Ueber die Weiterentwicklung der Escher Wyss-Dampfturbinen

Autor(en): **Escher Wyss & Cie. (Zürich)**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **75 (1957)**

Heft 5

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-63305

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Weges nach Viaplana erfolgt zusammen mit der Gemeinde Sils, die ihn für die Bewirtschaftung des Waldes benötigt.

Bei der obersten Stufe Valle di Lei-Ferrera sind umfangreiche Strassenbauten durchzuführen. Zwar ist auch das Avers von der Rofla bis Cresta durch die in den Jahren 1889 bis 1895 gebaute Strasse erschlossen. Doch weist diese eine mittlere Breite von nur 3 m und Steigungen bis zu 18 % auf, so dass sich ein Ausbau aufdrängt. Nach eingehender Abklärung der verschiedenen Gesichtspunkte mit dem Kantonalen Bau- und Forstdepartement in Chur wird der Ausbau der Strasse in grosszügiger Weise durchgeführt, indem die 15 km lange Strecke von der Rofla bis Campsut durchgehend auf 5,2 m verbreitert und zum Teil neu, mit maximalen Steigungen von 10 % angelegt wird. An diesen Ausbau, der der ganzen Talschaft von bleibendem Nutzen sein wird, leistet der Kanton einen Kostenbeitrag von 30 %.

Von Campsut an aufwärts erfolgt der Ausbau der Wege durch das obere Avers und Madris nach Massgabe der Bedürfnisse der wenigen in diesen Tälern zu eröffnenden Baustellen. Das Valle di Lei wird durch eine unterhalb Campsut abzweigende Strasse von 2,4 km und einen Tunnel von 0,95 km Länge erschlossen. Das Westportal des Tunnels liegt unmittelbar bei der Staumauer und mündet auf der Höhe der Krone aus.

Ein weiterer wichtiger Strassenneubau ist bei Sufers durchzuführen, wo die Kantonsstrasse durch die Schaffung des Stausees auf eine Länge von 1,6 km unter Wasser gesetzt wird. Die neue, 7 m breite Strasse wird längs des Stausees voraussichtlich auf der linken Talseite liegen und in der Nähe des Dorfes Sufers vorbeiführen.

Im Gesamten sind 4,2 km Strassen und Tunnel von 7,00 m Breite, 15 km von 5,20 m, 3,5 km von 4,20 m und rund 15 km von 2,50 bis 3,50 m Breite neu anzulegen oder auszubauen. Im Zuge dieses Ausbaues sind sechs neue Eisenbetonbrücken von durchschnittlich 100 m Länge zu erstellen.

Schluss folgt.

Ueber die Weiterentwicklung der Escher Wyss-Dampfturbinen

Schluss von Seite 52

Nach Mitteilungen der Firma **Escher Wyss AG.**, Zürich

Hierzu Tafeln 5/6

C. Der konstruktive Aufbau der Turbine für Betrieb mit Zwischenüberhitzung

Der konstruktive Aufbau von Escher Wyss-Dampfturbinen für Leistungen im Gebiete von 60 000 kW geht aus den Bildern 12 und 13 hervor. Die Turbinen sind dreigehäusig mit zweiflutigem Niederdruckteil. Im Hochdruckteil wird der Frischdampf bis zum Druck der Zwischenüberhitzung entspannt. Die Frischdampfabsperrventile sind auf beiden Seiten liegend neben der Hochdruckturbine angeordnet (Bild 12 *). Die sechs Frischdampfregulierventile wurden in zwei Gruppen von je drei Stück im Hochdruckgehäuse eingebaut, die eine Gruppe oben, die andere unten. Dadurch ergibt sich eine symmetrische Temperaturverteilung im Gehäuse. Um das Turbinengehäuse vor ungleichmässiger und unsymmetrischer Erwärmung zu schützen, sind die Dampfeintritteile von ihm getrennt. Sie bestehen aus sechs einzelnen Düsenkästen, die frei dehnbar im Gehäuse aufgehängt und zentriert sind. Dank dieser Konstruktion konnte trotz der hohen Temperatur auf ein durchgehendes Innengehäuse verzichtet werden. Man hat jedoch die Leiträder sowohl im Hochdruck- als auch im Niederdruckteil gruppenweise in axialer und tangentialer Richtung zusammengeschraubt, so dass sie jeweils über drei Turbinenstufen parzielle Innengehäuse bilden.

Nach der Zwischenüberhitzung gelangt der Dampf durch die seitlich neben der Mitteldruckturbine angeordneten Zwischendampf-Absperr- und Regulierventile (nach Bild 10) in das Mitteldruckgehäuse. Da der Mitteldruckteil auch bei Teilbelastung der Turbine immer voll beaufschlagt ist, ergibt sich über den ganzen Umfang eine symmetrische Temperaturverteilung, und es konnte hier auf die Anordnung der Düsenkästen verzichtet werden.

Der Rotor der Hochdruck-Turbine mit den Laufradscheiben von kleinem Durchmesser sind mit der Welle aus einem Stück geschmiedet, mit Ausnahme des ersten Rades, das nach bewährtem Verfahren auf die Welle aufgeschweisst wird. Sämtliche Laufräder des Mitteldruck-Rotors sind ebenfalls auf die Welle aufgeschweisst. Die Schweissungen werden mit Röntgenstrahlen durchleuchtet, um innere Fehler festzustellen. Eine weitere Kontrolle wird nach dem Magnet-Pulververfahren durchgeführt.

Die Niederdruckturbinen sind im übrigen gleich gebaut wie die entsprechenden Ausführungen für Maschinen ohne Zwischenüberhitzung. Es wurde also an der verhältnismässig langen Ausführung mit gegossenen Abdampfstutzen festgehalten, Bild 13. Trotzdem beträgt die Gesamtlänge der Turbine bis Mitte Generatorkupplung nur 16,5 m.

Eine Neuerung zeigt der Antrieb der Oelpumpe und des Regulators. Das äusserste Stück der Turbinenwelle mit den Zahnrädern und Schneckenrädern für den Antrieb dieser Organe kann nämlich von der Welle der Hochdruckturbine abgekuppelt werden. Dies ermöglicht während einer Turbinenrevision den Regulator und den Schnellschluss bei stillstehender Turbine zu prüfen und neu einzustellen. Damit lässt sich die Ueberholungszeit abkürzen. Neu sind auch die Geräte zur Messung von Rotordehnungen und Rotorexzentrizitäten, die auf Bild 13 jeweils links an den beiden Niederdruckkupplungen und links vom regulierbockseitigen Hochdrucklager deutlich zu erkennen sind.

Der auf den Bildern 12 und 13 dargestellte Turbinentyp ist bei niedriger Kühlwassertemperatur bis zu einer ökonomischen Leistung von etwa 60 bis 75 MW verwendbar. Bei Kühlturmbetrieb kann der gleiche Typ für 100 bis 120 MW ausgelegt werden.

