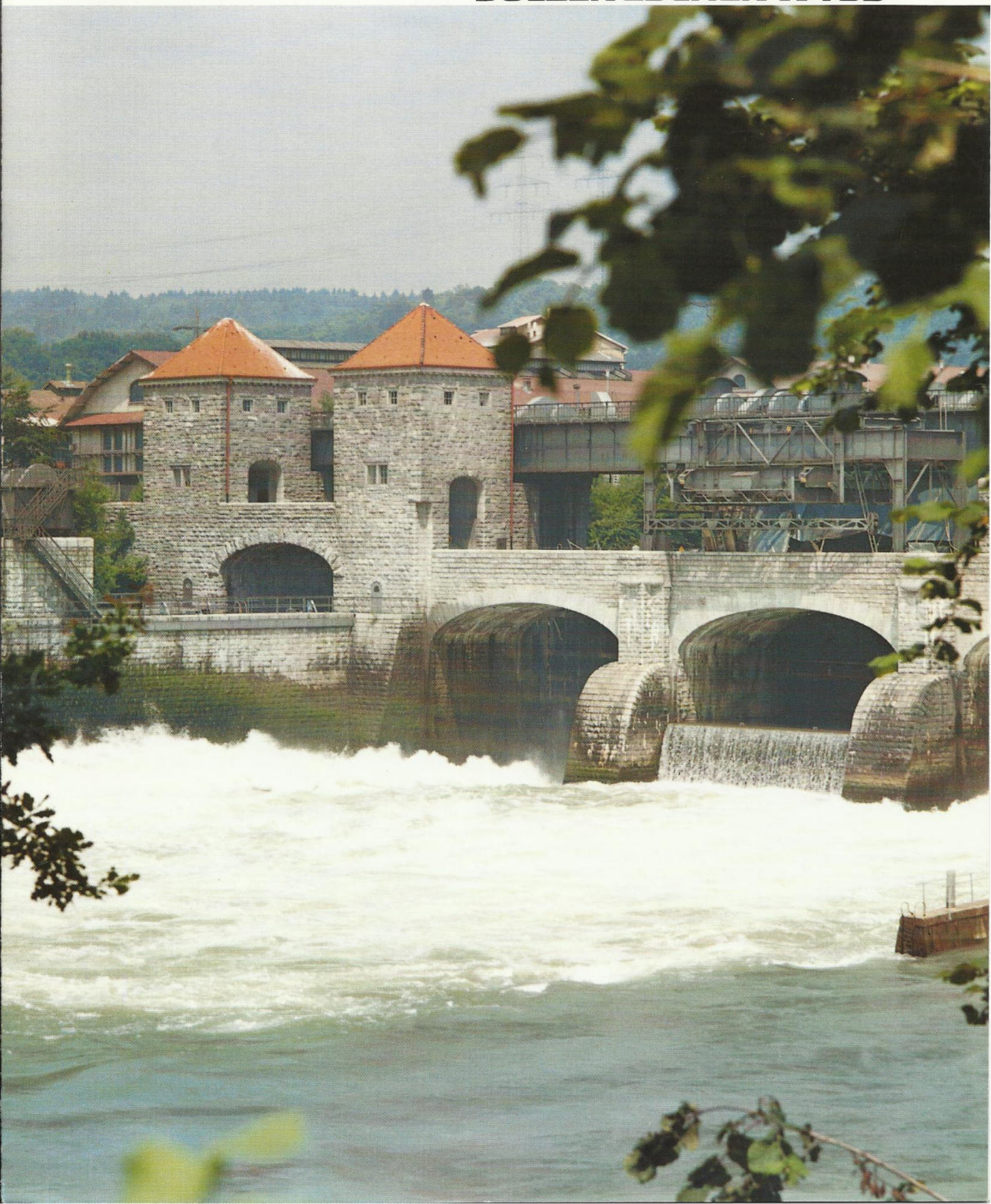




R. Ruoss, J. Gyenge, F. Fischer

Ausbau des
Rheinkraftwerks Laufenburg
mit STRAFLO-Turbinen

SULZER ESCHER WYSS



Ausbau des Rheinkraftwerks Laufenburg mit STRAFLO-Turbinen

R. Ruoss, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich
J. Gyenge, Asea Brown Boveri AG, Baden
F. Fischer, Sulzer-Escher Wyss AG, Zürich



1 Rheinkraftwerk Laufenburg, nach dem Ausbau mit STRAFLO-Turbinen.

Erstellt Anfang dieses Jahrhunderts, wird das Rheinkraftwerk Laufenburg gegenwärtig ausgebaut. Frühere Modernisierungen brachten bereits eine Leistungssteigerung von 40 auf 81 MW. Der neueste Ausbau, der die bestehenden Francisturbinen durch zehn STRAFLO®-Turbinen ersetzen soll, bringt insgesamt 106 MW Leistung (Bild 1).

48062
0188 0079

Das Rheinkraftwerk Laufenburg (Bilder 2 und 3) liegt zwischen dem deutschen und dem Schweizer Ufer, unterhalb des Städtchens gleichen Namens und nutzt u. a. das Gefälle der Stromschnellen (Laufen).

Ein erstes Konzessionsprojekt zum Bau eines Wasserkraftwerks datiert aus dem Jahre 1891. Das Projekt sah die mechanische Verwertung der

Energie vor, mit Energieübertragung durch Druckluft. Schließlich wurde nach verschiedenen Weiterarbeitungen in den Jahren 1909 bis 1914 das Kraftwerk erstellt gemäß Tabelle 1.

