

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 94 (1976)
Heft: 50

Artikel: Dampfturbinen mit Trockenkühlturm in Betrieb
Autor: Schwarzenbach, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73211>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

für das Fundament	2500 m ³ Stahlbeton
für die Stahlkonstruktion	1150 t Stahl St. 37
für die Verkleidung	125 t Aluminium-Wellblech 99,5% Reinheit.

Ausser der erheblichen Materialersparnis konnte auch der Arbeitsaufwand der Montage um ungefähr 30% vermindert werden. Dadurch wurde die *Konkurrenzfähigkeit* des Kühlturmes in Stahlkonstruktion im Verhältnis zu den konventionellen Stahlbeton-Türmen *wesentlich erhöht*. Die wirtschaftlichere Lösung ergab sich nach folgenden Erwägungen:

das 24seitige zylindrische Gerüst mit einem Durchmesser von 61 m ist nur von der Höhenstufe 49 m aufwärts vorgesehen.

Zwischen den Höhenstufen von 0 bis 49 m wird ein Gerüstwerk in Kegelstumpfform errichtet.

Durch die Vereinigung der in Rasdan getrennten Fundamente für prismatischen Turmteil und Vordach zu einem gemeinsamen Fundament wurde der Materialbedarf der Gründung verringert.

Die Montageeinheiten werden nur noch an ihren Ecken miteinander verschweisst. Infolgedessen bedingt weder das Schweißen am Errichtungsort noch die Endmontage der Verkleidung eine Tätigkeit ausserhalb des Turmmantels.

Die Anfertigung der Fachwerkstäbe und ihre Vormontage geschieht serienmässig.

Zur Errichtung des kegelförmigen Unterbaus wird auf Bodenebene ein 49 m hohes und 5 m breites umlaufendes Montagegerüst zusammengebaut. Mit Hilfe von Mobilkränen mit 50-m-Ausleger können die 4 Reihen der Montageelemente des kegelförmigen Tragwerkes montiert und vom Montagegerüst aus verschweisst werden. Danach werden ebenfalls auf Bodenebene die drei Versteifungsringe des zylindrischen

Turmmantels mit 61 m Durchmesser (für die Höhenstufen 49, 79 und 109 m) zusammengebaut. Auf diesen Ringen werden die Montagehilfsgeräte und hydraulischen Hebezeuge befestigt. Nach Errichtung des kegelförmigen Unterbaus werden die drei Versteifungsringe von der hydraulischen Klettereinrichtung angehoben. Von nun an erfolgt die Montage in derselben Weise wie beim Kühlturm in Rasdan.

Für *Westeuropa* wurde ein weiteres Kühlturm-Konzept für eine luftgekühlte Kondensationsanlage System Heller mit einer Leistung von 650 MW erarbeitet. Die vorgesehenen Turmabmessungen haben folgende Werte: Unterer Durchmesser 120 m, oberer Durchmesser 81 m, Höhe 148 m (Bild 7). Die 15 m hohen Kühlteltas werden in zwei Reihen übereinander angeordnet.

Der konstruktive Aufbau und die Montage dieses Turmes sind identisch mit jenen des vorhin beschriebenen Kühlturmes. Der vorgesehene Bedarf an Stahl Cor-Ten 52 oder einer anderen, vergleichbaren wetterfesten Stahlqualität beträgt bei Zugrundelegung der Windlast nach DIN 1055 rund 1300 t für den Turmschlot.

Für die Unterstützung der zweistufig angeordneten 15 m hohen Kühlteltas und ihrer Verbindung mit der Turmkonstruktion werden etwa 500 t Stahl St. 52 benötigt. Das Fundament erfordert 3500 m³ Stahlbeton. Als Verkleidung wurde auch in diesem Falle 1,2 mm starkes Aluminium-Trapezwellblech vorgesehen.

Vorwort, Bearbeitung und Ergänzungen: *Hermann Kunz*, dipl. Ing. ETH, und *Walter Müller*, Ing. HTL, c/o Alesa Alusuisse Engineering AG, Zürich.

Adresse der Verfasser: *Lajos Kollar*, Buvati, Budapest, und *Istvan Marosi*, Iparterv, Budapest.

