

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103 (1985)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Das Gasturbinenkraftwerk Riyadh 8, Saudi-Arabien: die Bauarbeiten  
**Autor:** Rutishauser, Rolf U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75787>

#### 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:** 23.02.2026

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



Bild 10. Kontrollraum mit SCADA-8-Steuerungsanlage

### Elektrische Anlagen

Das einpolige Schema (Bild 9) zeigt die elektrischen Verbindungen innerhalb des Kraftwerkes. Jeweils zwei Gasturbogeneratoren sind auf einen 13,8/132 kV-Haupttransformator geschaltet. Die beiden 132 kV-Schaltanlagen, die als Unterstationen im Januar 1983 beziehungsweise im April 1983 in den 132 kV-Ring um Riyadh eingeschlossen wurden, enthalten bereits die nötigen Platzreserven für eine zukünftige Erweiterung durch

- Ergänzung um vier weitere Gasturbinen und
- Ausbau auf Gas/Dampf-Kombibetrieb.

Im Fall einer kompletten Abschaltung des Kraftwerkes erfolgt der Start der ersten Gasturbine normalerweise durch Einspeisung aus dem 132-kV-Netz. Sollte dies einmal – beispielsweise wegen eines vollständigen «Blackout» der Stadt Riyadh – nicht möglich sein, lassen sich beide Kraftwerkshälften mit Hilfe eines der beiden 4160-kW-Notstrom-Dieselaggregate jederzeit wieder starten.

### SCADA 8

SCADA 8 (Supervisory Control and Data Acquisition, Bild 10) überwacht und steuert die wichtigsten Anlagekomponenten; vorab die Gasturbinen, aber auch andere massgebliche Systeme, wie z. B. Schaltanlagen, Notstromdiesel, Wassersysteme, Feuerschutzeinrichtungen, Objektschutzinstallationen usw. Über RTU (Remote Terminal Units), die über das ganze Kraftwerkareal verteilt sind, werden mehr als 13 000 Signale zwischen den lokalen Steuereinheiten der verschiedenen Systeme und den im zentralen Kommandoraum aufgestellten Computern ausgetauscht. Die Signale werden in den Computern aufgearbeitet und auf den insgesamt zehn Bildschirmen der drei Arbeitsplätze dargestellt, nämlich

- für die beiden Operateure, die je eine der beiden Kraftwerkshälften betreuen und steuern, sowie
- für den für das Gesamtkraftwerk verantwortlichen Ingenieur.

Jeder der drei Arbeitsplätze hat drei Hauptbildschirme. Auf dem ersten dieser Schirme kann der Operateur die Flussdiagramme der verschiedenen Systeme überwachen. Für die Gasturbinen stehen beispielsweise vier Schemata zur Verfügung, welche die wichtigsten Betriebszustände der Maschine (Start, Normalbetrieb, usw.) darstellen. Auf dem zweiten Bildschirm kann er im Fall von Alarmsmeldungen überprüfen, welches der Teilsysteme, z. B. Schmierung, Hydraulik usw., für die Störung verantwortlich ist. Auf dem dritten Bildschirm kann er auf Grund der Betriebsvorschriften, der Betriebsdaten usw. Möglichkeiten der Fehlerbehebung, Vorsorge u. a. abrufen.

Neben den drei erwähnten Bildschirmen hat der Betriebsingenieur einen vierten Monitor, auf den die wichtigsten Informationen der Sicherheitssysteme (Feuerbekämpfung, Objektschutz usw.) übertragen werden. Mit Hilfe der Computer ist es möglich, langsame Veränderungen, die unter Umständen zu ernsthaften Störungen führen können, frühzeitig zu erfassen und somit auch die notwendigen Vorsorgemassnahmen rechtzeitig einzuleiten.

Alle Messdaten werden laufend im Rechner gespeichert, so dass dieser die gesamte Berichterstattung über den Betrieb des Kraftwerkes übernehmen kann.

In einem Nebenraum der Kommandozentrale befindet sich ein vierter Arbeitsplatz, der einerseits für die Ausbildung des Betriebspersonals und andererseits für das Herstellen neuer Schemata vorgesehen ist. Da auch dieser Arbeitsplatz an die beiden Computer angegeschlossen ist, lässt sich im Notfall das ganze Kraftwerk von hier aus steuern.

Ebenfalls vorgesehen sind zwei direkte SCADA-Verbindungen zwischen Riyadh 8 und dem Emergency Control Center (ECC) im SCECO-Hauptquartier, von dem aus alle Riyadh-Kraftwerke überwacht und alle Unterstationen geschaltet werden können. Wie die anderen Systeme, ist auch SCADA 8 kapazitätsmäßig so ausgelegt, dass einerseits eine Erweiterung auf insgesamt 20 Gasturbinen und andererseits ein Ausbau zum Kombikraftwerk möglich ist.

Adresse des Verfassers: Peter C. Felix, Dr. chem. dipl. Ing. ETH, Gesamtprojektleiter Riyadh 8, c/o BBC AG, Brown, Boveri & Cie, TCV-SA, 5401 Baden.

## Die Bauarbeiten

Von Rolf U. Rutishauser, Luzern

### Die verschiedenen Objekte der Gesamtanlage

Wie der Lageplan im Bild 5 zeigt, weist die Kraftwerkanlage verschiedene Arten von Objekten auf, wie

- Industriebauten: Turbinenhallen, Werkhallen
- Tanklager: Tankfundamente mit Betonwanne
- Turmbau: Wasserturm
- Nebengebäude: Verwaltungs- und Administrationsbauten

- Infrastruktur: Strassenbau, getrennt geführte Kanalisationssysteme, unterirdisch angeglagte Kabel- und Leitungskanäle.

### Planungsarbeiten

#### Geschichte

Im Juli 1981 entschloss sich BBC, an der internationalen Ausschreibung für das Gasturbinenkraftwerk Riyadh 8 teilzunehmen. Interplan 4 AG wurde

mit der Analyse der Consultant-Spezifikationen sowie der Ausarbeitung einer kompletten Kostenberechnung mit Vorprojekt beauftragt. Innerhalb von nur 5 Wochen wurden die gesamten Anlagekosten der Baumeisterarbeiten sowie die Kosten für die verschiedenen Sparten der Haustechnik (Sanitär, Elektro, Klima-Lüftung) ermittelt.