Die maschinelle Einrichtung bestand aus horizontalachsigen Maschinengruppen mit jeweils vier Francislaufrädern in einem Wellenstrang angeordnet, mit direkt angetriebenem

Generator (Bilder 4b bis 6). Neben dem Kraft- und Maschinenhaus am linken Ufer schließt das Wehr an. Am rechten Ufer besteht zusätzlich eine Schiffsschleuse. Im Zuge des steigenden Energiebedarfs folgte in den Jahren 1929 bis 1960 der Zweitausbau.

Ohne wesentliche bauliche Änderungen konnten dabei Maschinengruppen bedeutend höherer Leistung in die



2 Rhenkraftwerk Laufenburg aus der Vogelperspektive.

bestehenden Bauwerke eingebaut werden (Tabelle 2).

Mit dem späteren Bau des unterliegenden Kraftwerks wurde durch Einstau des Kraftwerks Laufenburg die mittlere Jahresproduktion auf 490 Mio. kWh vermindert.

Studien für Weiterausbau

Mit der Konzessionserneuerung wurde seitens der Behörden die Forderung nach einem erhöhten Ausbauwasserstrom verbunden. Verschiedene Ausbauprodukte wurden deshalb in Vorstudien verglichen. Zur Diskussion standen die Hauptvarianten

- Einbau einer zusätzlichen Maschinengruppe,
- Ersatz der bestehenden Maschinengruppen,
- Untervarianten.

Einbau einer zusätzlichen Maschinengruppe

Das Projekt sah auf der Landseite des Maschinenhauses den Einbau einer großen Rohrturbine vor. Die bestehenden Maschinengruppen blieben in Betrieb. Die doppelregulierte Rohrturbine diente der Regelung bei ändernden Abflußverhältnissen, während die Francisturbinen im optimalen Betriebspunkt gearbeitet hätten.

Anstelle der Beibehaltung der Francisturbinengruppen wurde deren teilweiser Ersatz durch Rohr- bzw. STRAFLO-Turbinengruppen studiert, um die Anforderungen des Betriebs zu erfüllen, dies für die gesamte neue Konzessionsdauer.

Ersatz der bestehenden Maschinengruppen

Entsprechend den Randbedingungen «Keine Änderungen des Achsabstands der Maschinengruppen; nur unbedeutende Korrekturen an den baustatisch wichtigen Gebäudeteilen zulässig» wurde der größtmögliche Laufraddurchmesser der Axialmaschinen bestimmt.



3 Standort des Wasserkraftwerks Laufenburg.

Tabelle 1: Erstausrüstung des Kraftwerks

Anzahl Maschinengruppen	10
Ausbauwasserstrom	660 m ³ /s
Fallhöhe	9,6 m
Bruttoleistung	47,8 MW
Werkleistung	40 MW
Mittlere Jahresproduktion	310 Mio. kWh

Mit dem resultierenden Laufraddurchmesser von 4,25 m war die Verarbeitung des geforderten Ausbauwasserstroms gesichert. Für den Einbau kamen deshalb alle Rohrturbinentypen in Betracht.

Gewählter Ausbau

Nach Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Abwägen der Vor- und Nachteile der verschiedenen Varianten wurde folgende Lösung gewählt:

- Ersatz der zehn bestehenden Francisturbinengruppen durch zehn STRAFLO-Turbinengruppen (Bild 4).

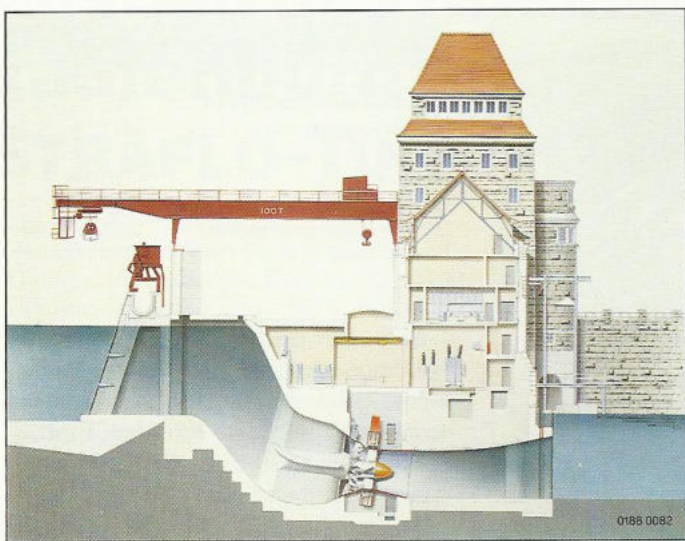
Vorteile der STRAFLO-Lösung

Der Einbau der STRAFLO-Gruppen verlangt bauseitig die geringsten Änderungen, da dank der kompakten Bauweise mit kürzerer Baulänge die Umbauarbeiten innerhalb der bestehenden Abschlußorgane ausgeführt werden können (Bild 4). Sowohl der Vergleich der Investitionskosten allein als auch die Bewertung der Produktionsmöglichkeiten während des jeweiligen Umbaus empfehlen als wirtschaftlichste Lösung die STRAFLO-Gruppen zum Einbau (Tabelle 3).

