en evenals de hoofdliggers 2.40 M. hoog zijn, terwijl de beide buitenste een hoogte van slechts 1.20 M. hebben. Op deze dwarsdragers steunen weder horizontale secundaire liggers. Hierop rusten vertikaal verloopende Z-ijzers, welke ten slotte de, onder 11 m.M., boven 7 m.M. dikke beplating dragen. De beide hoofdliggers brengen

den waterdruk door middel van twee stijf daarmede verbonden eindstijlen (0.822 M. hoogte) links en rechts over op doorgaande kiplagers van gietstaal, welke op gietstalen looprollen steunen. (Zie fig. 20). Deze 22 c.M. dikke en 42 c.M. lange rollen zijn ten getale van 23 in een rolwagen vereenigd, welke zoodanig geconstrueerd is, dat afzonderlijke rollen kunnen worden verwisseld zonder dat de geheele wagen gedemonteerd behoeft te worden. Bij de berekening der rollen is uitgegaan van de veronderstelling, dat de oplegdruk van een hoofdligger zich door middel van den stijven eindstijl en het gietstalen kiplager over 5 rollen verdeeld. De rollen loopen op een stalen plaat, welke door middel van vier rechtopstaande gootijzers op het metselwerk steunt.

Als onder-aanslag heeft de schuif een houten balk, welke afdicht op een gietstalen plaat. Deze plaat is vervangbaar bevestigd op een in den stuwdrempel verankerde stoel.

De zijdelingsche afdichting geschiedt hier niet met een staaf, maar door middel van een vierkanten balk, veerend opgehangen aan de schuif. Deze balk beweegt tusschen twee gootijzers, waarvan een aan den pijler, het ander op de schuif is bevestigd. Het water drukt den balk tegen de flensen der gootijzers, zoodat de spleet tusschen beide gedicht wordt. (Zie fig. 20).

Daar de rolwagen niet tot onder aan de schuif doorloopt, wordt in bepaalde standen van de schuif, daarop een moment uitgeoefend, met de onderste looprollen als draaipunt. Om te verhinderen dat de schuif van de bovenste rollen geheel wordt afgelicht, is aan den bovenkant een veerend opgelegd tegenwiel aangebracht, loopend op een in de pijlersponning aangebrachte ijzeren plaat.

Het gewicht van een schuif met ijsklep bedraagt 93 ton, van een schuif zonder ijsklep 84 ton.

De montage der schuiven had plaats op tusschen de pijlers geslagen steigers.

De *windwerken* van schuiven en ijskleppen zijn voor electrisch — zoowel als voor handbedrijf (reserve) ingericht. In tegenstelling met vroegere groote schuifconstructies is hier voor het eerst afstand gedaan van de tegengewichten.

Het uitbalanceeren der schuiven heeft voordeelen, welke vooral spreken, wanneer bediening uit de hand als regel wordt toegepast, omdat bij de beschikbare geringe menschenkracht de heflast geringer wordt, waardoor de hefsnelheid grooter kan worden. Maar waar de windwerken mechanisch worden aangedreven, is het kleiner worden van de beweegkracht in het algemeen een voordeel, dat wegvalt tegen

de nadeelen verbonden aan het gebruik der tegengewichten. De constructie der tegengewichten kost betrekkelijk veel geld, zij vorderen meestal een hooger gelegen bedieningsbrug, welke daarenboven een grooter belasting op moet nemen. Doch bovendien wordt bij stuwen met uitgebalanceerde schuiven ondervonden dat deze onder de werking van het onderdoorstroomende water sterk rukken aan de windwerken, terwijl geen overdruk aanwezig is, wanneer de schuif op den drempel aanslaat en dan geen goede dichting wordt verkregen. Om al deze redenen heeft men het voordeel van geringer beweegkracht en lichter windwerken te Augst-Wyhlen en alle nieuwere constructies opgeofferd en heeft men van tegengewichten afstand gedaan.

Aan de constructie der windwerken is de volgende lastberekening ten grondslag gelegd:

Heflast in tonnen.	Schuif met ijsklep in tonnen.	Schuif zonder ijsklep in tonnen.	Ijsklep in tonnen.
Schuifconstructie	81.—	84.—	—
Ijsklep	12.—	—	5.17
Houten aanslagen	2.2	2.4	0.8
Ijzerwerk	3.6	3.6	—
Kettingen en kabels	12.—	9.—	2.2
Half gewicht van de rolwagens	4.3	4.3	—
Rollende wrijving	4.—	4.—	—
Wrijving van de afdichting . .	8.—	8.—	—
Watergewicht	65.5	—	24.3
Toevallige weerstanden . . .	32.4	32.7	3.—
Totaal . . .	225.—	148.—	36.—

Daar bij de schuiven met ijskleppen het gewicht van het overstroomende water slechts bij uitzondering met den vollen last van 65,5 ton moet worden gelicht, werd een viervoudige zekerheid in de ophanging voldoende geacht, terwijl bij de andere schuiven vijfvoudige zekerheid werd toegepast.

Elke schuif is opgehangen aan vier Gallsche kettingen, elk van 225 ton breukvastheid. Elk paar kettingen draagt een balans, waaraan de eindstijl van de schuif is bevestigd; zoodoende draagt elke ketting evenveel.

Elke ketting loopt op de bedieningsbrug over een stalen kettingrad met polygonale oplegvlakken voor de kettinglamellen. De assen dezer raden worden door middel van tandrad- en worm-overbrenging aangedreven door een hoofd-as waarop met tweevoudige overbrenging een 56 P.K. electromotor werkt. Een wrijvingskoppeling is tusschen geschakeld, ten einde de daarop volgende onderdeelen voor overbelasting te behoeden. Op de hoofd-as werkt een rem, verbonden met een electro-magneet, welke de rem bij stroomtoevoer ontspant.

Een klauw-koppeling dient voor het uitschakelen van de electrische beweging en tegelijk inschakelen der handbeweging, waarvoor twee kaapstanders aanwezig zijn, aan elk waarvan vier man kunnen werken. De hefsnelheid bedraagt uit de hand 0,5 M. per uur, electrisch 0,525 M. per minuut; normaal wordt een schuif dus van uit den gesloten stand tot boven hoog water over een afstand van 10,5 M. in 21 minuten geheschen.

De ijskleppen worden door middel van twee kabels van 50 m. M. dikte (120 ton breukvastheid, 6,6-voudige zekerheid), waaraan Gallsche kettingen bevestigd zijn, door een windwerk bewogen, dat door een 10 P.K. motor wordt gedreven. Ook is beweging uit de hand mogelijk.

Voor *bovenstroomsche noodafsluiting* worden geconstrueerd ijzeren schotbalken gebruikt (zie fig. 21), welke in daartoe in het metselwerk uitgespaarde sponningen rusten. Voor de afsluiting van een opening worden 8 balken op elkaar gelegd, elk 1.13 M. hoog. Elke balk bestaat uit een vertikaal waterkeerend schot, dat aan boven- en onderzijde steunt tegen horizontale plaatijzeren liggers, waarvan de hoogte bij de onderste drie schotbalken (welke den grootsten waterdruk weerstaan) 1.80 M., bij de twee volgende 1.40 M., bij de daarop volgende twee 1 M. en bij de bovenste 0.78 M. bedraagt. Aan boven- en onderkant zijn de balken voorzien van een houten dichtingslijst. Elke schotbalk-oplegging heeft twee boven elkaar aangebrachte stalen rollen, 19 c.M. dik en 30 c.M. lang; deze rollen zijn met assen in een kast bevestigd, waarop de schotbalk door middel van een kiplager steunt.

Daar de afstand tusschen de pijlers niet overal even groot is (gevolg van de caissonfundeering) kan de lengte der schotbalken door op te schroeven tusschenstukken pasklaar worden gemaakt voor de verschillende openingen.