Für grössere Abdampfvolumina, d. h. für Turbinen über 100 MW Leistung werden dreiflutige Turbinen angewandt, wobei gemäss Bild 14 ein Niederdruckteil mit den Mittelstufen in einem Gehäuse vereinigt, während zwei Niederdruckteile in einem zweiflutigen Niederdruck-Gehäuse eingebaut sind. Für Turbinen mit sehr hoher Zwischenüberhitzung (z. B. 565° C — Zentrale Baudour) wird eine dreiflutige Niederdruck-Turbine angewendet (Bild 6), so dass das mit hohen Temperaturen arbeitende Mitteldruck-Gehäuse von den Niederdruck-Teilen völlig abgetrennt ist.

D. Industriedampfturbinen für Temperaturen bis 600° C

1. Wirtschaftliche Schaltungen für Heizkraftanlagen

Die weitere Steigerung der Frischdampftemperatur von 510 bis 540° C auf 600° C und mehr stellt zunächst metallurgische Probleme. Für die erstgenannte Temperaturstufe werden hauptsächlich mit Molybdän legierte Stähle verwendet. sowie solche, die mit Chrom, Molybdän und Vanadium legiert sind, jedoch ferritisches Gefüge aufweisen. Nun verlangte aber der Gasturbinenbau Stähle von höherer Warmfestigkeit. Hiefür eignen sich austhenitische Stähle mit beispielsweise 18 % Chrom und 8 % Nickel. Diese Beimischungen erhöhen nicht nur die Warmfestigkeit, sie verhindern auch eine Verzunderung der Oberfläche bis über 600° C hinaus. Bild 15 zeigt die Zeitstandfestigkeit einiger warmfester Stähle mit ferritischem und austhenitischem Gefüge.

Der Verwendung von austhenitischen Stählen werden durch die hohen Kosten gewisse Grenzen gesetzt. Es stellt sich daher die Frage, ob die durch höhere Ueberhitzung erzielte Brennstoffersparnis nicht durch die Verteuerung der Anlage aufgehoben wird. Bei reinen Kraftwerkanlagen, bei denen der Dampf bis auf hohes Vakuum entspannt wird, ergibt die Steigerung der Ueberhitzung, wie aus Bild 4 ersichtlich, eine Brennstoffersparnis von etwa 5 %. Dies bedeutet bei einer Anlage von 100 000 kW eine Verminderung des jährlichen Kohlenverbrauchs um etwa 50 000 t (Heizwert 7000 kcal/kg), wofür man bereit ist, einen Anlagemehrwert von

*) Siehe Tafeln 5 und 6, wo sich auch die Bilder 13, 14, 21, 22, 23 und 24 befinden.

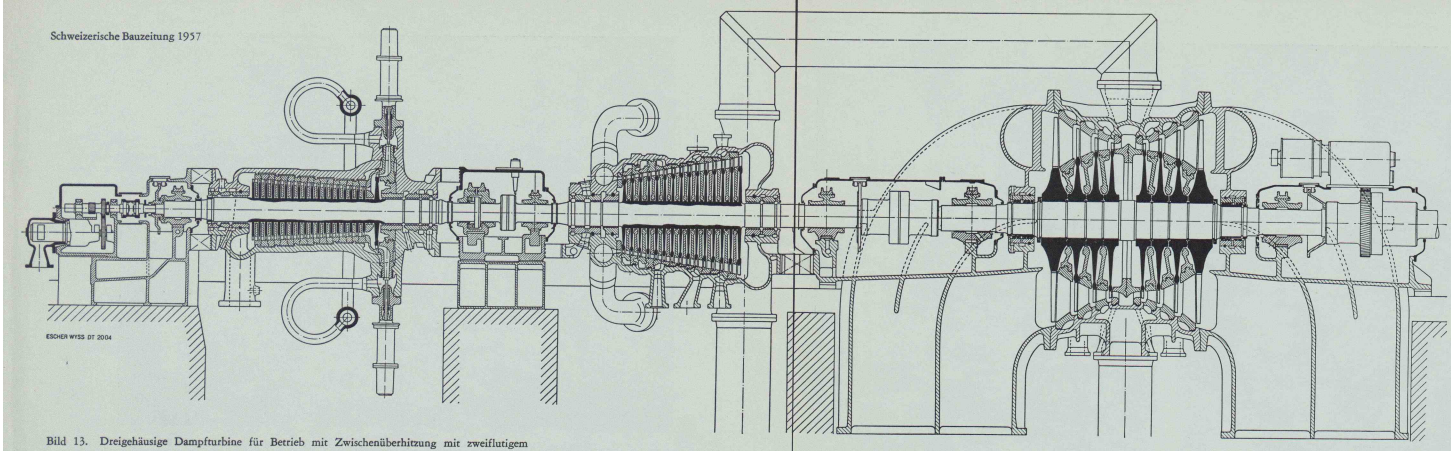


Bild 13. Dreigehäusige Dampfturbine für Betrieb mit Zwischenüberhitzung mit zweiflutigem Niederdruckteil; Leistungsklasse 60 bis 80 MW für kaltes Kühlwasser oder 100 bis 120 MW für rückgekühltes Kühlwasser

