

Das Kariba-Kraftwerk am Zambesi in Zentral-Afrika

Autor(en): **Schnitter, Erwin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 12

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-63328>

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.

Spotlights und Allgemeinbeleuchtung durch getrennte Dämmerungsschalter zu steuern. Dazu mag vielleicht noch eine auf dem Dach des Gebäudes angebrachte Lichtreklame kommen, die wiederum später eingeschaltet werden muss. So ergibt sich in der Praxis eine Steueranlage, die aus mehreren, am besten an den verschiedenen Stellen montierten Dämmerungsschaltern und einer Schaltuhr mit einem oder mehreren Kontakten besteht. Sie wird mit Vorteil auch noch mit der Steuerung der Treppenhaus- und Innenbeleuchtung kombiniert und schaltet dann die gesamte Beleuchtung gruppenweise genau nach den durch die lokale Helligkeit gegebenen Bedürfnissen (Bild 6).

c) Unterführungen und Strassentunnel

Aus Gründen der Verkehrssicherheit ist es wichtig, die Beleuchtung der Unterführungen und Strassentunnels immer rechtzeitig der Aussenhelligkeit anzupassen. Sie soll während des Tages voll brennen und während der Dämmerung stufenweise reduziert werden, damit man während der Nacht nicht durch zu helles Licht geblendet wird. Es wurden schon verschiedene Unterführungen mit Dämmerungsschaltern ausgerüstet; wir erwähnen hier die Strassenunterführung beim Hauptbahnhof Zürich, bei der drei Dämmerungsschalter die Beleuchtung so regeln, dass bei Beginn der Dämmerung drei von den vier Lampengruppen sukzessive abgeschaltet werden; bei einer Aussenhelligkeit von 50 Lux brennt nur noch die letzte, dauernd eingeschaltete Gruppe. Am Morgen wird das Beleuchtungsniveau wieder sukzessive erhöht und der wachsenden Tageshelligkeit angepasst.

d) Dämmerungsschalter in der öffentlichen Beleuchtung

Ueber den richtigen Einschaltmoment für Strassenlampen herrschen oft recht unterschiedliche Ansichten. In grösseren Ortschaften gilt als Regel, dass die Beleuchtung eingeschaltet werden soll, wenn die Tageshelligkeit unter 20 Lux, spätestens aber, wenn sie unter 10 Lux sinkt. Kleinere Gemeinden stellen die Schalter oft auf beträchtlich geringere Luxwerte ein.

Ein Synchronmotor schaltet den Apparat während der Nacht automatisch auf erhöhte Morgenempfindlichkeit um. Dadurch erfolgt das Ausschalten am Morgen bei geringerer Helligkeit als das Einschalten am Abend. Man berücksichtigt damit die Eigenschaft des menschlichen Auges, in ausgeruhtem Zustand am Morgen empfindlicher zu sein und besser zu sehen als am Abend. Während des Tages wird die Empfindlichkeit wieder automatisch für den Abend umgestellt.

Bei der öffentlichen Beleuchtung sind die Beleuchtungskörper meist entweder über ein eigenes Leitungsnetz oder durch Netzkommandoanlagen mit einer zentralen Schaltuhr verbunden. Sehr oft wird die Beleuchtung während eines Teils der Nacht reduziert oder ganz ausgeschaltet. Die Steueranlage besteht also meist aus einer Serieschaltung von Schaltuhr, Dämmerungsschalter sowie einem Schaltschützen. Der Dämmerungsschalter gibt das Licht immer dann frei, wenn es dunkel ist; die Schaltuhr sperrt oder reduziert es während jener Nachtstunden, da weniger Beleuchtung benötigt wird.

