

# Die Kühlung der Zuschlagstoffe beim Bau der Vaitarna-Staumauer in Indien

Autor(en): **Bertsch, E.A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **71 (1953)**

Heft 47

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-60670>

## **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.

weiteren Bewegung der Felspartien Einhalt geboten. Vorerst wurde ein solcher Felsanker mit 80 t Vorspannkraft in einem 30 m tiefen horizontalen Bohrloch  $\varnothing$  100 mm eingebaut und während längerer Zeit beobachtet. Die Vorspannung dieses Felsankers wurde am 7. 10. 1952 ausgeführt. Der freie Bohrlochteil ausserhalb der Verankerungsstrecke wurde nicht mit Mörtel gefüllt, um zu einem spätern Zeitpunkt die Spannkraft im Kabel nachkontrollieren zu können. Am 23. 6. 53 wurde

diese Kontrolle durch erneutes Ansetzen der Spannpresse ausgeführt und festgestellt, dass die anfängliche Spannkraft von 80 t auf 76 t, d. h. um nur 5 % zurückgegangen war. Damit war die Zuverlässigkeit dieser Felsverankerung eindrucklich bewiesen. Es ist nun vorgesehen, die ganze Felspartie durch ein Netz von 50 bis 60 solcher Felsanker zu sichern. Bild 11 zeigt die Rotationsbohrmaschine beim Ausführen der Horizontalbohrung  $\varnothing$  100 mm.

## Die Kühlung der Zuschlagstoffe beim Bau der Vaitarna-Staumauer in Indien

Von Ing. E. A. BERTSCH, Gebrüder Volkart, Bombay

DK 627.824.002.5 (54)

Die Gemeindebehörden von Bombay haben den grosszügigen Ausbau der Wasserversorgung ihrer Stadt in Angriff genommen, um den ständigen grossen Wassermangel endgültig zu beheben. Die tägliche Liefermenge, die bisher 0,450 Mio m<sup>3</sup> betrug, soll auf 1 Mio m<sup>3</sup> erhöht werden. Zu diesem Ausbau gehört die Errichtung einer Schwergewichtsmauer quer durch

das Vaitarna-Tal, die bei 550 m Kronenlänge und 81 m grösster Höhe eine Betonkubatur von 563 000 m<sup>3</sup> aufweisen und rd. 65 Mio sFr. kosten wird. Das hierdurch gebildete Becken fasst 207 Mio m<sup>3</sup> Nutzvolumen und sammelt das Wasser aus einem Einzugsgebiet von 440 km<sup>2</sup>, das hauptsächlich während der Monsunzeit anfällt. Die Zuschlagstoffe werden aus einem rd.