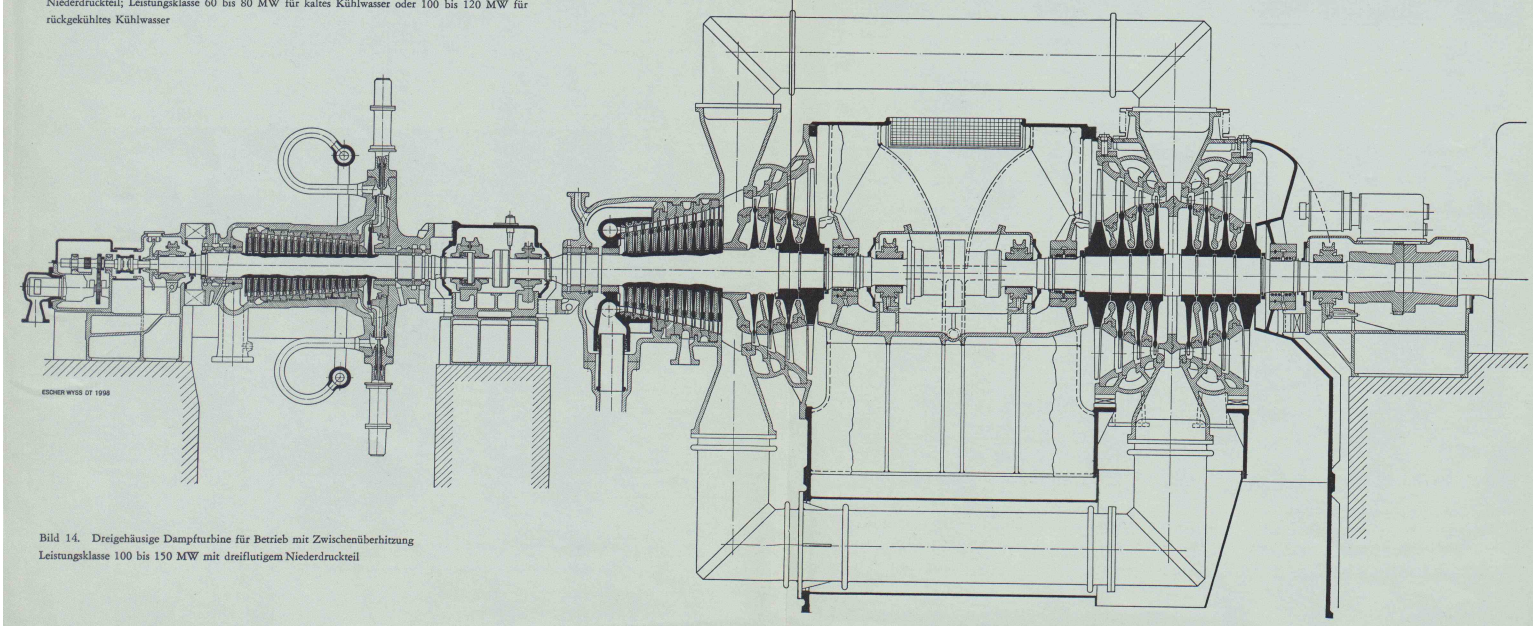


Bild 14. Dreigehäusige Dampfturbine für Betrieb mit Zwischenüberhitzung Leistungsklasse 100 bis 150 MW mit dreiflutigem Niederdruckteil

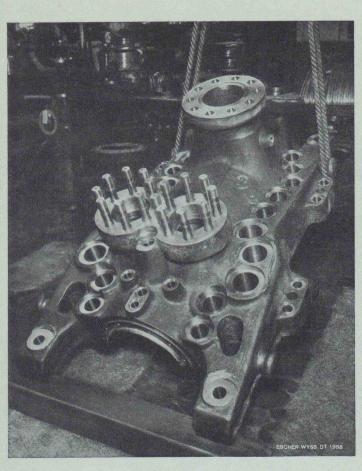


Bild 21. Turbinengehäuse-Oberteil

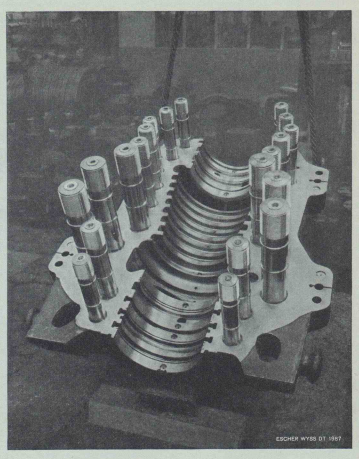


Bild 22. Turbinengehäuse-Unterteil

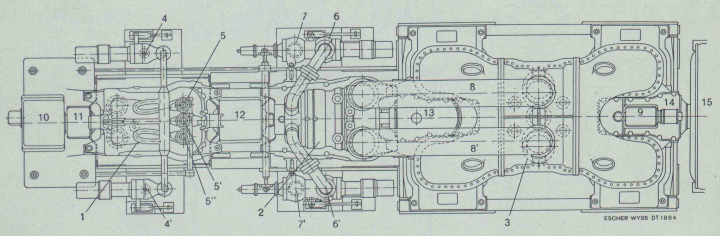


Bild 12. Anordnung der Ventile und der Regulierung einer dreigehäusigen Dampfturbine für Betrieb mit Zwischenüberhitzung

1 Hochdruckturbine
2 Mitteldruckturbine
3 Niederdruckturbine
4 und 4' Frischdampf-Absperrventile
5, 5' und 5'' Frischdampf-Regulierventile [1])
6 und 6' Zwischendampf-Absperrventile
7 und 7' Zwischendampf-Regulierventile
8 und 8' Ueberströmleitungen von 2 nach 3
9 Elektrisch betriebene Rotordrehvorrichtung
10 Turbinenregler
11, 12, 13 und 14 Lager
15 Drehstromgenerator

[1]) drei weitere Regulierventile befinden sich an der Unterseite der Turbine

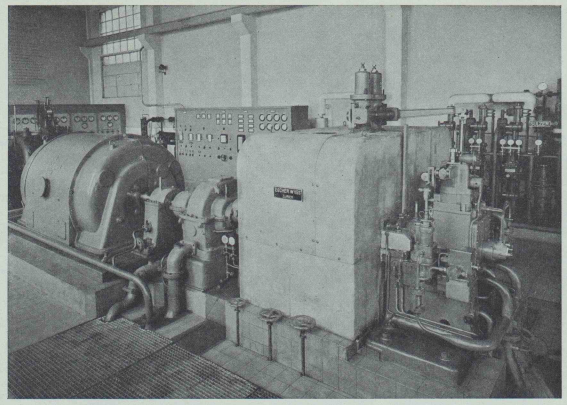


Bild 23. Die Gegendruck-Dampfturbinengruppe in der Spulen- und Hülsenfabrik Emil Adolff in Reutlingen

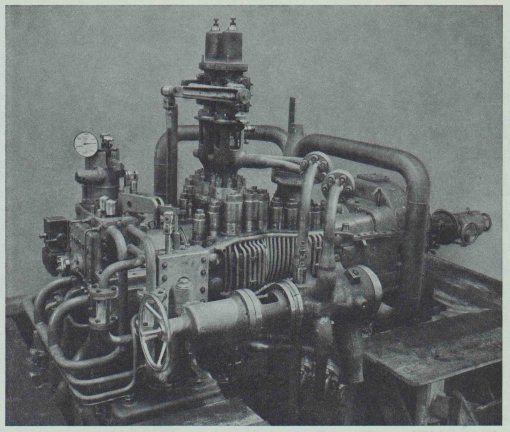


Bild 24. Ansicht der Turbine ohne Verschalung und Isolierung

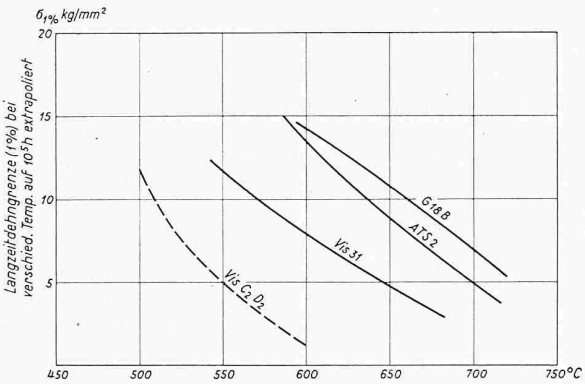
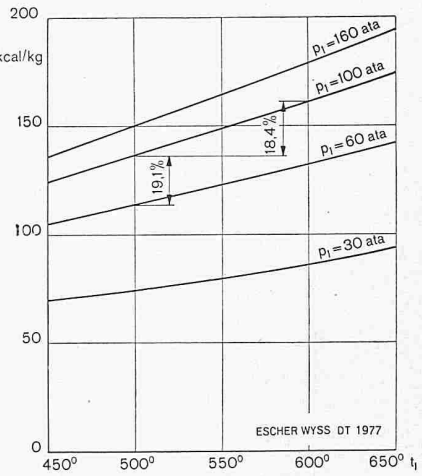


Bild 15 (links). Zeitstandfestigkeit einiger warmfester Stähle in Abhängigkeit der Temperatur. Die Ordinaten geben die Zugspannungen an, die eine Dehnung von 1% nach 10^5 Stunden bewirken. Die Messungen wurden während kürzerer Zeit vorgenommen und auf die 10^5 Stunden linear extrapoliert. Vis C_2 D_2 ist ein ferritischer, die andern sind austhenitische Stähle.

