Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89 (1971)
Heft: 14

Artikel: Das Wasserbauprojekt der Kattara-Senke in Ägypten
Autor: Fonck, K.H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84819

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: 02.07.2025

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

gehen ist ähnlich wie das im Abschnitt III unter 2. und 3. erläuterte, jedoch mit dem Unterschied, dass:

1. e_i anstelle von a_i steht,
2. mit dem Index $i = n - 1$ begonnen wird und
3. von Schritt zu Schritt der Index um 1 herabgesetzt wird (bis und mit $i = 0$).

Zahlenbeispiel: $a_0 = 25$

$$\left.\begin{array}{l} 25 \;:2 = 12{,}5 \\ 12{,}5 \;:2 = 6{,}25 \\ 6{,}25 \;:2 = 3{,}125 \\ 3{,}125 : 2 = 1{,}5625 = K \end{array}\right\} 4 \text{ Divisionen} \rightarrow n = 4$$

$$\begin{array}{lll} 0{,}5625 & \cdot 2 = 1{,}125 & \geqq 1 \rightarrow e_3 = 1 \\ (1{,}125 - 1) & \cdot 2 = 0{,}25 & < 1 \rightarrow e_2 = 0 \\ 0{,}25 & \cdot 2 = 0{,}5 & < 1 \rightarrow e_1 = 0 \\ 0{,}5 & \cdot 2 = 1 & \geqq 1 \rightarrow e_0 = 1 \end{array}$$

Das gesuchte Zwischenresultat wird auf ähnliche Weise wie Gl. (2) (vergl. Abschnitt IV) nach dem folgenden Schema berechnet:

$$(4) \qquad b^{a_0} = \left(\ldots\left(\left(\underbrace{\boxed{b}}_{f_0}{}^{e_0} \cdot \underbrace{\boxed{b^{2^1}}}_{f_1 = f_0^2}{}^{e_1}\right) \cdot \underbrace{\boxed{b^{2^2}}}_{f_2 = f_1^2}{}^{e_2}\right) \cdot \ldots \underbrace{\boxed{b^{2^n}}}_{f_n = f_{n-1}^2}{}^{e_n}\right)$$

Anstelle der Operation «Quadratwurzel» ($\boxed{\div}$, $\boxed{=}$) von Abschnitt IV bezüglich c_i ($= \sqrt{c_{i-1}}$) tritt hier eine Quadrierung ($\boxed{\times}$, $\boxed{=}$) bezüglich f_i ($= f_{i-1}^2$).

Der Verfasser dankt Dr. *Heinz Müller*, Mathematiker, Winterthur, für wertvolle Hinweise und Ratschläge, die er ihm anlässlich der Abfassung dieses Beitrages erteilt hat.

Adresse des Verfassers: *René Flatt*, dipl. Masch.-Ing. ETHL, Brünnelihöhestrasse 6, 8400 Winterthur.

Bestätigung vorgeschlagener Versuchsmethoden für Wasserturbinenregler

Von **T. Stein**, dipl. Ing. ETHZ, Vicenza/Italien

DK 621.24–585

Beim Verbundbetrieb der Elektrizitätswerke muss man mit kleinsten Statiken (P-Grad) arbeiten, damit alle Turbinen des Netzes sich an der Frequenzregelung beteiligen. Um bei Ausfall des Verbundnetzes jede Wasserturbine in ihrem dabei entstehenden Inselnetz mit brauchbarer Frequenzhaltung zu regeln, damit durch Parallelschalten der Verbundbetrieb möglichst schnell wieder hergestellt werden kann, ist eine hohe, von den hydraulischen Bedingungen jeder Einheit abhängige, vorübergehende Statik (P-Grad) am Regler einzustellen. Da sich heute ein Inselnetz für jede der Wasserturbinen nur für Versuchszwecke der Reglereinstellung nicht mehr herstellen lässt, ist man auf Frequenzgangmessungen angewiesen, die sich auch im Verbundbetrieb durchführen lassen. Durch den neueingeführten Begriff von zum Beispiel vier Halbschwingungen der Frequenz nach oben und unten bis zum Abklingen einer Frequenzabweichung auf ein Zehntel gewinnt man ein Mass für beste Frequenzregelung unabhängig vom unbekannten Verlauf der Belastungsänderungen im Inselnetz.

