Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 80 (1962)
Heft: 25

Artikel: Escher Wyss-Grosspeicherpumpen
Autor: Obrist, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66177

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Escher Wyss-Grosspeicherpumpen

DK 621.671:621.294

Von **H. Obrist,** Oberingenieur, Zürich

1. Energiewirtschaftliche Bedeutung

Die Speicherung von Energie ist ein altes Anliegen der Technik. Leider sind aber die Möglichkeiten hiefür gering, denn grosse Energiemengen lassen sich auf wirtschaftliche Weise nur als potentielle Energie des Wassers speichern, das zu diesem Zweck in ein möglichst hochgelegenes Becken gepumpt werden muss. Dieses Prinzip wurde wohl zum ersten Male 1879 beim Lettenkraftwerk in Zürich verwirklicht, wo zu Zeiten des Energieüberschusses drei von vertikalachsigen Turbinen angetriebene Kolbenpumpen Wasser aus der Limmat in den auf dem Zürichberg gelegenen Resiweiher von 10 000 m³ Inhalt pumpten; zu Zeiten erhöhten Strombedarfes wurde dieses Speicherwasser durch zwei «Hochdruck»turbinen von je 300 PS bei einem Gefälle von 160 m wieder nutzbar gemacht [1] *).

In grösserem Ausmass setzte der Bau von Speicherkraftwerken aber erst etwa 30 Jahre später ein. Durch die Lieferung der ersten Speicherpumpen von grossen Förderleistungen konnte sich Escher Wyss in diese neue Entwicklung gleich zu Beginn mit gutem Erfolg einschalten. Auf Grund eigener Forschungsarbeiten gelang es, im Bau von Speicherpumpen laufend weitere Fortschritte zu erzielen, welche die Forderungen der Bauherren nach immer grösseren und wirtschaftlicheren Einheiten zu erfüllen vermochten. Die Gesamt-Antriebsleistung aller bisher gelieferten und in Auftrag genommenen Speicherpumpen beträgt 2,3 Millionen PS. Bei Drucklegung dieses Aufsatzes sind in den drei Escher-Wyss-Werken in Zürich, Ravensburg und Schio über 20 Einheiten mit einer Gesamtantriebsleistung von über 1 Million PS in Arbeit, bzw. in Montage.

Dieser starke Aufschwung erklärt sich durch die zunehmende Bedeutung der Speicherkraftwerke für die Verbundwirtschaft in der Elektrizitätserzeugung, die sich über die Grenzen der einzelnen europäischen Länder hinaus erstreckt. Abgesehen von Wasserkraftländern wie die Schweiz und Norwegen ruht die Hauptlast der Stromversorgung in der Regel auf den thermischen Kraftwerken, die aus naheliegenden Gründen in erster Linie für einen möglichst hohen Gesamtwirkungsgrad ausgelegt werden müssen und demnach mit hohen Temperaturen und Drücken arbeiten. Der verlangte hohe Wirkungsgrad ist aber nur einzuhalten, wenn die Anlage andauernd mit voller Last gefahren werden kann. Demgegenüber unterliegt der Energiebedarf starken zeitlichen Schwankungen. Hier greift nun das Speicherkraftwerk ein, das die täglichen Schwankungen im Strombedarf dadurch auszugleichen vermag, dass es in den Nachtstunden — unter Umständen auch während der Mittagspause — billigen Ueberschussstrom der Dampfkraftwerke mit Hilfe der Pumpen zum Auffüllen des Speicherbeckens verwendet und in Zeiten hohen Strombedarfs hochwertige Energie ins Netz zurückliefert. Dieser Ausgleich wird je nach der Grösse der Speicherbecken auch über Wochen und Jahreszeiten durchgeführt.

Neben der Spitzendeckung kommt den Speicherkraftwerken als Momentanreserve eine überragende Bedeutung zu, denn sie sind zu jeder Zeit verfügbar und schnell betriebsbereit. Sehr hoch ist ferner ihr Wert als Sicherung bei Ausfall eines thermischen Kraftwerkes einzuschätzen. Ausserdem kann der Motor-Generator — mit oder ohne die ausgeblasene Pumpe — leerlaufend ans Netz angeschlossen werden, um so als Phasenschieber den Leistungsfaktor des Netzes ohne Neuinvestitionen, ohne Abnützung und ohne erwähnenswerte Betriebskosten zu verbessern. Mit einigen neueren Anlagen ist ferner bewiesen worden, dass grosse Speicherkapazität keineswegs allein im Hochgebirge, sondern ebenso gut auch in Gegenden mit Mittelgebirgscharakter (Vianden, Erzhausen) und sogar im Flachland (Hamburg-Geesthacht) möglich ist.

An der Notwendigkeit, thermische Kraftwerke mit möglichst konstanter Grundlast zu betreiben, wird später auch

*) Die Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis auf S. 450.

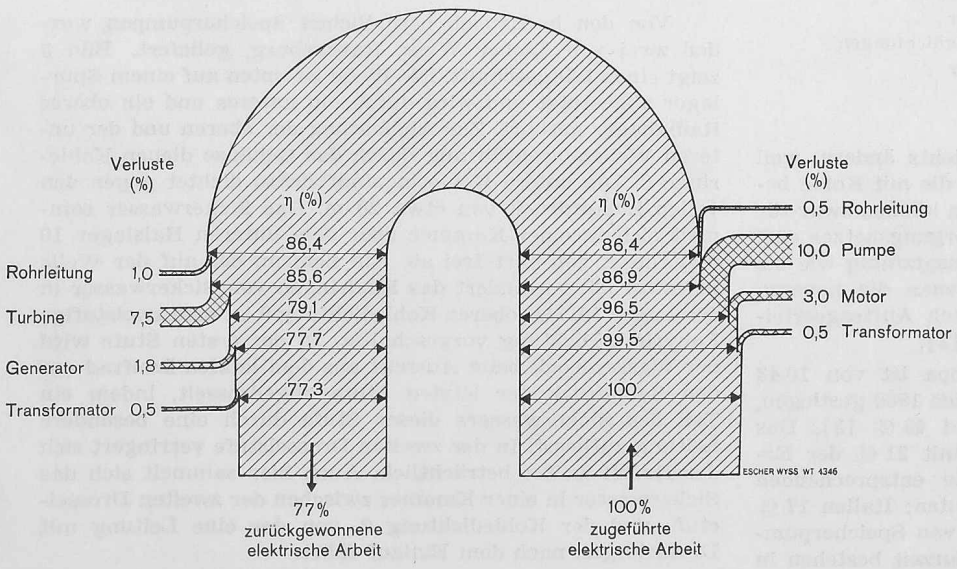


Bild 1. Einzelverluste und totaler Wirkungsgrad bei Energiespeicherung durch ein hydraulisches Speicherkraftwerk (Anlage Vianden)

