
Durch Optimalregelung nutzbare Gezeitenenergie

Christian Bernd Schmitz

Band 31



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

 FLUID
SYSTEM
TECHNIK

Forschungsberichte zur Fluidsystemtechnik

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Peter F. Pelz

Forschungsberichte zur Fluidsystemtechnik

Band 31

Christian Bernd Schmitz

Durch Optimalregelung nutzbare Gezeitenenergie

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Düren 2022

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2022

Copyright Shaker Verlag 2022

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8844-1

ISSN 2194-9565

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Durch Optimalregelung nutzbare Gezeitenenergie

Zusammenfassung der eingereichten Dissertation von Christian Schmitz

Die zentrale Frage bei der Charakterisierung von möglichen Standorten für Gezeitenturbinen ist die Frage nach der dort erzielbaren Energieausbeute.

Diese Dissertation gibt hierfür eine über den gesamten Wertebereich $\sigma \in [0, 1]$, $q \in [0, 1]$, $Fr_{\{2\}} \in [0, 1]$ valide obere Grenze für die Leistungsausbeute von regelmäßigen Turbinenfeldern in Gezeitenkanälen. Darin ist σ der Anteil des von den Turbinen versperrten Kanalquerschnitts, q die relative Volumenstromreduktion infolge des Betriebs der Turbinen und $Fr_{\{2\}}$ die Froude-Zahl im Unterwasser.

Ausgehend vom Aktuatorscheibenmodell von Pelz et al. (2020) wird ein Modell für ein reguläres Turbinenfeld aus L in Reihe geschalteten Stufen mit jeweils K Turbinen hergeleitet.

Es wird gezeigt, dass sich die Abhängigkeit des Systemwirkungsgrads von Stufenzahl $\eta \propto 1/L$, Versperrungsgrad $\eta \propto 1 - 1/\sigma$ und relativem Volumenstrom $\eta \propto 1 - 1/q$ in guter Näherung durch rationale Funktionen beschreiben lässt. Die analytische Lösung des Optimierungsproblems ergibt damit ein einfaches Gesetz für die optimale Regelung von Turbinenfeldern und die erzielbare maximal mögliche Leistungsausbeute. Diese sind ausschließlich von Versperrung σ und Stufenzahl L abhängig.

Die hergeleitete Gesetzmäßigkeit gibt somit die Möglichkeit, für ein gegebenes Felddesign – also Größe, Anzahl und Positionierung der Turbinen – die erzielbare Energieausbeute aus den gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten des Standortes zu überschlagen. Sie kann damit als Grundlage für Investmententscheidungen dienen.

Usable tidal energy by optimal flow control

Summary of the submitted dissertation by Christian Schmitz

The central question when characterizing possible sites for tidal turbines is the question of the achievable energy yield.

This dissertation derives an upper limit for the power output of regular turbine arrays in tidal channels which is valid over the entire range of values $\sigma \in [0, 1]$, $q \in [0, 1]$, $Fr_{\{2\}} \in [0, 1]$. Herein, σ is the fraction of the channel cross-section blocked by the turbines, q is the relative volume flow reduction due to the operation of the turbines and $Fr_{\{2\}}$ is the Froude number in the downwater.

Based on the actuator disc model by Pelz et al. (2020), a model is derived for a regular turbine array of L consecutive fences with K turbines each.

It is shown, that the dependence of the system efficiency on the number of fences $\eta \propto 1/L$, the blockage $\eta \propto 1 - 1/\sigma$ and the relative volume flow $\eta \propto 1 - 1/q$ can be described in good approximation by hyperbolic functions. The analytical solution of the optimization problem results in a simple law for the optimal control of turbine fields and the maximum possible power that can be achieved. Both depend only on the blockage σ and the number of fences L.

The derived law enables to estimate the achievable energy yield from the flow velocities measured at the site for a given field design, i.e. size, number and position of the turbines. Thus, it may serve as the basis for investment decisions.