

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 6

Artikel: Eine neue Methode zur Bestimmung der Stabilität von Regulierungen
Autor: Feiss, René
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83499>

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: 15.01.2026

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

INHALT: Eine neue Methode zur Bestimmung der Stabilität von Regulierungen. — Wettbewerb für eine neue Bahnhofbrücke in Olten. — Das Problem Schiene/Strasse. — Mitteilungen: Vereinigung schweizerischer Strassenfachmänner. Balkenbemessung trümmersicherer Luftschutzräume. Selbsttätiges Wiedereinschalten von Ueberlandleitungen. Feinst-

messtechnik. Das Kunstlicht im Innenraum. Einheitsstrassenbahnwagen. Infrarotlampen für Heizung und Trocknung. In einer Nut geleimte Holzbalken. Persönliches. Das Jenner Kinderspital in Bern. — Nekrologe: Dr. h. c. Sidney W. Brown. — Literatur. — Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidgen. Technischen Hochschule.

Band 118

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 6

Eine neue Methode zur Bestimmung der Stabilität von Regulierungen

Von Ing. Dr. RENÉ FEISS, Winterthur

Die Bestimmung der dynamischen Stabilität von mittelbaren Regulierungen anhand des Kriteriums von Hurwitz führt zu oft unübersichtlichen Determinanten-Ungleichungen¹⁾. Es wurde daher schon verschiedentlich versucht, das Ziel auf eine anschaulichere Art, mit mechanischen²⁾ ³⁾ ⁴⁾ oder elektrischen⁵⁾ Modellen, zu erreichen. Die im nachfolgenden Aufsatz dargelegte Methode erlaubt unter Anwendung der Regenerationstheorie, mit Hilfe des Vektorbildes der Regelung deren Stabilität zu bestimmen⁶⁾.

Wirkt in einem Regulierungssystem der zu regulierende Energiefluss auf die Regulierung zurück, d. h. ist das Regulierungssystem in sich geschlossen, so kann dieses System entweder stabil oder instabil sein. Als stabil wird das System dann bezeichnet, wenn eine kleine einmalige Initialstörung, die in das System hineingebracht wird, eine abklingende Reaktionsschwingung des Systems hervorruft. Instabil heisst ein System, dessen Reaktionsschwingung sich aufschauelt oder auch harmonisch weiterschwingt. Im letzten Falle heisst dies, dass die zugeführte Energie gerade ausreicht, um die Schwingung zu erhalten. Um das Problem zu vereinfachen, bedienen wir uns der Analogie zwischen den Regelungen und den in jüngster Zeit in der Hochfrequenz- und Schwachstromtechnik viel besprochenen, gegengekoppelten Verstärkersystemen⁷⁾ ⁸⁾, deren Stabilitätsproblem in allgemeiner Form von Nyquist⁹⁾ ¹⁰⁾ ¹¹⁾ theoretisch untersucht worden ist.

Der Anschaulichkeit halber soll die neue Methode anhand eines praktischen Beispiels erläutert werden, nämlich der Druckregulierung (Isobarregulierung) eines Zwangsdurchlaufkessels moderner Bauart, wie er in vielen Ausführungen im Betrieb ist (Abb. 1).

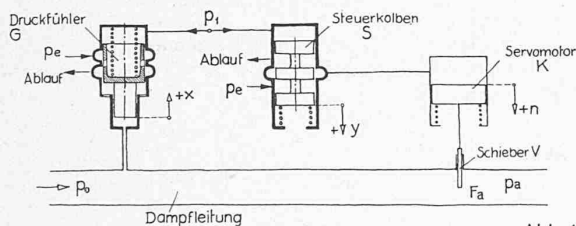


Abb. 1

Schema der Druckregulierung eines Zwangsumlaufkessels

Die Wirkungsweise des Reglers ist in kurzen Zügen die folgende: Steigt der Druck p_0 in der Dampfleitung zufolge veringert Dampfverarbeitung seitens des Verbrauchers, so steigt der Kolben des Druckfühlers G . Drucköl tritt unter dem Druck p_e so lange über den Kolben, bis der Druck p_1 dem veränderten Druck p_0 das Gleichgewicht hält. Unter dem Einfluss des steigenden Druckes p_1 bewegt sich der Steuerkolben S nach unten und öffnet den Oelabfluss des Servomotorkolbens K . Dieser

geht unter dem Einfluss der Feder nach oben und vergrössert den Querschnitt F_a des Schiebers in der Dampfleitung, wodurch der Druck p_0 absinkt. Der Regelvorgang ist beendet, sobald der Steuerkolben in seiner Mittellage verharrt, was dann der Fall ist, wenn der Druck p_0 seinen ursprünglichen Wert angenommen hat.