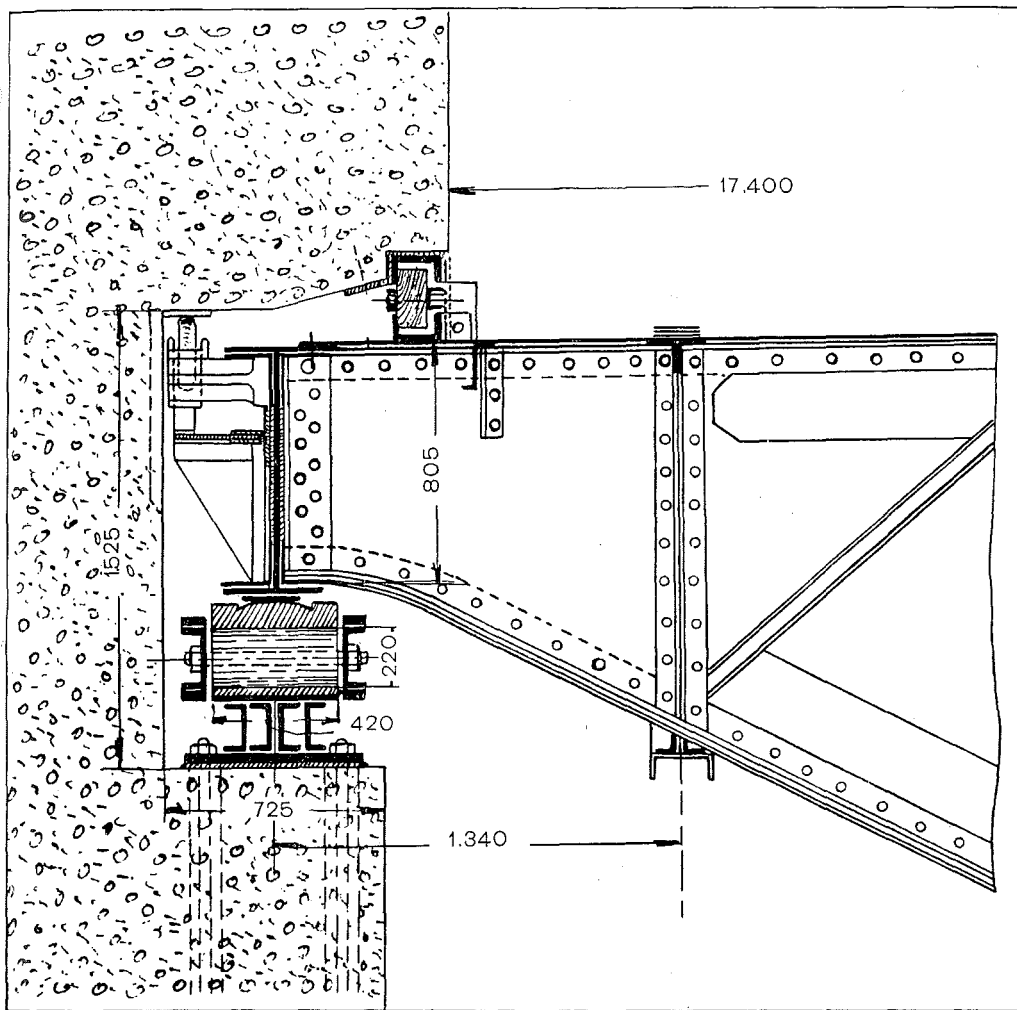


Fig. 20. Detail van de schuifoplegging in de pijlersponning te Augst-Wyhlen.

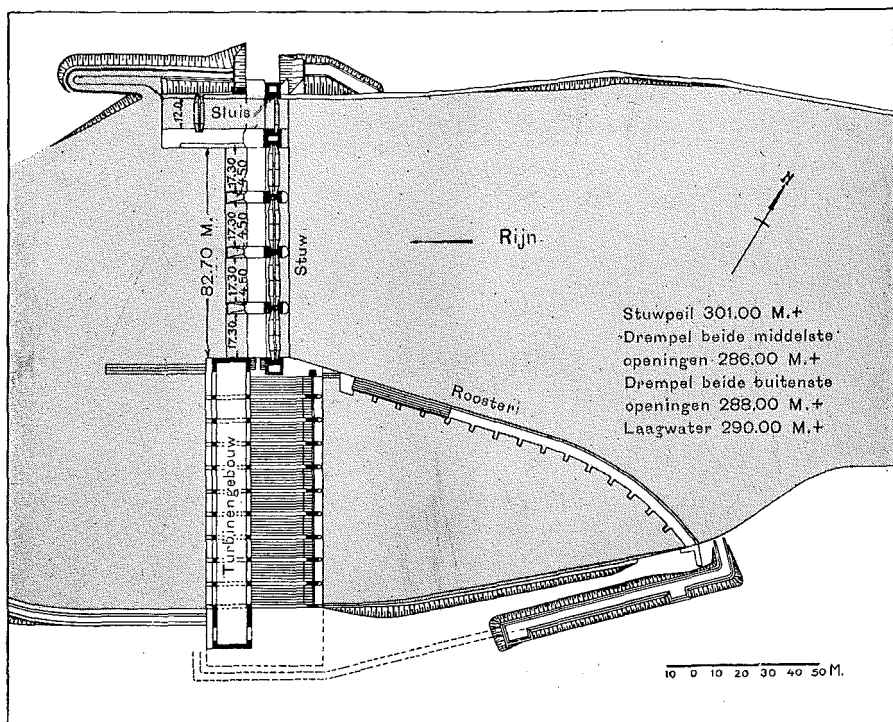


Fig. 22. Situatie van de waterkrachtcentrale Laufenburg in den Rijn.

De schotbalken wegen samen rond 100 ton, de lichtste 11 ton, de zwaarste 18 ton.

Een *transportkraan* brengt de balken naar de gewenschte opening. De baan van deze kraan hangt aan de dienstbrug. De kraan heeft een hijschmotor van 7 P.K. en weegt 10 ton (zie fig. 1).

De balken worden alle 8 boven op elkaar als een geheel in de opening neergelaten. Voor het neerlaten en ophalen dienen twee afzonderlijke, verplaatsbare windwerken, welke op de bovenstroomsche pijlerkoppen worden opgesteld. Zij worden door 7.5 P.K. motoren gedreven.

De aanschaffingskosten van schotbalken, loopkraan en bijbehorende windwerken zijn hoog. In het algemeen zijn zij eerst noodig, wanneer een der schuiven gerepareerd moet worden. Van af de inbedrijfstelling tot dat tijdstip belasten rente en afschrijvingskosten dus onnoodig de onderneming. Daarom is in Laufenburg niet tot directe aanschaffing overgegaan. Te Augst-Wyhlen echter kon men door de schotbalken aan te schaffen, de laatste stuwopening reeds sluiten toen men aan de montage van de daarvoor bestemde schuif begon, waardoor de beide centrales 4 maanden eerder in bedrijf konden worden gesteld. Dit voordeel overtrof ruimschoots de meerdere rente en afschrijving der noodafsluiting.

Aan de afmetingen van de *schutsluis* is een normaalschip van 1000 ton laadvermogen ten grondslag gelegd. Het is de eerste schutsluis voor groote schepen op den Boven-Rijn en maakt boven Basel de vaart mogelijk tot Rheinfelden. Veel meer dan een symbool is deze eerste stap tot bevaarbaarmaking van den Rijn van Basel tot in het Bodenmeer nog niet, want de sluis doet thans meer dienst als vischtrap dan als scheepssluis ¹⁾.

De sluis heeft een maximum verval van 8.40 M. en werd ontworpen door ingenieurs van de stad Basel.

De kolk is 90 M. lang en heeft wederzijdsche belooopen van 1 op 1 bekleed met vlakke betonblokken op zuiver grind; de grind achter de bekleeding wordt gedraineerd door buizen, welke in het onderpand uitmonden. De kolk is in den bodem 12 M. breed, op terreinshoogte 30 M. en heeft een in het midden 2 M. dikke vloer van beton op de kalkrots, welke naar de zijanten in dikte toeneemt en in lage zijmuren overgaat, waarop de juist genoemde taludbeksleiding van betonblokken

¹⁾ Door met de riolen te spuien wordt de visch tot voor de sluis gelokt. Daarna worden de benedendeuren geopend en zwemmen de visschen de sluis binnen. Vervolgens wordt de kolk op de gewone wijze gevuld en worden de deuren van het bovenhoofd geopend waarna de visschen hun weg vervolgen. Zij worden dus bij scholen tegelijk, als schepen geschut.

steunt. Deze trog is berekend op den vollen onderdruk van middelbaren waterstand in het benedenpand. Het bovenhoofd, 12 M. wijd in den dag, is 12.80 M. lang en steunt door langs- en dwarsmuren op de vaste rots. Aan de bovenstroomsche zijde van het bovenhoofd bevindt zich een verlaagd vak in den bodem, dienende als afzetplaats voor grind. Het benedenhoofd, waarover een vaste brug ligt, is 24.85 M. lang. Vulling en lediging van de sluis heeft plaats door afzonderlijke riolen, welke niet doorloopen, doch in den kolk een 6-tal zijpspruiten bezitten.