Dampfturbinen mit Trockenkühlturm in Betrieb

Von **Alfred Schwarzenbach**, Baden

DK 621.165

Während Jahrzehnten wurden Standorte für Kraftwerke so gewählt, dass genügend *Wasser für die Durchflusskühlung* verfügbar war. Stand jedoch wenig Wasser zur Verfügung, bediente man sich der *Nasskühltürme*. Die stets steigende Kraftwerk- und Blockleistung hat pro Werk die Kühlwassermengen enorm erhöht. Zudem verlangt der tiefere thermische Wirkungsgrad der Kraftwerke mit Leicht-

wasserreaktoren zusätzlich 50 Prozent mehr Kühlmittel.

Durch die Forderung des *Umweltschutzes* werden die *Kühlmöglichkeiten immer mehr eingeschränkt*. Die meisten Kraftwerksgesellschaften sind daher für die nahe Zukunft an *Anlagen mit Trockenkühltürmen* interessiert. Diese Systeme sind wenig bekannt und geben aus diesem Grund oft Anlass zu Bedenken über die Betriebsbewährung.

Bild 1. Gesamtansicht des 800-MW-Kraftwerkes Gagarin in Gyöngyös, Ungarn. In der linken unteren Ecke ist die Nasskühlanlage für den Block III. Die zwei zylindrischen Türme kühlen den Abdampf der Blöcke I und II. Die beiden grossen hyperbolischen Türme kühlen den Abdampf der Blöcke IV und V.

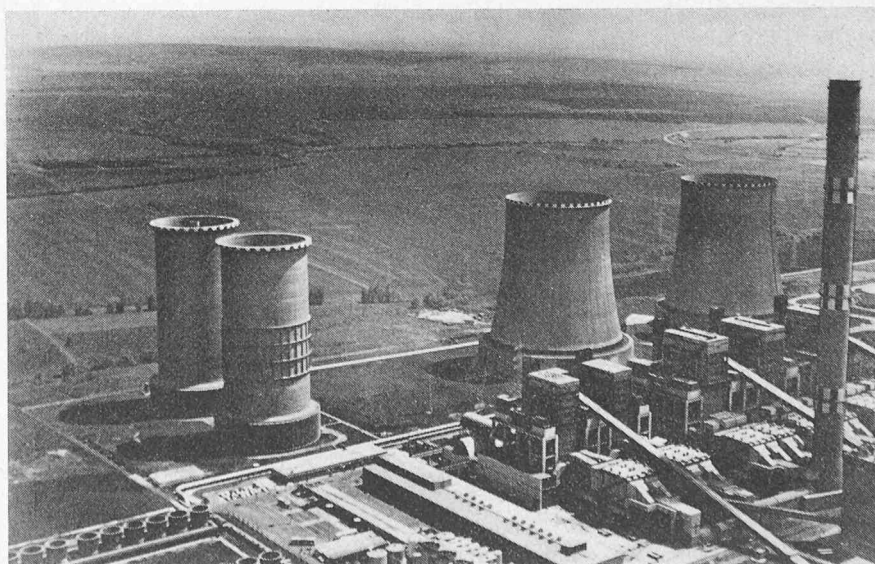


Bild 2. Schnittbild der 220-MW-Dampfturbine in der Amer-Zentrale. Daten am Eintritt des Hochdruckteils: 175 bar, 540 °C. Daten am Eintritt des Mitteldruckteils: 34,3 bar, 540 °C, Endtemperatur der Vorwärmung: 256 °C. Kondensatordruck: 39 mbar

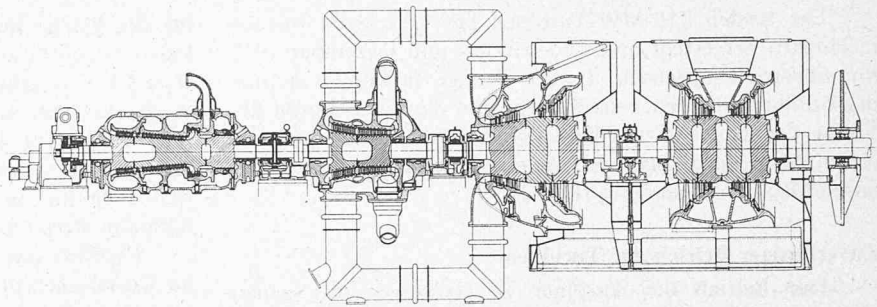
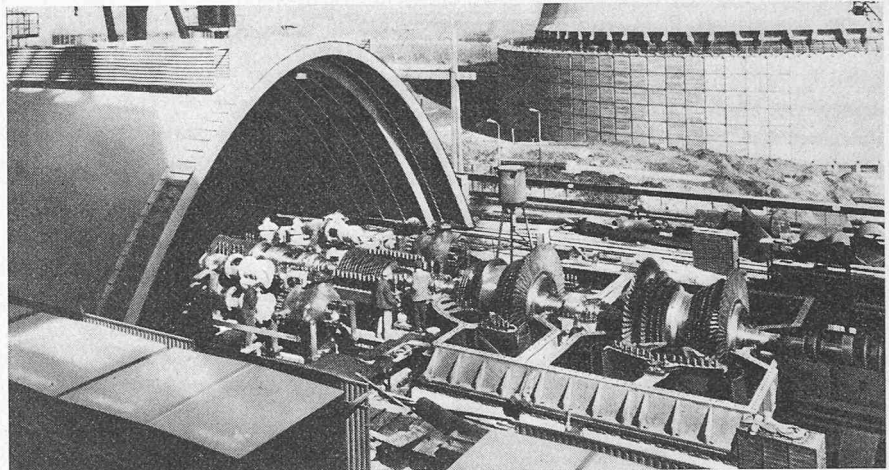


