

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 82 (1964)
Heft: 25

Artikel: Reinhaltung des Bodensees und Hochrheinschiffahrt
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-67528>

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>

Zu diesem wichtigen Thema nimmt Regierungsbau-
meister *Hans Christaller*, Biberach an der Riss, in der deut-
schen Zeitschrift «Die Wasserwirtschaft» 54 (1964), H. 5,
S. 122 bis 126, in einem höchst beachtenswerten Aufsatz
Stellung. Der Bodensee galt bis zum zweiten Weltkrieg als
besonders sauberes Gewässer, was viele Gemeinden veran-
lasste, aus ihm ihr Trinkwasser zu beziehen. Es sind heute
23 zentrale Wasserversorgungen, zu denen im Herbst 1958
die Fernversorgung für den Grossraum Stuttgart mit maxi-
mal 2160 l/s kam. Im Zweckverband der Bodenseewasserver-
sorgung sind gegenwärtig 40 Gemeinden und Wasserver-
sorgungsgruppen zusammengeschlossen. Von ihm werden
127 Gemeinden mit 1,7 Mio Einwohnern versorgt. Es ist damit
zu rechnen, dass nicht nur die Einwohnerzahlen, sondern
auch die Zahl der Gemeinden zunehmen, die ihr Trinkwasser
aus dem Bodensee beziehen werden. Hieraus ergibt sich die
dringende Notwendigkeit einer weitgehenden Reinhaltung
des Sees. Hinzu kommen die Erfordernisse der Fischerei und
die sehr berechtigten Wünsche des Naturschutzes.

Die Ursachen der Verschmutzung sind bekannt; sie liegen
in der allgemeinen Verwendung des Wassers als Träger
für Abfälle aller Art, wie sie in Industrie, Gewerbe, Haus-
halt, Landwirtschaft, Campingplätzen und Schiffahrt anfallen. Eine weitere Gefährdung bildet die Oelfernleitung Ge-
nua - Ingolstadt, die von Buchs bis zum Bodensee längs des
linken Rheinufers und nachher bis zur österreichisch-deut-
schen Grenze hart dem Seeufer entlang führt. Die Möglich-
keit von Undichtheiten und Oelverlusten an Entnahmestellen
ist keineswegs ausgeschlossen. Zur Reinigung der Abwässer
stehen grösstenteils nur mechanische Kläranlagen zur Ver-
fügung, was durchaus ungenügend ist. Vielerorts sind bio-
logische Stufen im Bau und teilweise schon im Betrieb. Auch
sie genügen nicht, da sie die Zufuhr von Phosphaten zum
See nicht wesentlich zu verringern vermögen. Diese sind aber
für die Planktonerzeugung massgebend. Befriedigende Ver-
hältnisse sind erst zu erwarten, wenn als dritte Stufe chemische
Fällungsvorrichtungen gebaut werden, was allerdings mit erheblichen
Kosten verbunden wäre. Eine andere Möglichkeit besteht im Bau einer Ringleitung um den ganzen
See, die alle Abwässer aufnimmt und sie unterhalb des Sees
in den Rhein einleitet. Dazu wären Vereinbarungen zwischen
allen drei Uferstaaten über Finanzierung, Bau und Betrieb
erforderlich.

Die Frage, die uns alle aufs stärkste beschäftigt, ist die
nach der mutmasslichen Beeinträchtigung der Wasserreinheit
durch die Hochrheinschiffahrt. Nachdem nun nur noch die
Staustufen Koblenz-Kadelburg und Rheinfelden auszubauen
sind, muss eine grundsätzliche Entscheidung in dieser Sache
demnächst getroffen werden¹⁾. Dass sich die Natur- und
Heimatschutzvereine sowie andere an der Reinhaltung des
Wassers und der Erhaltung der Naturschönheiten intere-
sierten Körperschaften gegen den Ausbau des Hochrheins
zur Grossschiffahrts-Wasserstrasse zur Wehr setzen, ist nicht
nur verständlich, sondern weitgehend auch begründet. Dazu
wäre auf die rechtlichen Grundlagen für Schutzmassnahmen
hinzzuweisen, die heute noch sehr mangelhaft sind, weiter an
die Schwierigkeiten, die einer für alle drei Uferstaaten ver-
bindlichen Regelung entgegenstehen und vor allem auf die
zahlreichen Fälle von schwerwiegenden Gewässer-Verun-
reinigungen, wie sie infolge technischer Mängel und Un-
achtsamkeiten immer wieder vorkommen. Die Gefährdung
wird nicht nur durch die Schiffahrt verursacht, sondern
mehr noch durch die Industrialisierung des Bodenseegebietes
und die damit verbundene Bevölkerungsvermehrung. Ein
Fluss kann die mechanisch und biologisch gereinigten Ab-
wässer ohne wesentliche Beeinträchtigung wegführen, ein
See müsste unfehlbar verschmutzen. Daher sind Industrien
und die mit ihnen verbundenen Wohngebiete von Seeufern

fernzuhalten oder mit Kläranlagen und Kanalisationen zu
versehen, die *unterhalb* der Seen in die Abflüsse führen.