Auf dem amerikanischen Kontinent werden in zunehmendem Mass einzelne Strassenlampen eingesetzt, in deren Kopf ein Dämmerungsschalter eingebaut ist. Sie eignen sich für ganznächtlige Beleuchtung, tragen den lokalen Verhältnissen

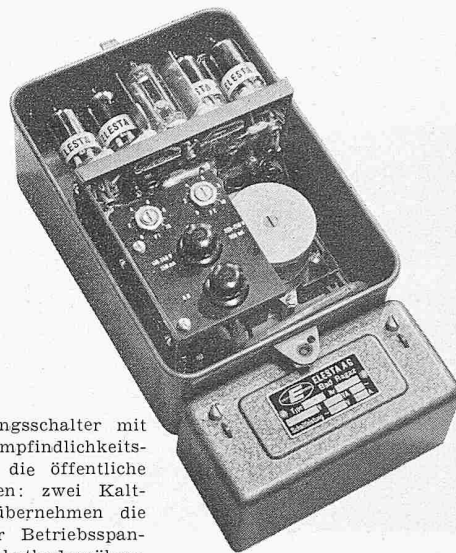


Bild 7. Dämmerungsschalter mit automatischer Empfindlichkeitsumschaltung für die öffentliche Beleuchtung. Oben: zwei Kaltkathodenröhren übernehmen die Stabilisierung der Betriebsspannung, zwei Kaltkathodenröhren die Schaltfunktionen. Die lichtempfindliche Photozelle ist in der Mitte der Röhren sichtbar. Unter rechts: Der Synchronmotor (rundliches Gehäuse) hat die Aufgabe, jeweils am Morgen die Startervorspannung der Schaltrohren zu erhöhen, so dass der Dämmerungsschalter am Morgen bei geringerer Helligkeit schaltet

in idealer Weise Rechnung und können ohne besondere Steuerdrähte oder Netzkommandoempfänger einfach ans Lichtnetz angeschlossen werden, woraus sich oft beträchtliche Ersparnisse ergeben (Bild 7).

3. Zusammenfassung

Während langer Zeit waren noch keine Bauelemente verfügbar, die es gestattet hätten, einen einfachen, billigen und zuverlässigen Dämmerungsschalter von genügender Empfindlichkeit, Schaltkonstanz und Lebensdauer zu bauen. Diese Verhältnisse haben sich vor einigen Jahren geändert. Heute stehen alle Bauelemente zur Verfügung, die es ermöglichen, die Beleuchtung in einfacher Weise gemäss der jeweiligen Aussenhelligkeit zu steuern. Die automatische Beleuchtungssteuerung ist damit nicht mehr allein auf Schaltuhren angewiesen, welche die Witterungseinflüsse nicht berücksichtigen und daher in sehr vielen Fällen nicht genügen.

Der Dämmerungsschalter findet heute nicht nur in der Strassen-, Reklame- und Signalbeleuchtung Verwendung, sondern auch in Fabrik- und Büroräumen sowie zur automatischen Regelung der Beleuchtung gesamter Gebäudekomplexe. Er ist so einfach und billig geworden, dass er auch schon in grösserem Umfang z. B. in einzelne Strassenlampen, Wegweiser, Verkehrsposten oder Telephonkabinen usw. eingebaut wird. Besonders bei Neubauten bringt die rechtzeitige Projektierung einer automatischen Beleuchtungssteuerung bei nur bescheidenen Mehrkosten sehr bedeutende Vorteile. Sie wird daher in Zukunft noch viel allgemeinere Verwendung finden.

Adresse des Verfassers: Dr. Andreas v. Gugelberg, Schloss Salenegg, Maienfeld GR.

Das Kariba-Kraftwerk am Zambesi in Zentral-Afrika

DK 621.29

Lange herrschte die Meinung, dass das grösste Potential hydroelektrischer Kraftgewinnung in den grossen Tropenströmen Afrikas zu finden sei. Heute liegen Studien vor, die in Asien noch bedeutendere, zunächst allerdings noch latente, Ausbaumöglichkeiten zeigen. Im tropischen Afrika indessen ist man an den Bau eines dieser Kraftwerke neuer Grössenordnung herangetreten.

