Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 68 (1950)
Heft: 8

Artikel: Das Kraftwerk Rupperswil-Auenstein
Autor: Redaktion
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-57972

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: 16.12.2025

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

Das Kraftwerk Rupperswil-Auenstein

Schluss von Seite 81 DK 621.311.21(494.22)

Hierzu Tafeln 17 bis 20

b. Generatoren

Für die zwei vertikalachsigen Hauptgeneratoren wurden die Fundamente so ausgeführt, dass die Möglichkeit besteht, später nach Bedarf den Generator des einen Systems gegen einen solchen des andern Systems umzutauschen. Da naturgemäss der Einphasenwechselstromgenerator eine bedeutend grössere Bauhöhe als der Dreiphasenwechselstromgenerator aufweist, wurden die Fundamente hauptsächlich durch die Dimensionen des Einphasengenerators bestimmt. Dies hatte zur Folge, dass der Dreiphasengenerator mit einer etwas verlängerten Welle und einem überhöhten oberen Führungslagerstern ausgerüstet werden musste.

Beide Generatoren sind bis zum Erregergehäuse im Maschinensaalboden versenkt. Die Kühlluft wird durch Kanäle von den am Polrad angebrachten Ventilatoren von der Unterwasserseite angesaugt, tritt oben direkt unter der Bodenabdeckung axial in den Generator ein und verlässt die Maschine radial durch Oeffnungen im Statorgehäuse. Durch die Abluftschächte in der oberwasserseitigen Maschinensaalwand verlässt die Warmluft das Maschinenhaus. Zur Heizung des Maschinensaales sind in die Zu- und Abluftkanäle Umluft- und Ventilationsklappen eingebaut. Direkt vor und nach den Generatoren eingesetzte Brandklappen erlauben einen dichten Abschluss der Kanäle im Falle eines Ansprechens der für jeden Generator separat aufgestellten Kohlensäure-Löscheinrichtung.

Die Daten des Dreiphasenwechselstromgenerators der Maschinenfabrik Oerlikon sind folgende:

Nennleistung bei		
induktiver Last mit cos φ = 0,3 bis 1,0	22 000	kVA
kapazitiver Last mit cos φ = 0	4 000	kVar
Nennspannung, verkettet	5,7	kV
Betriebsspannung, verkettet	5,5 bis 5,9	kV
Nennfrequenz	50	Hz
Drehzahl	100	U/min
Durchgangsdrehzahl	280	U/min
Schwungmoment des Polrades	6200	tm²
Drehsinn von oben gesehen	rechts	

Für die Bestimmung der Nennleistung des Generators wurden eingehende Berechnungen über die im Punkte Rupperswil vom NOK-Netz benötigte Blindenergie und deren Gestehungskosten bei verschiedenen Ausbaugrössen des Generators gemacht. Bei der daraus ermittelten Scheinleistung von 22 000 kVA können in einem Jahr mittlerer Wasserführung neben 113,2 Mio kWh Wirkenergie 151 Mio kVarh Blindenergie erzeugt werden mit maximalen Leistungsspitzen von 17 320 kW bzw. 21 750 kVar.

Der vierteilige Stator hat ein Totalgewicht von 60 t, eine Bohrung von 7700 mm und eine Eisenbreite von 930 mm. Das Grauguss-Gehäuse enthält den Blechkörper, der aus Segmenten von Zweiwatt-Dynamoblechen zusammengesetzt ist, und ruht auf einem Grundring, der zur Sicherung der Auswechselbarkeit genau gleich ausgeführt ist wie derjenige des Einphasengenerators. Der Blechkörper ist durch die Pressbolzen mit dem Gehäuse fest verbunden. In den durch Hartholzkeile abgeschlossenen Statornuten ist die im Sternpunkt geöffnete Statorwicklung als Zweischichtwicklung mit zwei Leitern pro Nut verlegt. Jeder Leiter von total 3,5 cm² Kupferquerschnitt ist zur Verringerung der Verluste in 6 bzw. 10 gegeneinander vertauschte Teilleiter mit den Dimensionen 14 × 4,2 bzw. 2,5 mm unterteilt.

Das Polrad mit einem Durchmesser von 7685 mm und einem Gewicht von 183 t setzt sich aus der Welle, einem Radstern, dem Radkranz und den 60 Polen zusammen. Der Radkranz besteht aus fünf dreiteiligen, von einander distanzierten Stahlgussringen von je 1360 cm² Querschnitt, die auf dem Radstern warm aufgezogen wurden. An den Verbindungsstellen der sich überlappenden Ringdrittel, welche an den Enden treppenförmig abgestuft auslaufen, übertragen 28 Passschrauben die Zentrifugalkraft, welche pro Ring und Verbindungsstelle bei der Durchgangsdrehzahl von 280 U/min 1250 t beträgt.

Die Pole bestehen aus der Polspule und dem aus gestanzten Eisenblechen zusammengenieteten Polkörper; sie sind durch je vier Stahlschrauben von 44,8 mm Durchmesser mit den Kranzringen verbunden.

Die einlagigen Polspulen mit 17½ Windungen aus halbhartem hochkantgewickeltem Aluminiumband 45 × 10 mm, mit Presspanisolation zwischen den einzelnen Windungen, bilden für sich einen festen Körper und sind gegen den Polkern zur Verbesserung der Kühlung distanziert. Die kompletten Pole haben je ein Gewicht von 435 kg und beanspruchen die vier Befestigungsschrauben bei der Durchgangsdrehzahl mit einer Zentrifugalkraft von 153 t.

Die beiden Führungslager, wovon das obere gegen den Lagerstern isoliert ist, ruhen in den Grauguss-Naben des oberen achtarmigen und unteren sechsarmigen Lagersterns und können nach oben bzw. unten ausgebaut werden. Die Schmierung erfolgt mit künstlich erzeugter, regulierbarer Oelzirkulation, wobei die Förderpumpen und das Sickerölbassin mit Signaleinrichtung im Turbinenschacht liegen.

Der obere Lagerstern trägt die Schachtabdeckung und den Erreger mit aufgebautem Turbinen-Oeleinführungskopf für die Laufradregulierung; er stützt sich auf das Statorgehäuse ab. Der untere Lagerstern ist besonders kräftig ausgeführt, weil er neben dem unteren Führungslager auch noch die Generator-Brems- und Hebeeinrichtung trägt. Er ruht auf den Konsolen der mit dem Statorgrundring verbundenen Füsse.

Die Bedienung der Bremseinrichtung erfolgt vom Maschinensaal aus. Das einem Windkessel des Turbinenregulators entnommene Drucköl wirkt auf die Kolben von sechs vertikalen Doppelzylindern, die von unten gegen den Radkranz des Polrades drücken. Diese Einrichtung erlaubt, den rotierenden Teil der Maschinengruppe bei geschlossenen Leitradschaufeln mit einem Druck von 15 kg/cm² innert 5 Minuten von der Nenndrehzahl zum Stillstand zu bringen.

Die gleichen Doppelzylinder dienen bei einer Revision des Spurlagers zum Anheben des beweglichen Teils im Stillstand. An Stelle des Oeldrucks aus dem Turbinenregulator steht dann eine unter dem Generator angebrachte Handpumpe für einen Druck bis 500 kg/cm² zur Verfügung. Das zu hebende Gewicht beträgt 280 t und besteht aus Polrad mit Erregeranker und Turbinenlaufrad. Der Fixierung des angehobenen Teils dienen sechs neben den Doppelzylindern stehende Stellschrauben.

Die Erregermaschine ist mit Regulier- und Wendepolen ausgerüstet und für die Nenndaten 260 kW und 230 Volt bemessen. Der Anker sitzt auf einem an die Generatorwelle angeflanschten Wellenstück.

Der Einphasen-Wechselstromgenerator ist von Brown, Boveri & Cie., Baden, für folgende Daten gebaut:

Nennleistung bei		
induktiver Last mit cos φ = 0,2 bis 1,0	25 000	kVA
kapazitiver Last mit cos φ = 0	20 000	kVar
Nennspannung	11,0	kV
Betriebsspannung	10,5 bis 11,5	kV
Nennfrequenz	16⅔	Hz
Drehzahl	100	U/min
Durchgangsdrehzahl	280	U/min
Schwungmoment des Polrades	6670	tm²
Drehsinn von oben gesehen	rechts	

Die Nennleistung des Generators wurde gegenüber der Turbinen-Maximalleistung von 20 000 kW reichlich bemessen, da die SBB die Maschine weitgehend zur Phasenkompensation und Spannungsregulierung im Unterwerk Rupperswil einsetzen. Mit 25 000 kVA Nennleistung lassen sich in einem Jahr mittlerer Wasserführung 110,8 Mio kWh Wirkenergie und 185 Mio kVarh Blindenergie erzeugen mit maximalen Leistungsspitzen von 17 010 kW bzw. 24 800 kVar.

Der allgemeine Aufbau der Maschine entspricht demjenigen des Dreiphasen-Generators. Der Stator (Bilder 49 und 50), von dem jeder Viertel 38 t wiegt, hat eine Bohrung von 7000 mm und eine Eisenbreite von 2100 mm. Das Gehäuse besteht aus Grauguss und ist mit Rücksicht auf das für Einphasen-Generatoren charakteristische wechselnde Drehmoment mit besonders reichlichen Wandstärken und kräftigen Versteifungsrippen versehen. Das auf den Stator wirkende Drehmoment wird von auf den ganzen Umfang verteilten Bolzen auf den Grundring übertragen.