De riolen hebben een doorstroomoppervlakte van 3.1 M^2 , elk, bodem en zijwanden zijn tegen uitschuring bekleed met harde klinkers. De afsluiting geschiedt in beide hoofden door glijdschuiven, loopend in plaatijzeren ingebetonnerde kasten; de afdichting heeft van onder door eikenhout, aan de zijkanen door messinglijsten plaats.

De afsluiting der hoofden geschiedt door ijzeren puntdeuren. Het zijn regeldeuren, waarbij tusschen voor- en achterhar twee vertikale schotten de deur over de breedte in drieën verdeelen. De beplating is bij de deuren van het benedenhoofd aan de benedenstroomsche zijde op de beide harren en de twee vertikale schotten geklonken en verloopt tusschen de vertikale klinknaden tonrond. Door de aldus optredende gunstige trekbelasting van de beplating heeft men met 8 mm. dikke platen kunnen volstaan. Als voordeel wordt aangegeven dat de deuren in open stand in de deurkassen een tamelijk glad oppervlak bieden, wat eerder een bezwaar lijkt, daar de beplating op deze wijze aan beschadiging door aanvaring is blootgesteld. De beplating van de deuren in het bovenhoofd is vlak. De regels bestaan uit N.P. 50, waarvan de onderlinge afstand naar onder toe vermindert. De voorhar heeft een houten aanslag, de achterhar steunt met gietijzeren aanslag op stoelen van hetzelfde materiaal, die telkens ter hoogte der regels in het muurwerk zijn aangebracht. Aan onder- en achterzijde heeft de dichting plaats door aan de deur bevestigde houten lijsten, welke tegen in den drempel en in het muurwerk bevestigde ijzeren lijsten slaan. De aanslagen zijn excentrisch t. o. v. de as der regels geplaatst.

De drempel bestaat uit een betonbalk, waarvan de wapening uit een geklonken vakwerkligger en een aantal ankerijzers bestaat. Deze wapening is eveneens toegepast in het opgaand muurwerk ter plaatse van de achteraanslagen der deuren.

Over het gewicht van deuren met toebehooren geeft het volgend staatje inlichting.

Onderdeelen.	Bovenhoofd. Sprong 1 : 6. Wijdte v. h. sluis- hoofd 12 M., hoogte der deuren 4.60 M.	Benedenhoofd. Sprong 1 : 6. Wijdte v. h. sluis- hoofd 12 M., hoogte der deuren 11.60 M.
Deuren, ijzerconstructie.	14 240 K.G.	50 380 K.G.
Opleggingen gietstaal	2 140 „	6 890 „
Verankeringsijzer	450 „	830 „
Deurkassen, ijzerbeplating.	1 380 „	3 650 „
„ betonijzer	1 250 „	4 330 „
Drempel, ijzerbekleding	1 040 „	1 040 „
„ beton-ijzer.	200 „	230 „

De deuren worden bewogen door een heugelstang, welke op ongeveer 3.40 M. onder het peil van het bovenpand aan de deur is bevestigd. Deze stang wordt aangedreven door een rondsel met vertikale as, waarop boven den hoogsten waterstand een kegelrad is bevestigd, dat door middel van een tandrad-overbrenging door een 9 P.K. motor wordt aangedreven. Deze opent en sluit een deur in 1½ minuut en kan de deur openen bij 15 c.M. verval.

Voor de beweging der vier deuren zijn gelijke bewegingsinrichtingen toegepast. Als reserve kunnen de deuren, evenals de schuiven, uit de hand worden bewogen.

De bewegingswerktuigen der rioolschuiven zijn op overeenkomstige wijze gebouwd als die der deuren. Zij worden aangedreven door 15 P.K. motoren. De schuiven worden in 1½ minuut geopend of gesloten. Voor de vier rioolschuiven is van gelijke windwerken en motoren gebruik gemaakt.

De beweegbare deelen van de sluis worden van uit een op het benedenhoofd geplaatst huisje centraal bediend.

Bij middelbaren rivierstand duurt het vullen en ledigen van de sluis ongeveer 7 tot 8 minuten.

De deuren, schuiven en windwerken werden gebouwd door de „Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg” en Albert Buss, Basel; de elektrische installatie leverde Brown, Boveri & Cie, Baden (Zwitserland).

Kosten. Slechts over de kosten van de centrale Wyhlen op den Duitschen oever staan uitvoerige cijfers ter beschikking.

Kosten.

Onderdeelen.	Kosten in guldens.	Kosten per P.K. in guldens.	Kosten in % van de totale kosten.
1. Onteigening	110 000	7,30	2
2. Helft van de stuwkosten { Vast gedeelte. { Beweegbaar gedeelte	971 000 } 373 000 } 1 334 000	64,70 } 24,90 } 89,60	17.6 } 6.8 } 24.4
3. Centrale kanaal, fundeeringen, aandeel in de schutsluis	1 856 000	123,70	33.7
4. Centrale gebouw met toebehooren	196 000	13,—	3.6
5. Turbines met rooster, schuiven en reguleurs	760 000	51,—	13.9
6. Generatoren en bekrachtigingsmachines	412 000	27,40	7.5
7. Electrische uitrusting schakelaanleg	506 000	33,60	9.2
8. Schakelhuis, gebouw	270 000	18,—	4.9
9. Kabelbrug	44 000	3,—	0.8
Totaal	5 498 000	366,60	100

De kosten van de stoomcentrale Wyhlen beliepen f 977 400.

Litteratuur. Overdrukken uit de *Schweizerische Bauzeitung*, Band LXI, 1913; Band LXIII, 1914.

„Die Wasserkraft-anlage Augst-Wyhlen” door Dipl. Ingr. G. HUNZIGER-HABICH, O. ALBRECHT en C. BOSSHARDT.

E. STUW IN DEN RIJN, BEHOORENDE BIJ DE WATERKRACHT-CENTRALE LAUFENBURG. ¹⁾

Ligging. De waterkracht-centrale Laufenburg dateert uit de periode 1908—1915. Het ontwerp is eenige malen belangrijk gewijzigd.

De stuw ligt beneden een 1 K.M. lange stroomversnelling van den Rijn bij de beide plaatsen Laufenburg en Klein-Laufenburg. Om het meer stroomopwaarts gelegen deel van het Rijndal te behoeden voor opstuwing tijdens hoog water is het rivierbed over de geheele lengte van de stroomversnelling verwijld en zijn 300.000 M³. rots verwijderd. Met hetzelfde doel werd een oude boogbrug afgebroken en vervangen door een gewelfde brug met openingen en een middenpijler. Daardoor is de werking van de stuw tijdens hoog water niet alleen onschadelijk gemaakt, maar zijn de hoog-waterstanden stroomopwaarts belangrijk verlaagd. Deze buitengewoon mooie plek heeft daardoor en door den bouw van de stuw echter een deel van hare schoonheid verloren.

Bij een afvoer der rivier van 600—800 M³ per seconde is het verval bij de stuw 9—10 M.; alsdan kunnen ongeveer 50.000 P. K. worden gewonnen. Gedurende ongeveer 1½ maand per jaar daalt de afvoer tot 300—270 M³. per seconde; het vermogen van de centrale bij het dan optredend verval van 11 M. daalt tot 30.000 P. K. Door den bouw van een tweede kleinere centrale kan het totaal vermogen tot 60.000 P. K. worden opgevoerd.

Situatie. (zie fig. 22). De stuw ligt ongeveer 300 M. beneden de rotskloof en stuwt het water tot 11 M. bij laag water op. De stuw staat loodrecht op den stroom; aan den linker eindpijler sluit, in dezelfde richting, de centrale aan, terwijl aan den rechter eindpijler het bovenhoofd van de schutsluis grenst.

¹⁾ Over de waterkracht-centrale Laufenburg staan minder uitvoerige gegevens ter beschikking dan over die te Augst-Wyhlen.

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 torengewoeltes 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 driephasen-generator 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 driephasen-transformatoren 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 Boddell-systeem op de 47000-voltzijde mogelijk.

Het schakelgebouw en de schakelruimte, van waaruit de geheele electrische 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 electrische 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 rotsbodem, 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.M²., terwijl de toelaatbare grens voor goede kalkrots 10—12 K.G. per c.M². 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 afgedicht. 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 rotsbodem 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 pantsering aangebracht.