Bild 3. Turbine in Halbfreiluftaufstellung in Gyöngyös. Der Portalkran fährt über dem verschiebbaren Turbinenschutzdach. Unter dem Betonboden sind alle Anlagenteile im Gebäude untergebracht. Im Hintergrund befinden sich die Kühlelemente der Trockenkühltürme



BBC-Dampfturbinen mit Trockenkühltürmen sind seit mehreren Jahren in Betrieb. Die Erfahrungen gestatten, jederzeit neue Anlagen für den industriellen Betrieb mit hoher Verfügbarkeit aufzustellen. Ende 1966 wurde zwischen Brown Boveri und der ungarischen Firma Lang, Maschinenfabrik, ein Teillizenzvertrag für Dampfturbinen abgeschlossen. Dies war die Wiederaufnahme eines Lizenzverhältnisses, das schon in den Jahren 1936 bis 1949 bestanden hatte. Die Maschinenfabrik Lang hatte 1905 eine Lizenz von Parsons erworben, benützte später Unterlagen von Zoelly (Escher Wyss) und wechselte 1936 wieder zur Reaktionsturbine.

Die Zentrale Gyöngyös nordöstlich Budapest

Die ersten Turbinen der Firma Lang nach der neuen BBC-Lizenz wurden für die Blöcke IV und V der Zentrale Gyöngyös nordöstlich Budapest gebaut. Dieser Standort ist durch die lokalen Braunkohlenflöze gegeben und liegt in einer sehr wasserarmen Gegend, so dass die Kühlung durch Trockenkühltürme notwendig ist. Die vorhandene Turbinenzentrale (Holland) in Betrieb war [1], wurde in Ungarn mit Konstruktion, die bereits 1965 in der Erweiterung der Amer-folgenden Daten verwendet:

– Generatorleistung	200/210 MW
– Frischdampfdruck	162 bar
– Frischdampftemperatur	540 °C
– Temperatur nach der Zwischenüberhitzung	540 °C
– Vorwärmung (7stufig) auf	242 °C
– Niederdrucktyp	dreiflutig
– Schaufellänge der Endstufen	665 mm

Das Lizenzmaterial von Brown Boveri beschränkt sich auf die Dampfturbinen. Die Kessel, Generatoren, Kondensationsanlagen usw. wurden ebenfalls in Ungarn hergestellt. Das gesamte Trockenkühlsystem wurde von Höterv, dem Institut für Energiewirtschaft, in Budapest geplant. Die Ge-

samtauslegung der Anlage ist in [2] beschrieben. Verfeuert wird eine lignitische, relativ junge Braunkohle. Auskunft über die verwendeten Konstruktionen für Brenner und Mühlen usw., über den Feuerraum des Kessels und die damit gemachten Betriebserfahrungen geben [3, 4]. Über das Trockenkühlsystem nach Heller-Forgo mit Mischkondensator und Aluminiumkühlelementen existiert eine sehr umfangreiche Literatur. Das Prinzip einer derartigen Kühlanlage wurde ausführlich für die Anlage Ibbenbüren in der Bundesrepublik Deutschland beschrieben [5]. Die Kühlung der Anlage in Gyöngyös ist bis auf kleine Abweichungen identisch [6], so dass sich hier eine Beschreibung erübrigt. Bild 1 zeigt die Gesamtansicht der Anlage. Links sind die zwei 100-MW-Turbinen zu sehen, die mit den zylindrischen Kühltürmen verbunden sind. Rechts befinden sich die 210-MW-Blöcke IV und V, welche die Abwärme über die beiden hyperbolischen Türme an die Umgebung übertragen. Der mittlere Block III hat Nasskühlung.