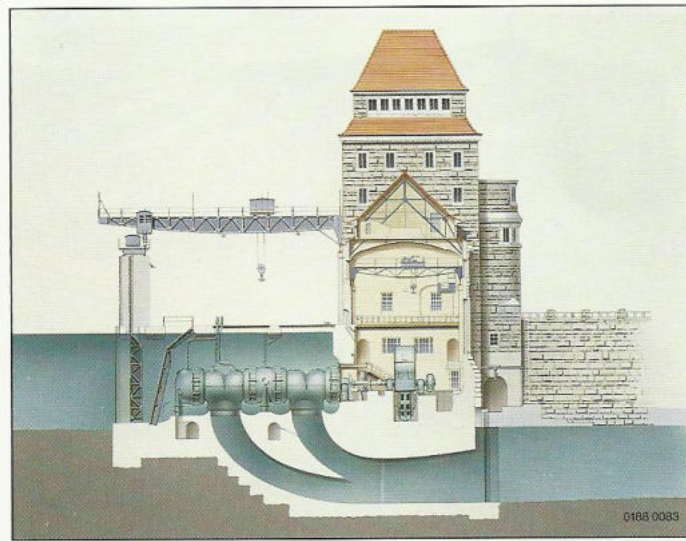
Bei diesen Vergleichen ist zu berücksichtigen, daß die Baukosten und Umbauterme für den Einbau einer großen Rohrturbine mit den größten Unsicherheiten behaftet sind.

Tabelle 2: Zweitausbau des Kraftwerks

Anzahl Maschinengruppen	10
Ausbauwasserstrom	1080 m ³ /s
Fallhöhe	10 m
Bruttoleistung	99,3 MW
Werkleistung	81 MW
Mittlere Jahresproduktion	580 Mio. kWh



4a Schnitt durch eine der neuen STRAFLO-Turbineneinheiten.



4b Schnitt durch eine der alten Francisturbinen.

Optimierung

Sowohl für die Optimierung des wasserbaulichen Teils als auch der hydraulischen Maschine wurden Modellversuche in Auftrag gegeben. Die Strömungsbedingungen im Ober- und Unterwasser des Kraftwerks und in den Turbineneinläufen wurden durch die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH in Zürich durchgeführt. Es ge-

langten dafür Modelle im Maßstab 1:60 und 1:20 zum Einsatz.

Im Labor von SULZER-ESCHER WYSS in Zürich erfolgte die Optimierung der Turbine an einem komplett homologen Modell (Bild 7). Dabei wurde auch die Querrippe im Einlauf nachgebildet und optimiert.

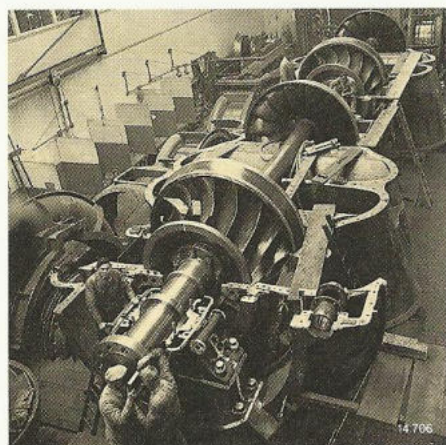
Mit diesen Optimierungen ließen sich 5,5% Gewinn an Jahresarbeit erreichen. Dieses Ergebnis unterstreicht die Berechtigung von Modellversuchen. Ist die Großausführung realisiert, lassen sich nachträglich oft keine Verbesserungen dieser Größenordnung erreichen; es sei denn mit unvergleichlich höherem Aufwand.

Größe der Maschine erlaubt die Ausführung des Bulbs (Nase) als Betonkonstruktion. Ebenso wird die Querrippe (der Abstützung dienend) in diese Betonkonstruktion miteinbezogen. Daraus resultiert ein homogenes Bauwerk, da das Krafthaus praktisch einen Monoblock bildet. Zur Kontrolle der inneren Leitschaufellager, des axial- und des oberwasserseitigen Radiallagers ist der Zugang durch den vertikalen Pfeiler gewährleistet.

Rotor

Das Laufrad, bestehend aus den Einzelteilen Nabe, Laufradschaufeln und Laufradkranz, ist als Schweißkonstruktion zu einer Einheit verbunden (Bild 9).

Zur Aufnahme der Rotorpole dient der Außenkranz, der auf das vorbereitete Laufrad aufgeschraubt wird.



STRAFLO-Turbinen (Tabelle 4)

Bild 8 zeigt das Maschinenkonzept der STRAFLO-Gruppe Laufenburg. Die

◀ 5 Werkmontage einer Francisturbinengruppe für Laufenburg im Jahr 1937 in Zürich.