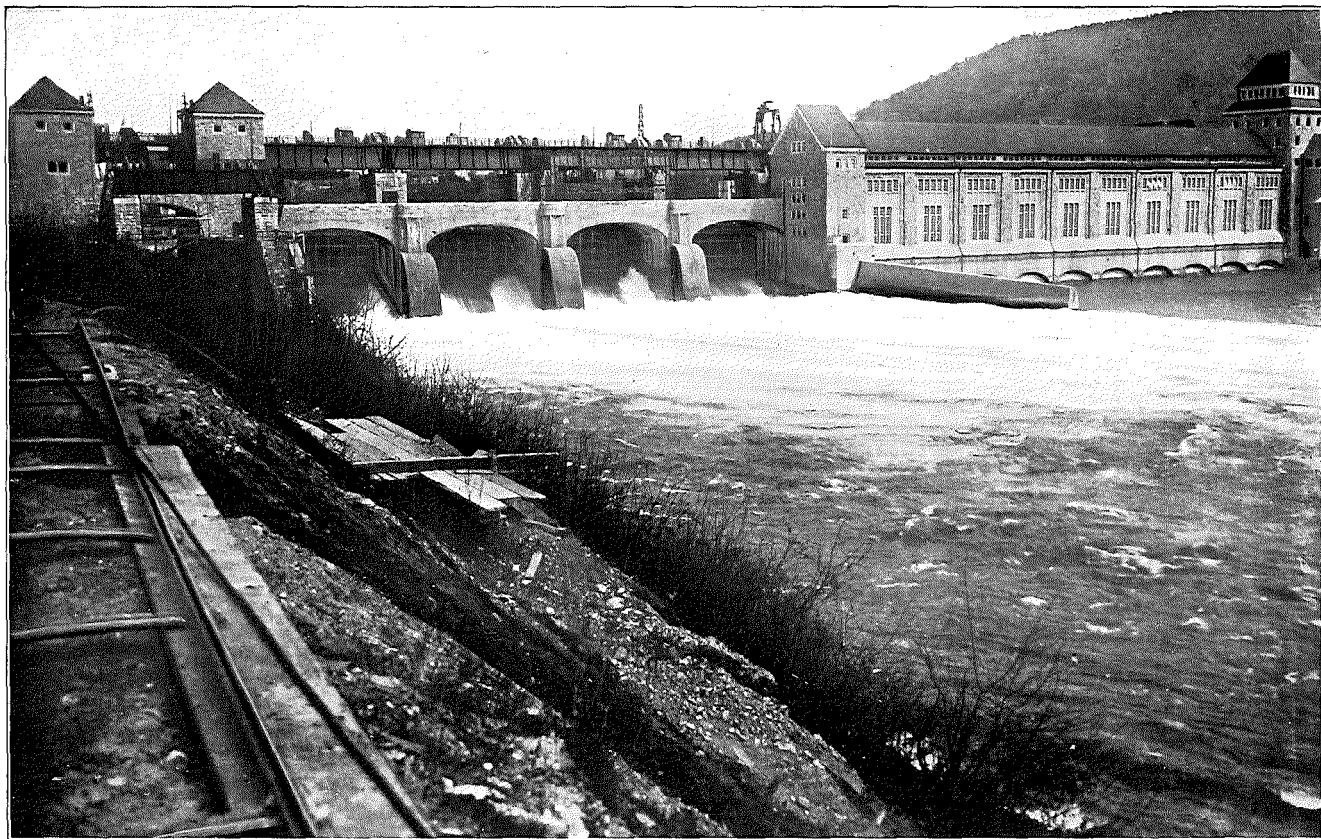
Het verwijderen van rotsmassa's aan de benedenstroomsche zijde van de stuw geschiedde gedeeltelijk door een steenbreker, opgesteld op een drijvende ponton, gedeeltelijk met behulp van een kleine mobiele caisson op pontons.

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

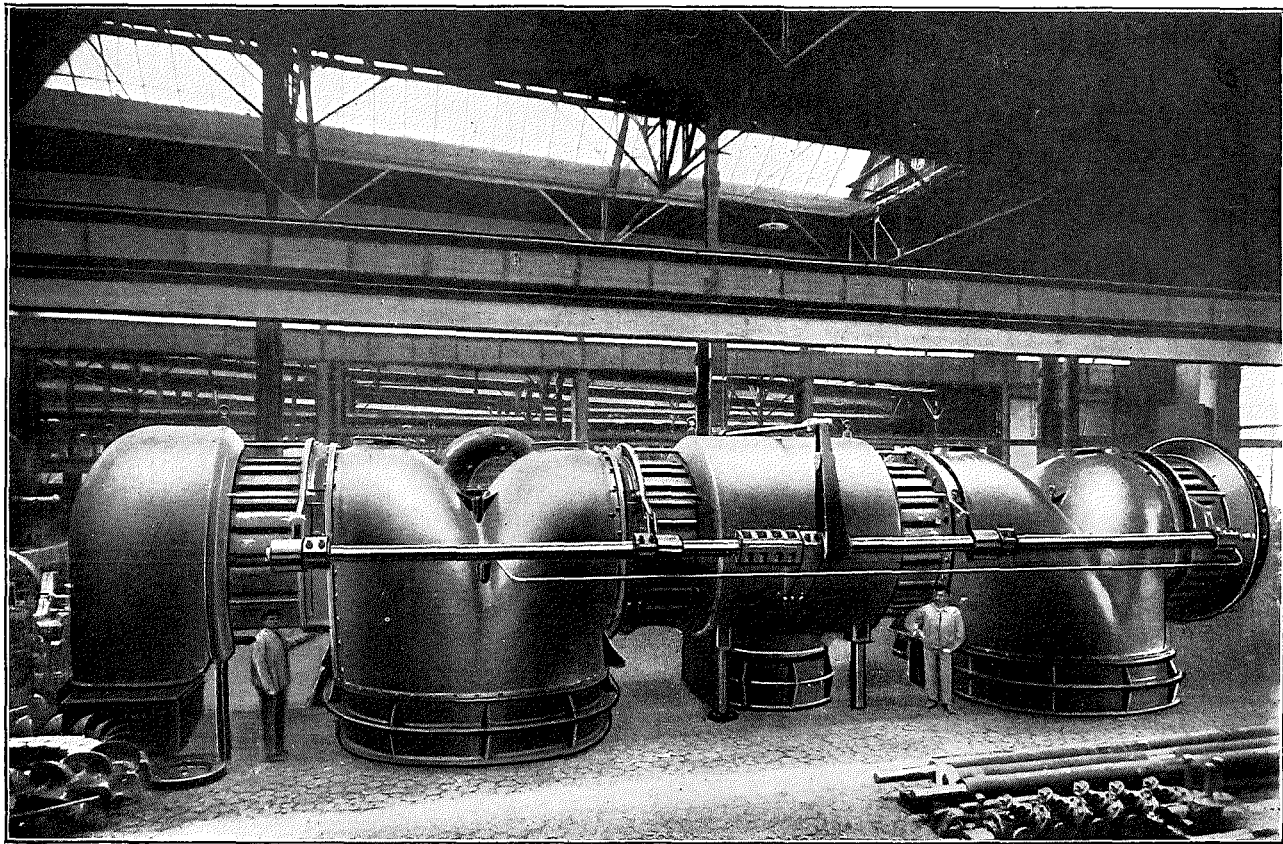
De bovenschuiven zijn in alle vier openingen 7.50 M. hoog en tusschen de opleggingen 18 M. breed. De onderschuiven zijn in de diepere middelste openingen 7.50 M, in de buitenste openingen 5.50 M. hoog en hebben een breedte tusschen de opleggingen van 20.10 M.

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 Laufenburg in den Rijn.