Nach dem positiven Verlauf der ersten Verhandlungen mit dem Kunden gegen Ende 1981 entschloss man sich, die Planung für die Baugrunduntersuchungen sowie Erd- und Planierungsarbeiten ausführungsreif voranzutreiben. Nur so sah man die Möglichkeit, dem sich abzeichnenden enormen Termindruck – speziell in der Anfangsphase – entgegentreten zu können.

Am 15. Januar 1982 erteilte BBC der Interplan 4 AG grünes Licht für den Beginn der Ausführungsplanung (Bild 11).

### Geologie – Aushubarbeiten

Bereits in der Offertphase stand dem Planer ein umfangreicher geologischer Bericht des Kunden zur Verfügung. Dieser wurde nach Auftragserteilung an BBC durch zusätzliche, an ausgewählten Stellen angeordnete Sondierbohrungen bis 30 m Tiefe bestätigt.

Auf der Grundlage des geologischen Berichtes erlaubte der Consultant Sofrelec maximale Bodenpressungen von

- auf Fels  $0,5 \text{ N/mm}^2$
- auf Auffüllungen  $0,25 \text{ N/mm}^2$ ,

verbunden mit der zusätzlichen Bedingung, dass alle Hauptfundamente auf dem gesunden Fels zu gründen seien.

Im Laufe der Terrassierungs- und Aushubarbeiten zeigte sich, dass der anstehende Fels – es mussten Aushübe bis minus 8 m getätigt werden – wesentlich härter und kompakter war als ursprünglich angenommen.

Dies führte teilweise zu Terminverzögerungen, die nur durch umfangreiche Umdispositionen an Geräten wieder wettgemacht werden konnten. Eine Anpassung der Statik wurde vom Consultant nicht erlaubt. Die im geologischen Bericht prognostizierten Hohlräume sowie Linsen mit schlechtem Material traten nur sehr selten und – wenn überhaupt – nur in geringem Umfang auf.

Insgesamt wurden rund  $400\,000 \text{ m}^3$  Fels abgebaut. Teilweise standen bis zu 30 schwere Hydraulik-Hämmer auf der Baustelle im Einsatz; etwa  $150\,000 \text{ m}^3$  Fels konnten durch Sprengungen (pre-splitting) gelockert werden (Bilder 12 und 13).

Für die Sprengarbeiten – durch die Polizei kontrolliert – mussten spezielle Genehmigungen eingeholt werden, die den Arbeitsablauf des terminlich sehr gedrängten Bauprogrammes manchmal behinderten.

Bild 12. Grossflächen-Felsaushub mittels Hydraulikhämmern

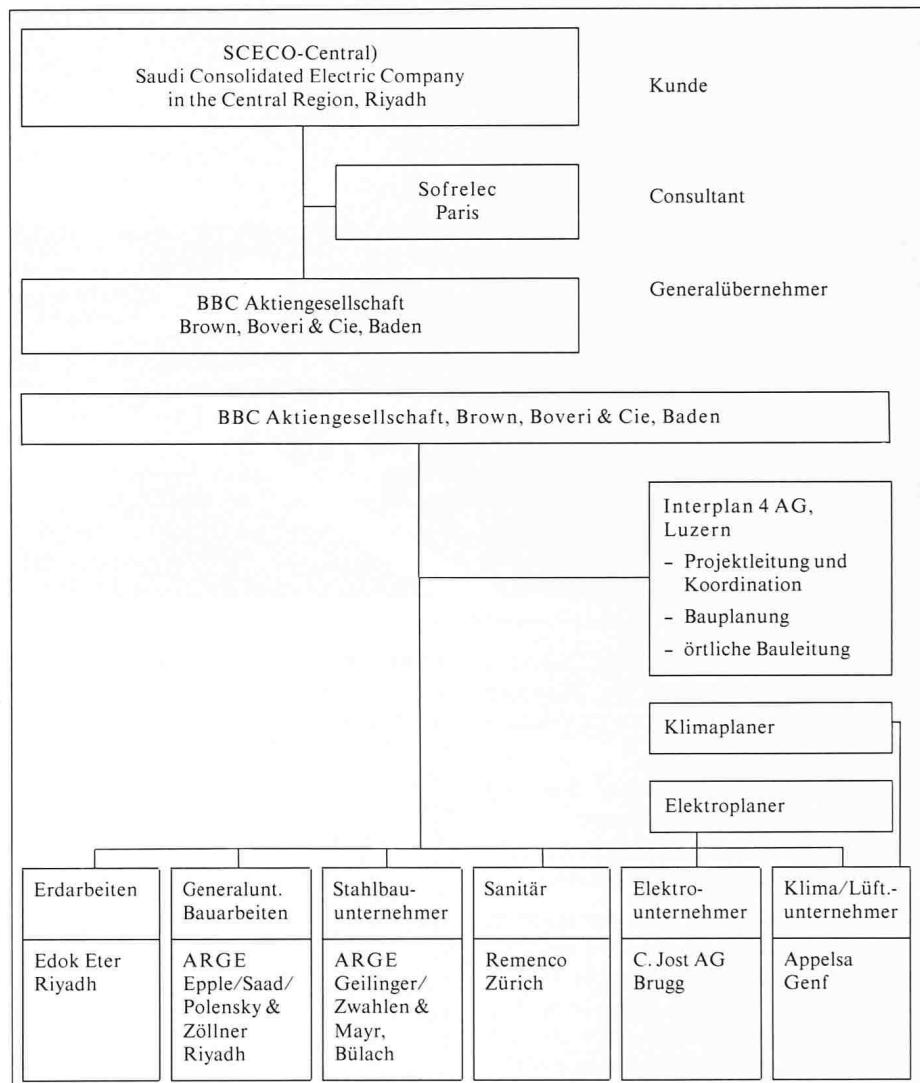


Bild 11. Organigramm für das Projekt Riyadh 8

### Klima

Riyadh liegt im Landesinnern, rund 800 km von der Westküste und 300 km von der Ostküste Saudi-Arabiens entfernt. Das trockene (Feuchtigkeit nur 10 bis 30%), im Sommer jedoch sehr heisse Klima erfordert spezielle Massnahmen während der Bauausführung.

