

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

**Artikel:** Bestätigung vorgeschlagener Versuchsmethoden für Wasserturbinenregler  
**Autor:** Stein, T.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84818>

### **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:** 22.02.2026

**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:  $a_0 = 25$

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

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

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

$$(4) \quad b^a_o = \left( \dots \left( \left( \left[ b \right]^{e_0} \cdot \left[ b^{2^1} \right]^{e_1} \right) \cdot \left[ b^{2^2} \right]^{e_2} \right) \cdot \dots \left[ b^{2^n} \right]^{e_n} \right)$$

$$\quad \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow$$

$$\quad \quad \quad f_0 \quad f_1 = f_0^2 \quad f_2 = f_1^2 \quad f_n = f_{n-1}^2$$

Anstelle der Operation «Quadratwurzel» ( $\sqrt{\quad}$ ,  $\sqrt[n]{\quad}$ ) von Abschnitt IV bezüglich  $c_i (= \sqrt[n]{c_{i-1}})$  tritt hier eine Quadrierung ( $\square$ ,  $\square$ ) 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 neu eingeführten 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 Er-

regungsamplitude 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

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

DK 626.8:627.84

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 km<sup>2</sup>, ist also halb so gross wie die