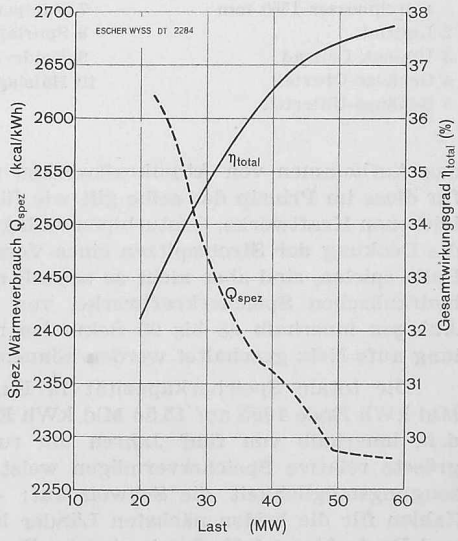


Bild 2. Spezifischer Wärmeverbrauch und Gesamtwirkungsgrad eines Dampfkraftwerkes von 60 MW in Abhängigkeit von der Belastung

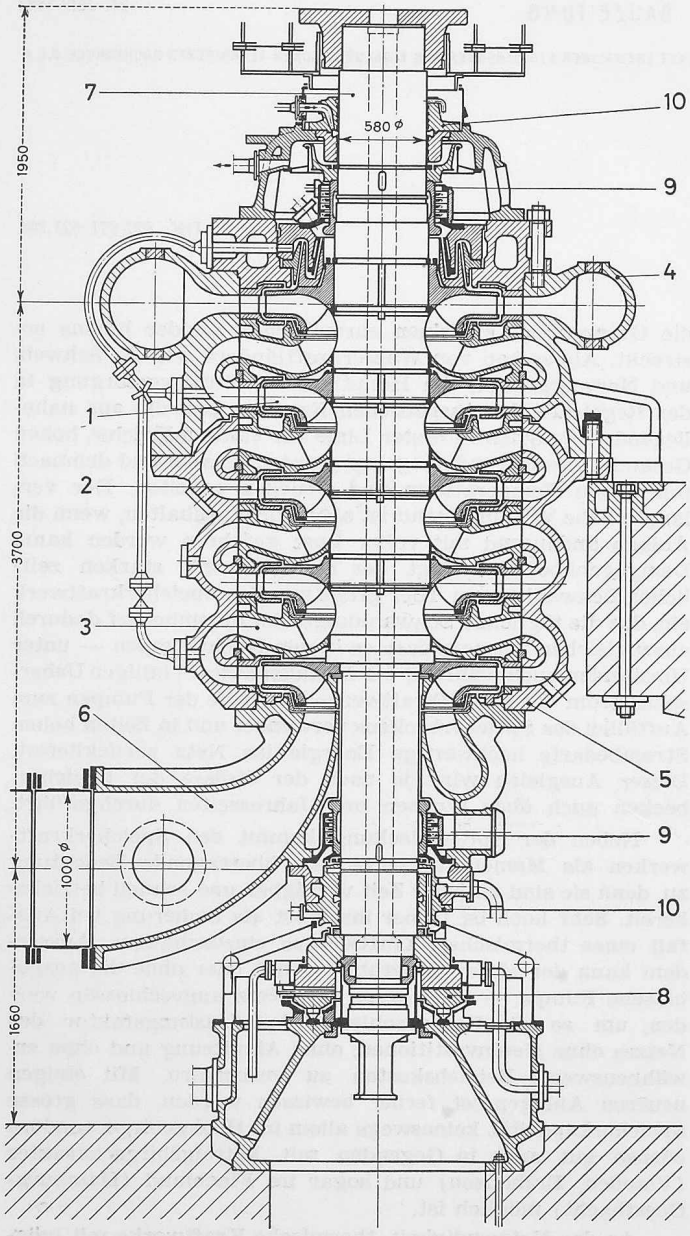


Bild 3. Speicherpumpe Lünersee in einflutiger, fünfstufiger Ausführung

1 Laufrad, Durchmesser 1550 mm
2 Leitrad
3 Umlenk-Leitrad
4 Gehäuse-Oberteil
5 Gehäuse-Unterteil
6 Zulaufkrümmer
7 Pumpenwelle
8 Spurlager
9 Kohleringdichtungen
10 Halslager

das Aufkommen von Atomkraftwerken nichts ändern, weil für diese im Prinzip das selbe gilt wie für die mit Kohle betriebenen Kraftwerke. Gasturbinen-Anlagen können zwar für die Deckung der Stromspitzen eines Versorgungsnetzes eine Rolle spielen, sind aber nicht so schnell einsatzfähig wie die hydraulischen Speicherkraftwerke, von denen die neueren Anlagen innerhalb 68 bis 90 Sekunden nach Auftragserteilung aufs Netz geschaltet werden können [2].

Die totale Speicherkapazität in Europa ist von 10,43 Mld kWh Ende 1955 auf 15,56 Mld kWh Ende 1960 gestiegen, d. h. innerhalb von fünf Jahren um rund 49 % [3]. Das grösste relative Speichervermögen weist mit 21 % der Erzeugungsmöglichkeit die Schweiz auf; die entsprechenden Zahlen für die beiden nächsten Länder lauten: Italien 17 % und Deutschland 2 %. Somit sind im Bau von Speicherpumpen noch grosse Möglichkeiten gegeben. Zurzeit bestehen in Europa erst 35 grössere Speicherkraftwerke mit einer totalen Generatorleistung von 2,9 Mio kW. Allein in Westdeutschland wird der Bau von 165 neuen Werken mit mehr als 200 m Fallhöhe (totale Pumpenleistung 25 Mio kW) für möglich gehalten.