In der SBZ *86* (1968), H. 40, S. 703–707, wurde durch Frequenzgangmessungen auf dieser Grundlage an Wasserturbinen von Escher Wyss erstmals der Nachweis erbracht, dass man nicht mit der bis dahin üblichen Erregungsamplitude der aufgedrückten Sinusschwingung von 1 % = 0,5 Hz, sondern wegen Nichtlinearität mit tieferen Erregungsamplituden messen muss, um durch Abklingen der kleinsten Abweichungen vom Beharrungszustand Dauerschwingungen zu vermeiden. Diese Erfassung der Nichtlinearität wurde nach Versuchen von Fasol an weiteren Wasserturbinen bestätigt (SBZ *88* [1970], H. 16, S. 363–364).

Ausser diesen Nichtlinearitäten ist der Einfluss der Elastizität von Wasser und Rohrwand zu berücksichtigen. Für den bei Vollast grössten Elastizitätseinfluss auf den Druckstoss durch Trägheit der Wassermassen wird ein Korrekturfaktor in Abhängigkeit vom Allievi-Koeffizienten verwendet. Umgekehrt ist für die Reglereinstellung der Elastizitätseinfluss durch elastische Druckwellen bei Leerlauf am grössten, was sich aber auch bei Verbundbetrieb durch Abschalten der Einheit direkt versuchsmässig feststellen lässt (SBZ *88* [1970], H. 41, S. 915–920).

Die hiernach aufgestellten einfachen Regeln für das praktische Vorgehen wurden von der Direktion des Automatik-Zentrums der verstaatlichten italienischen Elektrizitätswerke (ENEL) geprüft und anerkannt, was dort zu ihrer Verwendung führt, weil diese Zentralstelle selbst die Versuche leitet.

Das Wasserbauprojekt der Kattara-Senke in Ägypten

DK 626.8:627.84

Von **K. H. Fonck**, Essen

Die von deutschen Wissenschaftlern und Ingenieuren in den sechziger Jahren ausgearbeiteten Pläne für das ägyptische Wasserkraftwerk Kattara-Senke sollen mit sowjetischer Hilfe verwirklicht werden. Das Projekt übertrifft an Grösse und Bedeutung sogar noch die soeben fertiggestellte Assuan-Staumauer und stellt damit das gegenwärtig grösste Wasserbauvorhaben der Welt dar. Die Arbeiten am Kattara-Projekt sollen im Jahre 1975 beginnen.

Bereits im Jahre 1960 war der Plan vorgelegt worden, die Kattara-Senke durch einen Kanal mit dem Mittelmeer zu verbinden, mit Mittelmeerwasser zu füllen und den so entstehenden Wasserstrom zur Elektrizitätsgewinnung zu nutzen. Der Siemens-Konzern legte ein bis in alle Einzelheiten durchdachtes Konzept vor. Die Ägypter waren von der kühnen Planung begeistert. Doch die Verwirklichung scheiterte damals an Finanzierungslücken: Die in der ersten Phase notwendigen 1,3 Mrd DM konnten nicht flüssig gemacht werden.

Die Kattara-Senke liegt mitten in den Lybischen Wüste. Sie bildet einen riesigen, natürlichen Wassertrog von 300 km Länge und 150 km Breite. Die Senke wird von den Eingeborenen als «Teufelsloch» bezeichnet, denn in ihr herrscht eine grauenhafte Öde; die Hitze ist unvorstellbar. Der tiefste Teil ist ein bodenloser Sumpf, der mit «Sabakka», einer glitzernden Salzkruste, bedeckt ist. Nur wenige Fusspfade führen durch die Todesfalle; Fahrzeuge würden sofort versinken. Diese Landschaft soll künftig elektrische Energie liefern und zum Zentrum neuer Siedlungen inmitten der Wüste werden. Der tiefste Punkt der Kattara-Senke liegt 137 m unter dem Spiegel des Mittelmeeres. Das gesamte Becken bedeckt eine Fläche von etwa 20000 km², ist also halb so gross wie die