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

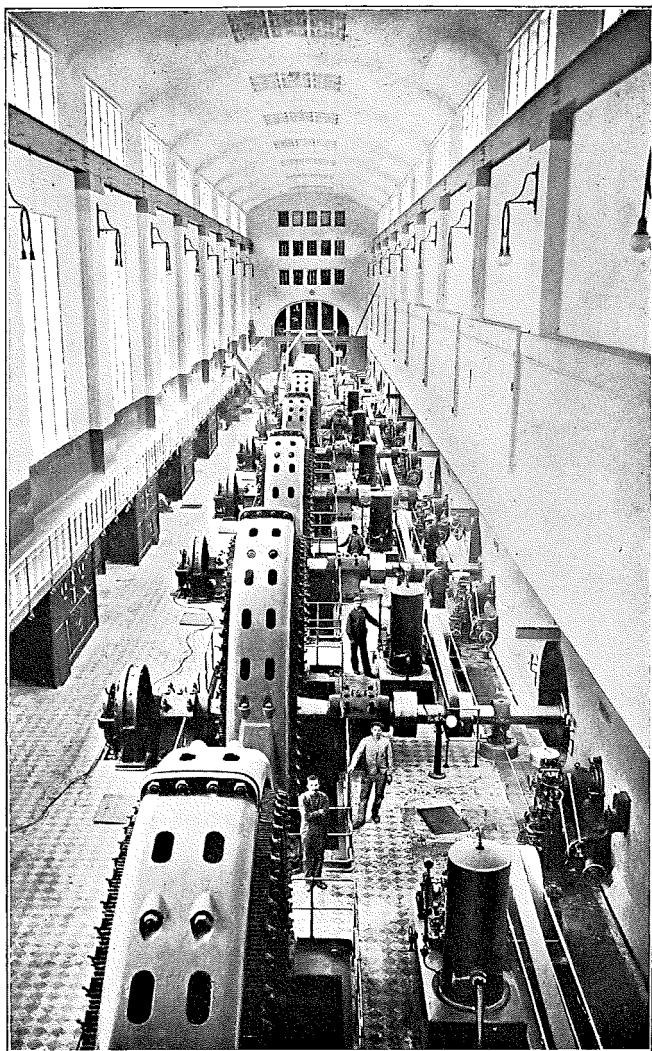


Fig. 26. Overzicht van generatoren-zaal in de centrale Laufenburg, tijdens de montage. Generatoren met aangekoppelde bekrachtigingsmachines.

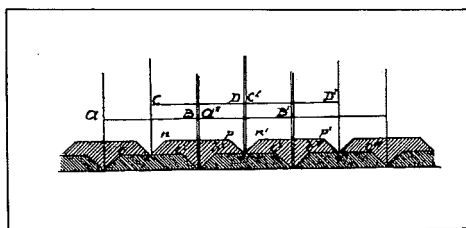


Fig. 27. Wijze van betonfundering met behulp van de duikerklok.

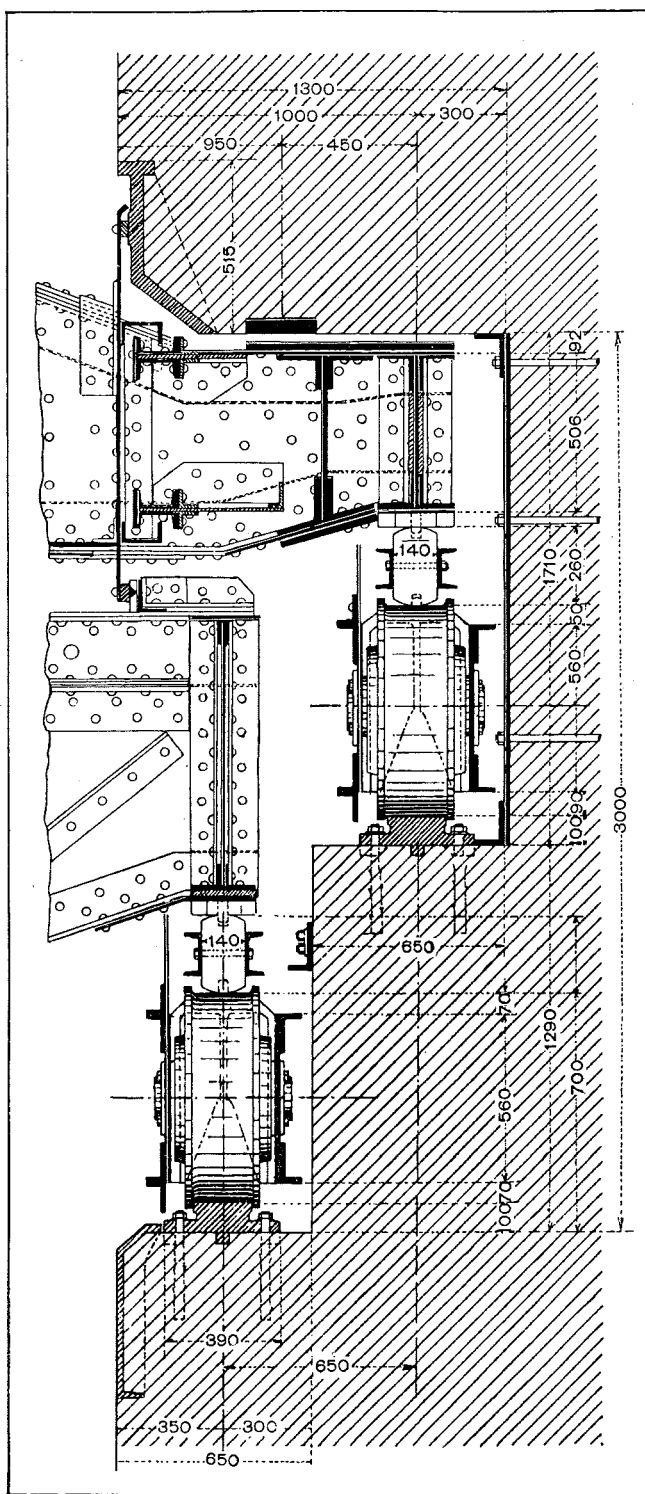


Fig. 28. Detail van de oplegging der schuiven in de pijlersponning te Laufenburg.
Schuiven op wielen.

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 daarmede 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. breedten 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 vertikale 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 vertikale 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 op 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 hoofddrijfjas. 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 electrische 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 spanningen 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

schepen 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.

Zoowel 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 M³. 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 30 000 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 afstrooming 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 loopraderen 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 reguleteur.

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 stuwdempel. 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).

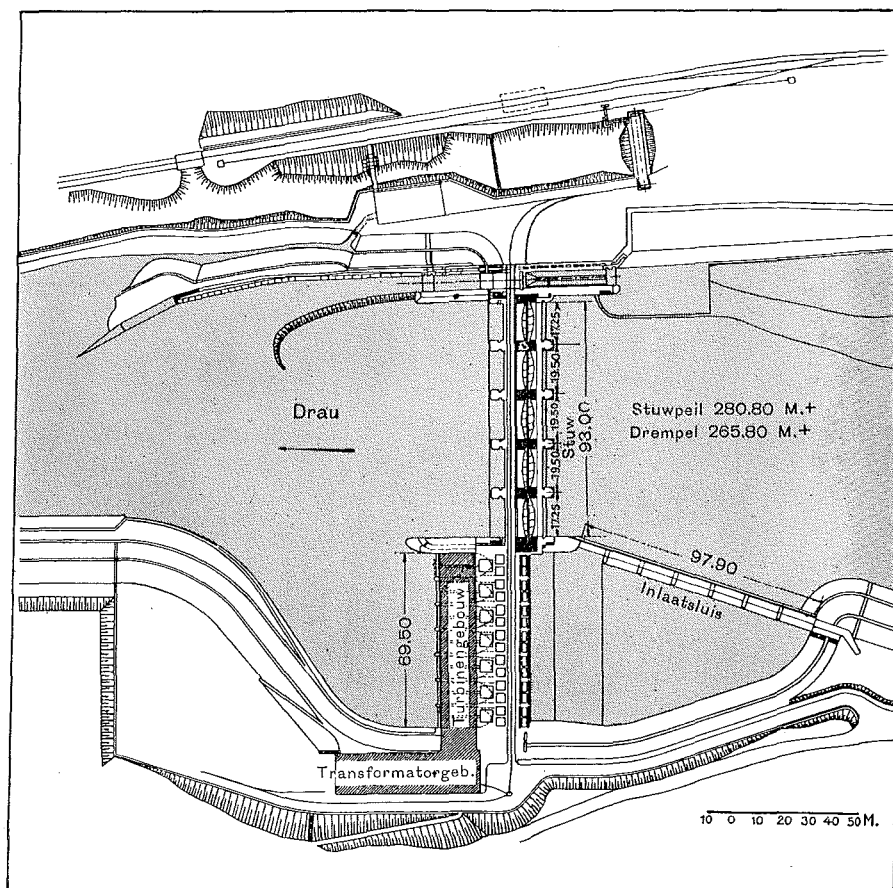
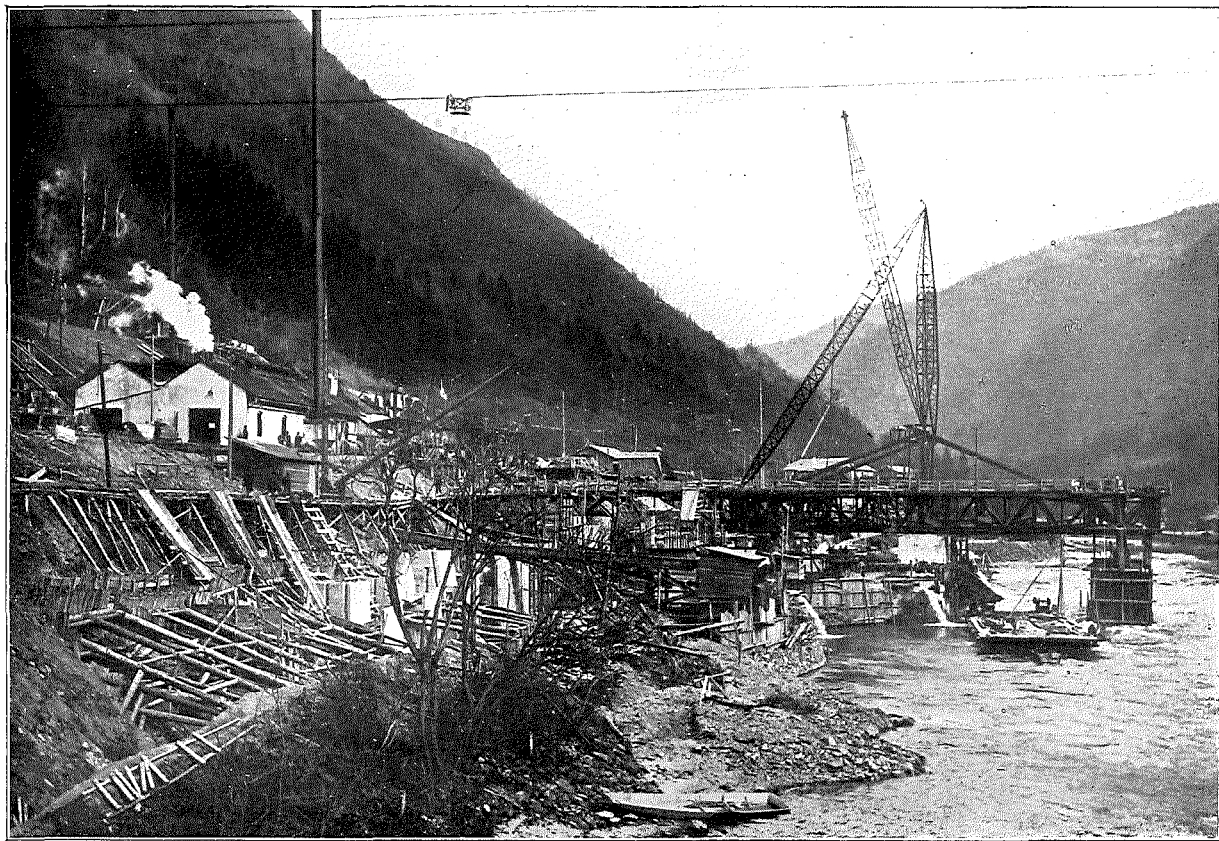