Die «Federation of Rhodesia and Nyasaland», eine englische Kronkolonie auf dem Wege zum Dominion, hat das «Federal Power Board» ins Leben gerufen und mit der Aufgabe betraut, die Wucht der gewaltigen Wassermassen des Zambesi in elektrische Energie zu verwandeln zur Entwick-

lung und Industrialisierung des an vielfältigen Erzen und Mineralien so überaus reichen Landes. An einem Tropenfluss mit konzentrierten Regenzeiten hängt ein solches Vorhaben in erster Linie an der Schaffung weiten Stauraumes. Hiefür liegen in Rhodesien die geologischen und topographischen Verhältnisse sehr günstig, sobald man zum Entschluss kommt, in sehr grossem Masstabe zu arbeiten. Der Zambesi, dessen Einzugsgebiet 400 km von der Atlantik-Küste in Portugiesisch-Angola beginnt, der also bis zu seiner Mündung in den Indischen Ozean im Herzen von Portugiesisch-Mozambique den ganzen afrikanischen Kontinent durchquert — im Mittel um den 16. südlichen Breitengrad schwankend —, durch-

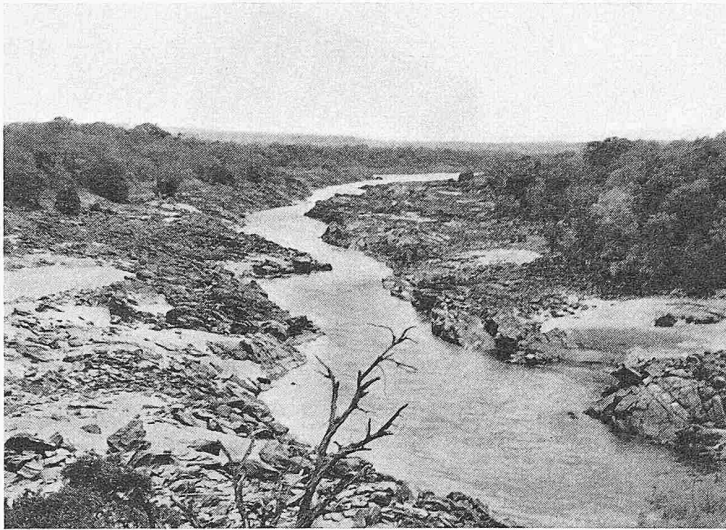
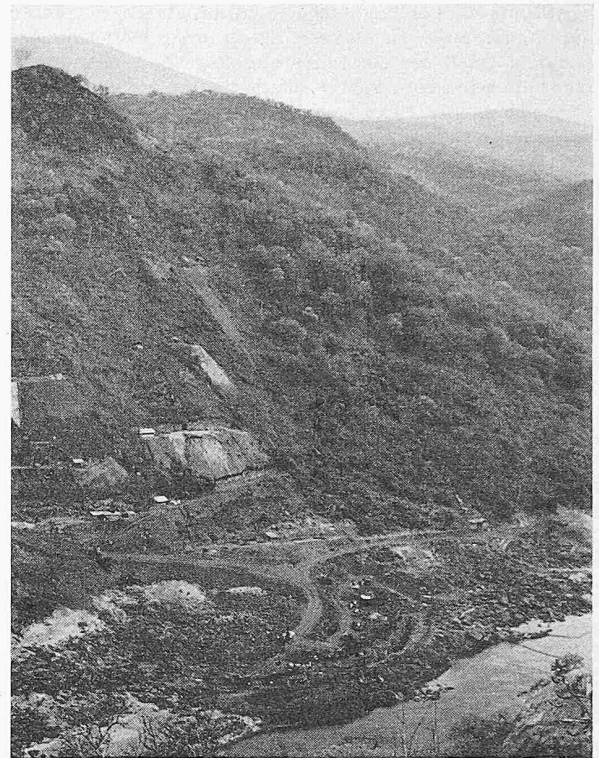


Bild 1. Blick auf den Zambesi bei Niederwasser vom Eintritt in die Kariba-Schlucht stromaufwärts in das zu überstauende Gebiet. Der Wasserspiegel wird hier bis 110 m gehoben, wodurch ein Stausee von über 5000 km² Oberfläche entsteht