Die kritischen warmen Monate beginnen im April/Mai und enden im September/Oktober. Während dieser Zeit wurden grössere Betonkubaturen (Ma-

schinenfundamente rund  $450 \text{ m}^3$ ) nur abends und während der Nacht ausgeführt. Die Beton-Nachbehandlung erfolgte mit chemischen Anstrichen sowie mit Abdecken der Betonflächen mit durchnässten Juteblachen.

### Planungsarbeiten

In der Anfangsphase galt es, die vom Kunden und seinem Consultant Sofrelec vorgegebenen Spezifikationen und Bausysteme für eine BBC-konforme Anlage neu zu definieren und umzupla-

Bild 13. Sprengarbeiten. Pre-splitting





Bild 14. Zentraler Bereich mit Administration und Wasserturm

nen. Als erstes erstellte man innert 4 Wochen das Vorprojekt im Maßstab 1:100, welches zwei Zwecke zu erfüllen hatte:

- Ausschreibungsunterlagen für die verschiedenen Unternehmer
- Grundlagen für «prinzipielle Genehmigung» durch SCECO/Sofrelec

Nach den generellen Genehmigungen durch den Kunden wurde entsprechend dem Terminplan umgehend die Detailplanung der einzelnen Objekte in Angriff genommen. Parallel dazu erfolgte die Auswertung der eingegangenen Offerten sowie die Auftragsteilung an den Baumeister/Generalunternehmer per April 1982.

Mit einem Vorlauf von zwei Monaten erfolgte der Start der Erd- und Planierungsarbeiten. Teilweise aus ästhetischen, in gewissen Bereichen aber auch aus sicherheitstechnischen Gründen wurde eine Geländeoptimierung (Abtrag bzw. Auffüllung) vom Kunden nicht genehmigt. Dies bedingte umfangreiche Mehraufwendungen, vor allem beim Felsaushub für die Turbinenhalle A.

Die gesamte Planung stand unter enormem, kaum zu bewältigendem Termin-

druck. Dies hatte zur Folge, dass alle Sparten, wie der Architekt, der Bauingenieur und die Haustechnik (Elektro, Sanitär, Klima-Lüftung), nicht wie üblich «hintereinander», sondern parallel arbeiten mussten. Eine normale Projekt- und Planungsentwicklung war somit nicht möglich und die Koordination und Integration der Haustechnik in die Bauplanung äußerst erschwert. Bei wöchentlichen Koordinationssitzungen «am runden Tisch» wurden jeweils neue Informationen seitens BBC-Technik eingespielt und die verschiedenen Planungsgruppen mit neuen Aufgaben, Planlieferterminen usw. versehen. Sitzungen mit teilweise bis zu 15 Spezialisten der verschiedenen Sparten wie:

- Projektleitung
- Bauingenieur
- Architekt
- Elektro- und Sanitärplaner
- Klima-Lüftung-Ingenieur
- Brennstoffversorgung
- Brandschutzspezialisten
- BBC-Maschinen und Elektro-Technik
- u.a.m.

waren zu koordinieren, um eine möglichst allen Sparten und Bereichen gerechte Planung zu erreichen (Tabelle 4).

Während der Hauptphase der Planung (März bis Dezember 1982) musste ein kompletter «rückwärtiger Dienst» für das Herstellen von Plankopien, das Falten, Beschriften und den Versand der Pläne eingerichtet werden. Bis zu 15 Kopien mussten jeweils pro Plan hergestellt und per Kurier (Flughandgepäck) nach Riaydh transportiert werden. Dort erfolgte eine gewissenhafte Planregistrierung und die Verteilung der Dokumente an Bauunternehmer, Kunde, Consultant und Bauleitung.

Die Interplan 4 AG hat für diese Anlage insgesamt rund 1000 Baupläne erstellt, eine Leistung, die seitens des Planners enorme Flexibilität, Übersicht und grossen Koordinationsaufwand erforderte.

### Bauingenieur

Obwohl Riaydh und Umgebung nicht in einer eigentlichen Erdbebenzone liegen, waren als Auflage bei den Berechnungen die französischen Normen für Erdbeben zu berücksichtigen.

Die Gasturbinenfundamente mussten gemäss Spezifikation auf den anstehenden Felsen gegründet werden; im Bereich von Auffüllungen erfolgte der Ausgleich mit Magerbeton.

Um die knappen Terminvorgaben auch von seiten des Baumeisters einhalten zu können, wurden spezielle, auf den Unternehmer ausgerichtete Baumethoden sowie teilweise Vorfabrikationen eingeführt.

Die in der Vorprojektphase vorgesehene Kabelverbindungen von Objekt zu Objekt mittels einfacher Kabelschutzrohre konnten aus Platzgründen in der Ausführungsplanung nicht mehr beibehalten werden. Ausgedehnte, über die ganze Anlage verlaufende Kabel- und Leitungskanäle mit Abmessungen bis zu  $2,0 \times 2,0$  m mussten ihren Platz in der Anlage finden. Im Laufe der Planung zeigte sich, dass das zur Verfügung stehende Gelände wohl sehr gross ist ( $550\,000\text{ m}^2$ ), in gewissen Bereichen aber trotzdem Zwängungen und Einenungen notwendig machte.

Besondere Schwierigkeiten boten die Kreuzungsbauwerke von Kabelkanälen – getrennt nach 13,8 kV und 440 V –, die in verschiedenen Etagen geplant wurden. Bauwerke in der Grösse von Einfamilienhäusern waren notwendig, um alle notwendigen Kabelverbindungen von und zu den einzelnen Objekten aufnehmen zu können.