Fig. 29. Situatie van de waterkrachtcentrale Faal in de Drau.



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 afsluitdrempels 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 lichtere 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 gelegen 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 bekleding van dikke houten balken. (Zie fig. 31 links onderaan).

Beweegbaar gedeelte van de stuw. De afsluiting tusschen de pijlers geschiedt door dubbele Stoney-schuiven en geeft tegenover de 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 dwarsdraggers 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.

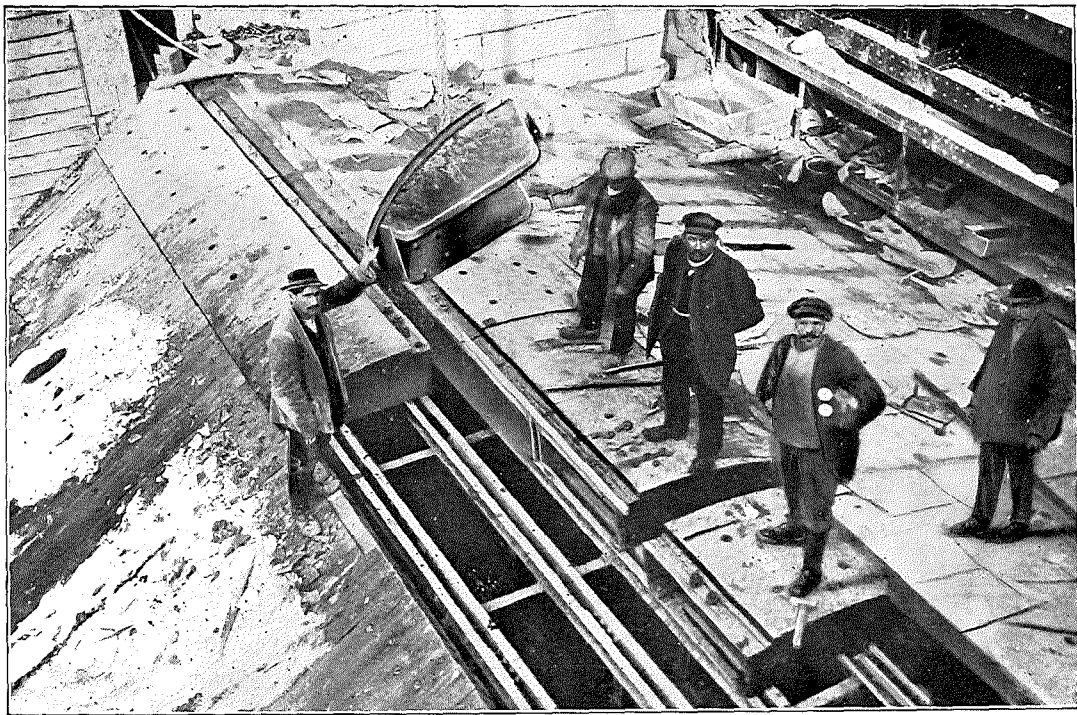
Het mag betwijfeld worden of de aanname van een gelijkmatige belasting wel altijd met de praktijk klopt.

De onderschuiven brengen den druk over op normale Stoneyrolwagens, 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.

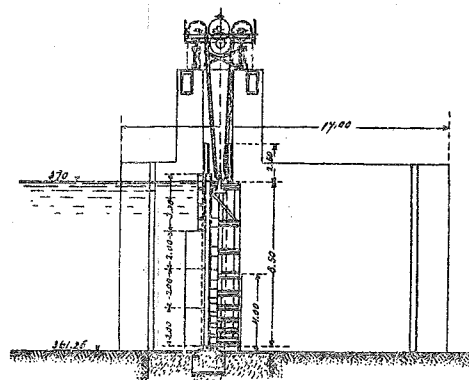
vinden zich boven op de gewapend beton bedieningsbrug. Gebruik is gemaakt van een patent van den Zwitserschen ingenieur C. Bonzanigo om voor de bediening van twee schuiven slechts met één windwerk te kunnen volstaan.

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.

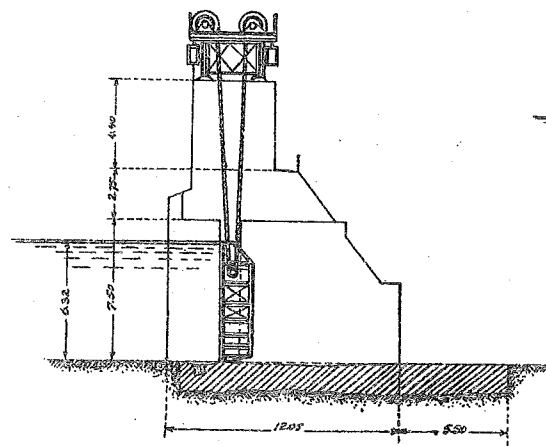
Zoowel aan de stroomop- als aan de stroomafwaartsche zijde van den pijlerbovenbouw zijn gewapend betonbruggen geslagen, welke de pijlers onderling verstijven, voor het transport van schotbalken dienst doen en het verkeer tusschen beide oevers mogelijk maken.

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.