Turbinen, wie sie in Gyöngyös verwendet wurden, baute Brown Boveri erstmals für die Amer-Zentrale (Bild 2). Die beiden dort in Betrieb befindlichen 220-MW-Turbinen Nr. 6 und 7 wurden vom Werk Baden konstruiert, geliefert und in Betrieb gesetzt. Seit der Inbetriebsetzung ergaben sich bei den BBC-Grossturbinen in der Amer-Zentrale nur wenige Stillstände (Tabelle 1).

Tabelle 1. Erzwungene Stillstände der BBC-Grossturbinen in der Amer-Zentrale

Maschinen-Nummer nach [1]	4	5	6	7	8	9
Leistung in MW	120	175	220	220	392	392
Inbetriebsetzungs-jahr	1956	1960	1965	1966	1971	1972
Mittelwert bis 1974 für FOR ¹⁾ nach EEI ²⁾ in %	1,54	0,12	1,48	0,52	0,009	0,04

$$^1) \text{ Forced outage rate} = \frac{\text{Forced outage hours}}{\text{Forced outage} + \text{service hours}}$$

²⁾ EEI = Edison Electric Institute

Die beiden 210-MW-Turbinen für Gyöngyös wurden in Ungarn hergestellt und sind seit Juli und Dezember 1972 im industriellen Betrieb. In der Anlage Gyöngyös kamen die Kühlung mit Trockenkühlturm und die Generatoren der Firma Ganz neu dazu. Weiter sind die Turbinen nicht in einem Maschinenhaus, sondern nur unter einem verschiebbaren Dach untergebracht (Bild 3).

Zuverlässiger Betrieb der Turbinen

Der Betrieb der Turbinen in Gyöngyös war genau gleich zuverlässig wie in Amer. Die Stillstände der Blocks wurden fast ausnahmslos durch andere Elemente verursacht, wobei das grösste Problem das *Auftreten von Rohrreissen im Kessel* war. Leider hat die Braunkohle nicht der Spezifikation [4] entsprochen, so dass unangenehme *Quarzablagerungen* abnormale Wärmespannungen verursachten. Der Betreiber hat nur eine Grobaufteilung der Stillstände vorgenommen. Über deren Umfang am Sekundärteil, bestehend aus Turbine, Vorwärmern, Generator und Kühlturm, gibt Tabelle 2 Auskunft.

Tabelle 2. Anteil des Sekundärteils an Stillständen der Anlage Gyöngyös

Jahr	Stillstände des Sekundärteils
1972	30 %
1973	20 %
1974	10 %
1975	5-7 %

Leider liegen keine Zahlen über die Anteile der einzelnen Elemente an den Ausfällen vor. Nur vereinzelte, erzwungene Stillstände sind den Turbinen anzulasten; die Kombination mit dem Trockenkühlturm ergab keinen Stillstand. Das Kühlsystem verlangte bei Ausfall der beiden Kühlwasserpumpen vereinzelte Stillstände, die jedoch immer entsprechend den Netzbedürfnissen verschoben werden konnten.

Viele Betreiber befürchten bei Trockenkühltürmen Betriebsschwierigkeiten wegen folgender Besonderheiten:

Einfriergefahr bei Blockstillstand. Die beschriebenen Einrichtungen und betrieblichen Massnahmen [5] gestatten,

bei Blockstillstand das Kühlsystem 8...10 h durch Rezirkulation gefüllt zu halten. Erst wenn das ganze System auf etwa 10 °C abgekühlt ist, wird das Wasser der Kühlelemente in die Behälter entleert. Vor dem Wiederauffüllen ist das Kühlwasser auf 40...50 °C vorzuwärmen und dann das Kühlsystem sektorenweise zu füllen. Dieses Verfahren hat sich nicht nur in Ungarn, sondern auch in viel rauherem Klima in *Rasan im Kaukasus* bewährt [7].

Ph-Wert von 7 im Kühl- und Turbinenkreislauf. Weder im Kessel noch in der Turbine oder in den Vorwärmern hat $ph = 7$ zu Problemen geführt [8].

Extreme Variation des Druckes im Kondensator. Die Kondensatortemperatur lag im Betrieb zwischen 30 und 60 °C, was einer Variation des Kondensatordrucks von 42...200 mbar entspricht.