Der Gesamtwirkungsgrad eines Speicherkraftwerkes liegt zwischen etwa 70 % (Geesthacht, gemessen [4]) und 77 % (Vianden, berechnet auf Grund der Garantien der beteiligten Firmen, Bild 1 [4]). Ein Vergleich mit dem entsprechenden Wert aus dem Jahre 1930 von 63 % lässt den grossen, hauptsächlich durch Forschung erzielten Fortschritt erkennen. Trotzdem ist bei einem Gesamtverlust von etwa 23 % die Frage nach der Rentabilität eines Speicherkraftwerkes sorgfältig zu prüfen. Die Antwort wird einerseits bestimmt durch die Investitionskosten und anderseits durch die Spanne zwischen den Stromkosten für Pumpenbetrieb und dem Verkaufserlös des Turbinenbetriebs, d. h. durch das Mass der Aufwertung, das die für den Antrieb der Speicherpumpen verbrauchte elektrische Energie durch die Speicherung erfährt. Ausserdem ist bei der Beurteilung der Rentabilität noch zu berücksichtigen, dass durch wohl abgewogenen optimalen Einsatz des Speicherkraftwerkes, d. h. durch einen den Notwendigkeiten des thermischen Kraftwerkes angepassten Einsatz, der Brennstoffverbrauch im thermischen Kraftwerk beträchtlich gesenkt werden kann und die so erzielten Ersparnisse die erwähnten Verluste im Speicherkraftwerk kostenmässig mehr als nur ausgleichen [2]. In diesem Zusammenhang sei auf Bild 2 hingewiesen, auf welchem der spezifische Wärmeverbrauch und der Gesamtwirkungsgrad eines modernen Dampfkraftwerkes in Abhängigkeit der Leistung dargestellt ist und aus dem der beträchtliche Abfall des Wirkungsgrades bei kleiner Belastung deutlich hervorgeht [6].

2. Die Lünersee-Pumpen

Das zur Kraftwerkgruppe «Obere Ill-Lünersee» der Vorarlberger Ill-Werke AG. gehörende Kraftwerk Lünersee ist mit fünf Speicherpumpen ausgerüstet und dient vor allem dem Energieausgleich zwischen Sommer und Winter, daneben arbeitet es aber auch als Spitzenausgleich, während die selbständige Energieerzeugung in Anbetracht des kleinen Einzugsgebietes zurücktritt. Als Pumpspeicherwerk ist es aber für eine grosse Leistung ausgebaut worden.

Es wurde bereits in [7] ausführlich beschrieben, so dass hier nur die Speicherpumpen näher betrachtet werden sollen. Die Hauptdaten sind in Tabelle 1 mit denen der andern hier dargestellten Pumpen zusammengestellt.

Die Lünerseepumpen sind vertikalachsig, einflutig und fünfstufig. Ihre Druckstutzen befinden sich oben und sind über Eckringschieber mit der Druckleitung der Turbinen verbunden. Auf der Pumpen-Saugseite sind keine Abschlussorgane vorgesehen, hingegen sind die Oeffnungen zu den Saugrohrleitungen mittels Dammbalken abschliessbar.

Von den in Betrieb befindlichen Speicherpumpen wurden zwei von Escher Wyss, Ravensburg, geliefert. Bild 3 zeigt einen Längsschnitt. Die Welle ist unten auf einem Spurlager abgestützt und wird durch ein unteres und ein oberes Radiallager geführt. Zur Abdichtung der oberen und der unteren Wellendurchführung durch das Gehäuse dienen Kohleringe 9. Die untere Kohleringstopfbüchse dichtet gegen den vollen Zulaufdruck von etwa 20 m. Das Sickerwasser sammelt sich in einer Kammer über dem unteren Halslager 10 und fliesst von dort frei ab. Ein Schirm, der auf der Welle befestigt ist, verhindert das Eindringen von Sickerwasser in das Lager 10. Der oberen Kohledichtung 9 ist eine zweistufige Labyrinth-Dichtung vorgeschaltet. In der ersten Stufe wird der Wasserdruck beim Austritt aus dem letzten Laufrad auf den Saugdruck der letzten Stufe abgedrosselt, indem ein Teil des Sickerwassers dieser Stufe durch eine besondere Leitung zufliesst. In der zweiten Drosselstufe verringert sich der Druck weiter beträchtlich. Auch hier sammelt sich das Sickerwasser in einer Kammer zwischen der zweiten Drosselstufe und der Kohledichtung 9, von der eine Leitung mit Drosselorgan nach dem Einlauf führt.

Das Pumpengehäuse mit den vorgeschalteten Stufen ist aus Spezialstahlguss hergestellt und mit Rücksicht auf den