Bild 2 (rechts). Blick von der rechten Talflanke stromabwärts in die Kariba-Schlucht. Der Zambesi strömt in der Niederwasserrinne. In der breiten Talsohle links ist die Fundamentgrube für den ersten Fangdamm ausgehoben. Der Verlauf der Staumauer in der linken Talflanke ist am Schutt der Sondierstollen erkenntlich. — Photos E. Schnitter



fließt in seinem mittleren Lauf eine weite Tafel aus Basalt von spät-kretazischem Alter. Bei Livingstone, in den berühmten «Victoria Falls», stürzen die mächtigen Wassermassen in eine im Basalt tieferodierte Schlucht, aus der der Fluss in eine weite Senke austritt, die durch Sandsteinformationen der Trias gebildet wird. Im Osten dieses Senkungsgebietes stösst der Zambesi auf das Gneis-Plateau von Süd-Rhodesien, in das er einen geräumigen Durchbruch-Kaŕon von gegen 30 km Länge erodiert hat. Hier wurde die geeignetste Sperrstelle in mehrjähriger Arbeit durch Geologen und Ingenieure erforscht und in der Kariba-Schlucht festgelegt. Die weiten, regelmässigen Talflanken und das tief eingesägte Niederwasserbett werden durch schwarzen Biotit-Gneis gebildet, der tektonisch stark bewegt ist und durch mannigfaltige Gänge von Quarzit, dunkelschillernder Hornblende und Pegmatiten mit grossen, rosa Feldspatkristallen und handgrossen Glimmerblättern durchzogen ist. In dieses Gestein wird die Staumauer eingespannt, und dicht stromaufwärts werden die Maschinen-Kavernen ausgehöhlt. Der Talboden liegt auf 400 m über Meer.

Tabelle 1. Charakteristische Daten des Kraftwerkes Kariba

Bei Vollausbau installierte Leistung	1 200 000 kW
normale Jahresproduktion	8145 Mio kWh
Gewölbe-Staumauer: Grösste Höhe	124 m
Kronen-Länge	585 m
Beton-Volumen	1 070 000 m ³
Gewölbe-Stärke: über Fundament	24,5 m
in halber Höhe	21,3 m
an der Krone	7,6 m
Zentriwinkel des Gewölbes	137½°
Radius des Bezugszylinders	246 m
Abstand der Dilatationsfugen	15,4 m
Staauraum:	
Normale Staukote	485 m ü. M.
Oberfläche bei Normalstau	5250 km ²
Hochwasser-Reserve 4,6 m über Normalstau	
Stauseeeinhalt bei höchstem Wasserstand	185 Mld m ³
hievon: Hochwasserreserve	23 Mld m ³
für Energie-Erzeugung	46 Mld m ³
Grösste Wasserspiegelsenkung unter Normal-	
Stau zur Energie-Erzeugung	9,1 m
Mittlere jährliche Wasserführung des Zambesi	43 Mld m ³
Nutzgefälle	91 m

Ein Hochwasser-Ueberlauf mit vier 9,1 × 9,4 m weiten Öffnungen liegt in Gewölbe-Axe, Ueberlaufkante 29 m unter Normal-Stau, mit freiem Fall von 90 m Tiefe in das Unterwasser; maximaler Durchfluss durch diesen Ueberlauf 7300 m³/s. Die sechs Wasserfassungen einer Anlage sind im Felshang unmittelbar neben der Staumauer derart angeordnet, dass zwei provisorische Fassungen, 67 m unter Staukote liegend, eine gewisse Energieproduktion in einem frühen Stadium unter 45 m Gefälle ermöglichen (Frühjahr 1960), während zwei der definitiven Fassungen auf einer mittleren Höhe liegen, so dass mit steigendem Stauspiegel die Produktion stufenweise aufgenommen werden kann. Kurze Stollen führen zu den sechs vertikalen, gepanzerten Druckschächten von 6,1 m Durchmesser.