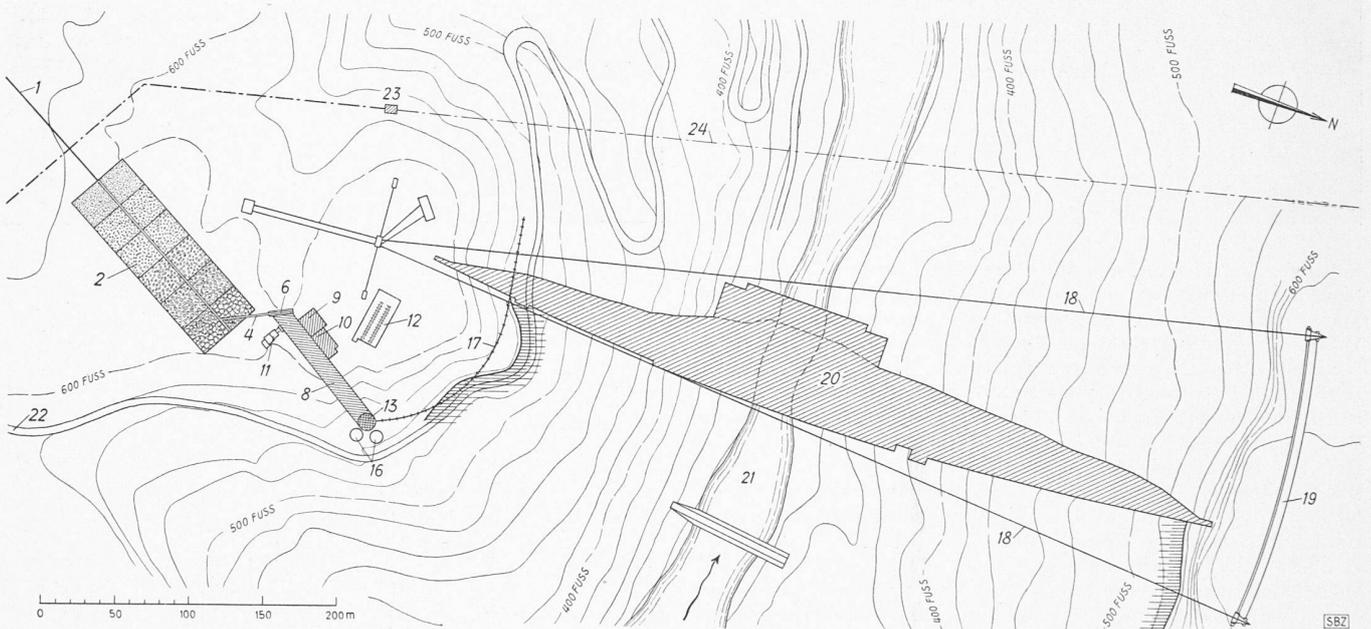


Bild 1. Lageplan der Vaitarna-Staumauer mit Bauplatz-Organisation, Masstab 1:5000

Legende zu den Bildern 1 und 2: 1 Doppelseil-Schwebebahn für den Antransport der Zuschlagstoffe vom Steinbruch, 2 Lagerplatz für die sechs Komponenten der Zuschlagstoffe, 3 Transportband unter 2, 4 Transportband zu 6, 5 Schüttelverteiler, 6 Empfangsbunker, 7 ferngesteuerte Entleerungsschieber, 8 Kühlntunnel mit sechs Förderbändern, 9 Kühlanlage für Eiswasserkühlung, 10 Luftwascher, 11 Klärgruben und Pumpenhaus, 12 Rückkühlwerk, 13 mit Kork isolierter Silo für die gekühlten Zuschlagstoffe, 14 Betonmischer, 15 Behälterwagen zum Betontransport nach der Staumauer 16 Zementsilo, 17 Gleis für Zementtransport, 18 Kabelkran, 19 bewegliche Kabelaufhängung zu 18, 20 Staumauer, 21 Vaitarna-Fluss, 22 Strasse nach der Bahnstation Khardi, 23 Transformerstation, 24 Niederspannungsleitung.

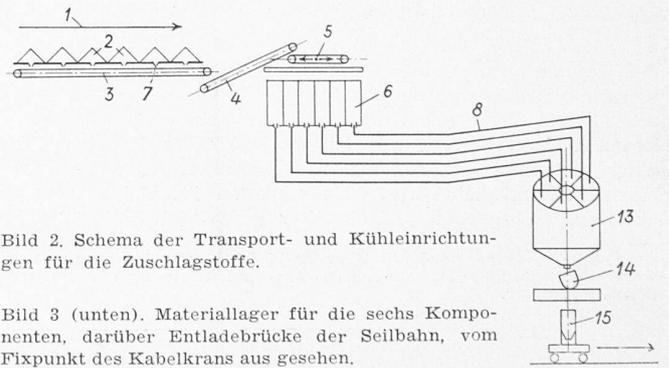


Bild 2. Schema der Transport- und Kühleinrichtungen für die Zuschlagstoffe.

Bild 3 (unten), Materiallager für die sechs Komponenten, darüber Entladebrücke der Seilbahn, vom Fixpunkt des Kabelkrans aus gesehen.