Die Straßen des Kraftwerksgeländes wurden mit einer Breite von 10 m sowie den beidseitig angeordneten Gehwegen von 1,50 m Breite nach den üblichen verkehrstechnischen Gesichtspunkten ausgelegt. Sämtliche Parkplätze wurden mit Sonnenschutzdächern versehen, wobei die Vertikalen zusätzlich mit Sonnenschutzlamellen versehen wurden, um einen Schutz gegen die Sonnenbestrahlung zu bieten.

### Industriebauten

Die umfangreichen Industriebauten (Bild 14), wesentlich geprägt durch die beiden je etwa 270 m langen, 30 m breiten und 15 m hohen Turbinenhallen sowie die Werkstätten und Lager mit total  $3500\text{ m}^2$  überbauter Fläche wurden in

Tabelle 4. Bautechnische Daten der Anlage

Gesamtes Baugelände	$550\,000\text{ m}^2$
Anzahl Gebäude	50 St.
Turbinhalle A, Länge	265 m
Turbinhalle B, Länge	275 m
Wasserturm, H = 60 m, Volumen	500 m <sup>3</sup>
Arbeiter auf der Baustelle während	
Hauptbauzeit	etwa 800
Total Felsaushub	etwa 400 000 m <sup>3</sup>
Total Beton	etwa 40 000 m <sup>3</sup>
Total Armierungsstahl	3 000 t
Konstruktionsstahl	4 000 t
SIPOREX-Wandelemente	25 000 m <sup>2</sup>
Untergrund Kabellänge	3 000 m
Baubeginn	15.02.1982
Ende der Hauptbauzeit	31.12.1983

Stahlkonstruktion mit einer Leichtbeton-Fassade (Siporex) erstellt. Aus Sicherheitsgründen (Beschädigung während des Betriebs) wurde der unterste Bereich der Fassaden auf einer Höhe von 1,80 m mit 17,5 cm starken Betonelementen versehen.

### Hochbauten

Alle Hochbauten architektonischer Art – dazu gehören u.a. das Administrationsgebäude, das Kontrollzentrum, das Mehrzweckgebäude, die Moschee usw. – wurden in massiver Betonbauweise erstellt, die Zwischenräume jedoch mehrheitlich gemauert. Sämtliche Hochbauten, die auf Wunsch des Kunden den höchsten Ausbaustandard aufweisen, wurden mit Marmor verkleidet. Die Fenster der Hauptgebäude erhielten eine Doppelverglasung mit sonnenreflektierendem Glas (Bild 15).

### Spezialobjekte: Wasserturm

Der in der Eingangspartie des Kraftwerkes angeordnete Wasserturm (Bild 16) bildet dort mit seiner Höhe von rund 60 m eine eindrückliche Dominante. Im Innern des Schaftes von 5 m Durchmesser befinden sich ein Material- und Personenaufzug sowie die gesamten Leitungen der Wasserversorgung. Auf der Höhe von 55 m befindet sich in Form eines Pilzes das Wasserreservoir mit 550 m<sup>3</sup> Inhalt.

Die Ausführung des Reservoirteiles in vorgespannter Betonkonstruktion wurde auf Wunsch des Unternehmers wegen den speziellen, erschwerten Bedingungen in Riyadh und der Höhe von 55 m fallen gelassen. Statt dessen erfolgte eine konventionelle Konstruktion mit schlaff armiertem Beton, versehen mit einer innenliegenden «Sarna-Membrane» (Wassersack).

In der sehr kurzen Zeit von rund 12 Wochen wurde der 50 m hohe Schaft mit einer Kletterschalung hochgezogen. Die Flachfundation befindet sich auf etwa minus 6 m und ist auf den anstehenden Fels gegründet. Das Dach des Wasserturmes wurde so ausgebaut, dass eine gedeckte und geschlossene Terrasse für kleinere Empfänge zur Verfügung steht.

### Wasserversorgung

Bereits in der Anfangsphase wurden vom Bauherrn Untersuchungen und Sondierbohrungen durchgeführt, um über eventuelle Grundwasservorkommen Aufschluss zu erhalten. Sehr bald zeigte sich, dass in vernünftiger Tiefe kein Wasser zu finden war, so dass eine andere Lösung der Versorgung gefunden werden musste.

Die Zufuhr erfolgt mit Tankwagen in einen unterirdischen Wassertank, von



Bild 15. Marmorverkleidetes Utility-Gebäude

wo aus das Wasser – nach einer Aufbereitung – in den Wasserturm (Reservoir) gepumpt wird. Von diesem Speicher aus wird es dann über ein verzweigtes Leitungsnetz den einzelnen Verbrauchern zugeführt.

### Entwässerungen

Zum Gesamtkonzept der Entwässerung gehört u.a. das Sammeln der verschiedenen Abwasserarten, die artspezifische Behandlung der Abwasser, das Ableiten des gereinigten Wassers in den Vorfluter bzw. in einen Verdunstungssteich und die Beseitigung der ausgeschiedenen Schmutzstoffe.

#### Arten von Abwasser

Entsprechend der Verschmutzungsart wurden vier verschiedene Abwasserarten unterschieden, so dass auch ein Trennsystem mit vier verschiedenen Entwässerungsnetzen vorzusehen war.

Das «1st network» sammelt das Meteorwasser des gesamten Kraftwerkareals sowie das industrielle Abwasser nach dessen Behandlung.

Das «2nd network» führt das industrielle Abwasser – vor allem ölverschmutztes Wasser – zu den Ölabscheidern.

Über das «3rd network» wird das «häusliche» Abwasser zur Kläranlage geleitet, und das «4th network» dient zum Sammeln von auslaufendem Öl und Wasser mit hohem Ölanteil in Auffangtanks.

#### 1st network – Meteorwasser

Das Klima im Landesinnern von Saudi-Arabien verbindet man mit Wüste, hohen Temperaturen und extremer Trockenheit, was die entsprechenden Klimadaten bestätigen. Die uns interessierende durchschnittliche jährliche Re-

genhöhe von Riyadh liegt bei etwa 107 mm pro Jahr (Zürich rund 1044 mm pro Jahr). Dabei ist zu beachten, dass diese Regenhöhe sich auf wenige Tage (etwa 21 Tage), teilweise auf wenige Stunden in Form heftiger Platzregen konzentriert (maximaler 24-Stunden-Regenfall: 57,3 mm).