Gegenüber den Bedenken und Aktionen der an der Reinhaltung interessierten Kreise machen die Schiffahrtsverbände geltend, dass die Hochrheinschiffahrt Frachtkostenersparnisse in den Anliegerstaaten von jährlich 50 Mio DM bringe, während die Gesamtbausumme nur 320 Mio DM betrage, dass also ihre Rentabilität nicht in Frage gestellt sei. Sie soll einem Gebiet, das in jeder Hinsicht wirtschaftlich zurück ist, helfen, den immer schärfster werdenden Wettbewerb zu bestehen.

Im März 1963 sind die Vertreter des Deutschen Ver-
bandes für Wasserwirtschaft und seiner für den Bodensee
und den Hochrhein zuständigen Regionalverbände, sowie des
österreichischen und des schweizerischen Wasserwirtschafts-
verbandes in Wien zusammengekommen und haben die
Frage der Hochrheinschiffahrt vom Standpunkt des Ge-
wässerschutzes und insbesondere der Reinhaltung des Boden-
sees besprochen. Sie kamen dabei zu folgender einheitlicher
Auffassung:

1. Die Wasserwirtschaftsverbände fördern alle Mass-
nahmen, die einer Entfaltung der Wasserwirtschaft dienen;
es ist seit jeher ihr Bestreben, die verschiedenen Nutzungen
aufeinander abzustimmen.

2. Aus diesem Grunde befassen sich die Verbände schon
seit über zehn Jahren auch mit den Fragen der Reinhaltung
des Bodensees und unterstützen alle diesbezüglichen Bestre-
bungen.

3. Schon mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten
können unerwünschte, mit der Schiffahrt selbst oder einer
nachfolgenden Industrialisierung in Zusammenhang stehende
Beeinflussungen der Gewässergüte des Bodensees weitgehend
vermieden werden. In den bis zur eventuellen Verwirklichung
der Hochrheinschiffahrt verstreichen Jahren ist ein weiterer
Fortschritt der Abwassertechnik zu erwarten, der die
Reinhaltung des Bodensees technisch und wirtschaftlich erleichtern wird.

4. Schon jetzt sind die Forderungen aufzustellen, die
vom Standpunkt des Gewässerschutzes sowohl im Hinblick
auf die Hochrheinschiffahrt als auch auf die Nachfolge-
industrie zur Reinhaltung des Bodensees ergriffen werden
müssen, um eine Beeinträchtigung der anderen Nutzungen
am Bodensee, so insbesondere der Trinkwasserversorgung,
auszuschliessen.

5. Dringlich und unerlässlich ist die Verbesserung des
derzeitigen Gewässergütezustandes des Bodensees als eine
der Voraussetzungen für die gegebenenfalls in den Bodensee
weitergeführte Hochrheinschiffahrt. Ausser den zweifellos
notwendigen wissenschaftlichen Untersuchungen müssen
auch entscheidende praktische Fortschritte bei der Sanie-
rung der bestehenden Abwasserverhältnisse erzielt werden.

6. Es erscheint den beteiligten Wasserwirtschaftsverbän-
den richtig, wegen der Ausdehnung der Hochrheinschiffahrt
die Möglichkeit des nachträglichen Schleuseneinbaues bei
allen neuen Kraftstufen des Hochrheins — auch bei denen
oberhalb von Waldshut — rechtlich und technisch zu sichern.