Die 140 m lange Maschinen-Kaverne liegt parallel zur Talrichtung, bergseits begleitet von der Transformatoren-Kaverne. Im Vollausbau ist in jeder Talflanke eine Kaverne mit je sechs Einheiten zu 100 000 kW vorgesehen mit Francis-Turbinen von 140 000 PS. Zunächst wird die Anlage im rechten Ufer gebaut und mit fünf Maschinensätzen ausgerüstet. Die Turbinen-Abläufe mit Ausgleich-Schächten liegen vertikal unter den Einlaufstollen; nach kurzem Weg, auf welchem sich je zwei zu einem Ablauftunnel von 11 m verglichenem Durchmesser vereinigen, drehen sie ab und unterfahren das Fundament der rechten Staumauerflanke in rechtem Winkel. Zwei Ablauftunnel erreichen kurz unterhalb der Mauer das Flussbett, der dritte mündet vertikal unter dem Mauerfundament in den Umlauftunnel, der nach Einbau des Abschlusszapfens damit bleibend nutzbar gemacht wird. Die mittlere horizontale Entfernung in Flussrichtung zwischen Entnahme und Portal der Rückgabe des Wassers in das Flussbett beträgt damit nur 220 m! Von der Anordnung eines Grundablasses wurde abgesehen. Die weitläufigen Sondierbohrungen haben eine Felsbeschaffenheit aufgedeckt, die diese äusserst gedrängte, konsequent durchgebildete, in ihrer Konzeption kühne Anordnung ermöglicht.

Die Bauausführung und Wasserumlenkung baut sich auf dem Umstand auf, dass eine tiefe Niederwasserrinne längs dem rechten Talhang eingeschnitten ist, während links sich ein breiter Talboden hinzieht und das Wasserregime an den festen Rhythmus der Regenzeit im Sommer (November bis April) und der Trockenzeit im Winter (Mai bis Oktober) gebunden ist. Es sind drei Baustadien vorgesehen:

Im ersten Stadium wird ein Umlauftunnel von 11,4 m Durchmesser durch die rechte Flanke getrieben, der bei Nie-

derwasser die Betonierung einer Baugrubeneinschliessung auf dem linksufrigen Talboden in Form einer halbkreisförmigen, dünnen Gewölbemauer von 91 m Radius ermöglicht. In deren Schutz wird das linksufrige Staumauerfundament errichtet, in welchem vier Durchlassöffnungen ausgebildet werden. An diese anschliessend wird im Talboden ein Umlaufkanal ausgehoben. Sobald das Mauerfundament genügend fortgeschritten ist, wird die Gewölbemauer gesprengt. Dem Fluss stehen damit zwei Umleitungen offen. Am rechten Ufer wird ein kräftiger Mauerblock vorsorglich betoniert.

Das zweite Stadium beginnt mit der Flussumlenkung. Flussabwärts der Staumauer wird zunächst ein Steindamm geschüttet, durch dessen Stau der Fluss in die beiden Umleitungen hineinfliesst. Im Stillwasser werden nun die zwei Baugruben-Umschliessungen als halbkreisförmige Spundwandkonstruktionen von 60 m Radius, zwischen die beiden Uferblöcke gespannt, ausgeführt. In deren Schutz wird das tiefste Staumauer-Fundament erstellt. Sobald die Betonierung der Staumauer soweit fortgeschritten ist, dass der Stauraum das ankommende Wasser sicher aufnehmen kann, werden bei Niederwasser die Öffnungen am linken Ufer und das Portal des Umlauftunnels am rechten Ufer gegen den vollen Wasserdruck geschlossen.

Das dritte Stadium wird durch das Hochführen der Staumauer gebildet, wobei alle Sicherheiten vorliegen müssen, damit die tiefste Arbeitsfläche dem steigenden Stauspiegel stets genügend voreilt.

Projektierung und Bauleitung dieses umfassenden Unternehmens wurden durch das «Federal Power Board» an folgende zwei Gruppen beratender Ingenieure übertragen: Für die Bauarbeiten an Sir Alexander Gibb and Partners, London, A. Coyne & J. Bellier, Paris und Société Générale des Exploitations Industrielles, Paris; für die elektro-mechanische Ausrüstung an Messrs. Merz and McLellan.