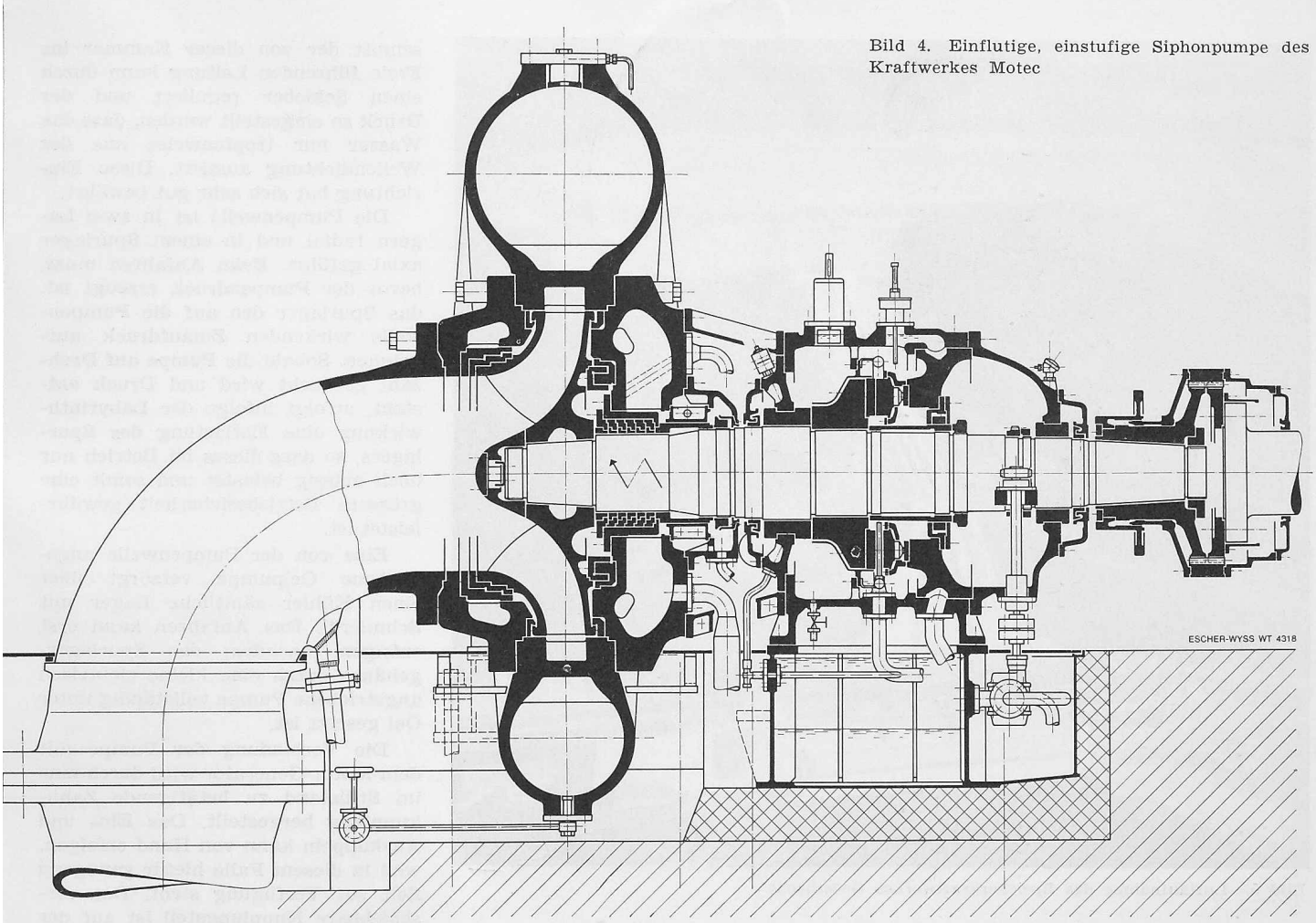


Bild 4. Einflutige, einstufige Siphonpumpe des Kraftwerkes Motec

hohen Förderdruck sehr robust ausgeführt. Da die Pumpen etwa 20 m unter dem Zulaufwasserspiegel stehen, sind sie auch im Stillstand mit Wasser gefüllt. Soll nun von vollem Turbinenbetrieb und stillstehender Pumpe auf Pumpbetrieb übergegangen werden, so werden die Abschlussorgane und Düsen der Freistrahlturbine geschlossen, worauf der Generator als Synchronmotor arbeitet und mit der gleichen Drehzahl weiterläuft. Der Eckringschieber der Pumpe ist vorläufig auch noch geschlossen. Mit dem Synchronisierwandler wird nun die Pumpe hochgefahren, bis sie mit der Turbine synchron läuft. Hierauf stellt die mit dem Synchronisierwandler zusammengebaute Zahnkupplung die Verbindung mit der Turbinenwelle her, womit die Funktion des Wandlers aufgehoben ist. Jetzt kann der Eckringschieber geöffnet werden, worauf die Wasserförderung einsetzt und der Motorgenerator die erforderliche Antriebsenergie aus dem Netz aufnimmt. Alle diese Operationen können von einem Kommandoposten ferngesteuert werden. Um vom Pumpbetrieb auf den Turbinenbetrieb überzugehen, wird in der umgekehrten Reihenfolge vorgegangen.

3. Die Siphonpumpe Motec

Die Kraftwerkgruppe der Gougra SA nützt die Wasserkräfte des oberen Val d'Anniviers und des benachbarten Turtmanntales in den beiden Zentralen Motec und Vissoie aus. Den Rückgrat bildet das Speicherbecken von Moiry mit einem Nutzinhalt von 77 Mio m³ und Stauziel auf Kote 2249 m ü. M., das sich im Val Moiry befindet. Das Stauziel des Ausgleichbeckens von 0,78 Mio m³ am Ende des Turtmann-Gletschers liegt 74 m tiefer (Stauziel 2177 m). Das Wasser beider Fassungen wird in der Zentrale Motec verarbeitet, die im Val d'Anniviers zwischen Ayer und Zinal errichtet wurde und deren unterwasserseitiges Ausgleichbecken auf Kote 1564 liegt. Die Pumpe, die hier beschrieben werden soll, dient im Sommer dem Fördern von Wasser aus dem Turtmannbecken nach dem Moiry-Speicher, um diesen zu füllen. Die manometrische Druckdifferenz, die sie zu erzeugen hat, ändert sich je nach dem Wasserstand in den beiden Becken; sie schwankt zwischen 44 und 104 m. Der Druck im Druckstutzen kann dabei bis auf 736 m ansteigen [8].

Die Verteil- und Druckleitungen mit dem zugeordneten Abschlussorgan sind so ausgeführt, dass gleichzeitig mit der Siphonpumpe auch die aus dem Ausgleichbecken Motec fördernde Speicherpumpe betrieben werden kann. Der Einzel- oder Verbundbetrieb dieser Pumpe richtet sich nach den Wasserzuläufen zu den beiden Becken Turtmann und Motec bzw. nach dem Stromanfall für den Betrieb der Speicherpumpe.

Die Pumpe bildet den einen Teil einer Maschinengruppe, zu der ausser ihr ein Motor-Generator und eine Zwillings-Freistrahlturbine mit 2 × 2 Düsen gehören. Diese Verbindung von Maschinen bietet im vorliegenden Fall wesentliche Vorteile: Die Pumpe kann sowohl elektrisch unter Ausnützung der Ueberschussenergie als auch hydraulisch mit Druckwasser aus dem Turtmannbecken betrieben werden. In diesem Fall wird nur mit *einer* Düse der Freistrahlturbine gearbeitet. Dabei ist es möglich, die Drehzahl der stark unterschiedlichen Druckdifferenz anzupasssen, die die Pumpe zu überwinden hat. So läuft die Gruppe bei der kleinsten Druckerhöhung mit nur 550 U/min.

Die Pumpe weist, wie aus der Schnittzeichnung, Bild 4, hervorgeht, ein einflutiges Laufrad auf, das fliegend auf die Welle gesetzt ist. Sie steht unter einem Zulaufdruck von 610 m, so dass das Spiralgehäuse für einen Druck von 736 m gebaut werden musste. Das selbe gilt auch für die beiden Pumpendeckel, die deshalb sehr kräftig konstruiert wurden. Dank der fliegenden Anordnung des Laufrades ergeben sich günstige Zulaufverhältnisse, und man kommt mit nur *einer* Wellenabdichtung aus.