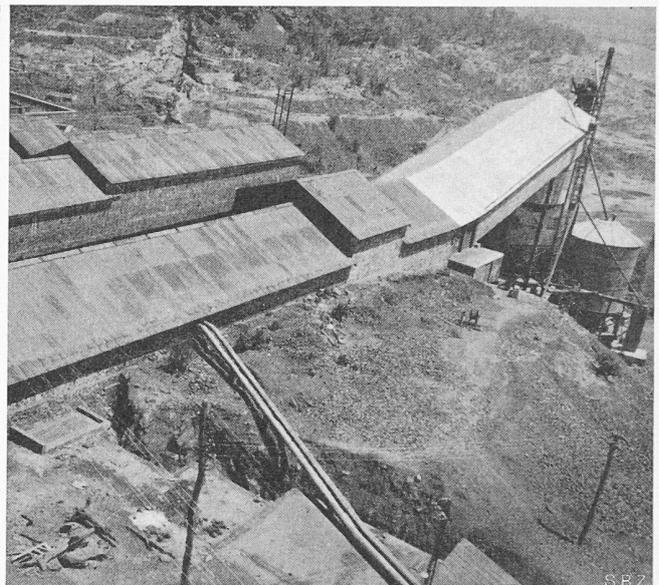
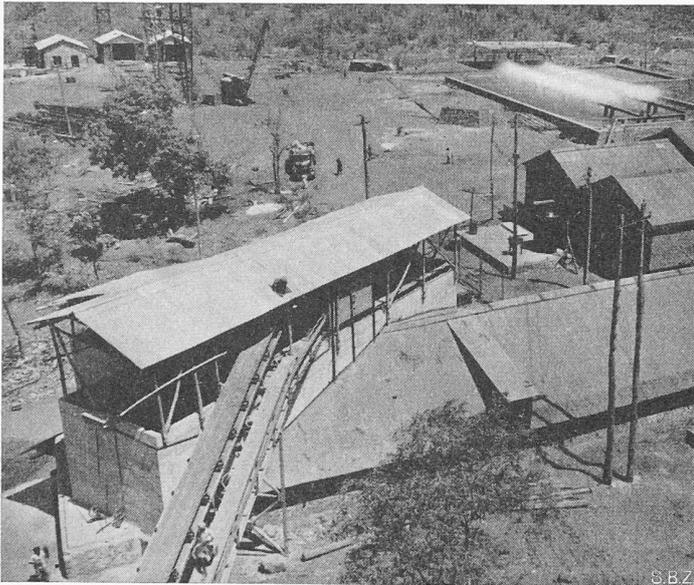


Bild 4. Kühl tunnel 8 (Mitte, vorn), links davon Förderband 4 und Empfangsbunker 6, rechts Betonmaschine mit Zementsilo, hinter dem Kühl tunnel Maschinenhaus, darüber das Rückkühlwerk 12 (siehe Legende zu Bild 1)

4,5 km von der Baustelle entfernten Steinbruch gewonnen, in einer besonders konstruierten Steinbrecher- und Sortieranlage mit einer Leistung von 200 t/h in sechs verschiedene Komponenten zerlegt und in sechs Silos aufgespeichert. Alle diese Anlagen befinden sich im Steinbruch, wo fahrbare Hochleistungsbohrer, mechanische Schaufeln und Kippkarren die Gewinnung und den Transport bis zur Brechanlage besorgen. Für den Transport zum Materiallagerplatz auf der Baustelle (Bild 1) steht eine Doppelseil-Schwebbahn für 160 t/h Förderleistung zur Verfügung. Der Lagerplatz misst 150 auf 30 m und ist durch Steinwälle in sechs Abteilungen für die sechs Komponenten unterteilt (Bild 3). Ein in seiner Längsaxe unter der Sohle eingebauter Tunnel von 2 auf 2 m Querschnitt ist mit den einzelnen Abteilungen durch Entleerungsschächte verbunden, die durch ferngesteuerte, mit Schüttelvorrichtungen versehene Schieber abgeschlossen werden. Durch sie gelangen die einzelnen Komponenten zeitlich nacheinander auf ein 72 cm breites Transportband (Bild 5), das sie einzeln in sechs Empfangsbunker entleert, die am Eingang zum Kühl tunnel aufgestellt sind (Bild 4). Am Anfang dieses Tunnels befindet sich die Betonaufbereitungsanlage, die für eine Leistung von 92 m<sup>3</sup>/h ausgelegt worden ist (Bild 6). Sie umfasst drei Beton-

Tabelle 1: Granulometrie und Mengen für 92 m<sup>3</sup>/h Beton

Komponente	I	II	III	IV	V	VI
Korn Grösse	von cm	15	7,5	4	2	1
	bis cm	7,5	4	2	1	0,3
Menge	t/h	54	30	30	26	26
Zement	32,5 t/h					
Betonproduktion	92 m <sup>3</sup> /h					
Wasser	11 t/h					