Bild 16 (rechts). Adiabatisches Wärmegefälle für Frischdampfdrücke von 30 bis 160 ata in Abhängigkeit der Frischdampftemperaturen (von 450 bis 650° C) bei einem Gegendruck von 11 ata.



Analyse der in Bild 15 vorkommenden Stahlsorten

Stahl	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Co	W	Nb
G 18 B	0,4	13,0	13,0	2,0	0,8	10,0	2,5	3,0
ATS 2	0,08	17,0	13,0	2,0	—	—	—	0,8
Vis 31	0,06	17,0	12,0	—	0,5	—	—	0,5
Vis C_2 D_2	0,2	1,0	—	1,0	—	—	—	—

etwa 5 Mio sFr. zu zahlen. In solchen Fällen lohnt sich der Einsatz von teuren, hochhitzebeständigen Baustoffen.

Anders liegen jedoch die Verhältnisse bei Heizkraftanlagen der Industrie. Hier sind meistens die Dampfmengen, der Druck und die Temperatur des von der Fabrik benötigten Heizdampfes gegeben. Wird eine Dampfturbinengruppe vorgeschaltet, so soll sie eine möglichst grosse elektrische Leistung erzeugen, weil der Mehr-Wärmeverbrauch für die Erzeugung des Hochdruckdampfes gegenüber dem Wärmeverbrauch zur Erzeugung des benötigten Heizdampfes zu 80 bis 85 % in elektrische Energie umgesetzt wird und somit diese Art der Erzeugung elektrischer Energie sehr wirtschaftlich ist. Aus Bild 16 ist ersichtlich, um wieviel das adiabatische Wärmegefälle einer Gegendruckturbine (bei 11 ata Gegendruck) durch die Steigerung des Frischdampfdruckes und der Frischdampftemperatur erhöht wird. So ergibt z. B. die Steigerung der Frischdampftemperatur von 500 auf 600° C eine Erhöhung des adiabatischen Gefälles bei 100 ata Frischdampfdruck um 18,4 %.

Um bei einem gegebenen Heizdampfbetrieb eine möglichst hohe elektrische Leistung zu erhalten, sind einige Gesichtspunkte zu beachten, die sich am besten aus einem Vergleich von zwei möglichen Schaltungen ergeben. Diese sind in den Bildern 17 und 18 einander gegenübergestellt. Bild 19 zeigt die zugehörigen Zustandsänderungen im *i, s*-Diagramm. Bei diesem Vergleich wird angenommen, dass die für die Fabrikation benötigte Heizdampfmenge 25 t/h und die Dampftemperatur 250° C betragen sollen. Der Fabrikationsdampf soll in einem Umformer *U* erzeugt werden, der vom Abdampf der Turbine geheizt wird, wobei sich dieser Abdampf kondensiert und durch eine Speisepumpe wieder dem Kessel zugeführt wird.

Es soll untersucht werden, welche Vergrösserung der Turbinenleistung ein Uebergang der Dampftemperatur am Turbineneintritt von 500 auf 600° C bei einem Eintrittsdruck von 100 ata bringt. Der Variante nach Bild 17 entspricht eine Expansion des Dampfes in der Turbine vom Punkt A_1 (Bild 19) nach Punkt B_1. Der Abdampf der Turbine tritt also mit 238° C in den Umformer ein, so dass der dort erzeugte Fabrikationsdampf nur mit geringer Ueberhitzung austritt und durch die Rauchgase des Kessels in einem besonderen Nacherhitzer auf die gewünschte Temperatur von 250° C gebracht werden muss. Aus der Wärmebilanz des Dampfumformers ergeben sich die Dampfmenge, die durch die Gegendruckturbine strömt, zu 27,7 t/h und die Leistung an den Generatorklemmen zu 3370 kW.

Durch die Steigerung der Frischdampftemperatur von 500 auf 600° C steigt die Dampftemperatur bei Turbinenaustritt auf 320° C. Infolge des höheren Wärmeinhaltes des Tur-

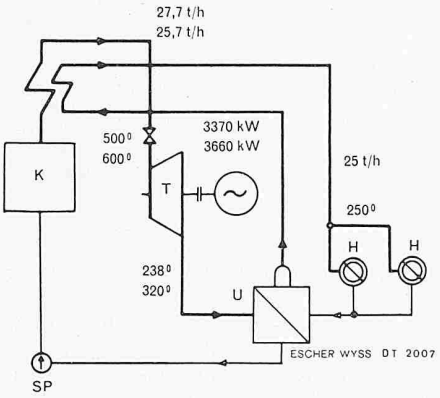


Bild 17. Der Abdampf der Gegendruckturbine T wird im Umformer U kondensiert. Der in U erzeugte Heizdampf wird durch die Rauchgase des Kessels K auf 250° C überhitzt und anschliessend in der Heizanlage H verwendet. Die oberen Zahlen beziehen sich auf eine Frischdampftemperatur von 500° C, die unteren auf eine solche von 600°. Bei dieser Schaltung ergibt die Erhöhung der Frischdampftemperaturen eine Leistungssteigerung von nur 8%

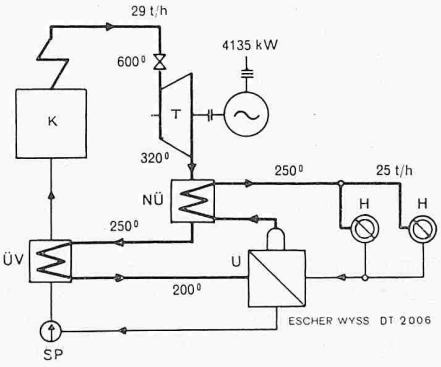
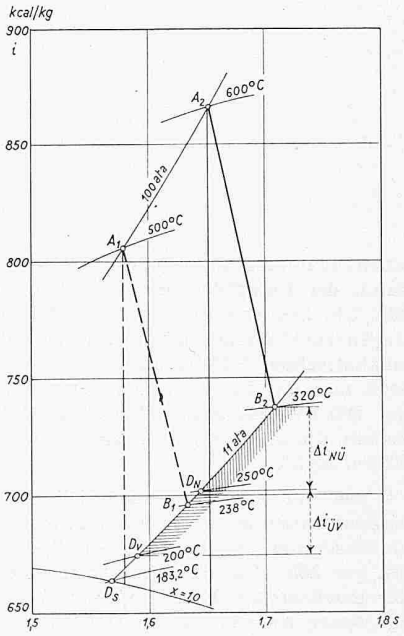