Zur Berechnung der Regenwassermenge war keine Intensitätskurve erhältlich. Es war lediglich eine Regenintensität von  $r=150 \text{ l/s ha}$  bei 20 Minuten Regendauer vorgegeben. Um trotzdem Regenereignisse, wie sie in Riyadh mit heftigem Platzregen auftreten, rechnerisch erfassen zu können, wurde die Intensitätskurve von Locarno gewählt und mit einem Faktor korrigiert, um obige Grenzbedingung zu erhalten. So mit war es möglich, das ganze Entwässerungsnetz mit einem vorhandenen Computersystem durchzurechnen. Für die etwa 34 ha grosse zu entwässernde

Bild 16. Schalung für den Wasserturm



Fläche resultierte somit die beachtliche Regenwassermenge von etwa 4,5 m<sup>3</sup>/s.

Als Vorfluter dient ein benachbartes Wadi. Während der Trockenperiode darf kein Wasser eingeleitet werden, da dies angeblich dem Wasserregime nicht entspricht. Deshalb wird das aus dem 2nd network anfallende behandelte Wasser am Ende des Netzes über eine Drosselstrecke in ein Verdunstungsbekken geführt. Die Einleitung in das Wadi hat somit die Funktion eines Regenwasserauslasses.

#### *2nd network – ölverschmutztes Wasser*

Die Situierung der verschiedenen Anlagen bedingte zwei Entsorgungsnetze mit den entsprechenden Ölabscheidern. Das eine Netz entwässert die Entladeanlage sowie die Tankfelder, das andere die beiden Maschinenhäuser.

Die Strassen- und Platzentwässerung der gesamten Entladefläche für die Tankwagen ist an das 2nd network angeschlossen. Im Falle eines Lecks kann durch entsprechende Schieberstellung das auslaufende Öl über das 4th network direkt in ein Auffangbecken eingeleitet werden. Alle Lagertanks sind von einem Auffangbecken umgeben. Diese werden über Schieber, die im Normalfall geschlossen sind, in das 2nd network entwässert. Somit besteht die Möglichkeit, nach einem Regenfall das ölige Wasser dosiert an den Ölabscheider abzugeben, so dass dieser nicht überlastet wird. Zusätzlich kann über einen Bypass vor dem Ölabscheider wässriges Öl oder Schlamm direkt ins 4th network ablassen werden.

Bei den Maschinenhäusern fällt das Schmutzwasser vor allem als Turbinenwaschwasser und Kondens- oder Waschwasser aus den Kaminen an. Zusätzlich werden die Ölauffangwannen der Trafostationen entwässert, die genau wie die Tanklager mit Schiebern abgetrennt sind.

#### *3rd network – «häusliches» Abwasser*

Das häusliche Abwasser stammt aus den über das Werkareal verteilten Toiletten- und Duschanlagen, einer Kantine sowie von verschiedenen Teeküchen. Der Hauptteil des Abwassers fällt jedoch aus dem Kraftwerk angegliederten Camp mit rund 200 Einwohnergleichwerten an.

#### *4th network – Schmutzwasser mit hohem Ölanteil*

Dieses Ölgemisch stammt aus Verlusten bei den Turbinen, Leckagen bei den Ölpumpstationen und dem Abscheidgut der Ölabscheider. Es wird durch Freispiegelleitungen in Auffangtanks von 50 m<sup>3</sup> gesammelt und von dort in einen Stapeltank gepumpt. In diesem Tank wird es zusammen mit

dem anfallenden Zentrifugat aus der Crude-Oil-Zentrifuge gelagert und nachher der Verbrennungsanlage zugeführt.

#### *Ortspezifische Korrosionsprobleme*

Ein klimatisch bedingtes Korrosionsproblem ist die sogenannte «Sulfidkorrosion» im Gasraum von Abwasseranlagen. Jedes Abwasser ist stark sauerstoffzehrend und hat die Tendenz, anaerob zu werden. Unter anaeroben Bedingungen – bevorzugt bei erhöhten Abwassertemperaturen – beginnt sich Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) zu bilden. Schwefelwasserstoff ist gegenüber Beton kaum aggressiv, entweicht aber in den Gasraum der Rohre. Hier dient es den im feuchten Scheitelraum liegenden Schwefelbakterien (Thiobakterien) als Substrat, die das H<sub>2</sub>S zu Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) oxidieren. Massgebend für die Geschwindigkeit der Säurebildung ist dabei die Temperatur mit einem Maximum bei 30 °C. Um eine derartige Korrosion am Beton zu verhindern, wurden für das 2nd, 3rd und 4th network PVC- bzw. Steinzeugrohre gewählt. Das 1st network hingegen wurde mit Schleuderbetonrohren ausgeführt.

#### *Bautechnische Details*

Der gesamte Aushub für die Kanalisation war im Fels auszuführen, und zwar ausschliesslich mit Meisselbaggern. Deshalb war es von Interesse, den Aushub möglichst gering zu halten.

Dies wurde durch minimale Gefälle im flachen Gelände und durch Bündeln der verschiedenen Leitungsstränge erreicht. Durch die Anordnung gemeinsamer Kontrollsäume für verschiedene parallel geführte Leitungen konnte Rohr neben Rohr verlegt werden. Im Kontrollsäume wurden die Gerinne durch eine hohe Scheidewand getrennt oder Leitungen mit Durchmesser von 200 mm mit verschliessbaren Spülstützen im Schachtbankett versehen.

In die Ölstaupräume der beiden Abscheider ist eine Rinne eingebaut, über die von einem bestimmten Ölstand das Abscheidegut in das 4th network abfliesst. Beim grösseren Abscheider kann der Stapelraum auch mittels eines Schiebers ins 4th network entleert werden.