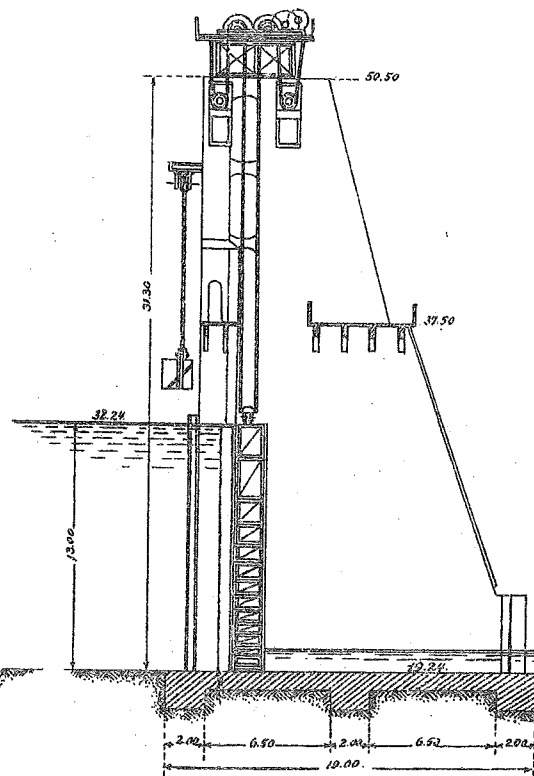
Litteratuur. H. E. GRUNER. „Vom Bau der Wasserkraftanlage Faal an der Drau”; „Schweizerische Bauzeitung”, Band LXIII, n°. 25.



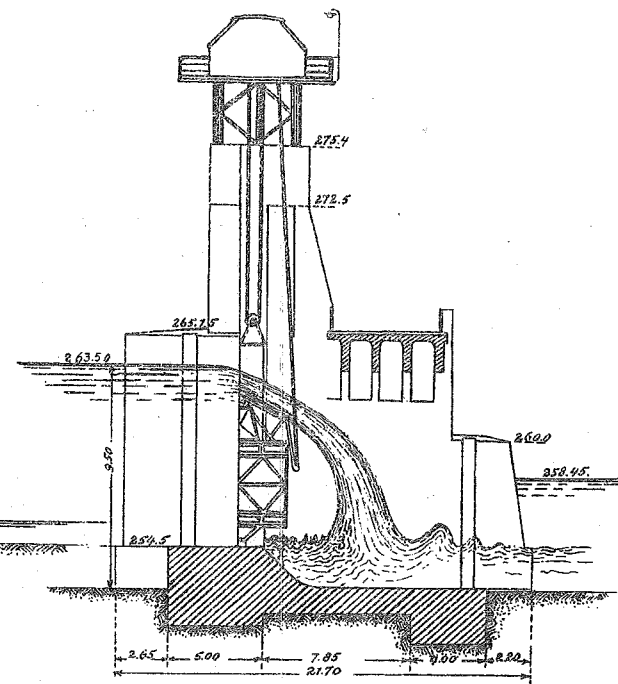
CHEVRES [RHONE]



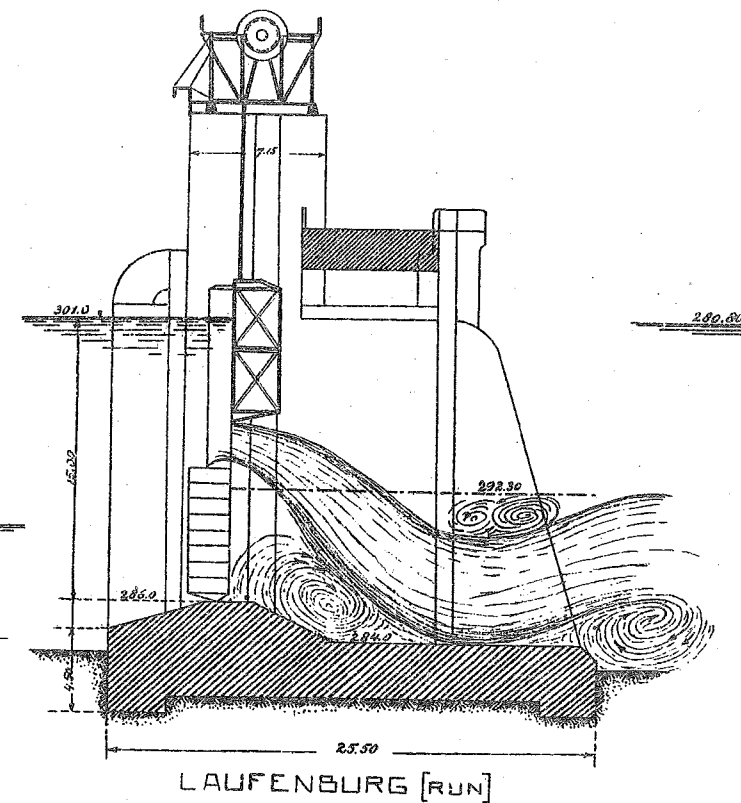
BEZNAU [AAR]



TUILIÈRE [DORDOGNE]

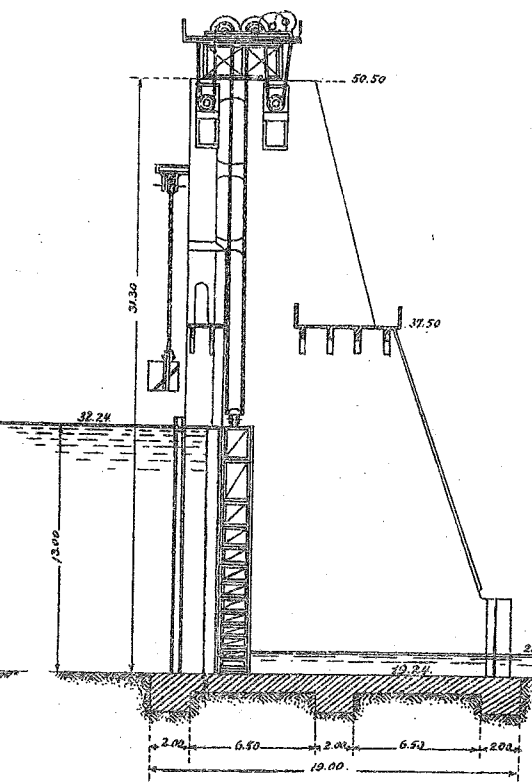


AUGST-WUHLN [RUN]

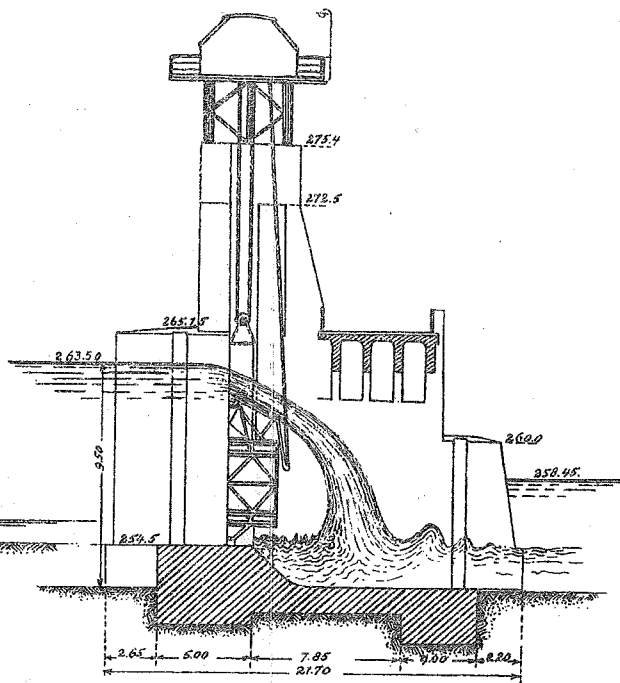


LAUFENBURG [RUN]

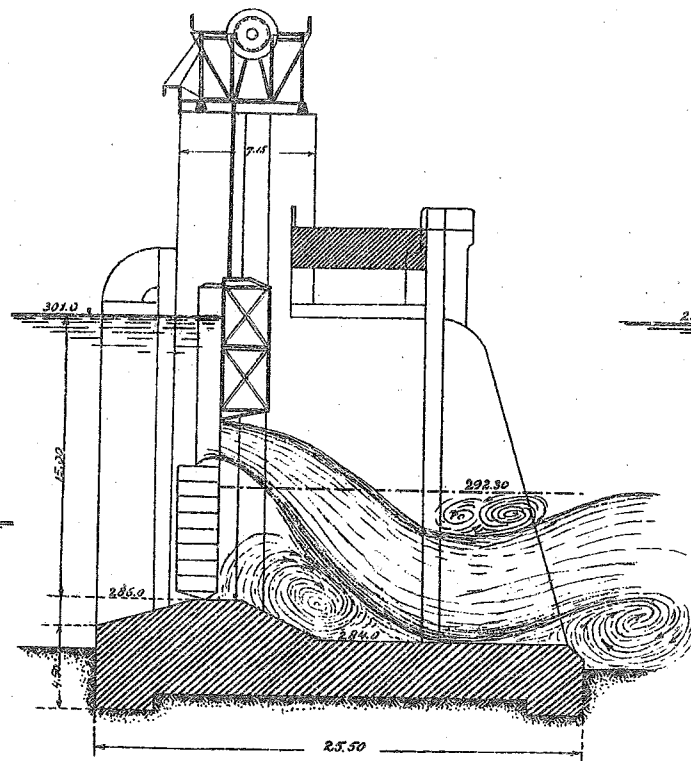
DWARSDOORSNEDEN VAN VERSCHILLENDE SCHUIFSTUWEN.