In diesem Memorandum, das den beteiligten Regierun-
gen unterbreitet wurde, wird der Trinkwasserversorgung
ein Primat eingeräumt, das jedoch auch andere wasserwirt-
schaftliche Interessen nicht unbedingt ausschliessen muss.
Voraussetzung für ihre Verwirklichung ist jedoch, dass die
Trinkwasserversorgung in keiner Weise gefährdet wird. Das
Kernproblem für die Wasserwirtschaft des Bodensees ist
eine baldige und nachhaltige Verbesserung der Wassergüte
des Sees, unabhängig davon, ob die Schiffahrt bis zum See
geföhrt wird oder nicht. Für diese Verbesserung muss noch
sehr viel geschehen, sowohl durch weitere Beobachtungen
und Forschungen als vor allem durch die Ausführung prakti-
scher Sanierungsmassnahmen. Dieses Ziel kann aber nur

1) Ueber den gegenwärtigen Stand der Hochrhein-Schiffahrtspro-
jekte enthält der Jahresbericht 1963 des Nordostschweizerischen Ver-
bandes für Schifffahrt Rhein -- Bodensee interessante Angaben. Siehe
«Strom und See» 59 (1964) H. 5, S. 148-154.

auf dem Weg einer vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen den drei Anliegerstaaten erreicht werden, wobei die technischen und finanziellen Fragen unter Wahrung der berechtigten Interessen aller Beteiligten geregelt werden müssen.

Im Sinne einer solchen Zusammenarbeit haben die Wasserverwirtschaftsverbände mit ihrem Memorandum auf die Aufgaben hingewiesen, die alle Anliegerstaaten in gleichem

Massen sich zu eigen machen müssten. Sie haben damit gezeigt, dass sie entschlossen sind, nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis für eine Abstimmung der verschiedenen Wassernutzungen am Bodensee einzutreten. Dabei muss auch in der Zukunft die Reinhaltung des Bodensees mit allen damit zusammenhängenden Fragen als eine der vordringlichsten internationalen wasserwirtschaftlichen Aufgaben angesehen und in jeder Hinsicht gefördert werden.

Einfluss der Elastizität auf die optimale Reglereinstellung von Wasserturbinen

DK 621.24:621-531.9

Berichtigung zum Aufsatz von T. Stein und D. Hinze¹⁾

Von Dr.-Ing. G. Lein, Heidenheim/Brenz, Deutschland

Die Verfasser leiten allgemeine Formeln zur Bestimmung der optimalen Einstellung der Regler von Wasserturbinen ab. Solche Faustformeln sind für Regeltechnisch normale Anlagen sehr wertvoll. Für Regeltechnisch schwierige Anlagen wird es sich jedoch empfehlen, die Stabilitätsuntersuchungen ohne Vereinfachungen und Vernachlässigungen durchzuführen, damit das Verhalten bei den verschiedenen Lasten möglichst genau beurteilt werden kann. Dabei zeigen sich dann die verschiedenen Möglichkeiten, das Stabilitätsverhalten zu verbessern, auch wenn der Einstellbereich des Reglers erschöpft ist. Die von den Verfassern erwähnte Einführung einer zusätzlichen Statik zwischen Spannung und Frequenz ist nur eine dieser Möglichkeiten. Auch eine ausführliche Stabilitätsrechnung erfordert bei einem Digitalrechner nur geringen Zeitaufwand.

Im Abschnitt 11 scheint den Verfassern ein Irrtum unterlaufen zu sein.

1. Bei Eingabe einer ungedämpften Eingangsschwingung ist bei einem aufgeschnittenen Regelkreis die Ausgangsgröße ebenfalls eine ungedämpfte Schwingung.

2. Der aufgeschnittene Regelkreis lässt sich nur dann schließen, wenn Eingangs- und Ausgangsgröße amplituden- und phasengleich sind und gleiche Dämpfung haben. Das heißt, bei ungedämpfter Eingangsschwingung ist ein Schließen nur möglich, wenn der Eigenwert des Regelkreises ungedämpft ist, d. h. an der Stabilitätsgrenze verläuft. Ist der Regelkreis jedoch eindeutig stabil, so lässt sich der aufgeschnittene Regelkreis nur schließen, wenn die Eingangsschwingung mit der Eigenfrequenz und der Eigendämpfung erfolgt²⁾.

Das gleiche gilt auch für den inversen Frequenzgang des aufgeschnittenen Regelkreises. Es ist also nicht zulässig, den Frequenzgang des aufgeschnittenen Regelkreises F_0 mit dem Glied $i\omega/(-\delta + i\omega)$ zu multiplizieren, um die Kennwerte des Eigenschwingungsvorganges ω_e und δ_e zu berechnen. Das lässt sich aus der Bedingungsgleichung (35) ebenfalls ableiten:

Setzt man den Wert δ aus der zweiten Gleichung in die erste ein, so erhält man $R_0 = 1$. Zu $R_0 = 1$ gehört ein bestimmter Wert ω , für den aber $I_0 \neq 0$ ist, wenn es sich nicht um einen Regelkreis an der Stabilitätsgrenze handelt. Dieser Wert ω ist nicht gleich der Eigenschwingungsfrequenz. Also ist auch δ nicht gleich der Eigendämpfung.