Komponenten V und VI werden als Sand bezeichnet

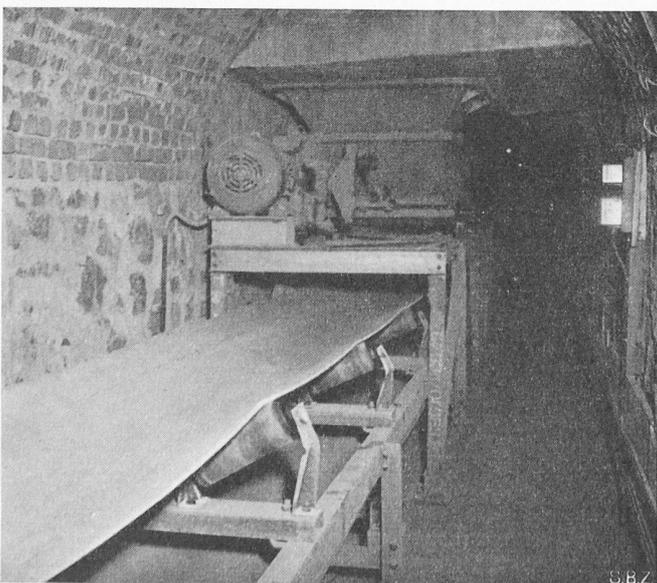


Bild 5. Tunnel unter dem Materiallager mit Schüttelausslass und Förderband.

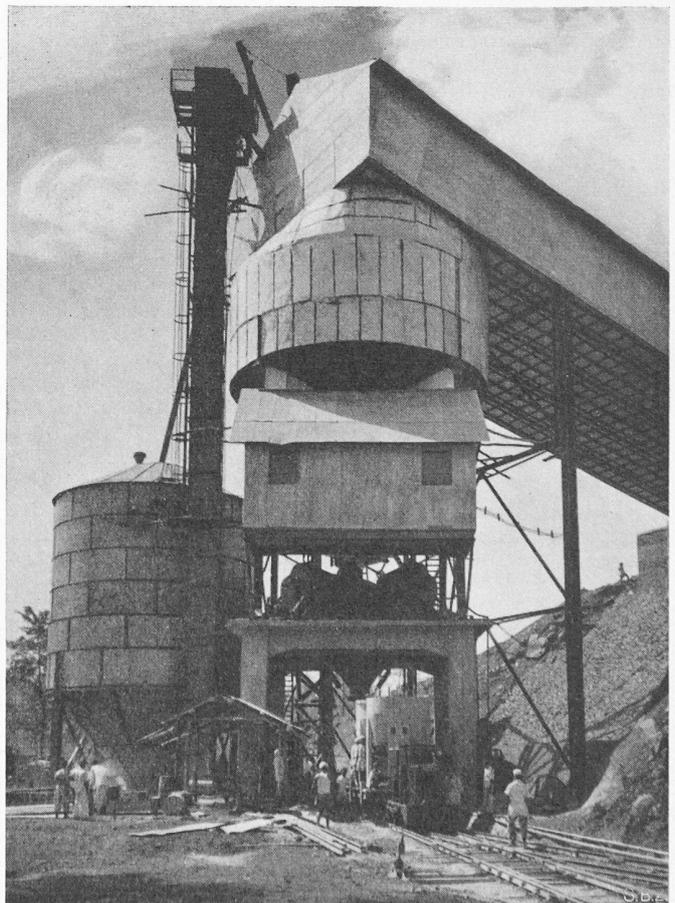


Bild 6. Betonanlage, oben Kühlkammerbrücke, darunter isolierter Silo für die gekühlten Zuschlagstoffe, Waagenhaus, Mischmaschinen und zuunterst zwei Beton-Transportbänder von je 10 t auf Förder-Bahn; links Zementsilo mit Zementaufzug.

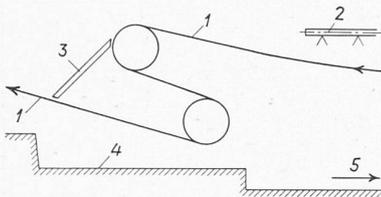


Bild 7. Schema der Schleife im Förderband zum Trocknen der Steine. 1 Förderband, 2 Kaltwasser-Berieselung, 3 Stahlrost zum Abtropfen, 4 Tropfrinne, 5 Ablauf zur Kläranlage.