Bild 18. Der Abdampf der mit Frischdampf von 600° C arbeitenden Gegendruckturbine T wird zunächst im Nachüberhitzer NÜ auf 250° C, weiter im Vorwärmer ÜV auf 200° C abgekühlt, um erst dann im Umformer U kondensiert zu werden. Der in U erzeugte Heizdampf wird in NÜ auf 250° C überhitzt. Diese Schaltung ergibt gegenüber der nach Bild 6 mit 500° C eine Leistungssteigerung um mehr als 22%



Bilder 17 und 18. Vergleich von zwei verschiedenen Schaltmöglichkeiten für eine industrielle Gegendruck-Anlage mit Dampfumformer. Verlangte Heizdampfmenge: 25 th/h bei 11 ata und 250°C.

Bild 19 (rechts aussen). Zustandsänderungen des Dampfes in einer Gegendruckturbine im i,s-Diagramm. Frischdampfdruck 100 ata, Gegendruck 11 ata, Frischdampftemperaturen 500 bzw. 600° C. Bei der Schaltung nach Bild 18 werden die Wärmegefälle B_2 D_N im Nachüberhitzer *NÜ* und D_N D_V im Speisewasser-Vorwärmer *ÜV* ausgenützt.

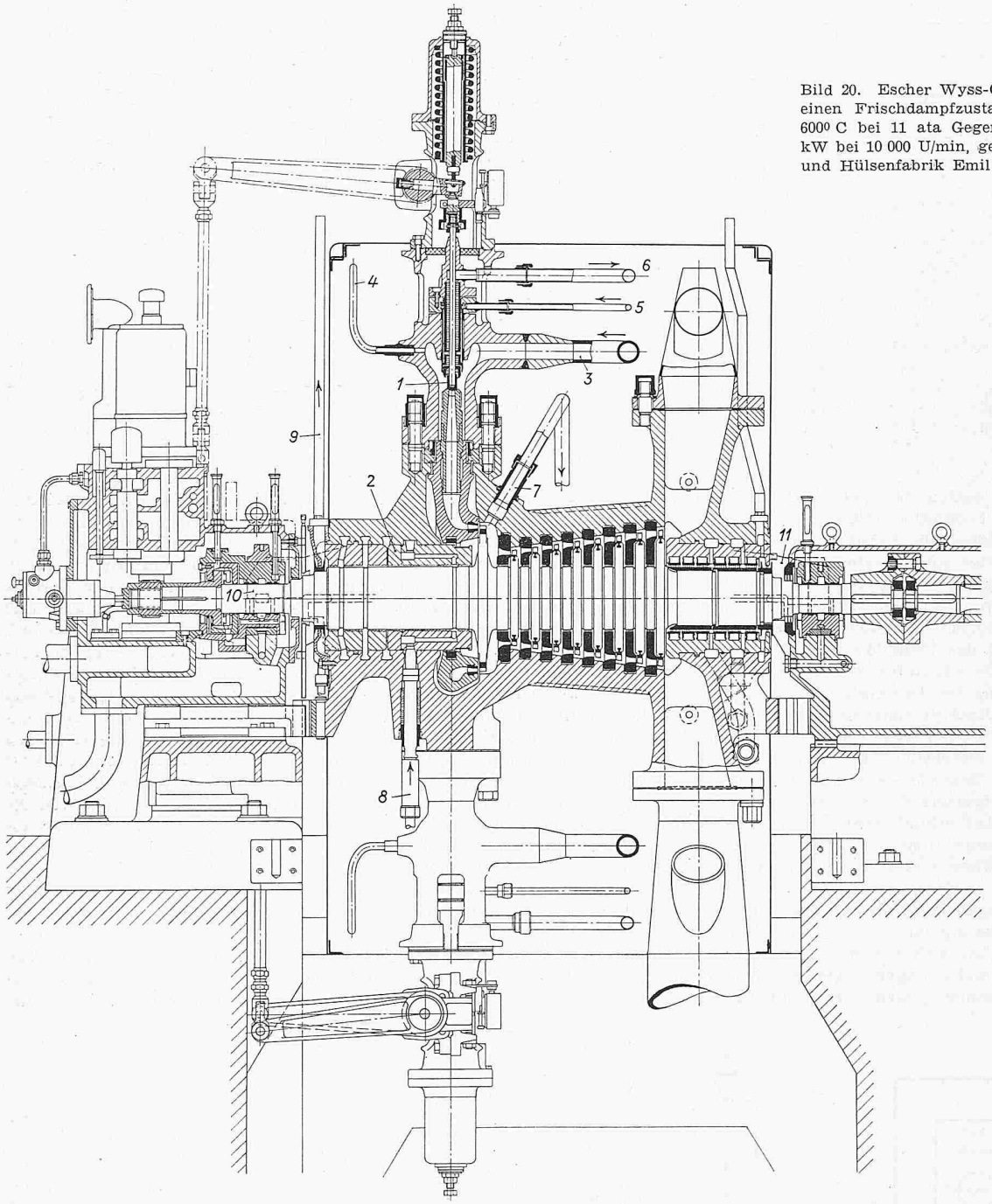


Bild 20. Escher Wyss-Gegendruckturbine für einen Frischdampfzustand von 100 ata und 600° C bei 11 ata Gegendruck, Leistung 3000 kW bei 10 000 U/min, geliefert für die Spulen- und Hülsenfabrik Emil Adolff, Reutlingen

1 Frischdampf-Regulierventile (insgesamt vier Ventile)
2 Hochdruck-Stopfbüchse
3 Frischdampf-Eintritt
4 Manometerleitung
5 Sperrdampf von rd. 450° C, der zugleich zur Kühlung der Spindel von 1 dient und dazu durch einen schmalen Ringraum zwischen Führungsbüchsen und Spindeln geführt wird. Dieser Dampf wird dem Kessel vor dem Endüberhitzer entnommen
6 Ableitung des Sperrdampfes
7 Entnahmestutzen für Sperrdampf zu 2. Dieser Dampf wird in einem Wärmeaustauscher gekühlt, der in der Abdampfleitung eingebaut ist.
8 Eintritt des Sperr- und Kühldampfes in die Hochdruckstopfbüchse
9 Leckdampfaustritt aus 2
10 Auflagepratzen des Turbinengehäuses auf der Hochdruckseite mit Arretierung
11 Auflagepratzen des Turbinengehäuses auf der Niederdruckseite