Die legierten Statorbleche von 0,5 mm Dicke sind in 29 Paketen, welche voneinander durch profilierte Winkeleisen di-

stanziert sind, in das Gehäuse eingelegt. Die Distanzstege sind durch Punktschweissung auf den 1 mm dicken Endblechen der Pakete befestigt. Durch am Statorgehäuse angeschraubte Pressplatten aus Stahlguss wird eine kräftige Pressung auf den ganzen Blechkörper ausgeübt. An die Platten angegossene Druckfinger übertragen die Pressung auch auf die Blechzähne.

Das Polrad weist einen Durchmesser von 6970 mm und ein Gewicht von 225 t auf; es setzt sich aus der Welle, zwei Radsternen, dem Radkranz und den 20 Polen zusammen. Der Radkranz besteht aus acht im Umfang zweiteiligen Stahlgussringen von 620 cm² Querschnitt, wobei die Zugkräfte an den Trennstellen der Ringe über zwei seitliche, treppenförmig abgestufte Laschen aus Stahlguss in Verbindung mit 36 Passbolzen übertragen werden. Diese Verbindungsstellen werden bei der Durchgangsdrehzahl je mit einer Zugkraft von 900 t beansprucht. Pro Radhälfte wirkt somit auf den ganzen Querschnitt eine Normalkraft von total 14 400 t; dieser Wert ist das 7,85-fache der Beanspruchung bei Normaldrehzahl.

Die zwei zweiteiligen Radsterne aus Stahlguss tragen den Radkranz. Die Verbindung der Sternhälften in der Umfangsrichtung erfolgt durch kräftige Bolzen und je zwei auf die Nabe aufgezogene Schrumpfringe. Die Uebertragung des Drehmomentes von den Armen der Radsterne auf den Kranz übernehmen pro Arm und Ring zwei Doppelkeile, die gegeneinander Anzug haben, sodass sie in der Umfangsrichtung satt sitzen und wie Tangentialkeile wirken.

Die Pole bestehen aus Stahlguss, wobei deren Schuhe an der Oberfläche mit einer Lamellierung aus 1 mm dickem Stahlblech versehen sind. Die schwalbenschwanzförmigen Klauen des Polkernes greifen in entsprechende, gefräste Nuten des Radkranzes ein und werden mit Schrauben gegen die Nutenflanken gepresst.

Die einlagigen Polspulen, die aus hochkantgewickeltem Flachkupfer 4,8 × 80 mm hergestellt und deren 43 Windungen durch Zwischenlagen aus bakelisiertem Asbest von einander isoliert sind, bilden, da unter Druck gebacken, einen mechanisch festen Körper. Die Isolation der Spulen gegen Polkern, Polschuh und Pressplatten besteht aus Hartpapier-Einlagen.

Die kompletten Pole wiegen je 3,7 t und beanspruchen die Klauenbefestigungen bei der Durchgangsdrehzahl von 280 U/min mit einer Zentrifugalkraft von rund 1000 t pro Pol. Bei dieser Beanspruchung können insbesondere in den Hohlkehlen der Polklauenbefestigung sehr hohe Spannungskonzentrationen auftreten. Um über deren Grössen und Verlauf Aufschluss zu erhalten, wurden von der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich photoelastische Untersuchungen an einem Zelluloidmodell der Polbefestigung im Massab 1:25 unter betriebsmässiger Beanspruchung vorgenommen. Zur Ergänzung dieser Versuche führte die Firma Brown, Boveri noch diesbezügliche Messungen an Stahlgussmodellen durch, welche zeigten, dass sich das Material trotz Ueberschreitung der Streckgrenze in einzelnen hochbeanspruchten Gebieten im Ganzen doch quasielastisch verhält und zwar noch weit über die Schleuderzugkraft hinaus.

Die Brems- und Hebeeinrichtung besteht in Abweichung von der Ausführung beim Dreiphasen-Generator aus zwei getrennten Systemen, die ebenfalls vom Maschinensaal, bzw. von der unter dem Generator angebrachten Handpumpe aus bedient werden. Für die Bremsung wirkt der Oeldruck vom Windkessel des Turbinengenerators auf die Kolben von sechs horizontal liegenden Doppelzylindern, die radial gegen die Innenfläche eines am unteren Radstern befestigten zweiteiligen Bremsringes aus Stahlguss drücken. Dem Heben des beweglichen Teils von insgesamt 320 t dienen sechs getrennt aufgestellte vertikal wirkende Hebezylinder.

Die Erregermaschine ist ebenfalls mit Regulier- und Wendepolen ausgerüstet und für eine Nennleistung von 168 kW bei einer Nennspannung von 210 V bemessen. Der Erregeranker wird von einer Hohlwelle getragen, die konzentrisch auf dem oberen Ende der Generatorwelle sitzt.

Nach dem Gründungsvertrag zwischen den SBB und der NOK hat jeder Partner Anspruch auf die Hälfte des zufliessenden Wassers. Da beide Turbinen gleich sind, wird die Energie auf Grund der Leistung verrechnet, die von der Turbine an die Generatorwelle abgegeben wird. Auf Anregung der Bauleitung wurde von der Firma A.-G. Brown, Boveri & Cie. für beide Einheiten eine neue direkt wirkende Drehmomentmesseinrichtung entwickelt und eingebaut, die auf elektrische Weise den Verdrehungswinkel eines 650 mm starken Wellenstückes von rund 1500 mm Länge beim unteren Halslager misst. An den beiden Enden dieses Wellenstückes, dessen Verdrehung bei Vollast am Umfang rund 1,2 mm beträgt, ist je ein als Tonfrequenztyp ausgebildeter Messgenerator montiert.

Mit der neuartigen Messeinrichtung wird eine Apparatur betätigt, die bei scharfen Lastabsenkungen oder plötzlicher Entlastung den Generator auf den Wasserwiderstand umschaltet, um Schwallbildung im Oberwasser zu verhindern und die Kontinuität des Wasserdurchflusses mit Rücksicht auf die Unterlieger zu wahren. Diese Umschaltung geht vom Differentialquotienten der Leistung nach der Zeit aus. Da nicht sämtliche in Betracht fallenden automatischen Lastabschaltungen nur bei Schalterauslösungen im Kraftwerk vorkommen, musste dieses besondere Kriterium für die Schnellumschaltung gewählt werden.

c. Schaltanlagen

Der Umstand, dass für jedes Stromsystem nur je ein Generator vorhanden ist, ermöglichte in schalttechnischer Hinsicht einen einfachen Aufbau des entsprechenden Schemas (Bild 17).

In der Dreiphasen-Anlage ist nur ein Auftransformator vorhanden, der mit dem Generator zu einer Einheit zusammengefasst ist, wobei beidseitig der Generatorschiene Trenner eingebaut wurden. Zum Abschalten vom Netz unter Last dient der 50 kV-Schalter. Zwischen diesem und den beiden Freileitungsschaltern ist die Querverbindung in Form einer kurzen Sammelschiene erstellt worden.

Für die rasche automatische Lastumschaltung in Störungsfällen (in rd. 0,3 s), wie sie bei Abschaltung durch den 50 kV-Transformatorschalter, durch die beiden Freileitungsschalter oder durch Nullstrom der beiden Felder vorkommen kann, dient der im Abzweig von der Generatorschiene zum Belastungswiderstand eingebaute Druckluftschalter.

Zur Kupplung der Eigenbedarfsanlage mit dem Dreiphasennetz der NOK wurde ein 500 kVA-Dreiphasentransformator aufgestellt, der mit einem Druckluftschalter auf die Generatorschiene geschaltet werden kann. Dadurch ergeben sich bei Ausfall der Eigenbedarfsgruppe oder zu deren Unterstützung total drei zusätzliche Möglichkeiten der Speisung des Eigenbedarfnetzes. Es sind dies die Speisung ab Hauptgeneratorschiene bei Normalbetrieb, aus dem Dreiphasennetz über den Haupttransformator bei stillstehendem Dreiphasengenerator oder direkt ab der Notstromgruppe bei Ausserbetriebnahme der 5,7 kV-Generatorschiene.

In der Einphasen-Anlage bedingte die Aufstellung von zwei Auftransformatoren den Einbau je eines Druckluftschalters in die Transformatorenzuleitungen, während die Oberspannungsschalter am Ende der Freileitungen im nahen Unterwerk der SBB plaziert sind. Die Generatorschiene kann auch hier für die automatische Lastumschaltung über einen Druckluftschalter auf den Belastungswiderstand geschaltet werden.

Generatorenschaltanlage

Die beiden Generatorschaltanlagen für die Einphasen- bzw. Dreiphasengruppe sind gemeinsam in einem für sich abgeschlossenen Raum untergebracht, der auf Kote 350.40 an die Generatorenfundamente unterwasserseitig anstösst, wie aus dem Grundriss des Maschinenhauses (Bild 11) ersichtlich ist. Anschliessend an die Schaltanlage und davon durch eine Wand getrennt, befinden sich die beiden Wasserbelastungswiderstände, die je für eine Maschinenleistung dimensioniert sind.

An der Decke über dem turbinenseitigen Hauptbedienungsgang wurden die Generatorschienen angebracht, deren Stützisolatoren zur Erleichterung der Montage an den in der Decke einbetonierten Ankerschienen befestigt sind. Die Generatorschienen-Abzweigtrenner sind in hängender Anordnung ebenfalls an der Decke montiert, während die Schalter und Spannungswandler in den abgeschlossenen Zellen auf Betonsockeln aufgestellt, die Stromwandler dagegen an Stelle von Durchführungen in die Decke und Wände eingesetzt wurden.