Tabelle 4: Auslegungsdaten für die zehn neuen STRAFLO-Turbinen

Tabelle 3: Vergleich der Kosten für verschiedene Varianten		
	Investitionskosten	Investitionskosten inkl. Energieproduktionsausfall während des Umbaus
Ersatz der bestehenden Gruppen durch STRAFLO-Gruppen	100%	100%
Einbau einer großen Rohrturbinengruppe und Ersatz von 7 bestehenden Francis durch STRAFLO-Gruppen	122%	118%
Einbau einer großen Rohrturbinengruppe und Ersatz von 7 bestehenden Francis durch Rohrturbinengruppen	160%	175%
Ersatz der bestehenden Francis durch Rohrturbinengruppen	152%	190%

Bruttofallhöhe minimal	7,5	(m)
Bruttofallhöhe maximal	10,12	(m)
Wasserstrom maximal	137	(m³/s)
Turbinen-Nennleistung	11	(MW)
Turbinenleistung maximal	11,6	(MW)
Nennzahl	107,14	(min⁻¹)
Gesamtleistung des Kraftwerks bei Betrieb mit optimalen hydraulischen Verhältnissen	106	(MW)
Mittlere jährliche Energieproduktion (ab Generatorklemmen)	630	(GWh)
Bauart		
Laufrad		unreguliert
Leitrad		reguliert
Achse um 6,5° geneigt		
Laufraddurchmesser	4,25	(m)
Anzahl Laufradschaufeln	4	
Anzahl Leitschaufeln	18	



6 Generatorhalle im heutigen Kraftwerk vor dem Ausbau.

Anschließend folgt die Fertigbearbeitung des Laufrads mit Außenkranz. Zur Aufnahme der Generator-Schleifringe und der Bremsvorrichtung wird der Außenkranz entsprechend ausgebildet.

Für Montage- sowie allfällige Servicearbeiten im Bereich des Laufrads läßt sich der Generatorstator in Achsrichtung verschieben.

Lagerung

Die Lagerung der Maschinengruppe ist innerhalb der Laufradnabe angeordnet und besteht aus zwei Radiallagern und einem beidseitig wirkenden Axiallager. Der als Hohlzylinder ausgeführte Lagerträger enthält die beiden Lagergehäusen. Am oberwasserseitigen Ende der Welle und des Lagerträgers ist das Axiallager angeordnet. Um die Kräfte auf kürzestem Weg in das Fundament einzuleiten, wird der Lagerträger über den inneren Leitradkonus und Zuganker mit dem Bauwerk verbunden.

Während des Start- und Abstellvorgangs der Maschinengruppe sorgen Anhebepumpen für einwandfreie Betriebsbedingungen der nach hydrodynamischem Funktionsprinzip arbeitenden Lager.

Leitapparat (Bilder 10 und 11)

Die Ausführung des Leitapparats entspricht der üblichen Ausführung einer

Rohrturbine. Jeder zweite Leitschaufelantrieb enthält eine Vorrichtung, die eine Auslenkung der Schaufel zuläßt, falls sich bei Schließvorgängen Fremdmaterial zwischen den Schaufeln festsetzt und ein vollständiges Schließen verunmöglicht. Bei der nachfolgenden Öffnungsbewegung nimmt die Leitschaufel ihre zugeordnete Stellung im Gitterverband wieder ein. Somit entfällt das Auswechseln von Teilen mit gewollten Schwachstellen (Bruchbolzen, Knicklenker), und Schäden am Verstellmechanismus werden vermieden. Vor allem bei Maschinengruppen, die öfters zu- und abgeschaltet werden, empfiehlt sich der Einbau selbststrückstellbarer Vorrichtungen.

Selbstverständlich sind sämtliche Lagerstellen an Leitapparat und Leitapparat-Betätigung zur Ausführung in wartungsfreier, umweltfreundlicher Bauart vorgesehen.

Auch bei einem eventuellen Ausfall des Druckölsystems kann der Leitapparat mit Hilfe eines Schließgewichts und zusätzlicher Schließfeder sicher in Geschlossenstellung gebracht werden.

Dichtungen

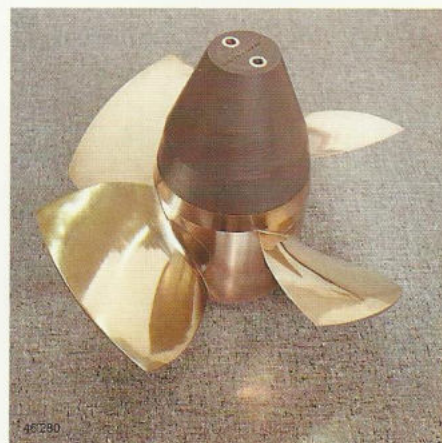
Aufgrund der Erfahrungen in anderen Anlagen mit STRAFLO-Gruppen werden die Dichtungen am Außenkranz als konventionelle Lippenkonstruk-

tion ausgeführt. Für eine einwandfreie Funktion ist eine begrenzte Leckwassermenge erforderlich. Die Funktionskontrolle der Dichtung erfolgt deshalb über eine kontinuierliche Überwachung des Leckwassers. Diese Dichtungsart erlaubt, auf die Zuführung von Sperrwasser samt dessen anspruchsvoller Aufbereitung zu verzichten. Ähnlich anderer Dichtungen (Labyrinth, Kohlenringe) ist das Dichtungsprofil als Verschleißteil zu betrachten, wobei die Revisionsintervalle durch den Sandgehalt des Betriebswassers bestimmt werden. Die Konstruktion erlaubt eine einfache Auswechslung dieser Dichtung. Als Gleitfläche wird ein Ring mit harter Oberfläche (Keramik) gefertigt, um den Verschleiß auf eine Komponente der Dichtung zu beschränken. Bei Stillstand der Maschinengruppe schließt eine zusätzliche anpreßbare Dichtung den Leckwasserdurchfluß vollständig ab.