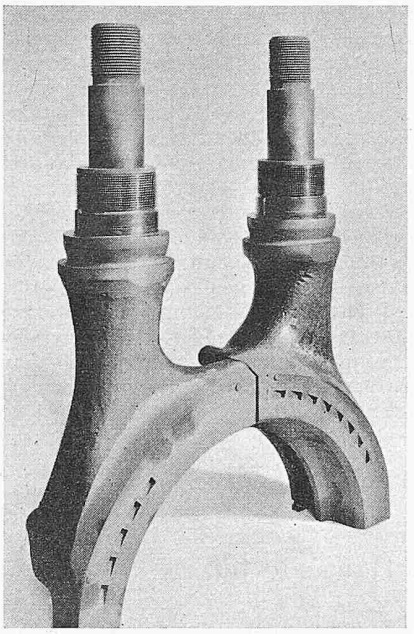
binenabdampfes sinkt jedoch die benötigte Dampfmenge und damit der Dampfdurchsatz durch die Gegendruckturbine auf 25,7 t/h. Dementsprechend vergrössert sich die Leistung der Gegendruckturbine nicht im Verhältnis der verfügbaren adiabatischen Gefälle, also nicht um 18,4 % (Bild 16), sondern nur um rd. 8 %. Die geringe Leistungssteigerung um nur 290 kW auf 3660 kW rechtfertigt die erheblichen Mehrkosten, die die Temperatursteigerung bedingt, in den meisten Fällen nicht.

Bei der Schaltung nach Bild 18 durchströmt der Turbinenabdampf zunächst einen Nachüberhitzer für den Fabrikationsdampf, nachher einen Speisewasservorwärmer, um mit nur 200° C in den Umformer einzutreten. Zur Erzeugung der gewünschten Heizdampfmenge von 25 t/h bei 250° C ist bei dieser Anordnung ein Dampfdurchsatz durch die Gegendruckturbine von 29 t/h erforderlich, und es ergibt sich dementsprechend eine Leistung an den Klemmen des Generators von 4135 kW. Die Leistungssteigerung um 765 kW = 22,7 % ist derart bedeutend, dass die Mehrkosten infolge Erhöhung der Frischdampftemperatur auf 600° C in kurzer Zeit amortisiert werden können.

2. Die Gegendruckturbine für die Firma Emil Adolff in Reutlingen von 600° C

Als im Jahre 1950 die Spulen- und Hülsenfabrik Emil Adolff in Reutlingen eine Erweiterung ihrer Anlagen projektierte, lagen ähnliche Verhältnisse vor, wie sie soeben dargelegt worden sind. Zwar waren damals noch keine Frischdampftemperaturen von 600° C im industriellen Betrieb angewandt worden. Dagegen verfügte die Firma Escher Wyss bereits über Erfahrungen mit Gasturbinen bei 650 bis 675° C, so dass die Anwendung der damals aussergewöhnlich hohen Temperatur von 600° C für eine Dampfturbine gewagt werden durfte. Die Turbine ist auf Bild 20 im Längsschnitt dargestellt, während die Bilder 21, 22, 25, 26 und 27 Einzelteile, Bild 23 die Gesamtansicht der Gruppe und Bild 24 die Turbine ohne Isolierung und Verschalung wiedergeben.

Von den konstruktiven Merkmalen sind besonders die folgenden hervorzuheben: Mit Rücksicht auf die hohe Frischdampftemperatur war es nötig, für die Herstellung der Turbine austhenitischen Stahl zu verwenden, der bei 600° C eine wesentlich höhere Zeitstandfestigkeit aufweist als niedrig legierte Stähle. Bei der Konstruktion von Anlageteilen aus



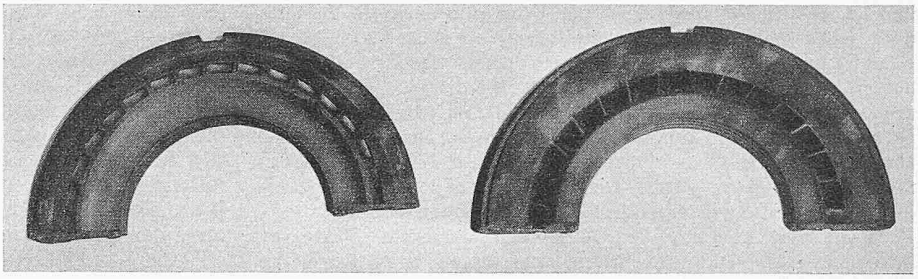


Bild 26. Eines der ersten Leiträder nach 10 000 Betriebsstunden

Bild 25 (links). Düsenkästen der ersten Stufe (nach 10 000 Betriebsstunden)

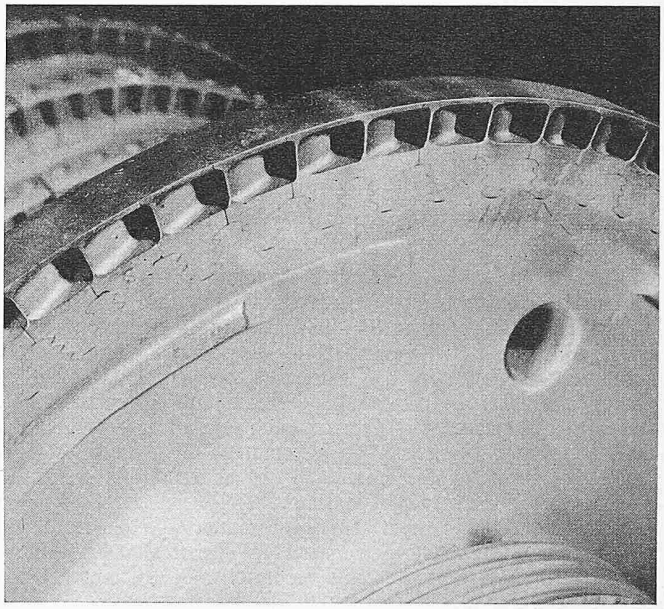


Bild 27. Erstes Laufrad aus austhenitischem Stahl, die Laufschaufeln mit Tannenbaumfüssen (Aufnahme nach 10 000 Betriebsstunden)

austhenitischen Stählen muss der linerare Ausdehnungskoeffizient berücksichtigt werden, der etwa 1,6 mal grösser ist als derjenige von ferritischem Stahl. Ausserdem muss der geringen Wärme-Leitfähigkeit des austhenitischen Stahles Rechnung getragen werden, die nur etwa ein Drittel derjenigen des ferritischen beträgt. Während der Anwärmperiode entstehen wegen dieser Materialeigenschaften bei sonst gleichen Verhältnissen im austhenischen Stahl grössere Temperaturdifferenzen und wesentlich grössere Wärmespannungen als im ferritischen Stahl.

Mit Rücksicht auf den grossen Wärmeausdehnungskoeffizienten und die niedrige Wärmeleitzahl des austhenitischen Stahles wurde eine vollständig symmetrische Bauweise des Turbinengehäuses gewählt. Insbesondere sind die Frischdampf- und die Abdampfstutzen bezüglich der Horizontalebene symmetrisch. Mit Rücksicht auf gleichmässige Wärmeausdehnung aller Teile mussten auch sämtliche Leiträder und Stopfbüchsen aus austhenitischem Stahl hergestellt werden.