Die dem Generatorschutz und Messzwecken dienenden Stromwandler sind als kurzschlussfeste Stabwandler mit einem Uebersetzungsverhältnis von 2500/5 A gebaut.

Die blanken Verbindungen zu den Auftransformatoren in der Freiluftschaltanlage sind in besonderen blechverschalten Steigschächten an der Innenseite der Maschinensaalwand hochgeführt, wo in entsprechender Höhe Durchführungen ins Freie eingebaut sind.

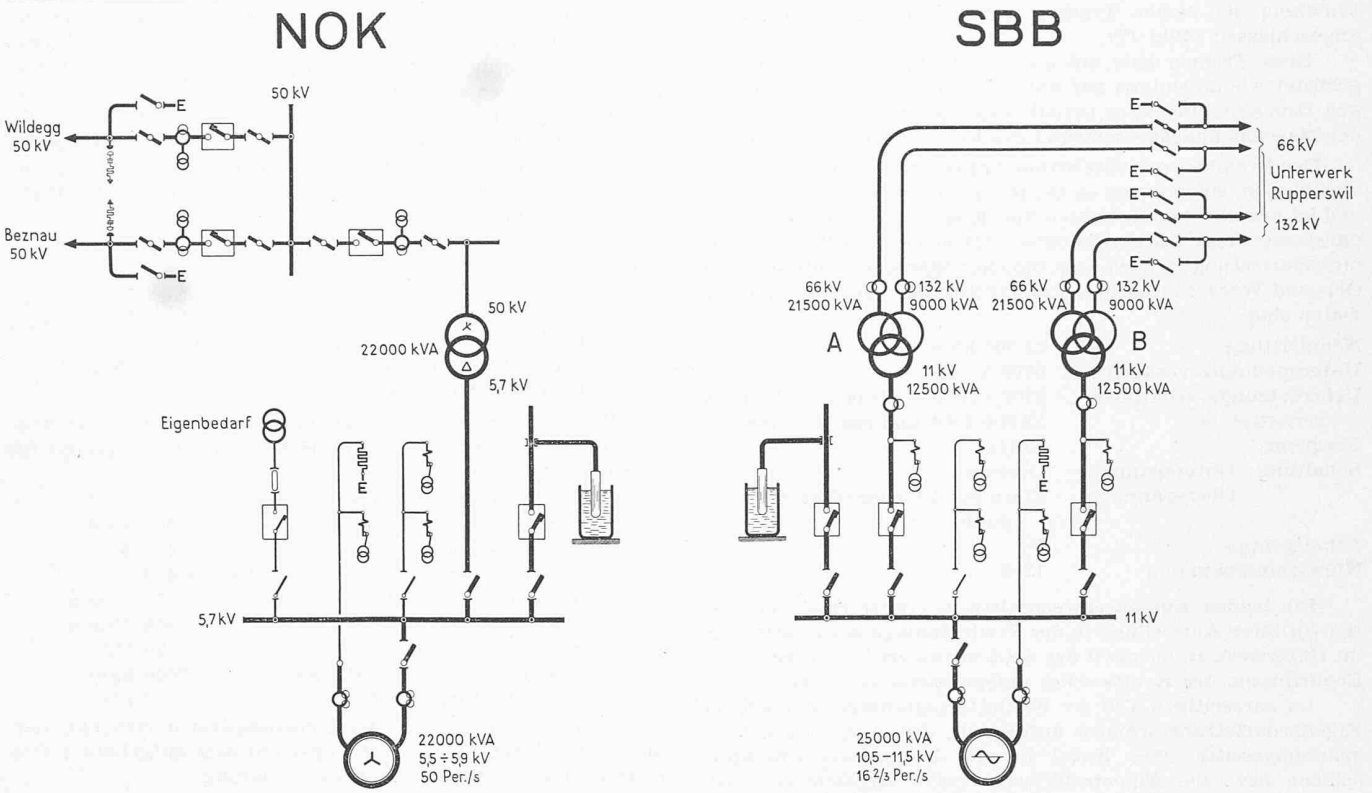

Bild 17. Einpolige Schemata der Dreiphasen- und Einphasenanlage

In diesen Verbindungen wurden in der Decke der Generatorenschaltanlage auf der Dreiphasenseite Durchführungen eingesetzt, auf der Einphasenseite Stabstromwandler 1500/5 A mit einer Sekundärwicklung 40 VA, VDE-Kl. 0,5.

Sämtliche Spannungstransformatoren sind als Stützerwandler ausgebildet, mit nicht entflammbarer Masse gefüllt, und mit neuartigen selbsttätigen Maximalstrom- und thermischen Schutzschaltern versehen. Die Hochspannungswicklung dieser Wandler ist aus konstruktiven Gründen mit dem einen Ende an Erde gelegt.

Die Druckluftschalter in den Zuleitungen zu den Belastungswiderständen sind drei-, bzw. zweipolig für einen Nennstrom von 2500 A gebaut. Der maximal zulässige Abschaltstrom beträgt 38 500 A (Effektivwert) und die maximale Abschaltleistung 370 MVA. Die Druckluftschalter für die Einphasentransformatoren mit 1500 A Nennstrom und derjenige für den Eigenbedarfsanschluss mit 100 A Nennstrom haben eine maximal zulässige Abschaltleistung von rd. 400 MVA bei sonst gleichen Daten für alle Schalter. Der Betriebsluftdruck beträgt 12 bis 14,5 kg/cm².

Sämtliche Trenner der Anlage sind mit Druckluftantrieben für Fernbetätigung von der Bedienungstafel aus ausgerüstet. Sie können aber auch in der Generatorenschaltanlage durch elektrische Fernsteuerung der Druckluftventile mittels Druckknopfschaltern betätigt werden, die in die Bedienungskasten eingebaut sind und einen Teil der Zellenabschlusskonstruktion bilden. Mit den Druckluftantrieben kombiniert ist eine neu entwickelte, pneumatische Stellungsanzeigevorrichtung, die direkt auf die mechanischen Rückmelder auf der Bedienungsschalttafel einwirkt. Dadurch konnten die üblichen elektrischen Rückmeldekontakte mit ihren Verbindungskabeln an den schwer zugänglichen Hochspannungstrennern weggelassen werden.

Um die Mess-, Melde- und Steuerkabel gegen jegliche Beschädigung, insbesondere durch Ueberschläge in den Hochspannungszellen zu schützen, wurden sie im Boden in mit starken Eternit- bzw. Betonplatten gedeckten Kanälen oder Rohren verlegt und an den Pfeilern in Nuten mit Blechverschalung hochgeführt.

Freiluftschaltanlage

Die 50 kV-Anlage umfasst den Dreiphasen-Transformator zur Auftransformierung der Generatorspannung auf die Uebertragungsspannung, ferner die im Schema (Bild 17) enthaltenen Apparate für den Transformator und zwei abgehende Freileitungen.

Die Leistungsschalter sind Oelstrahlschalter, gebaut für 64 kV Nennspannung, 6000 A Nennstrom, eine garantierte Abschaltleistung von 750 MVA und einen Einschaltstrom von 25 000 A. Der Polabstand beträgt 1750 mm, die Oelfüllung pro Pol 55 kg. Die Schalter sind auf 2,8 m hohen Konstruktionen aus armiertem Beton aufgestellt und mit Fahrrollen ausgerüstet. Der gemeinsame Antrieb für die unter sich mechanisch gekuppelten Pole wurde unterhalb des Schaltergerüstes auf separatem Betonsockel montiert und durch eine Eisenblechverschalung gegen Witterungseinflüsse geschützt.

Der Antrieb ist für Betätigung durch Druckluft von 4,5 kg/cm² gebaut und enthält nebst einem kleinen Druckluftbehälter noch die erforderlichen Steuerventile für elektrische Fernsteuerung von der Bedienungsschalttafel aus, sowie Rückmeldeschalter, Handantriebvorrichtung für Einstellzwecke und einen Heizkörper von 200 Watt.

Auf dem gleichen Gerüst und mit gleicher Spurweite wie die einzelnen Pole der Oelstrahlschalter befinden sich die ebenfalls mit Fahrrollen versehenen Stützer-Messwandler.

Die Trenner sind als dreipolige Drehtrenner in hängender Anordnung an den verzinkten Eisenträgern montiert und mit Druckluftantrieben für einen Betriebsdruck von 12 bis 15 kg/cm² versehen. Die Antriebe sind kombiniert mit pneumatischen Stellungsrückmeldegebern. Die Trennerbetätigung erfolgt normalerweise von der Bedienungsschalttafel aus, wo sich die pneumatischen Rückmelder befinden. Sie können jedoch auch durch elektrische Fernbetätigung der Druckluftventile vermittels Druckknopfschalter in der Freiluftanlage selbst betätigt werden. Diese Druckknöpfe sind in die Gehäuse der Oelstrahlschalterantriebe eingebaut.

Die Freileitungsunterbrecher besitzen zugleich angebaute Erdungstrenner. Sie sind mit gleichen Druckluftantrieben ausgerüstet wie die Drehtrenner und an eine Sondererdung angeschlossen. Auf der Freileitungsseite sind Ueberspannungsableiter mit einem Ableitvermögen von 10 000 A eingebaut. Die Isolation der Anlage entspricht einer Nennspannung von 64 kV. Die Erdungstrenner sind isoliert.