Jede Regulierung besteht aus Schwingungsgliedern und Kopplungsgliedern. Als Schwingungsglieder bezeichnet man jene Regulierungsbestandteile, denen eine bestimmte Funktion zugewiesen ist, und an denen Massen-, Reibungs- oder Federkräfte einzeln oder gemeinsam wirksam sind. Im vorliegenden Fall unterscheiden wir folgende Schwingungsglieder: 1. Druckfühler, 2. Kraftgetriebe (Steuerschieber S , Servomotor K , Schieber V), 3. Rohrstrang zwischen Druckfühler und Schieber V . Als Kopplungsglieder bezeichnet man die Verbindung zwischen den einzelnen Schwingungsgliedern; schwingungstechnisch sind sie meist ohne Bedeutung. Kopplungsglieder sollen Regelimpulse nur in einer Richtung übertragen, um störende Rückwirkungen zu vermeiden; solche Verbindungen bezeichnet man als einseitige Kopplungen. In der Praxis hat sich wiederholt gezeigt, dass gegenseitige Kopplungen zwischen einzelnen Schwingungsgliedern eine Regulierung unbrauchbar machen können¹²⁾. Wird diese zu wenig beachtete Tatsache beim Entwurf berücksichtigt, so kann man die Vorgänge leicht überblicken und insbesondere bei Unstabilität im Betrieb sofort Abhilfe schaffen, indem keine Sekundäreffekte zufolge örtlicher Rückkopplung auftreten können.

Wir treten an die Analyse der einzelnen Bestandteile der Regulierung heran, indem wir uns bei der Aufstellung der Gleichungen an die im Werk von Tolle angegebenen Grundsätze halten¹³⁾.

1. Der Druckfühler G besteht aus einem sog. Glockenkolben, der mit Masse behaftet ist. Von aussen wirken auf ihn ein: die Reibungskraft, die Federkraft und der Oeldruck. Seine Bewegungsgleichung lautet daher:

$$m_1 \frac{d^2x}{dt^2} + k_1 \frac{dx}{dt} + \alpha x = \Delta p_0 F_0 - \Delta p_1 F_1 \quad (1)$$

Dabei bedeuten: x die Auslenkung des Glockenkolbens aus der Mittellage; F_0 bzw. F_1 die Fläche des Kolbens, auf die p_0 bzw. p_1 wirkt; Δp_0 bzw. Δp_1 die momentane Abweichung des Druckes von p_0 bzw. p_1 ; m_1 , k_1 , α drei die Trägheit, flüssige Reibung und Federkraft kennzeichnende Koeffizienten; $\Delta p_0 F_0$ bzw. $\Delta p_1 F_1$ ist die Kraft, herrührend von der Oeldruckabweichung am Kolben. Ist die auf der rechten Seite von (1) stehende Störkraft harmonisch, von der Kreisfrequenz ω , und $x(t)$ eine harmonische Schwingung der selben Frequenz, so kann man bekanntlich sowohl die Störkraft, als auch jeden der drei linksstehenden Terme durch einen Vektor darstellen. Der dritte der drei letztgenannten Vektoren ist gegen den zweiten, dieser gegen den ersten um 90° verdreht; ihre Resultierende ist nach Gl. (1) dem die Störkraft darstellenden Vektor gleich. Projiziert man das ebene Vektorpolygon, das die der Gl. (1) entsprechende Vektorgleichung veranschaulicht, auf eine mit der Winkelgeschwindigkeit ω in der Ebene des Polygons rotierende Zeitachse, so erhält man zwischen den bezüglichen Vektorkomponenten den durch (1) ausgedrückten Zusammenhang.