Trotz des hohen Druckes und der hohen Temperatur wurde das Gehäuse horizontal geteilt ausgeführt. Dadurch sind die Innenteile leicht zugänglich, und es ist möglich, die relative Lage des Rotors gegenüber den Leiträdern und den Stopfbüchsen in den Betriebslagen genau zu kontrollieren. Allerdings werden die Horizontalflanschen mit den zugehörigen Bolzen aus austhenitischem Stahl sehr gross, weil das Material bei den hohen Temperaturen nur verhältnismässig niedrige Beanspruchungen erträgt. Um beim Anfahren übermässige Temperaturdifferenzen zwischen Flanschinnen- und -aussenseite zu vermeiden, ist an der Aussenseite ein dampfdurchströmter Heizrost angeordnet (Bild 24), so dass die Erwärmung der Flanschen von der Innen- und von der Aussenseite her gleichmässig erfolgt. Weiter sind Thermoelemente in die Flanschen und Bolzen eingebaut, die die Temperaturdifferenzen zwischen diesen Teilen überwachen.

Bei der verhältnismässig geringen Dampfmenge von 25 t/h ergeben sich sehr kurze Schaufellängen. Um bei allen Stufen mit Ausnahme der ersten volle Beaufschlagung zu erreichen, wurde die Drehzahl sehr hoch gewählt, nämlich 10 000 U/min. Die dabei auftretenden erheblichen Zentrifugalkräfte verlangten eine besonders sorgfältige Befestigung der Schaufeln, vor allem für die erste Stufe, die die grösste Umfangsgeschwindigkeit aufweist. Dort wurden Laufschaufeln mit sog. Tannenbaumfüssen verwendet (Bild 27). Der austhenitische Rotor wurde aus G 18 B hergestellt, während für das Gehäuse austhenitischer Stahlguss VIS 31 der Firma Georg Fischer AG., Schaffhausen, verwendet wurde.

Bei den hohen Frischdampftemperaturen besteht bei den Regulierventilen die Gefahr, dass die Spindeln anfressen oder festsitzen. Um dem zu begegnen, erhalten die Führungsbüchsen Sperrdampf von tieferer Temperatur, der einer tieferen Stufe des Ueberhitzers im Kessel entnommen und nach Durchströmen der Spindelführung in den Abdampf eingeleitet wird, Bild 20. In ähnlicher Weise wird auch Sperrdampf von niedriger Temperatur in die Hochdruckstopfbüchse eingeführt. Eine derartige Stopfbüchsenkühlung hatte sich bei Heissluftturbinen bestens bewährt.

3. *Betriebserfahrungen*

Die Turbine in Reutlingen kam Ende 1953 in Betrieb. Sie hat bis Ende 1956 über 21 000 Betriebsstunden anstandslos durchgehalten und während dieser Zeit eine Disponibilität von 98 % ergeben, was als äusserst günstig zu bezeich-

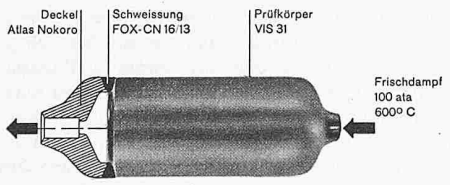


Bild 28. Probekörper aus austhenitischem Stahl mit aufgeschweissten Deckeln, wie er während 10 000 Betriebsstunden in der Turbine eingebaut war.

Tabelle 1. Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen vor und nach 10 000 Betriebsstunden

	Austhenitischer Stahlguss VLS 31		Austhenitisches Schweissgut Fox CN 16/13
	vor	nach	nach 10 000 Std.
Streckgrenze kg/mm²	20,5	20,7 ... 20,8	46,5 bis 50,8 [1])
Zugfestigkeit kg/mm²	44,2	49,0 ... 49,1	61,5 bis 65,6 [1])
Dehnung %	33	32,4 ... 32,4	19 bis 29 [1])
Kerbzähigkeit mkg/cm²	8,9; 9,7	5,5 ... 6,2; 6,6	7,4; 7,7; 13 [2])

[1]) 7 Probestäbe; [2]) 3 Probestäbe

nen ist. Sehr erschwerend ist der Umstand, dass die Turbine über jedes Wochenende abgestellt werden muss. Alle Massnahmen zur Ermöglichung eines sichern Betriebes bei 600° C haben sich auf das Beste bewährt. Der Rotor hatte zwar anfänglich die unangenehme Eigenschaft, sich bei hoher Temperatur um etwa 0,1 mm zu verkrümmen. Durch geeignete Nachbehandlung konnte diesem anomalen Verhalten begegnet werden. Nach 10 000 Betriebsstunden zeigte sich, dass die Verkrümmungen vollständig verschwunden waren.

Die vom Technischen Ueberwachungsverein Stuttgart durchgeführten Dampfverbrauchsmessungen bestätigten die Erfüllung der abgegebenen Verbrauchsgarantien. Eine im April 1955 durchgeführte Kontrolle ergab, dass alle Innenteile sich im besten Zustand befanden (Bilder 25 bis 27).

Um das Verhalten des austhenitischen Materiales nach längerer Betriebszeit untersuchen zu können, wurden von Anfang an neben den Einlassorganen der Turbine zwei Probekörper nach Bild 28 eingebaut. Diese standen unter den gleichen Betriebsbedingungen wie die Einlassorgane der Turbine. Nach 10 000 Betriebsstunden wurde der eine dieser Probekörper demontiert und zerschnitten. Die Prüfung der Probestücke ergab eine Steigerung der Zugfestigkeit um etwa 10 %, während die Streckgrenze und die Dehnung praktisch gleich blieben. Die Zähigkeit des austhenitischen Stahlgusses VIS 31 ging von etwa 9 auf rd. 6 zurück und diejenige des Schweissgutes auf ungefähr 7 bis 8. Eine Versprödung ist demzufolge nicht eingetreten. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen zusammengestellt.

Die äusserst günstigen Ergebnisse mit der Turbine von Reutlingen ermöglichen den Bau von neuen Maschinen grösserer Leistung bei 600° C, wie z. B. die bereits erwähnte 115 MW-Turbine der Dampfkraftanlage Baudour. Im besondern besteht bei modernen Dampfkraftwerken immer mehr ein Bedürfnis nach Turbinen von sehr hohen Temperaturen, um die stets teurer werdenden Brennstoffe besser ausnützen zu können.