Die Einphasenanlage enthält ausser den beiden Einphasen-Auftransformatoren nur noch zwei zweipolige Drehtrenner mit angebauten, nicht isolierten Erdungstrennern für die beiden 66 kV-Freileitungen, die für eine Nennspannung von 85 kV isoliert sind; sowie zwei zweipolige Drehtrenner, ebenfalls mit nichtisolierten Erdungstrennmessern für die beiden 132 kV-Freileitungen, die für eine Nennspannung von 150 kV isoliert sind. Die Erdungstrenner sind mit dem Mittelpunkt der 132 kV-

Wicklung der beiden Transformatoren an die Schutzerdung angeschlossen (Bild 17).

Diese Trenner sind mit gleichen Druckluftantrieben ausgerüstet wie diejenigen auf der Dreiphasenseite. Die zugehörigen Druckknopfschalter befinden sich in einem besonderen an der Maschinenhausaussenwand montierten Eisenblechkasten.

Der Dreiphasenwechselstrom-Transformator weist Kupferwicklungen, einen äusseren Oelumlauf und Wasserkühlung auf und ist mit vier umsteckbaren Spurkranzrollen, separatem Expansionsgefäss, Luftentfeuchter, Gasschutz, Oeltemperaturmesseinrichtungen, sowie den üblichen Signaleinrichtungen für Oel- und Wasserdurchfluss ausgerüstet. Die hauptsächlichsten Daten sind:

Nennleistung	22 000 kVA
Unterspannung verkettet	5700 V
Uebersetzungsverhältnisse verkettet bei	5700/43000 — 45000 — 47000 V 22 000 kVA und cos $\varphi = 0{,}8$
Frequenz	50 Hz
Schaltung: Unterspannung	Dreieck
Oberspannung	Stern mit herausgeführtem Nullpunkt
Schaltgruppe	C_2
Kurzschlusspannung	12 %

Die beiden Einphasenwechselstrom-Transformatoren waren vor ihrer Aufstellung in der Freiluftanlage des Kraftwerks im Unterwerk Rupperswil der SBB installiert. Sie wurden den Bedürfnissen des Kraftwerkes entsprechend umgebaut.

Im aareseitigen Teil der Freiluftschaltanlage ist noch der Eigenbedarfstransformator aufgestellt, der hoch- und niederspannungsseitig über Kabel an die Dreiphasen-Generatorschiene bzw. die Eigenbedarfsschalttafel angeschlossen ist. Der Transformator ist bemessen für eine Leistung von 500 kVA bei einem Uebersetzungsverhältnis von 5,7 kV/380÷220 V mit Umschaltung in der Hochspannungswicklung in spannungslosem Zustand für $5{,}7 \pm 6 \times 1{,}5$ % kV. Der Transformator hat natürliche Oelkühlung und ist mit drehbar gelagerten Transportrollen versehen.

d. Schaltstand

Der einfache Aufbau der Anlage mit zwei Maschinengruppen verschiedener Stromart erlaubte von einem eigentlichen Kommandoraum mit Kabelboden abzusehen und den Schaltstand jedem Objekt in zweckmässiger Weise direkt zuzuordnen. Die spiegelbildliche Anordnung der Innenraum- und Freiluftanlagen, die sich aus den in entgegengesetzten Richtungen abgehenden Freileitungen der Partner ergab, legte es nahe, den im Maschinensaal unterwasserseits angeordneten Bedienungsstand in bezug auf die Maschinenhausqueraxe symmetrisch gegen die beiden Gebäude-Stirnseiten zu entwickeln. Zwischen den Maschinensaalpfeilern liegen jeweils sechs Felder mit je einer Türe für die rückseitige Zugänglichkeit.

Alle Bedienungs- und Kontrolleinrichtungen für den Wasserhaushalt sind in einer besonderen Schalttafel in der Mitte der oberwasserseitigen Maschinensaallängswand zwischen zwei Pfeilern vereinigt.

e. Eigenbedarfsanlage

Die Energie zur Speisung der im Gebiete des Kraftwerkes befindlichen Stromverbraucher wird durch einen 500 kVA-Dreiphasen-Generator in 380/220 V erzeugt. Ausserdem kann Energie über den Eigenbedarfstransformator von der Dreiphasen-Generatorschiene bezogen oder bei geringem Eigenverbrauch über diesen Transformator an das NOK-Netz abgegeben werden. Ferner ist noch eine dieselelektrische Notstromgruppe mit einer Leistung von 300 PS aufgestellt, die sich bei Ausfall der Eigenbedarfsgruppe automatisch auf das Eigenbedarfsnetz schaltet. Dadurch und in Anbetracht der verschiedenen Speisemöglichkeiten ist für einen möglichst hohen Sicherheitsgrad in der Energielieferung für die Eigenbedarfsverteilung gesorgt, was besonders im Hinblick auf die Sicherstellung der Betätigung der Stauwehrschützen von grosser Bedeutung ist.

Die Eigenbedarfsgruppe wurde als vertikalachsiges Aggregat im Maschinenhauskopf eingebaut und nützt das Gefälle des Wassers aus, welches gemäss Konzession in das Aarebett unterhalb des Stauwehrs abgegeben werden muss.

Von der Dotierungs-Wassermenge von 5 m³/s gelangen rund 0,5 m³/s durch die Fischtreppe in das alte Aarebett, 4,5 m³/s fliessen vom Vorbecken durch den Einlaufrechen der Turbine zu und verlassen den Maschinenhauskopf zwischen dem Stauwehr und dem aareseitigen Einstieg in die Fischtreppe; sie dienen dort zugleich noch als Lockwasser. Das Gefälle beträgt während rund 265 Tagen konstant 8,25 m und fällt in den restlichen Tagen des Jahres je nach Wehrdurchfluss bis auf 6,0 m zurück. Bei einer mittleren Generatorleistung von rund 300 kW beträgt die mittlere Jahreserzeugung der Hilfsgruppe 2,6 Mio kWh.

Die Kaplanturbine ist von Bell & Cie. A.-G., Kriens, für folgende Daten gebaut:

Berechnungsgefälle	8,25 m
Nennleistung	534 PS
Drehzahl	375 U/min
Durchgangsdrehzahl	1050 U/min
Drehsinn von oben gesehen	rechts

Mit der Turbine direkt gekuppelt ist der Eigenbedarfsgenerator der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, gebaut für folgende Daten:

Nennleistung bei induktiver Last mit cos $\varphi = 0{,}7$ bis 1,0	500 kVA
Nennspannung verkettet	400 V
Betriebsspannung verkettet	380 bis 420 V
Drehzahl	375 U/min
Durchgangsdrehzahl	1050 U/min
Frequenz	50 Hz
Schwungmoment des Polrades	7000 kgm²
Erregerleistung bei 165 V	7 kW

Stator und Rotor sind im Maschinensaalboden versenkt, darüber hinaus ragt einzig der Erreger mit dem aufgebauten Oeleinführungskopf für die Laufradregulierung.

Als letzte Energiereserve bei Ausfall der Eigenbedarfsgruppe und des NOK-Netzes steht eine Diesel-Notstromgruppe zur Verfügung, welche mit der zugehörigen Schalttafel in einem besondern Raum im Maschinenhaus unterwasserseitig auf der Höhe der Generatorenschaltanlage aufgestellt ist. Die Gruppe besteht aus einem Saurer-Viertakt-Dieselmotor mit direkter Einspritzung und Druckluftanlasser, und einem BBC-Dreiphasen-Wechselstromgenerator mit direkt angeflanschtem Erreger. Ihre Hauptdaten sind:

Zylinderzahl	12
Bohrung	130 mm
Hub	180 mm
Hubvolumen	$12 \times 2{,}39$ l
Nenndrehzahl	1500 U/min
Nennleistung des Motors	260 PS
Spitzenleistung des Motors	300 PS
Abspritzdruck der Düsen	185 bis 190 at
Brennstoffverbrauch	rd. 250 g/kWh
Nennleistung des Generators bei cos $\varphi = 0{,}8$	300 kVA
Nennspannung, verkettet	400 V
Frequenz	50 Hz
Erregerleistung	2 kW
Erregerspannung	33 V

Dieselmotor und Generator ruhen auf einer gemeinsamen, zugleich als Schmierölreservoir ausgebildeten Grundplatte und sind direkt miteinander gekuppelt. Das Schmieröl wird von zwei Oelpumpen an die Kurbelwellen- und Pleuellager bzw. die Kipphebel und Steuerräder gebracht. Für die Kühlung sind Rohrschlangen ins Schmierölreservoir eingesetzt, die das Kühlwasser von einem Behälter von 400 l Inhalt beziehen. Zwei Umwälzpumpen mit einer Förderleistung von je 4 l/s sorgen für die Wasserzirkulation. Ein Thermostat bewirkt bei zu hoher Wassertemperatur das Oeffnen eines Ventils, durch das neues Kühlwasser zutritt.

Für die betriebswichtigsten Anlageteile sowie die Fernmelde- und Signaleinrichtungen steht Gleichstrom von 110 V bzw. 24 V zur Verfügung. Die entsprechenden Netze werden von zwei Umformergruppen (wovon eine Reserve) und einer Blei-Akkumulatorenbatterie ohne Zellenschalter gespeist.