Die Erfahrungen aus dem Kraftwerk Gyöngyös zeigen, dass BBC-Dampfturbinen auch mit Trockenkühltürmen einen sicheren Betrieb verbürgen.

Literaturverzeichnis

- [1] A. Merk: Die Entwicklung der Kraftanlage der NV. Provinciale Noordbrabantse Electriciteits-Maatschappij (PNEM), Geertruidenberg (Niederlande), von 1948 bis 1962. Brown Boveri Mitt. 49, 1976 (7/8) 360-373.
- [2] Locating and designing the 800 MW thermal power station of Gyöngyös, Transelektro-News Budapest 1971 (17) 1-26.
- [3] Th. Geissler: Leistungsstand und Entwicklungstendenzen grosser fossilbeheizter Dampferzeuger. Teil I: Braunkohle-Dampferzeuger. Energie 26, 1974 (10) 335-340.
- [4] Th. Geissler: Leistungsstand und Entwicklungstendenzen grosser fossilbeheizter Dampferzeuger. Teil II: Ausgeführte Anlagen. Energie, 27, 1975 (7/8) 183-188.
- [5] O. Scherf: Die luftgekühlte Kondensationsanlage im 150-MW-Block des Preussag-Kraftwerkes in Ibbenbüren. Energie und Technik, 21, 1969 (7) 260-264.
- [6] J. Kordis: Luftkondensations- und Kreuzstrom-Kühltürme im ungarischen Kraftwerk Gyöngyös. Brennstoff - Wärme - Kraft, 20, 1968 (1) 518-519.
- [7] J. Bodas: Dry cooling tower uses steel structure. Elect. Wld. 1972, April 1.
- [8] A. Bakay und I. Szabo: Wassertechnische Erfahrungen mit dem neutralen Wasserkreislauf in luftgekühlten Kraftwerken. Brennstoff - Wärme - Kraft, 27, 1975 (2) 39-43.

Adresse des Verfassers: A. Schwarzenbach, dipl. Ing. ETH, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., 5401 Baden.

Bauernhaus und Bauerngarten

Zu einem Buch von Albert Hauser

DK 712:25:728.61 (494)

Der Bauerngarten bildet einen wesentlichen Bestandteil der Bauernkultur und spielt eine bedeutsame Rolle in der Geschichte unserer Gartenkultur überhaupt. Meist lehnt er sich an das Wohnhaus an und fügt sich mit diesem in die Landschaft. Er ist seinem Zweck entsprechend angelegt, hat einen Blumen- und einen Gemüseteil und zeigt eine einfache Form, wenn er auch seit der Barockzeit reicher geworden ist. Wegkreuz oder Rondell in der Mitte sind heute noch die häufigsten Merkmale.

Wie vielen andern bäuerlichen Kulturgütern droht auch dem Bauerngarten der Untergang. Die Dörfer verstädtern, das Bauernland wird vielfach zu einer uniformen Siedlungslandschaft. Was soll da der Bauerngarten noch? Dennoch: Den Verlust müsste man bedauern, und das ist keineswegs eine Sache der vielgenannten Nostalgie. Es scheint, dass der alte Bauerngarten in jüngster Zeit wieder zu Ehren kommt, denn «er ist in seiner Art unübertrefflich». Einer der ersten, die sich

für eine Renaissance einsetzten, war in den fünfziger Jahren *Albert Baumann*, Architekt und Lehrer in Oeschberg (BE). Wenig später untersuchte *Dietrich Woessner*, Lehrer für Gartenbau an der Landwirtschaftsschule in Neuhausen am Rheinfall und als schweizerischer Rosenvater weit über unsere Landesgrenzen bekannt, die grosse Wandlung in der Pflanzenauswahl. Er scheute sich auch nicht, den Berufsgärtner als Mitverderber des alten Bauerngartens zu bezeichnen.

Indessen, tot ist der alte Bauerngarten noch nicht, und seinen Wert erkennen noch Bauern und Bäuerinnen in ansehnlicher Zahl. Alle Planer, Denkmalpfleger und Bauernhausforscher sind aufgerufen, die Bauerngärten, die Form und Sprache des Hauses übernehmen, besser zu schützen. Denn: «Zusammen mit Hecken und Bäumen sind sie raumbildende Körper, ja als eigentliche Kontrapunkte zu den Bauten zu verstehen. Es ist deshalb sinnvoll, nicht nur einzelne Gebäude, sondern die ganze Gruppe mitsamt den Bäumen und Hecken