Auf dem Laufrad ist sowohl auf der Zulauf- als auch auf der gegenüberliegenden Seite je ein Labyrinthring angeordnet, so dass sich nur sehr geringe Spaltverluste ergeben. Nach dem Labyrinthring auf der Laufradbodenseite ist auf

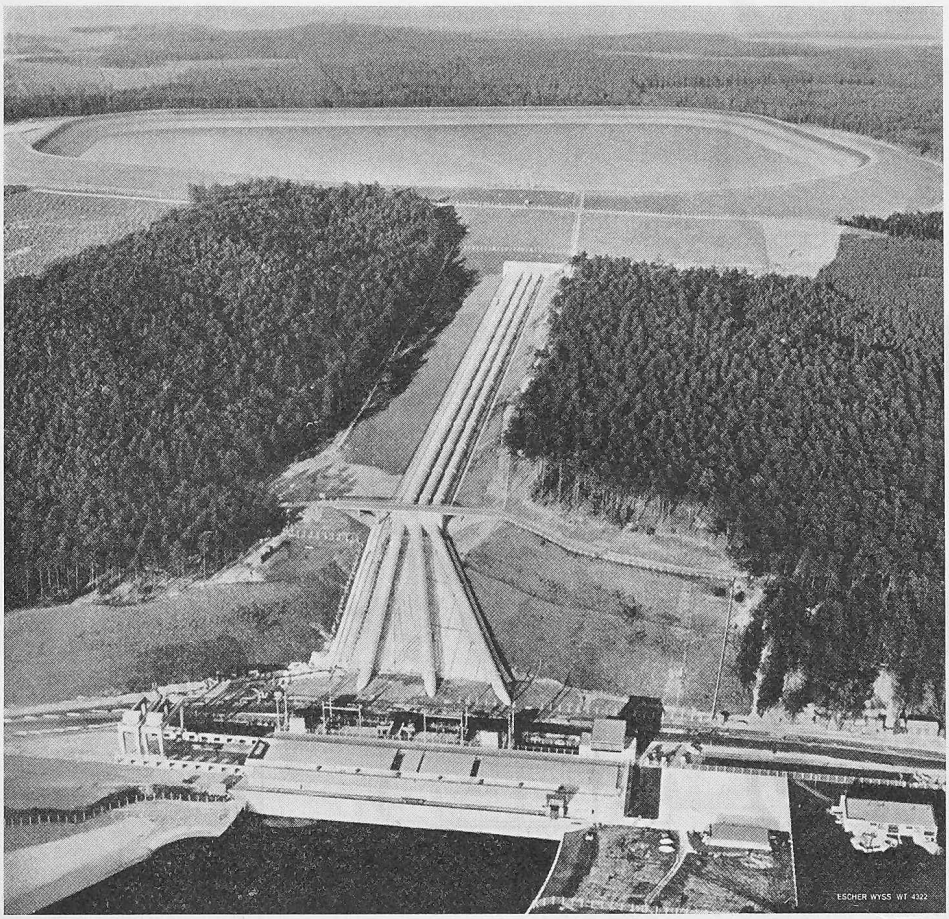


Bild 5. Luftaufnahme des Speicherkraftwerkes Geesthacht

der Welle eine Drosselstelle in Form einer Anzahl hintereinander geschalteter Labyrinthringe eingebaut, deren zweckmässigste Form durch Versuche ermittelt wurde. Der Raum zwischen dem Labyrinthring und den Ringen der Drosselstelle ist durch Bohrungen im Deckel und durch Leitungen mit dem Zulaufbogen der Pumpe verbunden. Somit steht diese Drosselstelle unter dem Zulaufdruck von 610 m; der durch diese Einrichtung bedingte Verlust ist infolge ihrer besonderen Gestaltung sehr gering. Das Verlustwasser sammelt sich in einer Kammer, die zwischen der Drosselstelle und der äusseren Wellendichtung angeordnet ist. Der Querschnitt der von dieser Kammer ins Freie führenden Leitung kann durch einen Schieber reguliert und der Druck so eingestellt werden, dass das Wasser nur tropfenweise aus der Wellendichtung austritt. Diese Einrichtung hat sich sehr gut bewährt.

Die Pumpenwelle ist in zwei Lagern radial und in einem Spurlager axial geführt. Beim Anfahren muss, bevor der Pumpendruck erzeugt ist, das Spurlager den auf die Pumpenwelle wirkenden Zulaufdruck aufnehmen. Sobald die Pumpe auf Drehzahl gebracht wird und Druck entsteht, erfolgt infolge der Labyrinthwirkung eine Entlastung des Spurlagers, so dass dieses im Betrieb nur noch mässig belastet und somit eine grössere Betriebssicherheit gewährleistet ist.

Eine von der Pumpenwelle angetriebene Oelpumpe versorgt über einen Kühler sämtliche Lager mit Schmieröl. Das Anfahren kann erst erfolgen, nachdem das Spurlagergehäuse durch eine kleine elektrisch angetriebene Pumpe vollständig unter Oel gesetzt ist.

Die Verbindung der Pumpe mit dem Motor-Generator wird durch eine im Stillstand zu betätigende Zahnkupplung hergestellt. Das Ein- und Auskuppeln kann von Hand erfolgen, weil in diesem Falle hiefür genügend Zeit zur Verfügung steht. Der verschiebbare Kupplungsteil ist auf der pumpenseitigen Kupplungshälfte angeordnet. Die Zu- und Ableitungen zur Pumpe weisen als Abschlussorgane Kugelschieber auf. Trotz fliegender Anordnung des Laufrades zeichnet sich diese Pumpe durch einen äusserst ruhigen Lauf aus. Bei den Abnahmeversuchen ergab sich eine Wirkungsgradüberschreitung, die zu Ausrichtung einer Prämie führte.