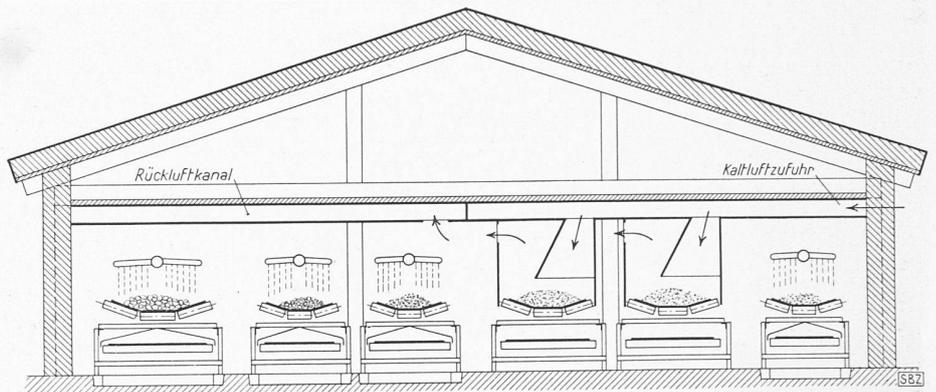


Bild 8 (rechts). Querschnitt durch den Kühl-tunnel mit den sechs Förderbändern.

Tabelle 2: Kältebedarfsberechnung

	Sand	Steine	Wasser	Total
Anfangstemperatur °C	38	38	29,5	—
Mischtemperatur °C	24,5	4,5	3	—
Menge t/h	76	140	11	260 <sup>1)</sup>
spez. Wärme kcal/kg	0,22	0,21	1,0	—
Kälteleistung kcal/h	258 000	975 000	288 000	1 521 000
Hilfsapparate kcal/h				129 000
Wärmeeinfall kcal/h				75 000
Gesamtbedarf kcal/h				1 725 000

1) Zusätzlich 33 t/h Zement mit einer Temperatur von 43 ° Celsius.

mischer von je 1,5 m<sup>3</sup> Inhalt. Die Anordnung der verschiedenen Anlagen geht aus dem Lageplan (Bild 1) hervor.

Neuartig ist die künstliche Kühlung der Zuschlagstoffe. Der hierfür verwendete Kühl-tunnel ist 100 m lang, 10 m breit und 3 m hoch. Die letzten 30 m befinden sich auf einer steil gegen die Betonmischanlage aufsteigenden Brücke. Die sechs Komponenten bewegen sich auf sechs langsam laufenden trogförmigen Förderbändern von den Empfangsbunkern am Eingang zu den entsprechenden Bunkern über dem Betonmisch-turm. Die Durchlaufzeit beträgt 20 bis 25 Minuten. Für die vier Steinsorten dient tiefgekühltes Wasser als Kühlmittel, von dem etwa 1/3 über die Steine herunterrieselt, während etwa 2/3 des Eiswassers zum Speisen eines Kanals verwendet wird, in den die trogförmigen Förderbänder eintauchen. Die Kühlung erfolgt zweistufig; in der ersten Stufe mit Wasser, das vorher zur Kühlung der Luft für die Sandkühlanlage verwendet worden ist und mit 4,5 ° C zur Verfügung steht, in der zweiten Stufe mit Wasser von 2 ° C direkt aus der Kühlanlage. Nach rd. 70 m durchläuft jedes der vier Förderbänder eine Schleife gemäss dem Schema Bild 7. Die nassen Steine fallen dabei vom ankommenden oberen Teil der Schleife auf einen geneigten Stahlrost 3, wobei das anhaftende Wasser abgeschleudert und in einer Tropfrinne einem Klärbehälter zugeleitet wird. In der unmittelbar anschliessenden, steil aufsteigenden Brücke trocknet das Gut teilweise aus.

Die beiden Sandkomponenten werden mit Luft von 5 bis 6 ° C behandelt, um sie gekühlt und möglichst trocken in die