Zur Abdichtung des Betriebswassers bei der Laufradnabe findet das gleiche Dichtungskonzept Anwendung, während auf der Schmierölseite ein Gleitring als Dichtung eingesetzt wird. Separate Kammern, durch Labyrinth getrennt, sammeln allfälliges Lecköl bzw. Leckwasser. Deren Abflaufleitungen werden zur Funktionskontrolle der Dichtungen überwacht.

Mauerringe

Mit einer Spezialvorrichtung zur Montage des oberwasser- sowie des unterwasserseitigen Mauerrings lassen sich diese gleichzeitig in den Erstbeton ver-



7 Modell-Laufrad für Laborversuche bei Sulzer-Escher Wyss.

setzen. Die Genauigkeit der Ausrichtung der beiden Teile zueinander erreicht dadurch die kleinstmögliche Abweichung. Es ergeben sich daraus Vorteile für das Bauverfahren wie für die weitere Montage der Maschinengruppen. Es erübrigen sich Bauarbeiten (Einbringen von Zweitbeton) während der eigentlichen Maschinenmontage. Hiermit reduziert sich auch die Gefahr von Beschädigungen empfindlicher Maschinenteile (z.B. Lager) durch Verschmutzung erheblich.

Regler

Die Drehzahlregelung besorgt ein elektronischer Regler. Verschiedene Zusatzfunktionen runden den Einsatzbereich ab, u.a. zur Reduktion von Sunk und Schwall bei Abschaltung von Maschinen. Die Steuerfunktionen sind fernbedienbar. Eine lokale Steuerung an den Maschinengruppen selbst ist nicht vorgesehen.

Ölversorgung

Jede Maschinengruppe erhält eine Schmierölversorgung für die Lagerung und eine Druckölversorgung (mit Re-

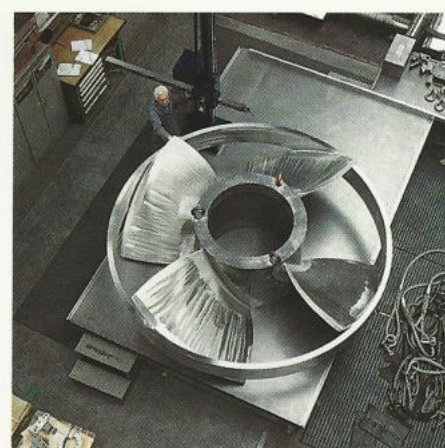
gelölpumpen) für die Regelung. Die Ölpumpen werden so gesteuert, daß jeweils nur die momentan erforderliche Menge Drucköl gefördert wird. Neben einem Gewinn an Energie als Folge des reduzierten Leistungsbedarfs (verglichen mit einer kontinuierlich fördernden Pumpe) wirkt sich diese Betriebsart vorteilhaft auf die Lebensdauer des Hydrauliköls aus.

Bremsvorrichtung

Am Außenkranz des Rotors wird eine Druckluft-Bremsvorrichtung angebracht, die das Stillsetzen des Rotors erlaubt. Die Dimensionierung erfolgt auf das Restantriebs-Drehmoment, resultierend aus nicht vollständig geschlossenem Leitapparat (Fremdkörper zwischen zwei Schaufeln) bzw. verursacht durch die Leckwassermenge bei abgenutztem Leitapparat.

Werkstoffwahl

Im Interesse der Erzielung langer Revisionsintervalle und einer servicefreundlichen Konstruktion wurde der Werkstoffauswahl große Aufmerksamkeit geschenkt. Insbesondere wer-



9 STRAFLO-Laufrad für ein kleineres Kraftwerk (Aboisso, Elfenbeinküste).

den die kavitations- und erosionsbeanspruchten Komponenten in nichtrostendem Stahl hergestellt.

Außenkranz-Generatoren (ABB)

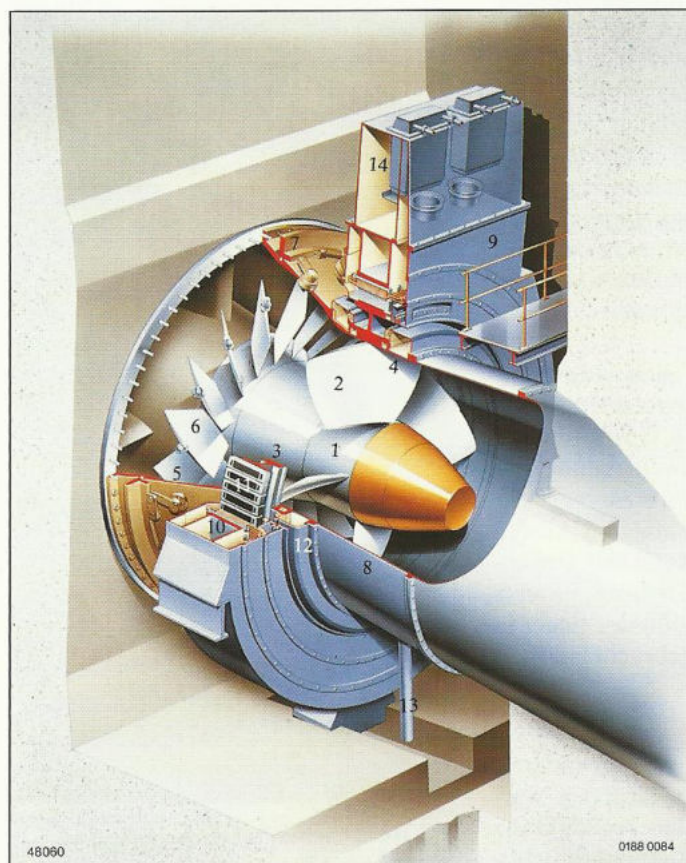
Kennzeichnend für diese Maschinenbauart ist, daß der Außenkranz des innen axial durchströmten Turbinenlaufrads als Polradkranz des Generators ausgebildet wird (Bild 9). Der Generatorstator ist konzentrisch um das so gebildete Laufrad angeordnet und im Fundament abgestützt.