4. Die Speicherpumpen Geesthacht

Am nördlichen Elbeufer, 30 km oberhalb Hamburg, haben die Hamburgischen Elektrizitätswerke eine Pumpspeicheranlage errichtet, die sie im Oktober 1958 in Betrieb

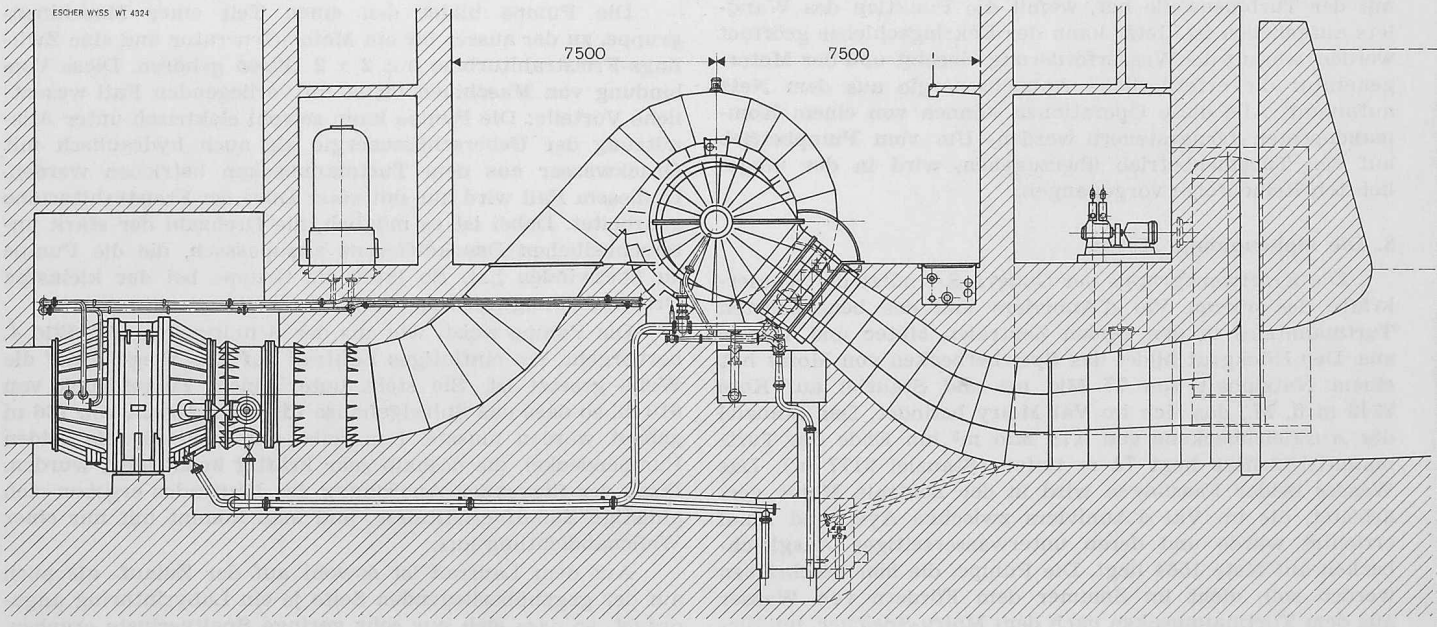


Bild 6. Querschnitt durch die Speicherpumpengruppe im Kraftwerk Geesthacht

nehmen konnten. Die Pumpstation befindet sich im Vorland der Elbe, deren Wasser gestaut wird, Bild 5. Das Speicherbecken hat bei einer Wasserspiegelsenkung von 14 m einen Nutzinhalt von 3,3 Mio m³. Ihm entspricht ein Arbeitsvermögen von 580 000 kWh. Die erste Ausbaustufe enthält drei horizontalachsige Maschinensätze, die jeweils aus einer Francisturbine, einem Motor-Generator und einer Speicherpumpe von 35 000 kW Leistungsaufnahme bestehen. Dieses Speicherwerk verfügt somit über eine installierte Pumpenleistung von 105 000 kW. Die Bilder 6 und 8 zeigen die Pumpe im Querschnitt und im Längsschnitt, Bild 7 gibt eine Ansicht.

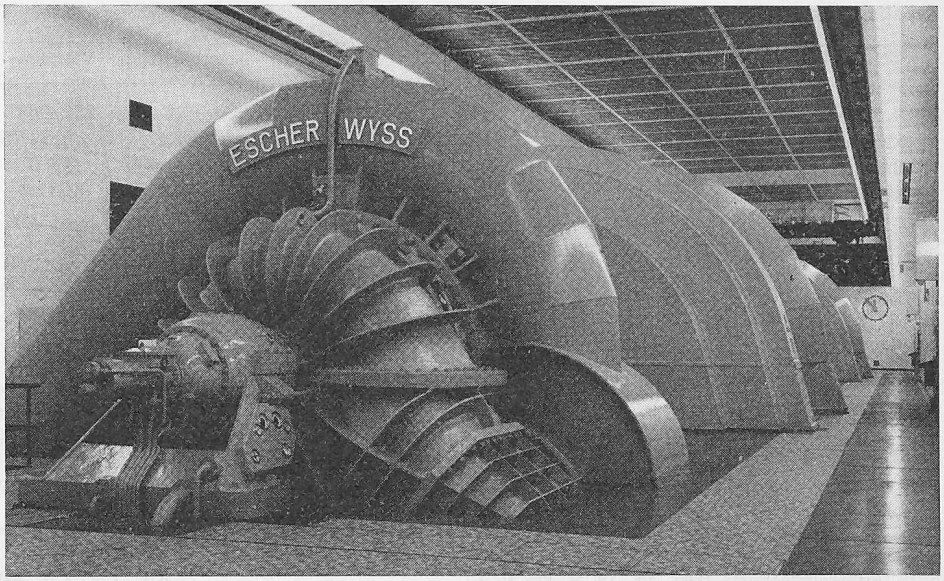


Bild 7. Maschinensaal des Kraftwerkes Geesthacht, im Vordergrund eine der drei Speicherpumpen

Die Pumpen sind einstufig und doppelflutig (Bild 8). Das aus Stahlblech durch Schweissung aufgebaute Spiralgehäuse ist mit dem Leitschaufelring aus Stahlguss zu einem Stück zusammengeschweisst. Das auf der Welle mit Flanschen befestigte Doppellaufrad von 3,5 m Durchmesser wird von zwei Pumpendeckeln umschlossen, an denen die Saugkrümmer angeflanscht sind. Obwohl die Lager der Pumpen so nahe zusammengerückt sind, wie es die Konstruktion erlaubt, so beträgt die Lagerdistanz doch immerhin noch 6,6 m.