Im Normalbetrieb treibt ein Drehstrommotor die gekuppelten Gleichstromgeneratoren für 110 V und 24 V an, um einerseits die beiden Gleichstromnetze zu speisen und anderseits die Akkumulatorenbatterie auf Volladung zu halten. Steigt die Belastung des 110 V-Netzes über die Leistungsfähigkeit des Ladegenerators, so springt die Batterie als Puffer ein. Bei Ausfall des Drehstromes übernimmt die Batterie die

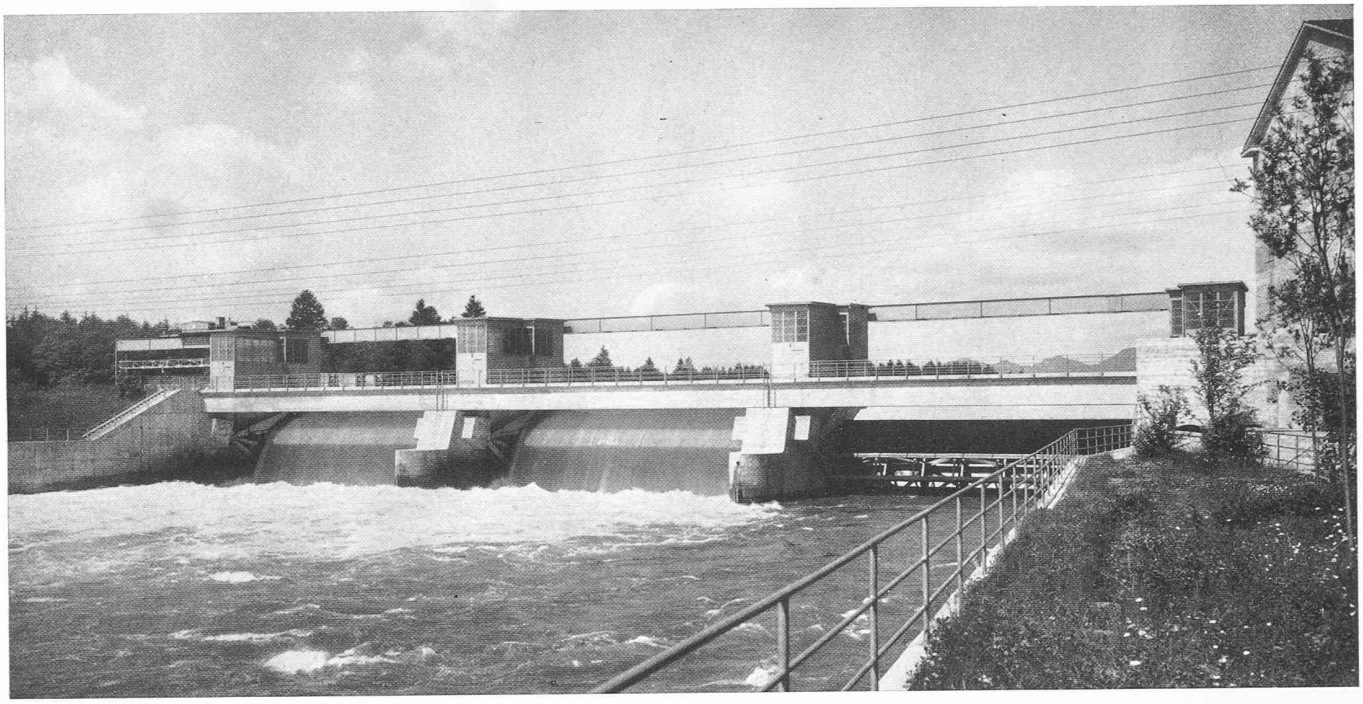

Bild 19. Stauwehr. Gesamtaufnahme vom Unterwasser

Bilder vom Aare-Kraftwerk RUPPERSWIL-AUENSTEIN und seiner Bauausführung

Bild 20. Stauwehr. Sektorhakenschütze der rechten Wehröffnung

Bild 21. Maschinensaal

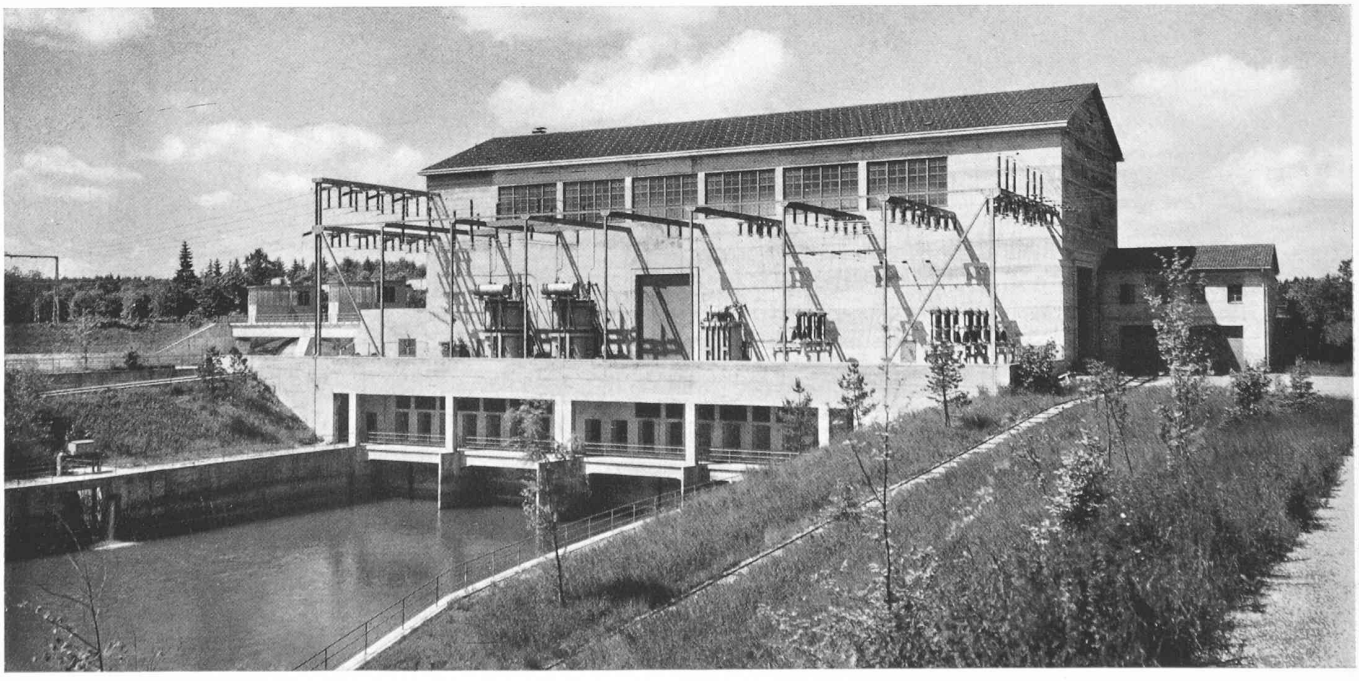

Bild 22. Maschinenhaus und Schaltanlage. Aufnahme vom Unterwasser

Bild 23. Umspundung für den linken Stauwehrpfeiler. Aufnahme 24. August 1943 vom linken Ufer aus