Das häusliche Abwasser wird vorerst in der Pumpstation gesammelt und von dort in die Reinigungsanlage gepumpt. Diese besteht aus einem Grobrechen, einem Belebt-Schlammbecken und einem Klärbecken. Sie ist aus einem offenen Stahlbetonzyylinder gebildet, in dem ein glasfaserverstärkter Konus steht. Während der Konus als Klärbecken dient, hat der darum liegende Raum die Funktion des Belebt-

Schlammbeckens. Dabei wird durch Einblasen von Luft auf den Grund des Beckens der notwendige Sauerstoff zugeführt. Der im Konus abgelagerte Schlamm wird mittels einer von einer Uhr gesteuerten Mammutpumpe in das Belebt-Schlammbecken rezirkuliert oder in ein Tankfahrzeug gepumpt. Das gereinigte Wasser fliesst über eine Überfallrinne in eine anschliessende Pumpstation. Dabei wird entsprechend der Wassermenge Chlor zugeführt und die Aktivität des Testschlammes gestoppt, so dass die weitere Sauerstoffzehrung und das Algenwachstum gehemmt werden.

Das gereinigte häusliche Abwasser wird in ein Bewässerungsnetz eingespielen und für die Bewässerung der Grünanlagen auf dem Werkareal verwendet. Etwaiger Wasserüberschuss wird in ein Verdunstungsbecken gepumpt.

#### *Löschwasserreserve*

Das Kraftwerk wird von einer Feuerlöschleitung (Ringleitung) umgeben. Zwei separat gelegene Behälter in Beton von je 2500 m<sup>3</sup> Inhalt dienen als Werkslöscheserve.

#### *Planung der Stahlbaukonstruktion*

Nach der Auftragserteilung an die Stahlbauunternehmung waren sowohl die Stahlbauer wie auch die Planer starkem Termindruck unterworfen. Während 4 Wochen wurde beim Planer gemeinsam an den Dispositions- und Werkstattplänen gearbeitet. Nach eingehenden Studien über die Gestaltung der Fassaden – zur Diskussion standen Leichtbeton-Elemente, Betonwände, Mauerwerk, isolierte Bleche – fiel die Wahl nicht zuletzt aus finanziellen Gründen auf eine vorgehängte Leichtbetonelement-Konstruktion. Gewählt wurden lokal hergestellte Siporex-Platten mit den Abmessungen 5,0 m × 0,6 m × 0,175 m.

#### *Architektur*

Grundsätzlich handelt es sich bei diesem Projekt um eine Industrieanlage im klassischen Sinne. Um so mehr wurde versucht, besonders im zentralen Eingangsbereich eine gut abgestimmte und harmonierende Architektur auf die Hochbauten zu übertragen. So wurden die vier Hauptobjekte Administration, Moschee, Ausbildungsstätte und Kontrollgebäude mit Marmor verkleidet. Darüber hinaus wurde darauf geachtet, dass die Industrieobjekte ebenfalls eine Einheit bilden. Im gleichen Zusammenhang wurde auf funktionell bezogene Farbgebung der Objekte geachtet.

Spezielle Aufmerksamkeit musste den Flachdächern gewidmet werden, wurde doch BBC verpflichtet, zehn Jahre Garantie für Dichtigkeit der Dächer zu übernehmen. Nach längeren örtlichen Ermittlungen fiel die Wahl auf den im Bild 17 gezeigten Dachaufbau.

Um die vorgegebenen Termine einhalten zu können, musste der grösste Teil der Ausbaumaterialien importiert werden. Sehr aufwendige Ausmusterungstafeln wurden vorbereitet und zwecks Prüfung und Genehmigung durch den Kunden in mehreren Kofferladungen nach Riyadh transportiert. Für die Hauptobjekte wurden mehrere Tonnen Marmor aus Italien eingeführt.

### **Elektro-, Klimalüftung**

Wie bereits erwähnt, bedurfte es einer sehr engen Zusammenarbeit zwischen den Bau- und Medienplanern. Kleinere Aussparungen konnten in der Planungsphase und im Rohbau nicht erfasst werden, da die Detailplanung Haustechnik noch nicht vorlag und mussten nachträglich in teilweise mühsamer Arbeit «gespitzt» werden.

### **Die Unternehmer**

Um den starken Preisdruck des Kunden mindestens teilweise aufzufangen, wurden alle Bauarbeiten (Erd-, Beton-, Stahlarbeiten) weltweit ausgeschrieben.

#### *Erd- und Planungsarbeiten:* Edok Eter

Für diese Arbeiten wurde ein ortsansässiger Unternehmer ausgewählt, der in sehr kurzer Zeit die für die Felsaushebungen notwendigen schweren Geräte zum Einsatz bringen konnte. Innerhalb von nur zehn Monaten musste der grösste Teil der rund 400 000 m<sup>3</sup> Fels abgebaut und verwertet werden.

#### *Baumeister:* Gustav Epple - Polensky + Zöllner

Gegen internationale Konkurrenz wählte BBC die deutsch/saudiarabische Arbeitsgemeinschaft für die Ausführung der Baumeister-/Generalunternehmer-Arbeiten.

Die gesamten Gespräche in bezug auf die technische Seite des Projektes wurden mit dem Hauptsitz in Stuttgart geführt, inklusive der aufwendigen Vorbereitungen für die Materialauswahl und Ausmusterungen. Wegen des Termindrucks wurde der grösste Teil der Materialien per Container und Lastwagen nach Riyadh transportiert.

Obwohl die Arbeitsgemeinschaft innerhalb von zwei Tagen nach Auftragserteilung mobilisieren und mit den ersten Arbeiten auf der Baustelle beginnen

konnte, erstreckte sich die ganze Anlaufphase über drei bis vier Monate. So mussten u.a. die Baustelleninstallatoren mit der zentralen Betonaufbereitung-Mischstation sowie das Unternehmencamp aufgebaut werden. Es war ein Personaleinsatz von bis zu 650 Mann notwendig, um den Arbeitsanfall in der Spur (September 1982 bis April 1983) bewältigen zu können. Davon waren etwa 40 Mann europäisches Führungspersonal, während die Handwerker und das Hilfspersonal sich aus dem Fernen Osten, Indien und Pakistan rekrutierten. Ein kleiner Anteil waren lokale Arbeitskräfte aus Jemen, Somalia und Saudi-Arabien.