Das soll an einem einfachen Beispiel gezeigt werden. Es handelt sich um einen Regelkreis, bestehend aus einer Francis-Turbine (Elastizität von Wasser und Wasserführung vernachlässigt) und einem PI-Regler. Die Reglereinstellung ist etwa «optimal» gewählt, so dass der Regelkreis stabil

ist. Der Frequenzgang des aufgeschnittenen Regelkreises F_0 lautet für diesen Fall

$$F_0 = \frac{-0,475 - 1,38 p + 19,4 p^2}{6,05 p + 45,8 p^2 + 50,8 p^3}$$

Die mit dem Ansatz $p = i\omega - \delta$ aus $F_0 = 1$ (Bedingung dafür, dass der Regelkreis geschlossen werden kann) ermittelten Werte ω_e und δ_e sind

$$\omega_e = 0,25, \quad \delta_e = 0,216$$

Sie bilden den Eigenwert des Regelkreises. Mit den Bedingungsgleichungen (35) des Aufsatzes Stein-Hinze lässt sich für das Beispiel kein Wert ω finden, für den $R_0(\omega) = 1$ ist, wie es die Kombination beider Gleichungen verlangt. Es ist also unklar, wie die Berechnung in einem solchen Fall vor sich geht. Es wurde nicht weiter untersucht, ob sich die «optimale» Einstellung des Reglers mit den richtigen Werten ω_e und δ_e wesentlich ändert.

Stellungnahme der Verfasser

Der Einfluss von Elastizität und Reglereinstellung auf ω_e und δ_e wurde zunächst unter Zuhilfenahme graphischer Methoden ermittelt. Um zu versuchen, hiefür mit dem Computer allein auszukommen, wurden als erste Näherung die dargestellten Beziehungen verwendet, die auf dem Computer keine wesentlich veränderten Ergebnisse für die optimale Reglereinstellung ergaben. Dabei ist der vom Frequenzgang abhängige Phasen-Voreilungswinkel durch die Abklinggröße δ ersetzt, die durch die Voreilung hervorgerufen wird. An der Stabilitätsgrenze ist der Voreilwinkel und auch die Abklinggröße δ null, und beide Werte wachsen mit zunehmender Dämpfung. Bei kleinen Voreilwinkeln besteht annähernd Proportionalität zwischen Voreilwinkel und der vom vertikalen Abstand der Ortskurve vom kritischen Punkt abhängigen Abklinggröße δ , gemessen im Maßstab der Frequenzteilung auf der Ortskurve im Fußpunkt dieser Vertikalen. Die Proportionalität besteht annähernd, solange das ω, δ -Netz noch nicht stark verzerrt ist und der Maßstab der Frequenzteilung der abklingenden Schwingung der Stabilitätsgrenze gegenüber noch nicht stark abweicht.

Es wurde aber für die Programmierung des Computers mit Iteration, die im Aufsatz nur andeutungsweise behandelt ist, eine weitere Ableitung entwickelt, die ohne solche Einschränkungen die Abklinggröße δ_e und die Eigenfrequenz ω_e auch direkt durch den Computer ermittelt. Dies Rechen-Programm, das ebenso die Zuhilfenahme graphischer Methoden für die Ermittlung der Reglereinstellung erübrigt, hat inzwischen die ersten Resultate ergeben, wobei die Rechenzeit sehr kurz ist. Es ist ferner in dem Sinn erweitert, dass es für alle hydraulischen Turbinen, also auch für Pumpen gültig ist. Es gestattet in gleicher Weise, wie im Aufsatz dargestellt, die Beurteilung des Abklingvorgangs durch die Abklingzeit $T_{1/10}$ und die Anzahl Ausschläge $a_{1/10}$. Dieses Rechen-Programm mit seinem Fluss-Schema einschließlich Iteration wird in einem folgenden Aufsatz in dieser Zeitschrift ausführlich behandelt werden.

1) SBZ 1964, H. 13, S. 199.

2) A. Leonhard: Die selbsttätige Regelung, 2. Auflage, Springer 1957, S. 252 ff.

G. Hutařev: Regelungstechnik, 2. Auflage, Springer 1961, S. 171/172.