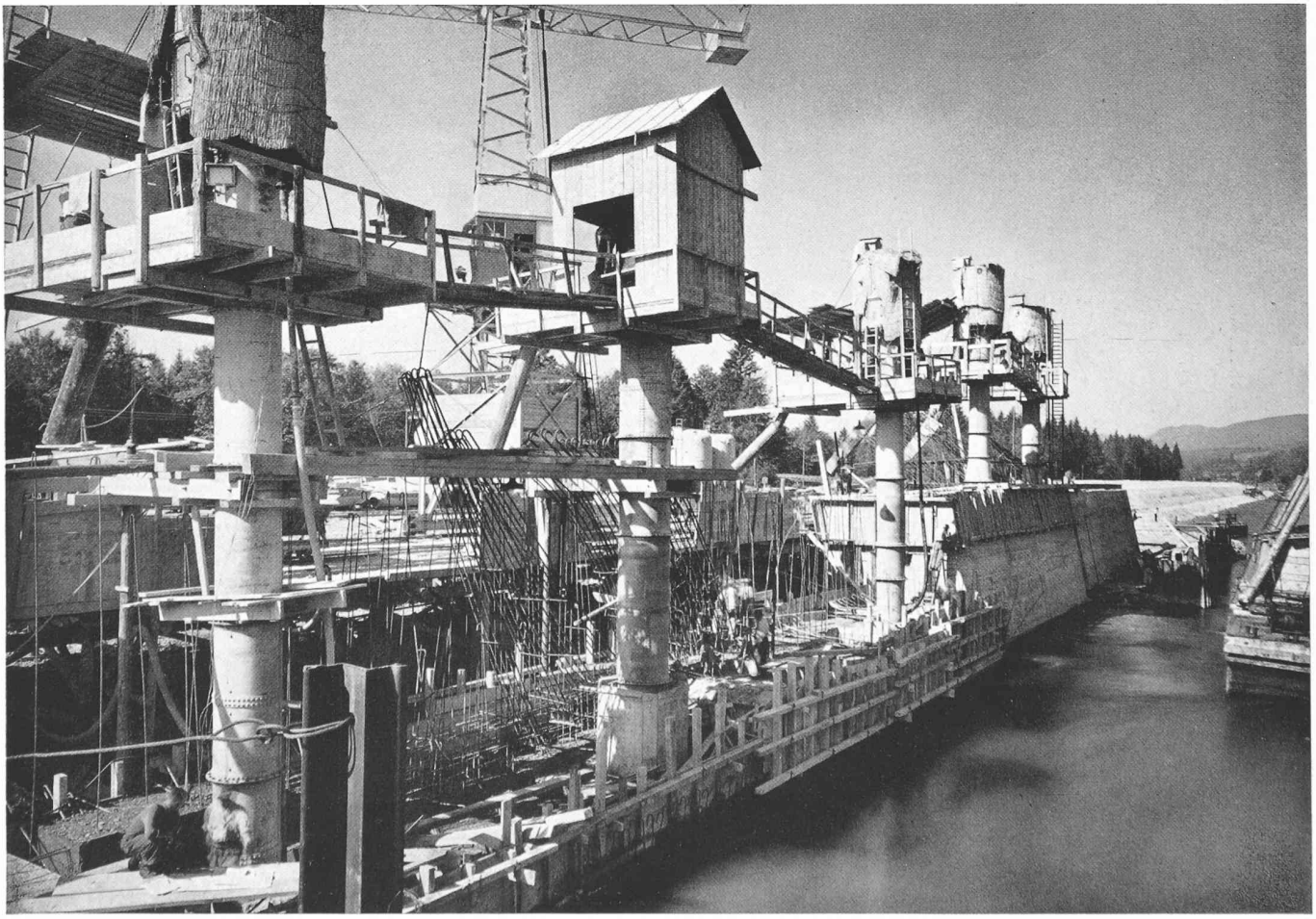

Bild 24. Fundation des rechten Stauwehrwiderlagers und der oberwasserseitigen Ufermauer. 24. August 1943

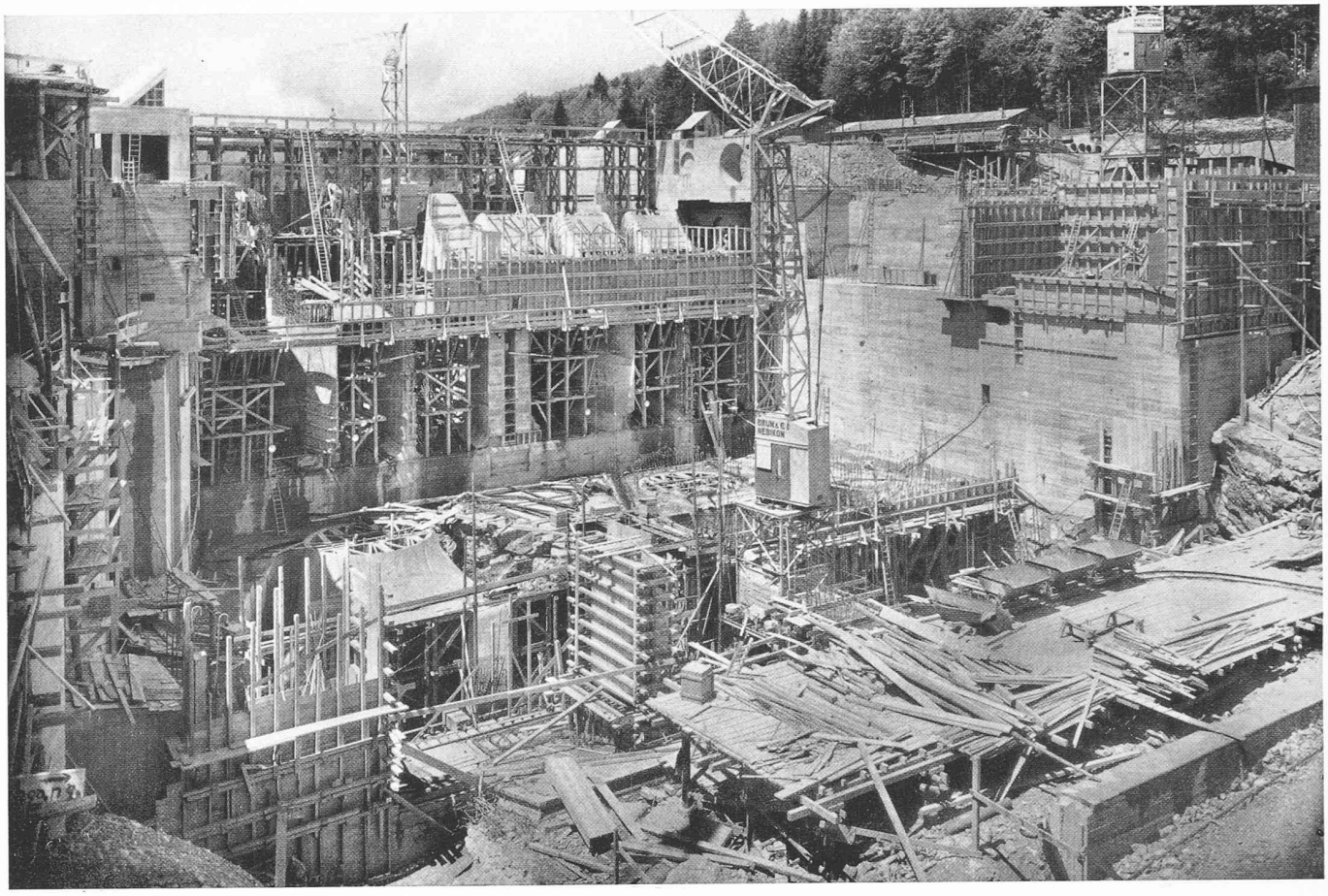

Bild 25. Maschinenhausbaugrube am 28. Juni 1944, von der linken Ufermauer aus aufgenommen

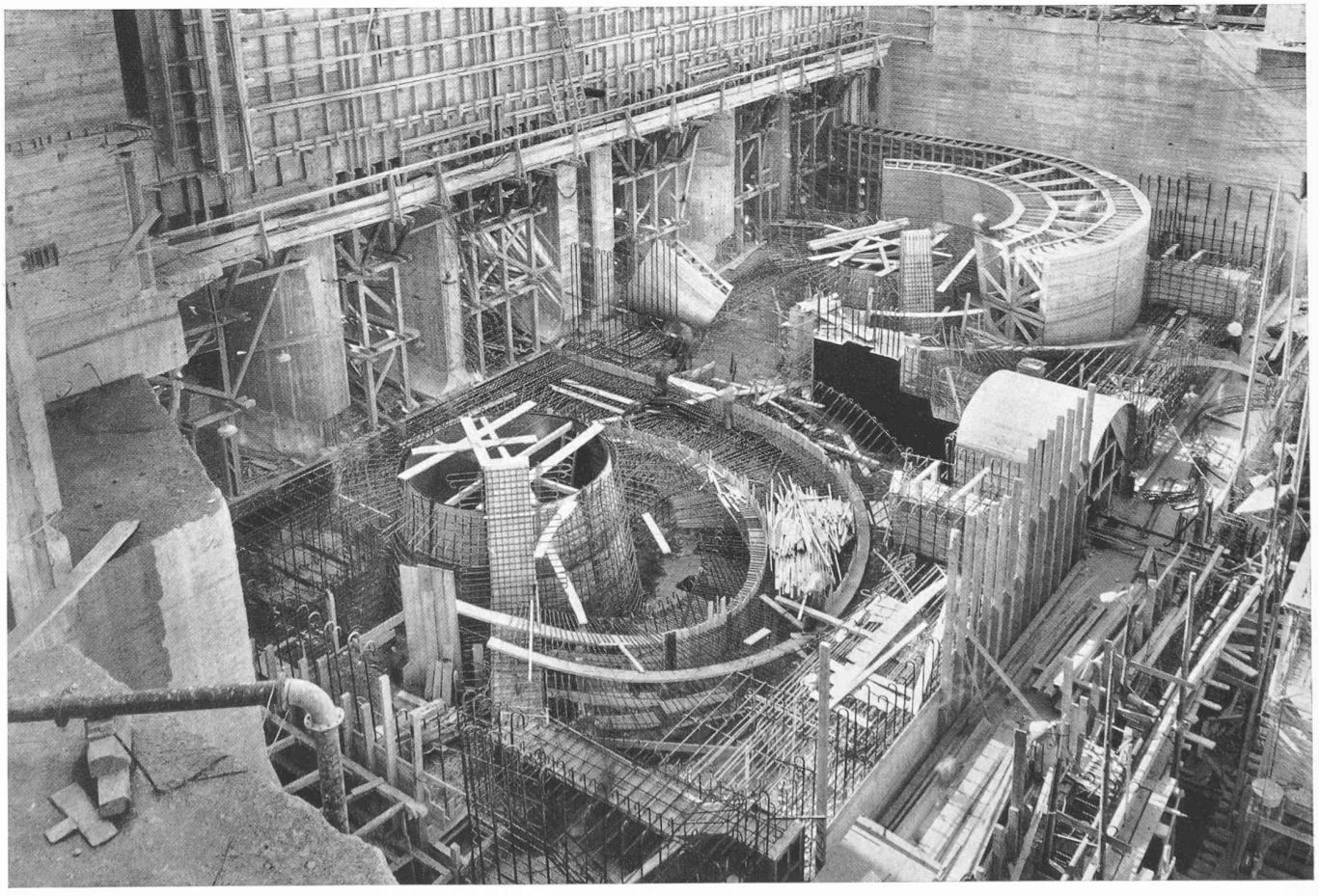

Bild 26. Maschinenhausbaugrube am 26. Juli 1944. Armierung des Spiralbodens der SBB-Turbine. Spiralschalung der NOK-Turbine

volle Versorgung des 110 V-Netzes und speist zugleich die als Motor laufende Lademaschine. Die mit einem Spannungs-Schnellregler ausgerüstete 24 V-Gleichstromdynamo dient weiter der Versorgung des Fernmelde- und Signalnetzes.