Internationale Bauausstellung in Berlin 1957: Wiederaufbau des Hansaviertels

DK 061.4:711.5

Ueber die in diesem Jahre stattfindende internationale Bauausstellung in Berlin haben wir im 73. Jahrgang, Nr. 9, S. 122 berichtet. Diese Ausstellung, die ursprünglich für 1956 vorgesehen war, ist bekanntlich um ein Jahr verschoben worden. Der Fachverlag für das Bauwesen, Darmstadt, wurde vom Senator für Bau- und Wohnungswesen, Berlin, und vom Bunde Deutscher Architekten (BDA) beauftragt, in einer Reihe von vier Heften der Zeitschrift «Das Beispiel» über das Geschehen beim Wiederaufbau des Hansaviertels zu berichten. Aus dem ersten soeben erschienenen Heft publizieren wir einige Bilder, die einen Ueberblick über den im Bau befindlichen Stadtteil vermitteln. Der nachstehende Text ist ebenfalls der Publikation entnommen, die im weiteren die Grundrisse vieler Bauten enthält.

Mit grosser Freude registrierten wir auch die Tatsache, dass unser langjähriger Mitarbeiter, *Otto H. Senn,* Basel, den ehrenvollen Auftrag erhielt, bei der Gestaltung mitzuwirken. Den Grundriss und die perspektivischen Ansichten (Bilder 7 bis 9, S. 77) seines Bauwerkes, eines viergeschossigen Wohnhauses, entnehmen wir der Nr. 5 vom 15. Januar 1957 des «Schweizer Baublatt». Red.

*

Aus kleinem Kern wuchs Berlin im Laufe der Jahrhunderte ins Riesenhafte. Mehrfach entstand — immer einen Schritt weiter nach Westen — ein neuer Schwerpunkt, bis im Jahre 1945 das Zentrum überhaupt zertrümmert wird und der Eiserne Vorhang die Stadt in zwei Teile spaltet. Wohl bilden sich am Stadtrand ephemere Verdichtungen, in denen die Weltstadt das Interregnum der Nachkriegsjahre überdauert; später lässt der wirtschaftliche Aufschwung neue Geschäftszentren entstehen. Noch immer aber bleibt die leere Mitte — als Aufgabe. Rund um den freien Raum des Tiergartens, an den Ufern der Spree, entsteht aus den Trümmern vergangener Zeiten das neue Zentrum Berlins. Hier ist der Ort, an dem eines Tages die beiden Teile der gespaltenen Stadt, beide Teile Deutschlands wieder zusammengeführt werden müssen. Hier beginnen die Kräfte der Gesellschaft, die Kräfte des kulturellen, des wirtschaftlichen Lebens sich zu verdichten und ihren baulichen Ausdruck zu finden. Hier wächst schon heute eines der geplanten innerstädtischen Wohngebiete empor — das neue Hansaviertel.

Das alte Hansaviertel (Bild 1) war seit der Mitte der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts entstanden. In reizvollster Lage zwischen dem Tiergarten und der Spree angelegt, nahm die Bebauung des Viertels doch kaum einen Bezug auf zu Strom und Park. Alle lebendige Ordnung schien gleichsam erstarrt zum sinnlosen Schema des sechstrahligen Strassenkreuzes. Und auch dieses Schema wurde schon wenige Jahre später durch den Bau der Schnellbahn im wahrsten Sinne des Wortes durchkreuzt. Als das Hansaviertel gebaut wurde, hatte Berlins Wachstum zur Millionenstadt gerade eingesetzt. Innerhalb weniger Jahrzehnte schwoll die Einwohnerzahl von 800 000 auf vier Millionen an; kaum hielt die bauliche Entwicklung mit diesem Wachstum Schritt. Im Strudel der Gründerjahre wurden die noch zurückhaltenden Anfänge auch im Hansaviertel schnell überschwemmt. In den vornehmen grossen Wohnungen zur Strasse hinaus lebte das wohlsituierte Bürgertum, hinter der repräsentativen Fassade aber machte sich der Spekulantengeist jener Jahre breit. Zweigeschossige Bauten schrieb die Bauordnung vor, aber niemand richtete sich danach. In vier- und fünfgeschossigen Seitenflügeln und «Gartenhäusern» drängte sich die ärmere Bevölkerung. Als das weitere Wachstum Berlins die Wälder und Seen rings um die Stadt erreichte und hier neue Wohngebiete erschlossen wurden, sank der Wohnwert des alten Hansaviertels immer weiter herab. Ein Wandel in der sozialen Struktur setzte ein, der schliesslich von der einstigen Wohlhabenheit kaum noch etwas übrig liess.

Noch bevor jedoch ein aus der Krise der Grosstadt notwendig werdender Umbau einsetzen konnte, wurde durch den letzten Krieg das gewaltige Aggregat weitgehend zerstört. Im Jahre 1945 waren von 161 Gebäuden im Hansaviertel südlich des S-Bahn-Bogens noch 21 bewohnbare Häuser übrig (Bild 2). Das weite Feld lag brach, und die besondere Situation Berlins in den ersten Jahren nach dem Krieg bewirkte, dass es — gleich anderen Teilen der Innenstadt — auf Jahre hinaus nicht bestellt werden konnte, während schon in den Randgebieten ganze Siedlungen entstanden. Fast ein Jahrzehnt verging noch, ehe auch im innerstädtischen Bereich der Aufbau einsetzte. Die weitgehende Zerstörung der alten Gebäude im Hansaviertel bot eine Gelegenheit, die Bebauung aufzulockern und die Baukörper frei in das Grün zu stellen. War im alten Hansaviertel das Verhältnis von bebauter zu unbebauter Fläche wie 1 zu 1,5, so ist es nach der Neuplanung wie 1 zu 5,5. Dabei setzte sich früher die unbebaute Gesamtfläche aus sehr vielen kleinen und kleinsten Stücken in Vorgärten und Höfen zusammen, während sie in Zukunft eine zusammenhängende Grünfläche bilden wird, so dass das neue Wohnviertel gleichsam ein Teil des Tiergartens sein wird. Die Aufgabe im Hansaviertel war nicht eine in jungfräulichem Gelände frei geplante «Stadt von morgen» — diese ist das Thema der Hallenschau — sondern: Der realistische und in seinem Realismus sich bescheidende Sinn der «Ausstellung Hansaviertel» ist die aus den Trümmern der Stadt von gestern erwachsende und deshalb durch viele Bedingungen gebundene *Stadt von heute.*

Im Jahre 1953 wurde für den Aufbau des Hansaviertels ein Wettbewerb ausgeschrieben, dessen Thema die städtebauliche Gestaltung und die Darstellung einer möglichen Neuordnung von Grund und Boden als der notwendigen Voraussetzung für die Durchführung der geplanten Massnahmen war. Aus diesem Wettbewerb gingen die Berliner Professoren Gerhard Jobst und Willy Kreuer mit dem ersten Preis (Bild 3) ausgezeichnet hervor. Im August 1953 wurde beschlossen, den Aufbau des Hansaviertels zum Gegenstand einer internationalen Bauausstellung zu machen, in der neben einer heute möglichen städtebaulichen Lösung neue Bauformen und Baukonstruktionen gezeigt werden sollten; eine Auswahl deut-