Betonieranlage abliefern zu können. Bild 8 zeigt einen Querschnitt durch den Kühl-tunnel mit den sechs Förderbändern und Bild 9 den schematischen Querschnitt durch ein Förderband für Sandkühlung. Der Kaltluftkanal 1 läuft über die ganze Bandlänge von 100 m. Die Luft tritt durch Löcher im Kanalboden 2 und bläst in scharfen Strahlen auf den Sand 3, der sich auf dem Band 4 langsam fortbewegt (0,07 bis 0,08 m/s). Das Band ist seitlich durch Blechschürzen 5 abgeschlossen. Die Luft tritt in den Kanal 7 über, der sich nach oben erweitert und als Sandabscheider wirkt. An mehreren Stellen laufen die Bänder unter Schöpfwerken durch, die den Sand umschichten, so dass alle Teile gekühlt werden. Bild 11 zeigt die beiden Sandbänder mit abgehobenen Luftkanälen und je einem Schöpfwerk und Bild 10 das eine Ende der Förderbänder für Sandkühlung mit den Kaltluftkanälen. Die Luft aus dem Kanal 7 (Bild 9) wird von acht Propellerventilatoren abgesogen, die von der General Electric Co. geliefert wurden und insgesamt 8 · 13 = 104 m<sup>3</sup>/s fördern. Sie gibt die dem Sand entzogene Wärme in grossen Luftwäschern an das Kühlwasser ab, das sich dabei von 2,0 auf 4,5 ° C erwärmt, und tritt dann wieder in die Luftverteilkä-näle 1 (Bild 9) über. Das zur Luft-waschung verwendete Wasser (63 l/s) dient, wie erwähnt, nachher zum Vorkühlen der vier Kieskomponenten; es sammelt sich mit dem zur Nachkühlung verwendeten Wasser (37 l/s) in einem unterhalb der Bänder angeordneten Trog, fliesst dann der Reihe nach durch verschiedene Klärgruben, wo sich der Schlamm absetzt, und wird aus der letzten Grube durch feine Siebe abgesogen und mittels Pumpen der Kühlanlage zugeführt. Abschlammvorrichtungen am Grund der Gruben ermöglichen eine periodische Reinigung. Die Behälter für die gekühlten Komponenten sowie die Aussenwände des Kühl-tunnels sind mit 7,5 cm dicken Korkplatten isoliert. Die Förderbänder mussten für diese Anlage besonders entwickelt werden; sie sind eine Lieferung der Firma Pohlig AG., Köln.

Ausser den Zuschlagstoffen wird auch das Anmachwasser für den Beton auf 2 ° C gekühlt. Tabelle 2 gibt eine Zusammenstellung des Kältebedarfs der Gesamtanlage, berechnet unter Annahme einer Betontemperatur beim Einbringen von 13 ° C. Die verlangte Einbringtemperatur beträgt 15,5 ° C. Die

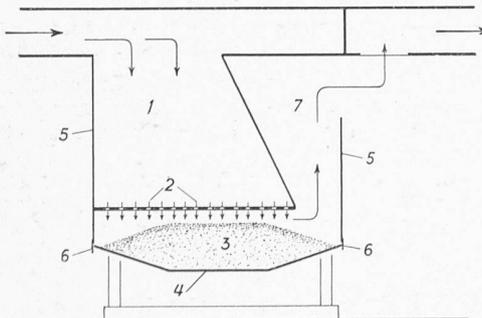
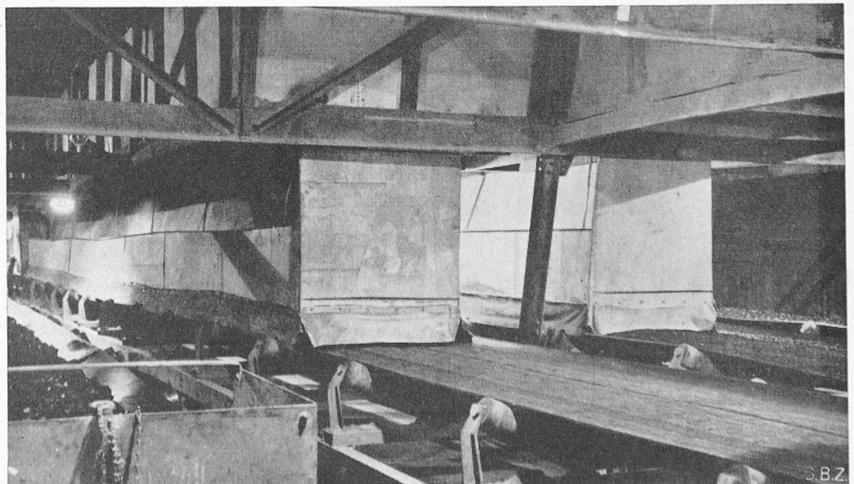


Bild 9. Schematischer Querschnitt durch ein Förderband mit trockener Kühlung von Sand mit kalter Luft. 1 Kaltluftkanal vom Luftkühler, 2 Luftdüsen, 3 Sand, 4 Förderband, 5 Blechschürzen, 6 Gummia-bdichtung, 7 Luftabzugkanal.

Bild 10 (rechts). Inneres des Kühl-tunnels mit Sand-förderbändern und Blechverschalung zur Kühl-luft-führung.