Für die konstruktive Ausbildung der Generatoren sind Randbedingungen zu berücksichtigen, so z. B.

- die mit 6,5°C zur Horizontalen geneigte Wellenachse,
- der sich aus den Abmessungen des Strömungskanals ergebende Außendurchmesser des Polradkranzes (Polbasisdurchmesser),
- die in Strömungsrichtung vorgegebene Breite der Generatorgrube, die von der bestehenden Anlage übernommen werden mußte.

Die beiden letztgenannten Bedingungen (großer Polbasisdurchmesser; Begrenzung der Breite der Maschinengruppe) ergeben nur eine beschränkte Höhe des Stators, die für die mechanische Stabilität dieses Bauteils optimal eingesetzt werden muß. Diese Optimierung der Struktursteifigkeit erfolgt anhand einer Finite-Element-Analyse.

Im weiteren gilt die Bedingung, daß die in Betrieb entstehenden Kräfte – ohne schädliche Deformationen der



- 1 Propellernabe
- 2 Schaufel
- 3 Rotorkranz
- 4 Laufradmantel
- 5 Leitapparat
- 6 Leitschaufeln
- 7 Regulierring
- 8 Saugrohr
- 9 Generator
- 10 Generatorstator
- 11 Generator-Feldpol
- 12 Wasserkollektor der Kranzdichtung
- 13 Dichtungswasser-Abfluß
- 14 Kühler

8 STRAFLO-Turbinenkonzeption.

Bauteile – möglichst in reduzierter Form und ebenfalls optimal in das Fundament eingeleitet werden. Die beschränkten Platzverhältnisse verlangen zudem eine sorgfältige Untersuchung der späteren Montagevorgänge und damit auch die Ausbildung der benötigten Montagehilfsmittel.

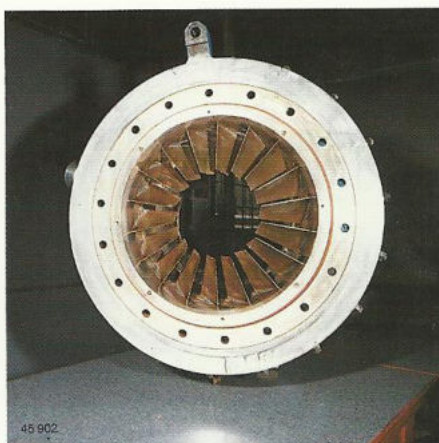
Der Generator ist vollständig geschlossen und mit Umluftkühlung vorgesehen. Die Kühlluft wird mit mehreren, am oberen Teil des Statorgehäuses montierten Fremdventilatoren (Axialventilatoren) umgewälzt. Die Kaltluft wird zuerst dem oberwasserseitigen Wickelkopfraum zugeführt, durchströmt die Maschine in axialer Richtung, wird durch den unterwasserseitigen Wickelkopfraum (Warmluftraum) gesammelt und den Luft-Wasser-Kühlern zugeleitet. Die gleichmäßige Verteilung der Kühlluft am ganzen Umfang des Stators besorgt ein Regelblendsystem.

Die Rückkühlung der umgewälzten Kühlluft erfolgt in mehreren Luft-Wasser-Wärmetauschern, zusammengefaßt am oberen Teil des Stators unter einer Kühlerhaube. Die nur einseitig am Stator angeordnete Luftumwälz- und Rückkühleinrichtung erfordert eine sorgfältige Vorausplanung der Generator-Kühlung, optimiert durch Berechnungsmodelle. Zur Verhinderung des Eintritts von feuchter Luft aus der Maschinengrube in den Generator wird der Generator-Innenraum unter leichtem Überdruck gehalten.

Das Statorgehäuse wird aus Gründen einer maximalen Steifigkeit dieses Bauteils als einteilige Stahlblechkonstruktion mit den notwendigen Verstärkungen ausgeführt. Der Blechkörper besteht aus hochlegierten Dynamoblechsegmenten ohne radiale Kühlschlitze, durchgehend überlappt geschichtet.

Für die nötige Pressung in axialer Richtung dienen massive Stahlpreßplatten und Spannbolzen. Der Blechkörper im Stator ist mit einer mehrfach bewährten Spezialkonstruktion befestigt.

Die Befestigung des Stators im Fundament ist über zwei als Federn ausgebildete Füße auf die Statorfußplatten vorgesehen. Die in radialer Richtung «elastischen» Füße dienen zur Aufnahme der radialen Dehnung infolge Er-



10 Leitapparat für Labortests einer STRAFLO-Turbine für Laufenburg.

wärmung des Stators. Sie garantieren die Einhaltung eines konzentrischen Luftspalts zwischen Stator und Rotor.