Legende:
1 Mittelmeer-Wasserspiegel
2 Einlaufbauwerk
3 Ausgleichsbecken 25 Mio m³
4 Kraftwerk
5 Kattara-Meer
S Sandstein und Sand
K Kalkstein
M Mergel
T Ton

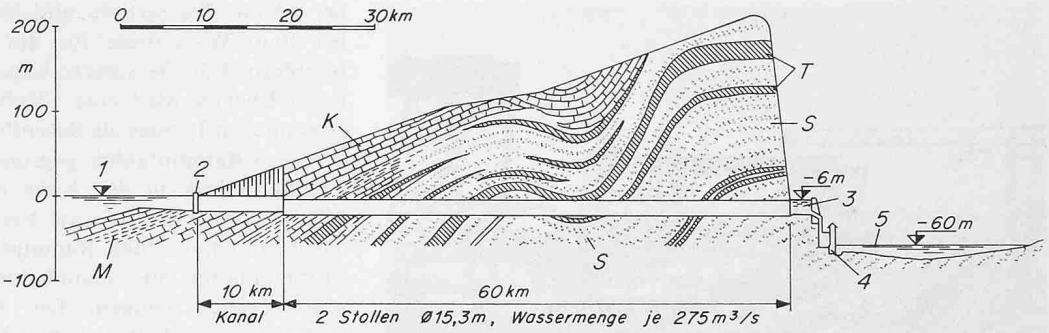


Bild 1. Längsschnitt durch das Wasserbauprojekt für die Kattara-Senke in Ägypten

Schweiz. Wenn man einen Teil dieser Senke bis 60 m unter dem Meeresspiegel mit Mittelmeerwasser auffüllt, entsteht ein künstlicher See von 77 m Tiefe und einer Verdunstungsfläche von etwa 12 000 km². Berechnungen ergaben, dass aus diesem Meer von der 22fachen Grösse des Bodensees pro Sekunde 550 m³ Wasser verdunsten, die als Regen auf die durstenden Wüstengebiete wieder herabsinken. Genau diese Wassermenge von 550 m³ soll ständig vom Mittelmeer in die Kattara-Senke nachfliessen und zur Energieerzeugung ausgenutzt werden. Damit der Wasserspiegel der aufgefüllten Senke nie eine Höhe von 60 m übersteigt, sollen Zufluss und Verdunstung stets im Gleichgewicht gehalten werden. Das Wasser wird dem nur rund 70 km entfernten Mittelmeer entnommen und zunächst durch einen offenen Kanal von 10 km Länge, anschliessend durch zwei unterirdisch verlaufende Stollen in ein künstliches Speicherbecken befördert, bevor es in die Senke stürzt (Bild 1). Um das Wasser in das Sammelbecken fliessen zu lassen, werden vom nutzbaren Gefälle nur 6 m benötigt, so dass für die Energieerzeugung immer noch 54 m Fallhöhe zur Verfügung stehen. Als wirtschaftlichste Lösung für das Kraftwerk schlug Siemens eine Spitzenstromanlage mit einer Maschinenleistung von 1000 MW vor.

Wird der künstliche Kattara-See aber nicht in absehbarer Zeit völlig versalzen und das Kraftwerk dann stilliegen? Solche Befürchtungen sind nach dem Expertengutachten unbegründet, da es 75 Jahre dauern wird, bis der See auf die berechnete Höhe von 60 m unter dem Meeresspiegel angestiegen ist und sich dann das Gleichgewicht zwischen Verdunstung und Zufluss eingestellt hat. Erst nach weiteren 50 Jahren erreicht der Salzgehalt des neuen Kattara-Sees die zehnfache Konzentration des Mittelmeerwassers, und erst von diesem Zeitpunkt ab werden sich Salzkristalle bilden, die zu Boden sinken. Frühestens aber in tausend Jahren würde sich der ganze See bis zur 60-m-Grenze mit Salz ausfüllen.