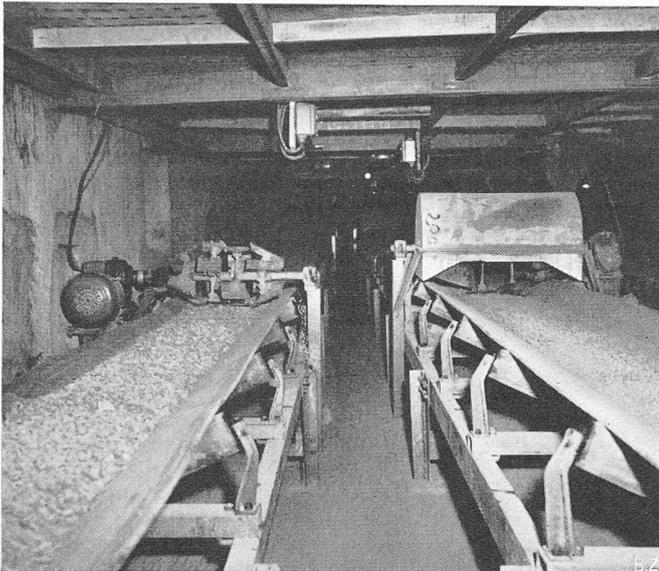


Bild 11. Inneres des Kühltunnels, Sandförderbänder mit abgehobener Verschalung, Kehr- und Verteilvorrichtungen.

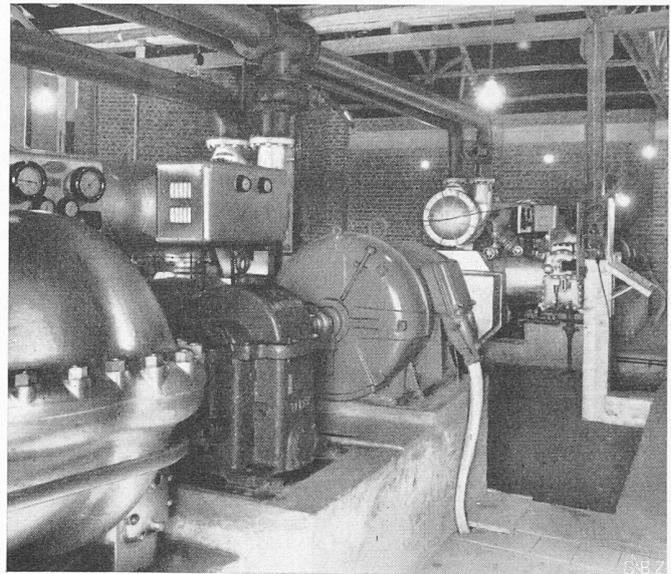


Bild 12. Inneres des Maschinenhauses mit zwei Carrier-Kälte-Kompressoren.

Kälteanlage umfasst zwei vollständige Kältemaschinen von Carrier für je 0,96 Mio kcal/h, jede bestehend aus einem Turbo-Kompressor, der über ein Übersetzungsgetriebe von einem Elektromotor angetrieben wird (Bild 12), einem Rohrbündelkondensator, der mit rückgekühltem Wasser arbeitet, und einem Rohrbündelverdampfer für Wasserkühlung. Als Kältemittel dient Freon F<sub>11</sub>. Zur Rückkühlung des in den Kondensatoren erwärmten Wassers ist eine Zerstäuberanlage (Bild 4) vorgesehen, die über einem künstlich angelegten Weiher angeordnet ist. Dieser Weiher misst 36,5 × 18 m und ist rd. 1 m tief. Es sind 120 Zerstäubungsdüsen, Typ Marley, von 1½" mit Düsen von ¾" vorhanden, die mit einem Wasserdruck von 0,5 kg/cm<sup>2</sup> arbeiten. Die totale Wassermenge beträgt 630 m<sup>3</sup>/h, die Eintrittstemperatur 30°, die Austrittstemperatur 27,8° C (gemessen bei einer Feuchtkugeltemperatur des Psychrometers von 23,3° C). Die Kälteleistung wird durch Verändern der Drehzahl an einem von Hand bedienten Regulierwiderstand, der den Motoren vorgeschaltet ist, den Bedürfnissen angepasst. Die zur Anlage gehörigen Zentrifugalpumpen lieferten Gebrüder Sulzer, Winterthur, die Elektromotoren und die zugehörige elektrische Ausrüstung Brown, Boveri & Cie., Baden. Gebrüder Volkart, Bombay, entwarf, lieferte und errichtete die gesamte Kühlanlage im Auftrag des Hauptunternehmers, der die Staumauer baut, der Hindustan Construction Co. Ltd., Bombay.