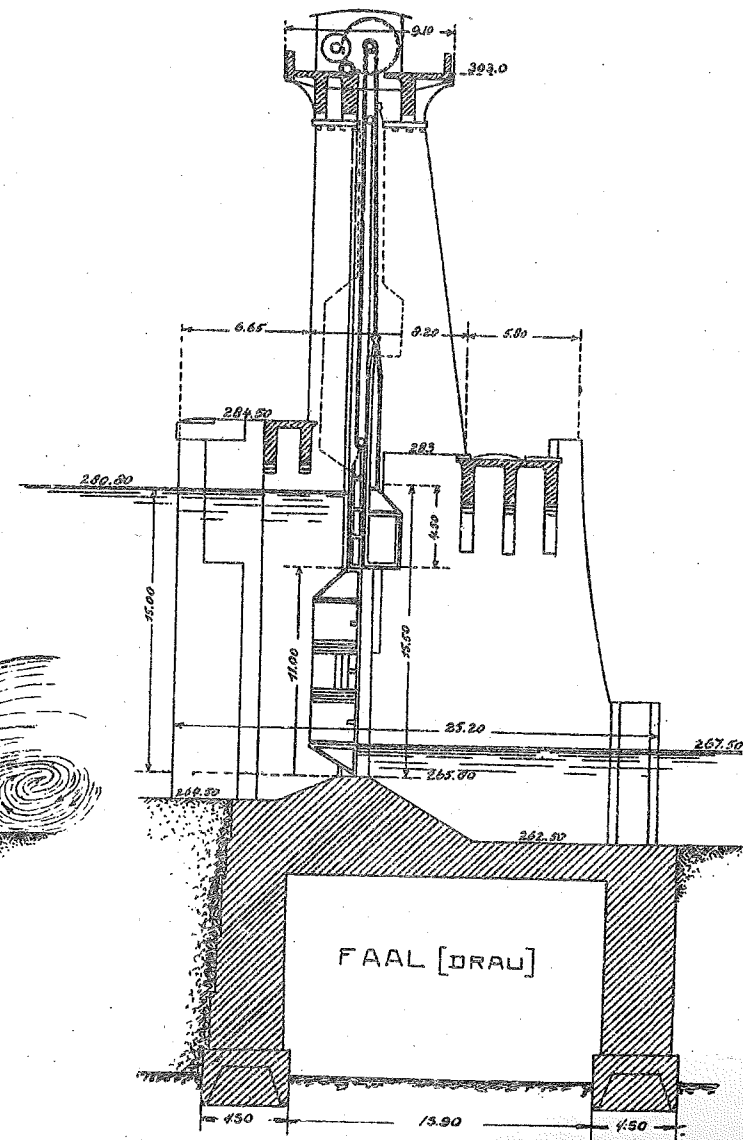
TULIÈRE [DORDOGNE]



AUGST-WUHEN [RUN]



LAUFENBURG [RUN]



FAAL [DRAU]

DWARSDOORSNEDEN VAN VERSCHILLENDE SCHUIFSTUWEN.

Fig. 33.

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. ¹⁾

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 hori- zontale pijler- belasting (boven den drempel) in tonnen.	Berekende maximum horizontale belasting van een schuif in tonnen.
	1.	2.	3.	4.
a. Chèvres	8.15	10.00	468	360
b. Beznau	6.30	15.00	360	300
c. Tuilière	12.00	10.00	1040	800
d. Augst-Wyhlen	8.40	17.40	860	700
e. Laufenburg	11.40	17.30	2270	1325
f. Faal	15.00	15.00	2200	1567

¹⁾ 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 Stoney-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 ¹⁾ 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 M¹. 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-

¹⁾ 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.

zienen niet afdoende ¹⁾, 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.

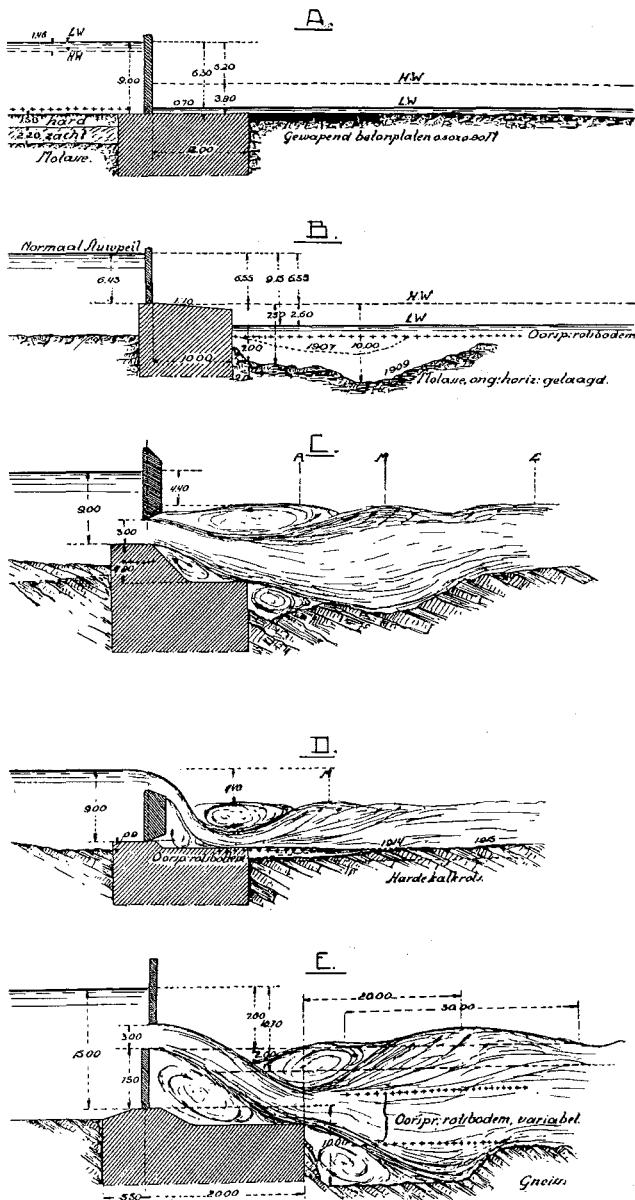
De eerste figuur (*a* fig. 32) stelt voor de stuw te Chèvres.

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 bekleding, 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

¹⁾ 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 M³. 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 nòch de vorm, nòch 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. Onbekte 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 M². 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 parabooliggers 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 vertikale 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 vertikale 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 vertikale 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. Te Chèvres bleken de beweegbare deelen van de **van de beweegbare deelen.** 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 verbreden 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 Te Laufenburg werden inplaats van rolwagens, aan **aan de schuif.** 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 betreffende licht belaste bovenschuiven van wielen voorzien.¹⁾

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.

¹⁾ 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, voordeelig gelijke rolwagens voor beide schuiven toe te passen.

**Ophaal-
werktuigen.
Tegengewichten
vervallen.**

Bij de stuwen, welke na die te Tuilière gebouwd zijn, zijn geen tegengewichten meer toegepast. 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 accumulatoren-batterij 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 M². Daarvoor waren in totaal 780 000 K.G. ijzer noodig voor schuiven, bedieningsbrug, windwerken, tegengewichten. Per M² 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 M². De totale hoeveelheid verwerkt ijzer bedroeg hier 1.790.000 K.G., per M² 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 M². Hieraan werd in totaal verwerkt 2.290.000 K.G. ijzer. Per M² 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 M². Daaraan werden alleen voor de schuiven 1.114.000 K.G. ijzer verwerkt, wat overeenkomt met een gewicht van 1174 K.G. per M² schuifoppervlak.

Conclusie. Groote Stoney-schuiven zijn, in tweedeelige uitvoering van moderne constructie, stuwelementen, 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 op-halen 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 demonteeren 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. AANTEKENINGEN 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.

Voor al sinds de mogelijkheid van transmissie van electrische energie over grooten afstand vast stond, werd voor de industriele 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 PANHUYSEN 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 genoegen 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 stuwafluitingen 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