Die Batterie weist eine Kapazität von 288 Ah bei zehnstündiger Entladung auf; sie besteht aus 53 Zellen. Der maximale Ladestrom beträgt 72 A.

Die als dreigliedrige Aggregate gebildeten Umformergruppen bestehen je aus

1 Drehstrom-Synchron-Reaktionsmotor mit Kurzschlussläufer von 3,5 kW, 380 V, 13 A, 50 Hz, 3000 U/min
1 Gleichstrom-Nebenschlussgenerator (Lademaschine) von 1,21 kW, 121 V, 10 A, 3000 U/min (als Generator), bei dem bei einer Entlastung von 113 V 10 A auf Leerlauf die Spannung nur um 10 V steigt; die Daten bei Betrieb als Motor sind 0,8 kW, 102 bis 113 V, 1800 bis 3000 U/min
1 Gleichstrom-Nebenschlussgenerator (Signalmaschine) 0,48 kW, 24 V, 20 A bei 1800 bis 3000 U/min.

5. Unterwasserkanal und Aarevertiefung

Der 2,5 km lange Unterwasserkanal liegt mit Ausnahme der rund 190 m langen Felsstrecke unterhalb des Maschinenhauses vollständig im Fluvioglazialkies. Der Kanal weist ein trapezförmiges Profil auf.

Die Wassertiefe beträgt bei einer Wassermenge von 350 m³/s im Kanal (355 m³/s in der Aare) 6,70 m, die mittlere Fliessgeschwindigkeit 1,20 m/s.

Von der Mündung des Unterwasserkanals bis zur untern Konzessionsgrenze bei der Strassenbrücke Wildegg wurde das Nutzgefälle auf eine Länge von 1 km durch Ausbaggerung des Aarebettes gewonnen. Die Sohle des Unterwasserkanals steigt vor der Mündung mit einer Neigung von 5‰ auf die um 1,0 m höher liegende Sohle der Aarevertiefungsstrecke. Staukurven- und Kostenberechnungen zeigten, dass eine Tieferlegung der Aaresohle bis auf die Höhe der Kanalsohle unwirtschaftlich gewesen wäre.

Die vertiefte neue Sohle liegt um 3 bis 5 m unter dem frühern Talweg des Flusses. Ihr Längsgefälle beträgt 0,13 ‰, wie beim Unterwasserkanal. Am untern Ende der Vertiefungsstrecke steigt die Sohle im Uebergang zur natürlichen Flusssohle mit 10 ‰, am obern Ende von der Mündung des Kanals flussaufwärts mit 11,5 ‰ an. Die Sohlenvertiefung endigt an dem zu einem Sohlenabsturz umgebauten ehemaligen Stauwehr der Jura-Cement-Fabriken Wildegg.

Mit der Tieferlegung der Sohle wurde gleichzeitig die Linienführung der Flussufer korrigiert. An die normal 34,0 m breite Sohle schliessen Böschungen an in der Neigung 1:5 bis auf die Höhe des Niederwasserspiegels und darüber in der Neigung 1:2. Im Bereiche des Niederwasserspiegels ist ein Steinwurf verlegt, ähnlich wie im Unterwasserkanal; anschliessend folgt eine 30 bis 40 cm starke, ausgezwickelte Trockenpflästerung. Diese reicht bis zum Hochwasserspiegel von 900 m³/s. Soweit die Böschungen unter Wasser angeschüttet wurden, erhielten sie als Schutz gegen Abspülung eine 30 cm starke Abdeckung aus Bollensteinen von mindestens 12 cm Durchmesser, ähnlich den natürlichen Abpflästerungen eines Flussbettes.

Die Aarevertiefungsstrecke endigt am Wehr der ehemaligen Wasserkraftanlage der J. C. F. Die Schwelle dieses Wehres wurde zu einem 4,50 m hohen Sohlenabsturz umgebaut, als Uebergang zur oberhalb liegenden, unverändert belassenen Aarestrecke und als Schutz gegen rückwärtsschreitende Erosion.

6. Strassen und Brücken

Von der Hauptstrasse Rupperswil-Aarau zweigt westlich Rupperswil die 4,50 m breite Zufahrtsstrasse (Bild 1) zum Kraftwerk ab. Sie überquert den Steinerkanal auf einer Holzbrücke, dann die Aare auf einer 108,8 m und den Unterwasserkanal auf einer 99,9 m langen eisernen Brücke. Am linken Kanalufer verzweigt sich die Strasse; westlich führt sie zum Maschinenhaus; östlich verläuft eine ebenfalls 4,50 m breite Strasse über das Auffüllgebiet des Unterwasserkanales nach Auenstein. Von der Aarebrücke aus wurde auch eine Strassenverbindung in der Richtung nach Rupperswil erstellt. Die Strassen dienen neben dem werkeigenen Verkehr vor allem dem Durchgangsverkehr zwischen Auenstein und Rupperswil und von Auenstein nach Rohr-Aarau; ihre Gesamtlänge beträgt 3,10 km. Die tragenden Elemente der beiden Brücken über die Aare und über den Unterwasserkanal sind durchlaufende Träger auf Eisenbeton-Pfahljochen.

Bauausführung und Inbetriebnahme

Nach der öffentlichen Planauflage vom 17. Januar bis 16. Februar 1942 wurde im Frühling 1942 mit dem Landerwerb und mit der Erledigung der eingegangenen 387 Einsprachen begonnen. Das Land konnte von allen Grundeigentümern ohne Ausnahme freihändig erworben werden.

Sämtliche Bauarbeiten wurden nach Durchführung öffentlicher Submissionen für die grossen Arbeiten und beschränkter Submissionen für die kleineren Arbeiten im Akkord vergeben. Projekt und topographische Verhältnisse bedingten die für den gesamten Baubetrieb charakteristische Zweiteilung in die örtlich konzentrierten Fundations-, Beton- und Eisenbetonarbeiten des Stauwehrs und des Maschinenhauses und in die auf lange Strecken verteilten Bagger- und Uferschutzarbeiten für die Bauten des Staugebietes, des Unterwasserkanals und der Aarevertiefung. Stauwehr und Maschinenhaus wurden zusammen in einem Los, die Arbeiten des Staugebietes, des Unterwasserkanals und der Aarevertiefung in zwei Losen wie folgt vergeben:

Stauwehr und Maschinenhaus mit Unterwasserkanal bis km 0.05 an die Arbeitsgemeinschaft A.-G. Conrad Zschokke, Döttingen; Locher & Cie., Zürich; Rothpletz, Lienhard & Cie., Aarau.

Unterwasserkanal Los 1, umfassend den Unterwasserkanal von km 0.05 bis km 1.57, die Auffüllung Biberstein, den rechtsufrigen Aaredamm und die Ausbaggerung der Aare und des Vorbeckens oberhalb des Maschinenhauses an die Bauunternehmung Schafir & Mugglin, Ingenieure, Liestal (seit 1. April 1945 Schafir & Mugglin, Bauunternehmung A.-G.).

Unterwasserkanal Los 2, umfassend den Unterwasserkanal von km 1.57 bis zur Einmündung in die Aare, die Aarevertiefung und Aarekorrektion und die Aufbereitung von Sand, Kies und Bruchsteinen an die Bauunternehmung Unterwasserkanal Rupperswil Los 2 G. m. b. H. (Hoch- und Tiefbau A.-G., Aarau-Zürich; Kibag A.-G., Zürich; J. Frutigers Söhne, Oberhofen; Dr. Ing. J. Hausammann, Männedorf).

Die Vorarbeiten wurden im Frühjahr und Sommer 1942 durchgeführt, so dass im Herbst 1942 mit den eigentlichen Bauarbeiten begonnen werden konnte. Trotz zahlreicher kriegsbedingter Erschwernisse gelang es, mit dem Aufstau der Aare am 11. Juni 1945 zu beginnen. Am 16. Oktober konnte die NOK-Maschine und am 28. November auch die SBB-Maschine in Betrieb genommen werden.

In die Bauausführung geben die Bilder auf den Tafeln 19 und 20 einen Einblick.

Die Energie-Erzeugung während der drei ersten Betriebsjahre des Kraftwerkes Rup-

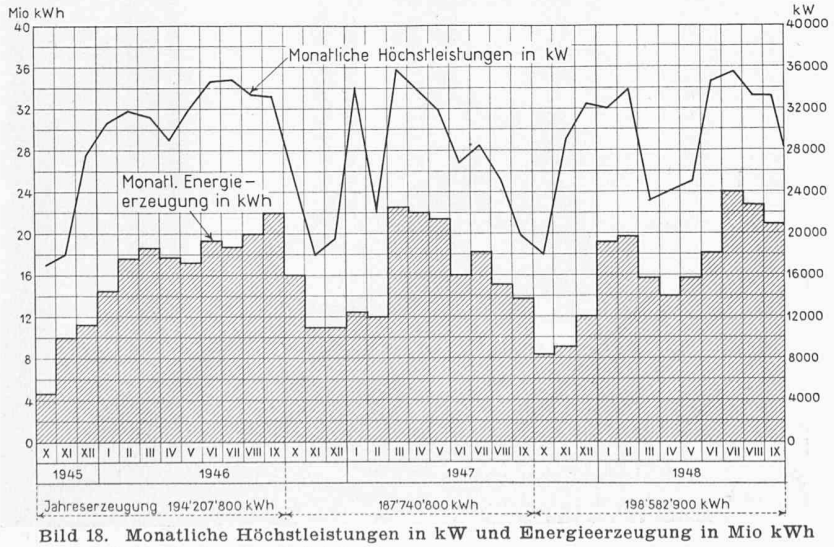

Bild 18. Monatliche Höchstleistungen in kW und Energieerzeugung in Mio kWh während den drei ersten Betriebsjahren

perswil-Auenstein ist in Bild 18 veranschaulicht. Die auf Grund der Aareabflüsse mögliche Energie-Erzeugung wurde von den Netzen der SBB und NOK mit durchnittlich 94,7 % ziemlich vollständig aufgenommen. Die Energie bildet einen wertvollen Beitrag zur Deckung des während der Kriegsjahre stark gestiegenen Energiebedarfs in den Netzen der beiden Partner.