Die Welle weist eine Bohrung für das Verstellgestänge zur Betätigung einer Zahnkupplung auf. Beim Uebergang vom Turbinen- auf den Pumpenbetrieb wird die Gruppe stillgesetzt und diese Kupplung kurz vor dem Stillstand eingerückt, wobei die dazu nötige Stellung (Zahn auf Zahnlücke) durch eine besondere Drehvorrichtung erreicht wird. Nach dem Einkuppeln fährt man die gefüllte Pumpe mit Hilfe der Francisturbine hoch und schaltet nach Erreichen der Betriebsdrehzahl den Motor-Generator ans Netz. Darauf wird die Turbine ausgeblasen und das Abschlussorgan in der Pumpendruckleitung geöffnet, worauf die Förderung einsetzt. Bei normalem Turbinen- und Phasenschieberbetrieb ist die Pumpe abgekuppelt; sie kann aber auch ausgeblasen mitlaufen. Das Auskuppeln geschieht in ausgeblasenem Zustand oder im Stillstand.

Auf der Elbeseite können die Saugrohre durch Dammbalkentafeln abgesperrt werden, während auf der Druckseite als Abschlussorgan ein Ringschieber von 2700 mm l. W. vorgesehen ist. Im Einlaufbauwerk des Speicherbeckens am oberen Ende der Druckleitungen sind Fallschützen angeordnet. Als Rohrbruchsicherung ist den Fallschützen jeweils eine Fallgewichtsabschlussklappe von 3800 mm l. W. zuge-

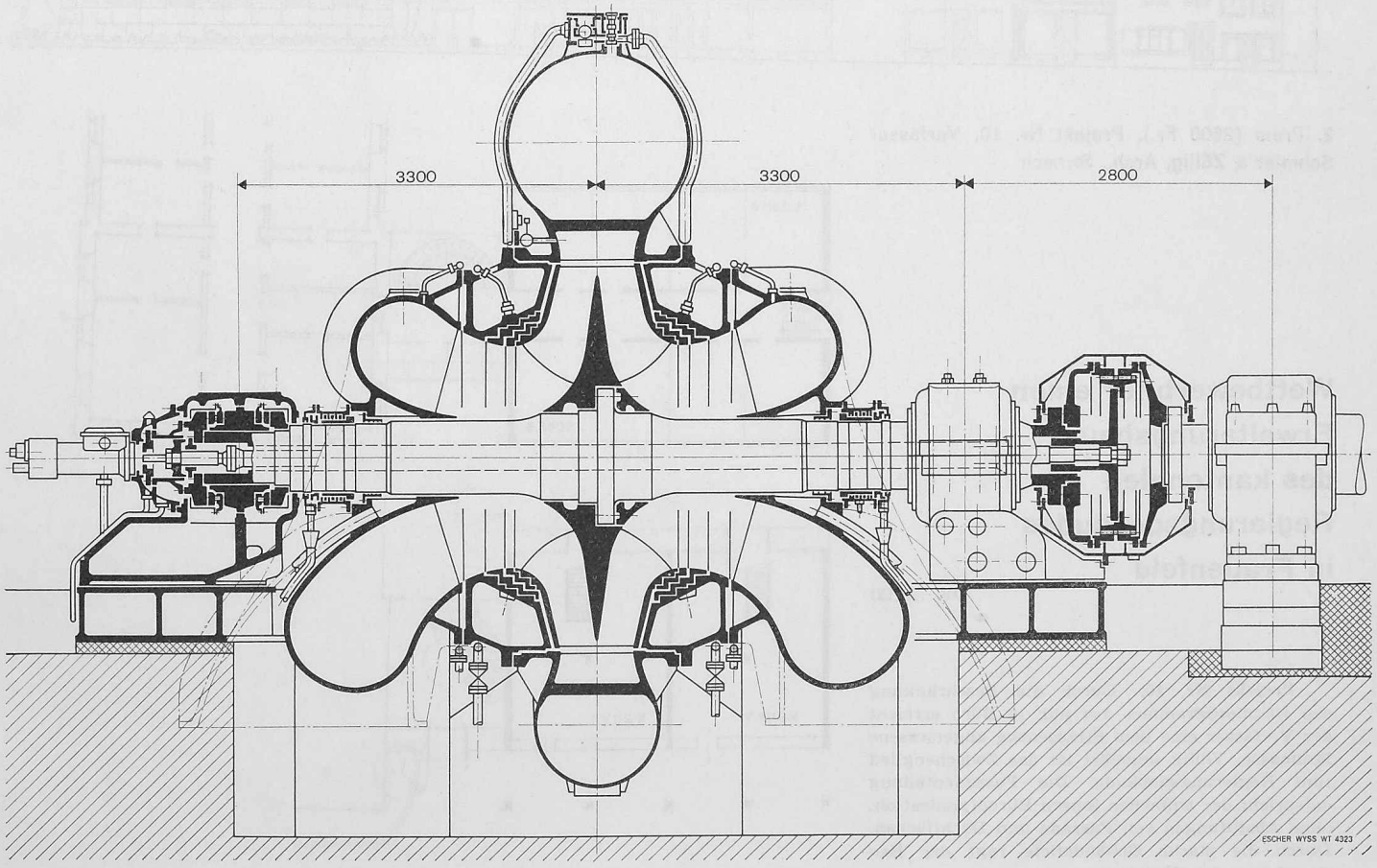


Bild 8. Längsschnitt durch die Speicherpumpe Geesthacht

Tabelle 1. Hauptdaten der beschriebenen Speicherpumpen

		Lünersee	Motec	Geesthacht	Vianden	Ferrera	Gargnano	Erzhausen
man. Förderhöhe	m	895/1005	43/126	70/90,6	292/268	397,5	417/375	278,6/298,7
Fördermenge	m³/s	3,49	4,7/6,18 [2]	41,2/27,4	20,75/22,75	5,22	14,0/16,24	18,66/16,4
Drehzahl	U/min	750	550/750 [2]	214,3	428,6	750	600	428,6
Leistungsbedarf	1000 PS	57,6/53,8	9,53 [1] [2]	44,4/38,05	92,8 [1]	32,61 [1]	85,4/91,1	78,3/72,57

[1] grösster Leistungsbedarf

[2] bei einer Förderhöhe von 89 m

ordnet. Bei den Abnahmeversuchen ergab sich ein Wirkungsgrad von 92,4 %. Die Inbetriebsetzung der drei Pumpen erfolgte im Februar, Juli und Oktober 1958.