Am unteren Teil des Gehäuses ist der Stator über eine Führung mit dem Fundament verbunden, welche die freie Dehnung des Stators in radialer Richtung gewährleistet, in Umfangsrichtung jedoch spielfrei arretiert ist.

Die Generatorpole werden von der Innenseite des Polradkranzes her direkt auf den Außenkranz des Turbinenlaufrads aufgeschraubt (Bild 12). Die Pole bestehen aus einem lamellierten Blechkörper mit aufgesetzter Polspule und sind zur Erhöhung der Stabilität bei unsymmetrischen Belastungen mit einer vollständigen Dämpferwicklung versehen.

Die Erregung des Polrads verläuft über Schleifringe durch eine vollstatische Erregungseinrichtung mit UNITROL®-Spannungsregler. Für die Übertragung des Erregerstroms werden Elektrographit-Kohlebürsten verwendet, die in Spezialbürstenhalter eingesetzt sind. Bei längeren Stillstandsperioden lassen sich die Schleifring-Kohlebürsten mit einer eingebauten Vorrichtung von den Schleifringen abheben. Der Kohlestaub wird kontinuierlich abgesaugt und ausgeschieden.

Die statische Erregungseinrichtung wird über einen Dreiphasen-Stromrichtertransformator (Gießharz-Transformator) direkt von den Generatorklemmen angespeist (Nebenschlußschaltung).

Die Stromrichtereinheit besteht aus zwei unabhängigen Stromrichterbrücken. Aus Redundanzgründen sind die

beiden Stromrichter parallel geschaltet, wobei einer jeweils als stehende Redundanz zur Verfügung steht. Aus Gründen der erhöhten Betriebssicherheit sind dem zweikanaligen Spannungsregler je ein Begrenzungsregler für den Rotor- und Statorstrom und für den Polradwinkel zugeordnet.

Mit Rücksicht auf die besonderen Umgebungsbedingungen in der Maschinengrube (relative Luftfeuchtigkeit 100%) bzw. im Bereich der Steuerschränke (relative Luftfeuchte bis 90%) wird dem Korrosionsschutz der elektrischen Maschinen und Zubehör besondere Beachtung geschenkt. Alle Bauteile erhalten deshalb einen entsprechenden Farbanstrich bzw. eine Imprägnierung. Damit werden die Teile der elektrischen Maschinen so geschützt, daß z.B. bei einer möglichen Überschwemmung der Maschinengrube, nach Austrocknung der Wicklungen, die Generatoren sofort in Betrieb gehen können.

Steuerung

Vom bemannten Kommandoraum im Maschinenhaus werden folgende Anlagen gesteuert und überwacht:

- die zehn Maschinengruppen und deren Hilfsbetriebe
- die Wehranlage
- die externe 110-kV-Schaltanlage, die Einspeisefelder ins deutsche 110-kV- und in das schweizerische 220-kV-Netz, Regionalverteilung und 6,5-kV-Außenstationen
- die Eigenbedarfs- bzw. die Nebenanlagen.



47893

11 Verstellmechanismus für Leitschaukeln.



12 Einbau der Pole auf einem STRAFLO-Rotorkran (Annapolis Royal, Kanada).

Tabelle 5: Hauptdaten des Wasserkraftwerks

Hauptdaten	Heute	Ausgebaut
Einzugsgebiet (km ²)		34074
Mittlerer Jahresabfluß (1933–1984) (m ³ /s)		1008
Stauspiegel		
– $Q_{Rhein} = 475 \text{ m}^3/\text{s}$	m ü. M.	299,21 (NSH)
– $Q_{Rhein} = 1030 \text{ m}^3/\text{s}$	m ü. M.	299,44 (NSH)
Mittlerer Unterwasserspiegel bei den Turbinenausläufen (Normalstau RKS)		
– $Q_{Rhein} = 475 \text{ m}^3/\text{s}$	m ü. M.	289,32 (NSH)
– $Q_{Rhein} = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$	m ü. M.	290,43 (NSH)
– $Q_{Rhein} = 2650 \text{ m}^3/\text{s}$	m ü. M.	291,94 (NSH)
Bruttofallhöhe		
– Max. Bruttofallhöhe (m)		10,12
– $Q_{Rhein} = 475 \text{ m}^3/\text{s}$ (m)		9,89
– $Q_{Rhein} = 1400 \text{ m}^3/\text{s}$ (m)		9,01
– $Q_{Rhein} = 2650 \text{ m}^3/\text{s}$ (m)		7,50
Turbinen		
– Ausbauwassermenge (m ³ /s)	1025	1370
– Turbinenleistung (MW)	100 (vor Einstau)	110
– Anzahl Maschinengruppen	10	10
– Maschinentyp	Francis	STRAFLO
Aussenkranzgeneratoren		
– Nennleistung (MVA)		12
– Überlastleistung (MVA)		13,75
– Nennleistungsfaktor, ind.		0,9
– Nennspannung (kV)		10,5
– Spannungsregelbereich (%)		± 5
– Nennfrequenz (Hz)		50
Energieproduktion (ohne Einstauersatz)		
– Winter (GWh)	223	277
– Sommer (GWh)	267	353
– Jahr (GWh)	490	630
Stauwehr		
– Anzahl Wehroffnungen		4
– Lichte Breite (m)		17,30
– Schwellenkoten	m ü. M. 282,74–285,24 (NSH)	

Die Kommandoanlage verfügt über einen Hauptarbeitsplatz, einen Notarbeitsplatz zur Steuerung der Kraftwerkanlagen allein und einen Arbeitsplatz zur Bedienung der Niveauregelung. Alle Plätze sind mit Bildschirm, Drucker und Rechner ausgerüstet. Im Störfall können die Maschinengruppen und die Wehrschützen von der entsprechenden Vor-Ort-Steuerung aus bedient werden. Zur Sicherstellung der Stromversorgung der Hilfsbetriebe soll eine Diesel-Notstromgruppe dienen.