*

Wir weisen nochmals darauf hin, dass diese nunmehr abgeschlossene Darstellung ein Auszug ist aus dem Buch «Kraftwerk Rupperswil-Auenstein», das für 12 Fr. von der Kraftwerk Rupperswil-Auenstein A.-G. in Baden bezogen werden kann (108 Seiten, 141 Bilder, 6 Tafeln).

Red.

Apartmenthouse und Miethäuser an der Zollikerstrasse in Zürich

Arch. ALBERT JENNY, Zürich DK 728.3(494.34)

Die Kriegs- und Nachkriegszeit mit ihrer Steigerung der wirtschaftlichen Schwierigkeiten auf allen Gebieten, ihrer Verteuerung der Baukosten, der Wohnungsnot und der immer mehr um sich greifenden Veränderung in der sozialen Struktur schaffen für den Baufachmann oft Probleme, die nur durch ein sehr gründliches Studium so gelöst werden können, dass Kapitalverluste infolge späterer Rückbildung der aufgeblähten Wirtschaft ausgeschaltet werden. Dies gilt insbesondere für die Durchführung von Bauvorhaben der sog. privaten Initiative, die sich der staatlichen Subventionen und der damit verbundenen Risikoverminderung nicht bedienen kann, sondern im Gegenteil durch solche Verstaatlichungsmassnahmen bedroht ist. Nur eine sorgfältige Abklärung in bautechnischer, wohnungstechnischer und vor allem auch in finanz- und renditentechnischer Hinsicht kann das gute Gelingen eines solchen Bauvorhabens verbürgen.

Solche Ueberlegungen haben zu der vorliegenden Lösung geführt, einer Ueberbauung, bestehend aus zwei Mehrfamilienhäusern mit je sechs Dreizimmerwohnungen nahe der Zollikerstrasse und einem zweigeschossigen Apartmenthouse auf dem rückwärtigen, höher gelegenen Geländeteil. Während den Wohnungen neue Reizwerte zugeführt wurden (Einbau von Kühlschränken, Abtrennung des Schlafzimmer-Bad-Traktes von den Wohnräumen und Einbeziehung des normalen Wohnungsvorplatzes in das Wohnzimmer, wodurch eine besondere Grossräumigkeit erzielt wurde), liess sich der erforderliche Mietwert auf dem rückwärtigen, mit baueinschränkenden Servituten belasteten Geländeteil nur durch die Anlage eines besonders mietintensiven Gebäudes erreichen, wie dies ein Apartmenthouse darstellt.

Die langgestreckte, zweigeschossige, einbündige Anlage ist durch die Grundstückform und durch die Servituten bedingt, hat aber trotz etwelcher Weitläufigkeit den Vorteil, dass alle Wohnräume, die durch Gartenvorplätze im Erdgeschoss und durch Balkone im ersten Stock mit Ausblick auf See und Gebirge mit der freien Natur verbunden wurden, nach Süden orientiert sind.

Die einzelnen Wohnelemente bestehen aus Wohnzimmer mit Balkon und Gartenplatz, einem Vorplatz mit Kleider- und Wäscheschrank und einer Kochnische mit kleinem Kühlschrank, und schliesslich einem Badezimmer mit Waschtisch und WC. Ihre Ausmasse sind so knapp, dass die Wohneinheiten gerade noch den vollen Wohnkomfort bei Bewerbung durch eine Einzelperson gewährleisten.

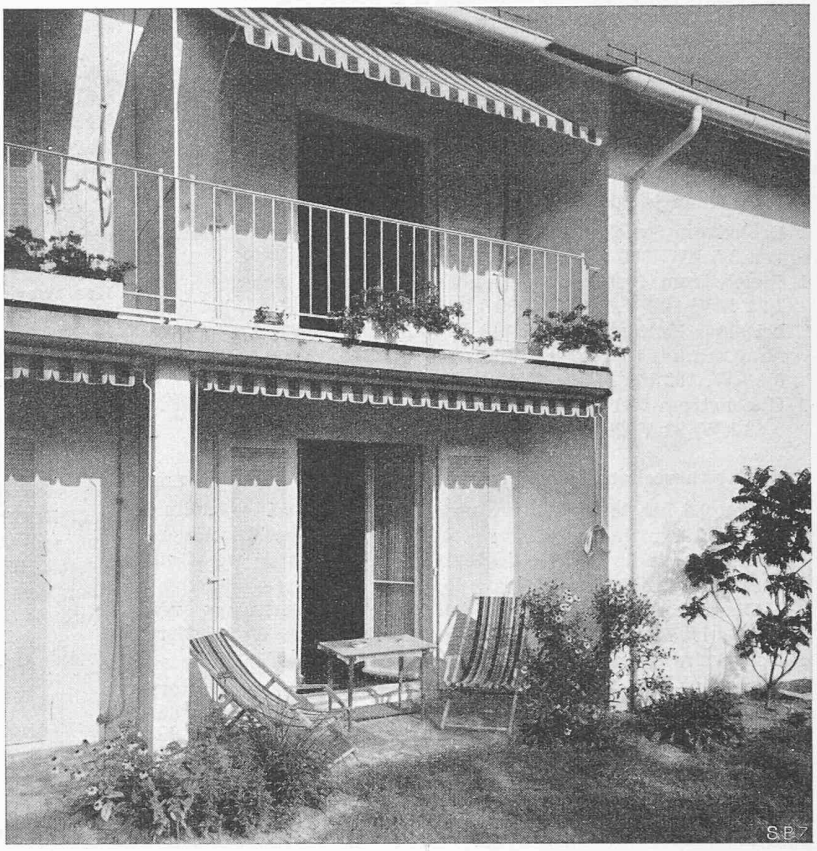

Bild 1. Detail der Südwestfassade

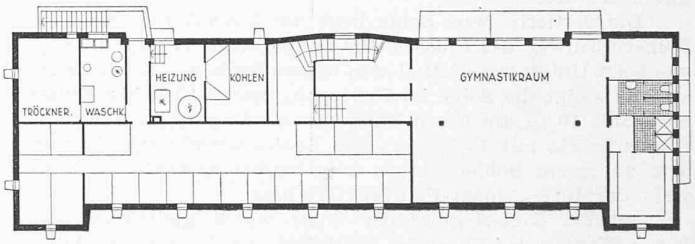

Bild 2 (rechts). Untergeschoss 1 : 400

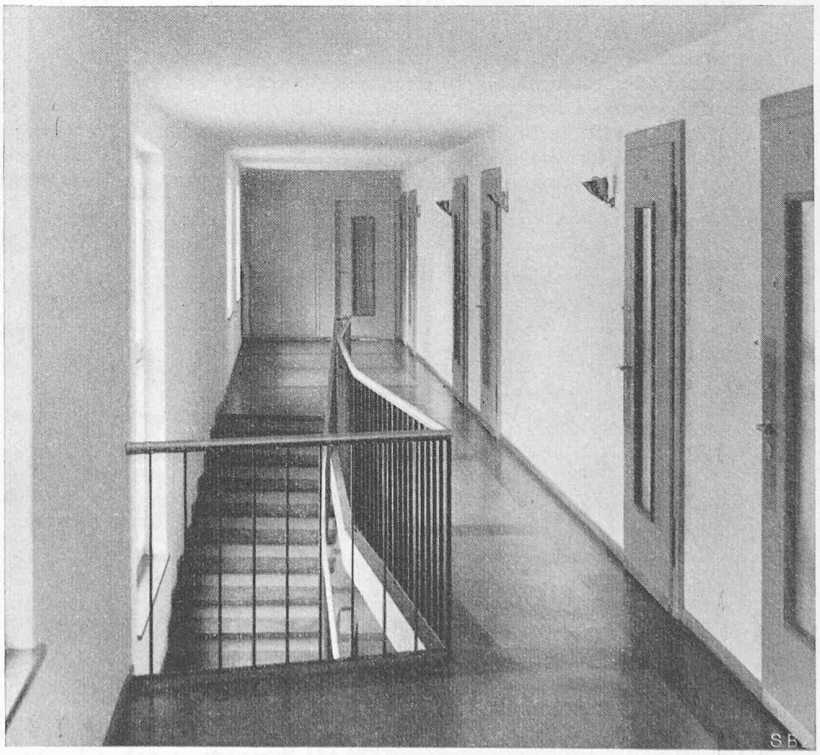

Bild 3. Gang im Apartmenthouse