Die Bauarbeiten für Mauer und Kraftwerk mit Nebenanlagen wurden im wesentlichen als einheitlicher Auftrag international ausgeschrieben. Fünf verbindliche Offerten wurden eingereicht. Hievon lagen drei in scharfer Konkurrenz zueinander. In der Zeit zwischen Ausschreibung und Prüfung der Offerten führten die Projektstudien zu Änderungen in den Vorschriften und den Plänen. Die drei Gruppen mit den niedrigsten Offerten wurden zu einer neuen Bearbeitung ihres Angebotes eingeladen. Auf Grund dieses zweiten Wettbewerbes wurde der Auftrag mit £ 25 278 000 einem italienischen Konsortium erteilt, das sich im wesentlichen zusammensetzt aus den Firmen Impresa Ing. Lodigiani S.p.A., Impresa Italiana Al Estero S.p.A., Impresa U. Girola und Ing. G. Torno. Die zwei anderen Angebote lagen um 1,47 bzw. 2,27 Mio £ höher.

Im weiteren wurden folgende Aufträge vergeben, die wir anführen, um zu zeigen, zu welchen Preisen heute bei internationaler Konkurrenz geliefert wird: 5 Francis-Turbinen zu je 140 000 PS an Boving and Co. Ltd., London, £ 1 072 583; 5 Generatoren zu je 100 MW an Metropolitan-Vickers Electrical Export Company Ltd., Manchester, £ 1 772 065; 10 Einphasige 15/18/330 kV-Transformatoren an English Electric Co., Stafford, £ 622 500; 2 Maschinensaal-Laufkrane zu vier Motoren, 200 t, an Babcock and Wilcox Ltd., London, £ 108 292. Das Hauptkraftübertragungsnetz, 330 kV, etwa 1500 km, 2 × 2,5 cm² Al-Seile mit Stahl-Seelen auf Stahltürmen, ging im wesentlichen an S. A. Elettificazione, Milano, für rund £ 10 000 000. Vorausgänglich diesen Haupt-Ausschreibungen waren schon folgende Arbeiten vergeben worden: Erschliessungsarbeiten, Umlauftunnel, Umleitungskanal mit Staumauerdurchlässen an Cementation Co., London, 1,6 Mio £; Europäer-Siedlung (700 Mann mit Familien) und Eingeborenen-Camp (6000 Mann, z. T. mit Familien) 3,5 Mio £; elektrische Einrichtungen hierzu 237 000 £; Zugangsstrassen 1,5 Mio £.

Die hier mitgeteilten Angaben über das Projekt und die Vergabungen sind dem Heft vom 3. August 1956 von «The Engineer», London, entnommen, wo auch Uebersichts-Pläne der wichtigsten Objekte gezeigt werden.

Die Durchführung dieses einzigartig grosszügigen, klimatisch und hydrologisch schwer überblickbaren, technisch prägnanten Baues wird das grösste technische Interesse erwecken. Besonders interessant wird sein, zu welchen Ergebnissen in der Beton-Zusammensetzung und -Kühlung für eine schlanke Gewölbemauer dieser Abmessungen in tropischen

Verhältnissen Kariba führen wird. Die hier zu gewinnenden Erfahrungen werden wegleitende Elemente bilden beim Entwurf nachfolgender Grossbauten ähnlicher Art in den Tropen, auf deren Inangriffnahme die Ereignisse in Kariba stimulierend einwirken werden.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. Erwin Schnitter, Küssnacht-Itznach ZH

