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: 13.07.2025

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

Reinhaltung des Bodensees und Hochrheinschiffahrt

DK 628.2

Zu diesem wichtigen Thema nimmt Regierungsbaumeister *Hans Christaller*, Biberach an der Riss, in der deutschen 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 veranlasste, aus ihm ihr Trinkwasser zu beziehen. Es sind heute 23 zentrale Wasserversorgungen, zu denen im Herbst 1958 die Fernversorgung für den Grossraum Stuttgart mit maximal 2160 l/s kam. Im Zweckverband der Bodenseewasserversorgung sind gegenwärtig 40 Gemeinden und Wasserversorgungsgruppen 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, Haushalt, Landwirtschaft, Campingplätzen und Schiffahrt anfallen. Eine weitere Gefährdung bildet die Oelfernleitung Genua - Ingolstadt, die von Buchs bis zum Bodensee längs des linken Rheinufers und nachher bis zur österreichisch-deutschen Grenze hart dem Seeufer entlang führt. Die Möglichkeit von Undichtheiten und Oelverlusten an Entnahmestellen ist keineswegs ausgeschlossen. Zur Reinigung der Abwässer stehen grösstenteils nur mechanische Kläranlagen zur Verfügung, was durchaus ungenügend ist. Vielerorts sind biologische 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 Verhältnisse 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 werden [1]). Dass sich die Natur- und Heimatschutzvereine sowie andere an der Reinhaltung des Wassers und der Erhaltung der Naturschönheiten interessierten Körperschaften gegen den Ausbau des Hochrheins zur Grosschiffahrts-Wasserstrasse zur Wehr setzen, ist nicht nur verständlich, sondern weitgehend auch begründet. Dazu wäre auf die rechtlichen Grundlagen für Schutzmassnahmen hinzuweisen, die heute noch sehr mangelhaft sind, weiter an die Schwierigkeiten, die einer für alle drei Uferstaaten verbindlichen Regelung entgegenstehen und vor allem auf die zahlreichen Fälle von schwerwiegenden Gewässer-Verunreinigungen, wie sie infolge technischer Mängel und Unachtsamkeiten 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 Abwässer 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 schärfer werdenden Wettbewerb zu bestehen.

Im März 1963 sind die Vertreter des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und seiner für den Bodensee und den Hochrhein zuständigen Regionalverbände, sowie des österreichischen und des schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes in Wien zusammengekommen und haben die Frage der Hochrheinschiffahrt vom Standpunkt des Gewässerschutzes und insbesondere der Reinhaltung des Bodensees besprochen. Sie kamen dabei zu folgender einheitlicher Auffassung:

1. Die Wasserwirtschaftsverbände fördern alle Massnahmen, 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 Bestrebungen.

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 verstreichenden 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 Nachfolgeindustrie 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 Sanierung der bestehenden Abwasserverhältnisse erzielt werden.

6. Es erscheint den beteiligten Wasserwirtschaftsverbänden 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 Regierungen unterbreitet wurde, wird der Trinkwasserversorgung ein Primat eingeräumt, das jedoch auch andere wasserwirtschaftliche Interessen nicht unbedingt ausschliessen muss. Vorausetzung 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 geführt wird oder nicht. Für diese Verbesserung muss noch sehr viel geschehen, sowohl durch weitere Beobachtungen und Forschungen als vor allem durch die Ausführung praktischer Sanierungsmassnahmen. Dieses Ziel kann aber nur

1) Ueber den gegenwärtigen Stand der Hochrhein-Schiffahrtsprojekte enthält der Jahresbericht 1963 des Nordostschweizerischen Verbandes für Schiffahrt 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 Wasserwirtschaftsverbände mit ihrem Memorandum auf die Aufgaben hingewiesen, die alle Anliegerstaaten in gleichem Masse 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. Hinze [1])

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 regelungstechnisch 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 Eingangsgrösse ist ein Schliessen nur möglich, wenn der Eigenvorgang 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 erfolgt [2]).

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

$$\omega_e = 0{,}25, \qquad \delta_e = 0{,}216$$

Sie bilden den Eigenvorgang 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 Endergebnisse 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 Masstab 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 Masstab 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 Turbomaschinen, 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. Hutarew: Regelungstechnik, 2. Auflage, Springer 1961, S. 171/172.