Die sehr flexible Führung des Generalunternehmers ermöglichte es, die gesetzten Termine ohne Verzögerungen der Montagetermine einzuhalten.

#### *Stahlbauarbeiten:* Geilinger - Zwahlen + Mayr

Mit der Wahl einer schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für die Werkstattplanung, die Fabrikation, den Transport sowie die Montage konnte dem Wunsch des Auftraggebers, ihm bekannte Unternehmen zu beauftragen, Rechnung getragen werden.

### **Bauleitung**

Die Interplan 4 AG stellte die gesamte Bauleitungsmannschaft in Riyadh zur Verfügung. In der Spitzenzeit überwachten sechs Mann die Arbeiten der verschiedenen Sparten: Aushub, Rohbau/Betonbau, Tiefbauarbeiten, Stahlbauarbeiten, Architektur/Ausbau.

Ihnen oblag es, die Qualität entsprechend den vom Kunden vorgegebenen Spezifikationen unter Einhaltung der Termine zu erreichen und die vielfältigen Arbeitsbereiche mit den verschiedenen Subunternehmern zu koordinieren.

Die Aktualisierung der Projektinformationen zwischen der Planung in der Schweiz und der Ausführung erfolgte durch verschiedene Einsätze der IP4-Projektleitung in Riyadh.

### **Vermessungsarbeiten**

Nach Übernahme des Grundstückes vom Bauherrn erfolgte vor Beginn irgendwelcher Bautätigkeit die Absteckung der Kraftwerkssachsen und deren solide Sicherung durch ein IP4-Spezialisten-Team. Ferner wurde der vorliegende Höhenkurvenplan vor Beginn der Bauarbeiten auf seine Richtigkeit und Genauigkeit überprüft und bestätigt.

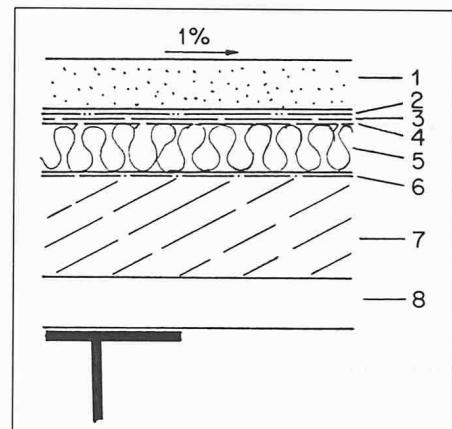


Bild 17. Aufbau der Dachhaut. 1. 50 mm Überzug, 2. PVC-Schutzfolie, 3. Filz 380 g/m<sup>2</sup>, 4. Sarnamembrane, 5. 50 mm PU-Platten, 6. Dampfsperre, 7. 100 mm armierter Beton, 8. 50 mm Profiblech

Vier Monate nach Arbeitsaufnahme erfolgte eine Kontrollmessung, um allfällige Fehler in der Anfangsphase aufzuzeigen. Die Detailabsteckung für die jeweiligen Arbeitsbereiche oblag den einzelnen Unternehmern.

### **Terminplanung**

Termine – neben den Kosten das beinahe wichtigste Kapitel der ganzen Bauabwicklung! Die vom Kunden vorgegebenen Endtermine pro Anlageteil ließen dem Generalübernehmer BBC nur wenig Bewegungsfreiheit.

Tabelle 5. Beteiligte Planer und Unternehmer

#### **Planung**

##### *Interplan-4-AG-Partnerbüros:*

Dr. Lombardi + Balestra, Bauingenieure,  
6430 Schwyz  
Plüss + Meyer Bauingenieure AG,  
6004 Luzern  
W. Wyss, Architekten, 4415 Lausen  
Bösch AG, Sanitärplanung,  
8103 Unterengstringen  
Tillyard AG, Termin- und Kostenplanung,  
8034 Zürich

##### *Gasturbinen-Fundamente und Kamine:*

Trombik + Stadelmann, Bauingenieure,  
8004 Zürich

#### **Unternehmer**

##### *Erd- und Planierungsarbeiten*

Edok-Eter, Riyadh-Saudi Arabia

##### *Baumeisterarbeiten*

Arbeitsgemeinschaft  
Epple-Polensky + Zöllner,  
Riyadh-Saudi Arabia

##### *Stahlbauarbeiten*

Arbeitsgemeinschaft  
Geilinger-Zwahlen & Mayr,  
Bülach-Aigle

##### *Sanitär-Installationen*

Remenco, Zürich

##### *Elektro-Installationen*

C. Jost AG, Brugg

##### *Klima-Lüftungs-Installationen*

Appelsa, Genf

##### *Kläranlage*

UTB-Umwelttechnik, Buchs/SG

Auftragerteilung an BBC	23.12.1981
Vertragsunterzeichnung	12.01.1982
Auftragerteilung an den Planer	15.01.1982
Beginn Erdarbeiten	10.02.1982
Beginn Bauunternehmer	20.04.1982
GT-Fundament Nr. 1 betoniert	01.07.1982
Setzen der ersten Gasturbine auf das Fundament	01.08.1982
Lieferung erster Stahlbau auf Baustelle	15.07.1982
Inbetriebnahme GT 1 und 2	Ende 1982

Tabelle 6. Haupttermine

Zu Beginn der Planungsarbeiten diente ein einfach gehaltenes Balkendiagramm allen Beteiligten als erste Richtlinie. In Etappen mussten dann jedoch die Objekte einzeln terminiert und mit den entsprechenden Daten der dazugehörigen Sparten (HLK, Elektro, Sanitär, Brennstoffversorgung, Feuerschutz usw.) ergänzt werden.