Ausbauprojekt (Tabelle 5)

Das ausgebaute Kraftwerk wird sich vom äußeren Erscheinungsbild her nur unwesentlich vom bestehenden unterscheiden. Schiffsschleuse, Wehr und die Fischtreppe an beiden Ufern bleiben erhalten. Das Maschinenhaus erfährt nur einen Innenausbau.

Bauarbeiten

Die neuen Maschinengruppen erfordern im Krafthaus eine Tieferlegung der Foundation um maximal 6,5 m. Für diese Arbeiten werden die ober- und unterwasserseitigen Abschlußorgane als Baugrubenabschlüsse verwendet. Die Trennwände des Krafthauses werden etappenweise abgespitzt, wo nötig unterfangen und vorbetoniert. Die Betonierarbeiten erfolgen an zwei Ma-

schinengruben gleichzeitig. Unterhalb der Einlaufschwelle werden Dichtinjektionen zur Verminderung des Wasserandrangs eingebracht. Vorgespannte Felsanker sichern die Stabilität der Einlaufschwelle während der Bauphase.

Die bestehende Außenrechenanlage wird abgebrochen und durch eine neue Anlage vor den umgebauten Turbineneinläufen ersetzt. Sie wird mit zwei Rechenreinigungsmaschinen bestückt.

Kraft- und Maschinenhaus, das Wehr und die Schleuse sind auf Gneisen fundiert. Der Fundationsfels ist bezüglich Setzungsempfindlichkeit und Bodenpressungen günstig und wenig durchlässig. Mit lokal höherer Durchlässigkeit muß im Bereich der Kontaktzone mit Beton/Fels gerechnet werden. Tektonisch sind die Gneise durch ausgeprägte Schieferung und durch engmaschige Zerklüftung gekennzeichnet.

Für Montage- und Unterhaltsarbeiten wird ein neuer Kran mit 1000 kN Tragkraft installiert. Die Turbineneinlaufschützen mit den Windwerken werden demontiert. An deren Stelle treten Rolldambalken, die mit dem neuen Kran versetzt werden können.

Im Maschinenhaus, dessen Inneres auf fünf Geschosse ausgebaut wird, werden fünf Blocktransformatoren (1 Transformator 10,5/110 kV für je 2 Maschinengruppen), Kommandoanlage, elektromechanische Hilfsbetriebe, Werkstätten und verschiedene Nebenräume untergebracht. Die vorgesehenen Verstärkungen gewährleisten auch für das umgebaute Maschinenhaus die geforderte Erdbbensicherheit.

Bauprogramm

Nach den Vorbereitungsarbeiten begann die eigentliche Bauphase am 6. April 1988 mit dem Abstellen der ersten Einheit. Die Ausbauezeit wird je Einheit 21 Monate betragen, die Kadenz zwischen den einzelnen Gruppen rund vier Monate.

Im November 1989 ist die Inbetriebsetzung der ersten Einheit geplant. Der Umbau des Kraftwerks soll mit der Inbetriebnahme der zehnten Einheit im November 1992 beendet sein. Ω

● SD-Nr. 28.11.30.20

Sulzer-Escher Wyss AG
CH-8023 Zürich, Schweiz
Telefon 01-278 22 11
Telex 822 900 11 se ch
Telefax 01-278 22 61



SULZER ESCHER WYSS

Herstellerwerke des Produktbereichs Hydraulik

Sulzer-Escher Wyss AG
CH-8023 Zürich, Schweiz
Telefon 01-278 22 11
Telex 822 900 11 se ch
Telefax 01-278 22 61

Sulzer-Escher Wyss GmbH
D-7980 Ravensburg, BRD
Telefon 0751-83-0
Telex 732 901 ewrv d

De Pretto-Escher Wyss S.p.A.
I-36015 Schio (Vicenza), Italien
Telefon 0445-69 15 11
Telex 480 138 dpew s

Bell Maschinenfabrik AG
CH-6010 Kriens, Schweiz
Telefon 041-49 51 11
Telex 865 578 bell ch

Sulzer España, S.A.
28080 Madrid, Spanien
Telefon 01-571 33 56
Telex 46728 sulze e

DBS Escher Wyss
P.O. Box 555
Lachine, Quebec, Canada H8S 4E7
Telefon 514-634 35 51
Telex 05-821 583

Mitglieder des SULZER-Konzerns

Angeschlossene Firmen

Maschinenfabrik Andritz Actiengesellschaft
A-8045 Graz-Andritz, Österreich
Telefon 0316-602-0
Telex 311 313

TEISA
Turbinas y Equipos Industriales, S.A. de C.V.
Descartes No. 51-3er.
Apartado postal 5-412
06500 México, D.F.
Telefon 05-511 97 94
Telex 017-630 20 teisme