Die Anlage kam am 4. Mai 1952 in Betrieb und arbeitete während vier Wochen. In dieser Zeit sind 14 000 m<sup>3</sup> Beton ein-

gebracht worden. Während den Monsunregen wurde die Arbeit unterbrochen, anfangs 1953 wieder aufgenommen und ohne Unterbruch bis anfangs Juni 1953 weitergeführt. Während dieser Zeit wurde etwa ein Drittel der Staumauer hergestellt. Bild 14 zeigt den Bauzustand anfangs Juni 1953.

Die bisherigen Erfahrungen sind sehr befriedigend. Die vorgesehene Leistung wurde erreicht und meist überschritten. Bei Aussentemperaturen bis 43° C im Schatten blieben die Einbringtemperaturen unter 14,5° C. Die Kühlanlage erwies sich als einfach, robust und wirtschaftlich; sie lässt sich leicht auf jede gewünschte Leistung und Einbringtemperatur einregulieren. Dies geschieht durch Verändern der Geschwindigkeit der Förderbänder und durch eine Leistungsregelung der Turbokompressoren. Die Zuschlagstoffe werden vollständig durchgekühlt und trocken und kontinuierlich in die Behälter über der Betonmischanlage abgeliefert. Ihre Temperatur bleibt stets konstant. Die ganze Anlage besteht aus handelsüblichen Maschinen und Apparaten, so dass der Unterhalt und die Beschaffung von Ersatzteilen keine Schwierigkeiten bereiten. Sie hat sich gut bewährt.

Mit der beschriebenen Anlage könnten die Zuschlagstoffe auch erwärmt werden, wenn sich dies je als wünschbar erweisen sollte. Die Luftkühler müssten in diesem Fall mit warmem Wasser beschickt werden. Das Verfahren ist der Firma Volkart in den USA, Indien, der Schweiz und Pakistan patentamtlich geschützt.

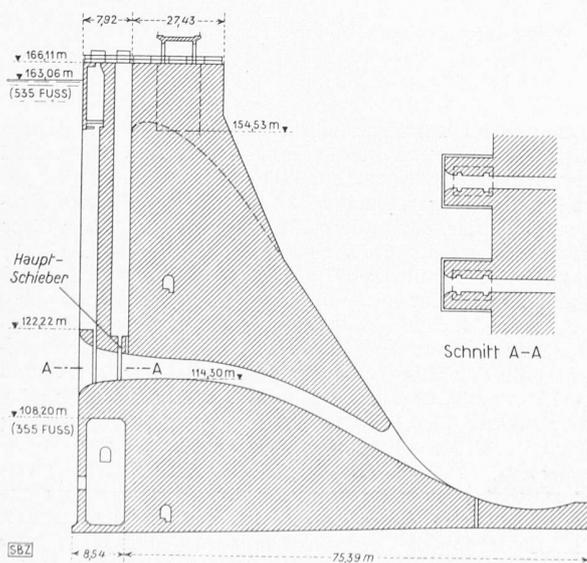


Bild 13. Querschnitt durch die Staumauer mit Entleerungen, 1:1200.

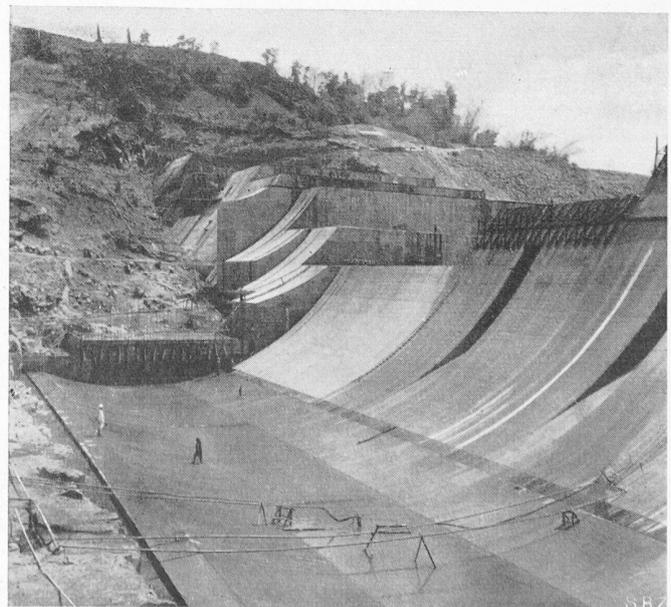


Bild 14. Vaitarna-Staumauer, Bauzustand Juni 1953.