Der grosse Zeitdruck war bedingt durch die verlangte Inbetriebnahme der ersten Gasturbinen vor dem Sommer 1983. Dies kann durch einige der wesentlichen Haupttermine bekräftigt werden (Tabelle 6). Nur durch engste Zusammenarbeit aller beteiligten Planer und Unternehmer am Sitz des Auftragnehmers (BBC) konnten die gesetzten Termine eingehalten werden; die Disziplin aller Beteiligten und eine enge Gesamtleitung führten zum vorgegebenen Ziele.

## Baukostenplanung

Die gesamten Ausschreibungsdokumente wurden auf der Basis von F.I.D.I.C. (Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseil) erstellt und mit den Kundenspezifikationen ergänzt. Weiter wurden die bauspezifischen sowie die Abrechnungsrichtlinien integriert.

Da bei Auftragerteilung an die Bauunternehmer der Arbeitsumfang bzw. die Grundlagen noch nicht genau definiert waren, erfolgte die Abrechnung – teilweise parallel zur Ausführung – auf der Basis von vereinbarten Einheitspreisen nach Abschluss der Bauarbeiten.

Hier galt es, aufgrund der As-Built-Pläne die Massen zu ermitteln, um möglichst rasch in einer Schlusszusammensetzung die Gesamtbaukosten zuverlässig zu ermitteln.

## Aussichten

Ende August 1984 haben die Arbeiten am Gasturbinenkraftwerk Riyadh 8 mit der Bereinigung der langwierigen und umfangreichen Abnahmen zwischen BBC/IP4 und dem Kunden ihren

Abschluss gefunden. Alle Gasturbinen mit den sehr komplexen und automatisch arbeitenden Nebenanlagen sind in Betrieb und grösstenteils auch dem Kunden übergeben. Die im Eingangsbereich gepflanzten Sträucher und Palmen haben die heissen Sommermonate überlebt.

Kaum sind die Arbeiten der 800-MW-Anlage beendet, beginnt bereits die Erweiterung. Im Juli 1984 wurde BBC – wiederum gegen internationale Konkurrenz – mit dem Ausbau um  $2 \times 2$  Gasturbinen einschliesslich Infrastruktur beauftragt; dies entspricht im Endausbau einer Leistung von 1000 MW; wenn 1985/86 20 Einheiten den Betrieb aufnehmen, wird Riyadh 8 das grösste mit Rohöl betriebene Gasturbinenkraftwerk der Welt sein.

Weitere Verhandlungen und Abklärungen innerhalb der SCECO werden zeigen, ob die Erweiterung von Riyadh 8 den Bedarf der Region decken kann oder ob man in einigen Monaten bereits wieder von einem neuen Kraftwerk spricht, diesmal Riyadh 9!

Adresse des Verfassers: Rolf U. Rutishauser, Bauingenieur HTL, Leiter der Generalplanung Interplan 4 AG, Inseliquali 8, 6002 Luzern. Teil Entwässerung: Josef Studer, dipl. Ing. ETH, Interplan 4 AG – Partnerbüro Dr. Lombardi + Balestra, Sonnenplatz 6, 6430 Schwyz.

# Die Stahlbauarbeiten

Von Bruno Simioni, Bülach

## Umfang des Stahlbauprojektes

Die Ausschreibung des Stahlbaus für das Gasturbinenkraftwerk Riyadh 8 erfolgte im Februar 1982. Am 2. April 1982 wurde dem Konsortium Geilinger AG/Zwahlen & Mayr SA (im folgenden GZM genannt) unter der Federführung der Geilinger AG der Auftrag für die Fabrikation, Lieferung, Transport und Montage zugeschlagen. Schwerpunkt der Stahlbauarbeiten waren die zwei Turbinenhallen von je rund 275 m Länge und einer Tonnage von total 2850 t Stahlkonstruktion. Daneben mussten weitere 25 Gebäude erstellt werden, wie Lager- und Reparaturwerkstätten, Unterstationen, Pumpenhäuser, Entladestation für den Betriebsstoff, Fahrzeugunterstände und dergleichen. Neben der gesamten Stahlkonstruktion von total 4200 t wurden

- 7200 m<sup>2</sup> isolierte Blechdächer,
- 12 100 m<sup>2</sup> nicht isolierte Blechdächer,
- 2800 m<sup>2</sup> Zäune für Transformer,
- 850 m<sup>2</sup> Sonnenlamellen für Auto- unterstände, sowie
- alle Spenglerarbeiten bei den isolierten Dächern

geplant, fabriziert, transportiert und montiert:

Die Planung und die Statik der einzelnen Gebäude betreute das Interplan-4-AG-Partnerbüro Plüss & Meyer Bauingenieure AG, Luzern.

## Termine und administrative Hürden

Sofort nach Auftragerteilung begann eine intensive Zusammenarbeit zwischen dem Planer und den technischen Büros der beiden Stahlbauunternehmungen. Es galt, innert vier Wochen

- 22 300 m<sup>2</sup> Deckenbleche für Verbunddecken,

die Dispositions- und die Werkstattpläne für die erste Turbinenhalle sowie für die Lager- und Reparaturwerkstätte und die Unterstation zu erstellen. Dabei war es möglich, die verschiedenen Details wie Stützenfüsse, Rahmenekken, Kranbahnkonsolen usw. so zu entwerfen, dass nachher eine rasche Produktion sichergestellt war.

Den Termindruck sollen zwei Beispiele verdeutlichen:

Am 2. April 1982 wurde der Auftrag an die Stahlbauunternehmer erteilt. Auf den 5. August 1982, d. h. vier Monate nach Auftragerteilung, musste ein dreissig Meter langes Gebäude fertig montiert, das Verbunddach betoniert und der 32-Tonnen-Kran für die Montage der Turbinen bereit sein. In diesen vier Monaten wurden Disposition- und Werkstattpläne erstellt und die Stahlkonstruktion transportiert und montiert.

Die Anfrage für die Spenglerarbeiten ging am 10. August 1982 ein. Die Vergabe erfolgte am 20. August, der erste Transport am 20. September, Montagende war der 23. Dezember 1982.

Diese äusserst knappen Termine der technischen Planung konnten nur dank