MITTEILUNGEN

Grosslochsprengung an der Axenstrasse. Bei der bergseitigen Verbreiterung der Axenstrasse im «Ort» im Winter 1954/55 war u. a. ein überhängender Felsklotz von 5500 m³ samt dem ihm als Auflager dienenden schwächeren Gestein wegzusprengen. Dabei waren zahlreiche erschwerende Forderungen zu erfüllen, nämlich: nur kurzfristiger Verkehrsunterbruch, keine Gefährdung des Verkehrs während der Bohrarbeiten, keine Beschädigung des Strassenkörpers durch Gesteinsbrocken, keine zu starken Erschütterungen auf das Nachbargestein und den nur 25 m bergwärts verlaufenden Bahntunnel, kein vorzeitiger Absturz des überhängenden Blocks, kleinbrockiges und baggerfähiges Sprengmaterial. Man entschloss sich, Block und Auflager von zusammen rund 7500 m³ mit einer einzigen Grosssprengung nach der in Mauvoisin entwickelten Methode (s. SBZ 1954, S. 188 u. 309) abzubauen. Im Gegensatz zur normalen Druckluftbohrung benötigt die Grossloch- oder Kernbohrung keine Luft, sondern elektrischen Strom und Druckwasser, arbeitet erschütterungs- und staubfrei und beinahe geräuschlos. Man verwendete Bohrlöcher von 65 und 85 mm Durchmesser bei einer Stundenleistung von 60 cm Bohrloch. Die Bohrungen erfolgten von zwei Stahlrohrgerüsten aus in 23 bzw. 16 m Höhe über der Strasse in je zwei inneren und äusseren Fächern nach oben, seitwärts und unten. Insgesamt wurden 58 Bohrlöcher von total 1094 m Länge gebohrt, das längste Loch mass 40 m. Danach wurden total 2493 kg Sprengstoff Gelatine-Aldorfit A geladen. Reichlich zwei Tage nach der Sprengung war die Strasse wieder frei für den Verkehr. Weitere Einzelheiten beschreiben die «Techn. Mitteilungen für Sappeure, Pontoniere und Mineure» vom Oktober 1956.

Vorgespannte, vorgefertigte Rohrbrücke. In Gunthorpe bei Nottingham (England) entstand eine neue Rohrbrücke von 76,20 m Spannweite, die restlos aus vorfabrizierten Teilen am Ufer zusammengesetzt und dann als Ganzes in Richtung ihrer Längsaxe schwimmend eingefahren wurde (Bild 1). Sie überführt zwei Wasserleitungen von je 53 cm Durchmesser, die an den Auflagern nach unten abbiegen und an Land unterirdisch verlaufen. Die Schifffahrt auf dem Flusse blieb so während der Bauzeit weitgehend unbehindert. Der Brückenquerschnitt setzt sich aus folgenden Teilen zusammen: Tragglied ist ein Bogenträger von 8,5 m Pfeilhöhe, bestehend aus einem Eisenbeton-Doppelkastenquerschnitt von 100 × 41 cm bei 7,6 cm Wanddicke, der sich an den Enden in zwei einzelne Zylinderquerschnitte verzweigt. An dem Bogen hängen in je 7,62 m Abstand dreieckförmige vorgespannte Hänger, auf denen die Rohre direkt lagern. Zwischen den Hängern liegt der Untergurt, bestehend aus Brüstungen und unterer begehbarer Plattform. Die untere Gesamtbreite be-

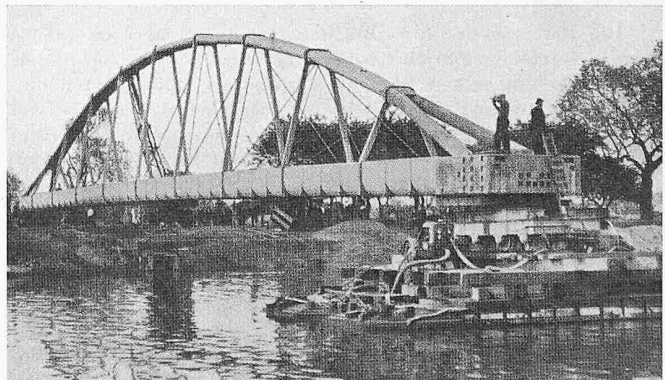


Bild 1. Rohrbrücke von 76 m Spannweite bei Nottingham