Schluss folgt.

Literaturverzeichnis

[1] Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens des Eidgenössischen Polytechnikums, Zürich 1905, S. 203.

[2] *R. Meister:* Das wirtschaftliche Zusammenspiel zwischen Wärme-, Wasser- und Pumpspeicher-Kraftwerken. «Elektrizitätswirtschaft» 1960, Nr. 18, S. 627 u. f.

[3] *L. Wolf:* Die Speicher- und Brennstoffvorräte in den Kraftwerken der U.L.P.T.E.-Länder. «Oesterreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft» 1961, Heft 5.

[4] *H. Beyerlein:* Pumpspeicherwerk Geesthacht. «Elektrizitätswirtschaft» 1959, Heft 6, S. 169 u. f.

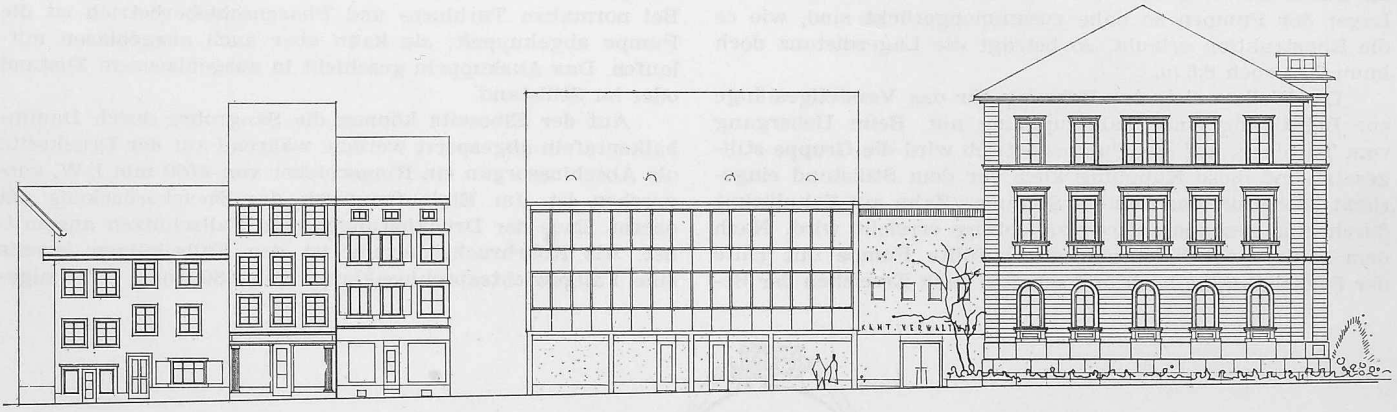
[5] *K. Böhler:* Das Pumpspeicherwerk Vianden. «Die Wasserwirtschaft» 1962, Heft 1, S. 15.

[6] *E. S. Meier:* Some comparative considerations on the economics of pumped storage schemes using pump-turbines as against segregated machines. World Power Conference Madrid 1960, paper II B/2, p. 17.

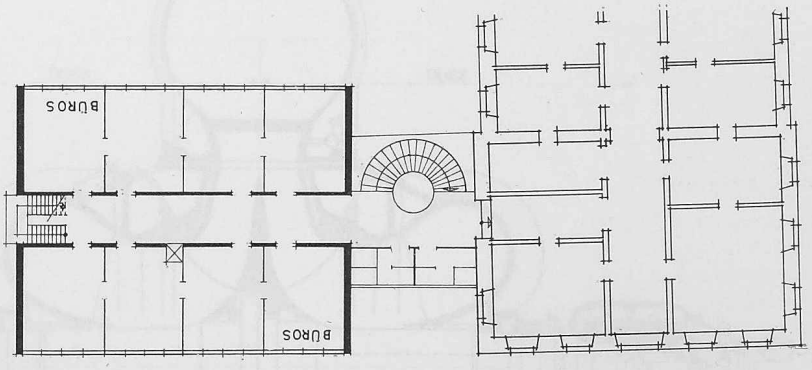
[7] Das Lünersee-Kraftwerk. SBZ 1960, Hefte 45 u. 46, S. 728 u. 741.

[8] *A. Robert:* l'Aménagement hydro-électrique de la Gougra. SBZ 1962, Hefte 15, 16 u. 17, S. 249, 276 u. 289, insbesondere Fig. 1 u. 2 S. 250.

[9] SBZ 1959, Hefte 26, 30, 34, 41, S. 405, 479, 543, 675 sowie 1960, Hefte 4, 17, 23, 24, 29, 32, 33, 35, S. 52, 283, 365, 390, 479, 526, 535, 568, 570.

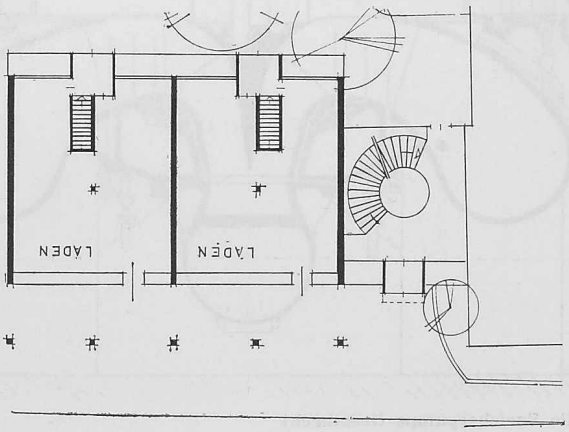


2. Preis (2600 Fr.), Projekt Nr. 10, Verfasser **Schmidt & Zöllig,** Arch., Sirnach



Wettbewerb für einen Erweiterungsbau des kantonalen Regierungsgebäudes in Frauenfeld

DK 725.121



Erdgeschoss

Projekt Nr. 10. Durch die Beschränkung des Raumprogrammes auf nur 16 Büro erreicht der Verfasser eine dem Strassenzug angemessene Baumasse. Völlig ungelöst ist das Zwischenglied zum Regierungsgebäude. Die Fassadenteilung entspricht der einfachen innern Büroorganisation, ohne Abstufungen von Fassade und Dachflächen. Durch die starke Gebäudetiefe ragt der Bau zu sehr in den Hofraum.