Das Projekt Kattara-Senke ist nicht nur für die Stromversorgung Unterägyptens mit seinen Millionenstädten Kairo und Alexandria von grosser Bedeutung; in der näheren und weiteren Umgebung der Senke würde zugleich auch das oft unerträglich heisse Wüstenklima verbessert werden. Denn die 550 m³ Wasser, die pro Sekunde verdunsten, fallen ja im Umkreis als Tau und Regen wieder zur Erde nieder. Man rechnet damit, dass in der Nähe der Kattara-Senke die Niederschlagsmengen um etwa das zehnfache ihres bisherigen Wertes ansteigen. Damit wären die ersten Voraussetzungen für eine spätere Besiedlung des Geländes geschaffen. Ausserdem wird sich der unter der Wüste erstreckende Grundwasserspiegel über sehr grosse Entfernungen um 20 m und mehr heben. An vielen Stellen werden neue Oasen entstehen können, weil das Grundwasser näher an die Oberfläche tritt.

So bedeutet der Bau des Kattara-Kraftwerkes für Ägypten viel mehr als nur eine Anlage zur Energiegewinnung. Einer der lebensfeindlichen weissen Flecken auf unserer Erde würde beseitigt. Wenn mit dem Bau 1975 begonnen wird und sich keine Zwischenfälle ereignen, könnte es bereits 1981 soweit sein, dass das erste Mittelmeerwasser in das «Teufelsloch» fliesst und beginnt, die Wüste allmählich zu verwandeln.

Adresse des Verfassers: *K. H. Fonck*, Ing., D-4300 Essen-Byfang, Nöckersberg 27a.

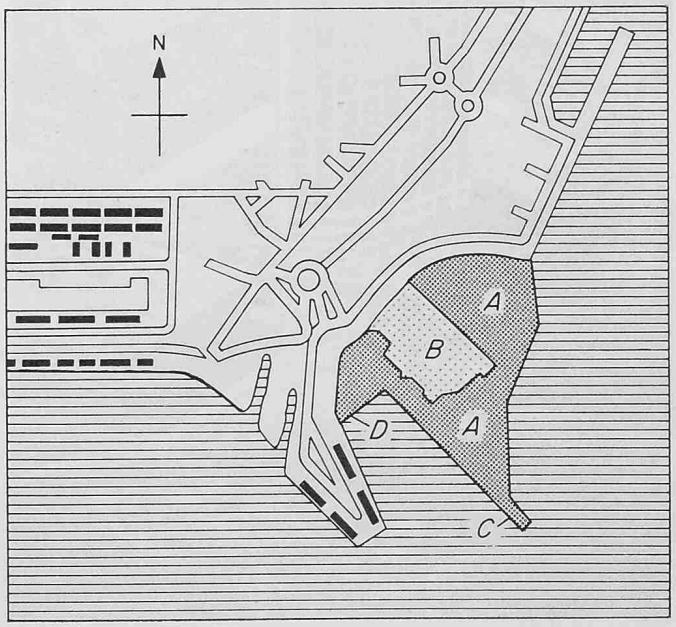
Landgewinnung im Hafen von Singapur

DK 624.135:627.2

Bau eines Containerhafens

Mit einem Güterumschlag von 40 Mio t/Jahr und 180 Schiffsbewegungen pro Tag ist Singapur heute noch der fünfgrösste Hafen der Erde. Nach dem Einrichten einer ausgedehnten Freihafenzone beschloss die Hafenverwaltung dieses Stadtstaates den Bau eines Containerhafens. Dazu bot die East Lagoon die günstigsten Baubedingungen, obgleich für die Anlage von Kais und Umschlagplätzen auch hier keine Landfläche zur Verfügung stand. Wie bei der Gewinnung von Bauland [1]) musste die neue Hafenfläche durch Landaufschüttung aus dem Meer gewonnen werden (Bild 1). Das Areal wird eine Grösse von 400 000 m² aufweisen mit einem Containerschiffkai von 700 m Länge

[1]) Ein Landgewinnungsprojekt in Singapur, SBZ *86* (1968), H. 6, S. 90—91.



Rechts:
Bild 1. Lageplan des neuen Containerhafens im östlichen Teil der Hafenanlagen von Singapur. A durch Landaufschüttung neugewonnene Kai- und Lagerfläche, B Kernfläche in Beton-Bauweise, C Kai für Containerschiffe, D Kai für Stückgut-Frachter