2. Das Kraftgetriebe besteht zunächst aus dem Steuerkolben S , der mit Masse behaftet ist. An äusseren Kräften wirken auf ihn: die Reibungskraft, die Federkraft und der Oeldruck. Der Kolben bewegt sich gemäss der Gleichung:

$$m_2 \frac{d^2y}{dt^2} + k_2 \frac{dy}{dt} + \beta y = \Delta p_1 F_2 \quad (2)$$

Dabei bedeuten: y die Abweichung des Steuerschiebers aus der neutralen Lage; m_2 , k_2 , β wiederum drei die Trägheit, flüssige Reibung und Federkraft kennzeichnende Koeffizienten; F_2 die Fläche des Steuerkolbens, auf den der Druck p_1 wirksam ist. Der Servomotorkolben K bewegt sich proportional der zu- bzw. abfliessenden Oelmenge, die ihrerseits proportional der Auslenkung des Steuerschiebers aus der Mittellage ist. Die Oelabflussgleichung lautet:

$$-(y/y_{\max}) Q_{\max} = (V_{\max}/u_{\max}) \frac{dn}{dt}$$

¹²⁾ M. Lang: Regeltheoretische Untersuchung über die Selbststeuerung von Wärmesystemen, «Wärme» Bd. 60 (1937), S. 8/13 und 23/26.

¹³⁾ M. Tolle: Die Regelung der Kraftmaschinen, Berlin 1921, S. 756/63.

¹⁾ A. Stodola: Ueber die Regulierungen von Turbinen, «SBZ» Bd. 22 (1893), S. 113/17, 121/22, 126/28, 134/35 und Bd. 23 (1894), S. 108/12 und 115/17.

²⁾ J. v. Freudenreich: Untersuchung der Stabilität von Regeleinrichtungen. In: E. Honegger, Stodola-Festschrift, Zürich 1929, S. 172/79.

³⁾ S. P. Grison: A mechanical analogy to the problem of transmission stability, «Electr. J.» Bd. 23 (1926), S. 230.

⁴⁾ M. Darrieus: Les modèles mécaniques en électrotechnique, leur application aux problèmes de stabilité, «Bull. Soc. Franç. Electr.» Bd. 9 (1929), S. 794/809.

⁵⁾ R. Feiss: Regenerationstheorie und Stabilität von Regulierungen, «SBZ» Bd. 115 (1940), Nr. 9, S. 97/99.

⁶⁾ R. Feiss: Untersuchung der Stabilität von Regulierungen anhand des Vektorbildes, Diss. E. T. H. Zürich 1939.

⁷⁾ H. Bartels und F. Schierl: Die Arbeitsweise gegengekoppelter Verstärker, «Telefunkenztg.» Bd. 18 (1937), Nr. 77, S. 9/23.

⁸⁾ B. D. H. Tellegen: Gegenkopplung, «Philips Techn. Rundschau», Bd. 2 (1937).

⁹⁾ H. Nyquist: Regeneration theory, «Bell Syst. Techn. J.» Bd. 11 (1932), S. 126/47 und «Ann. Postes Télégr. Téléph.» Bd. 23 (1934), S. 1010/16.

¹⁰⁾ E. Peterson, J. G. Kreer und L. A. Ware: Regeneration theory and experiments, «Proc. Inst. Radio Engrs.» Bd. 22 (1934), S. 1191/1210 und «Bell System Techn. J.» Bd. 13 (1934), S. 680/700.

¹¹⁾ D. G. Reid: Necessary conditions for stability (or selfoscillation) of electrical circuits, «Wireless Engrs.» Bd. 14 (1937), S. 588/96.

und kann generell zusammengefasst werden zu

$$-Ay = B \, dn/dt \quad (3)$$

3. Druckfühler und Kraftgetriebe sind durch eine Leitung verbunden, die die Funktion des Kopplungsgliedes übernimmt. Die Oelflussgleichung bestimmt das Abhängigkeitsverhältnis der Bewegung beider Schwingungsglieder; sie lautet z. B. für sinkenden Druck Δp_1 : das unter dem Steuerkolben freierwerdende Öl fliesst einerseits unter den Glockenkolben, andererseits strömt es durch die Öffnung am Glockenkolben aus. Setzen wir die ausfliessende Ölmenge proportional dem Hub x , so sind:

$$F_1 \, dx/dt + Dx + F_2 \, dy/dt = 0 \quad (4)$$

4. Die Gleichung der Dampfleitung findet sich aus den folgenden Zusammenhängen: Bei Beharrung sei der Hub des Schiebers V gleich n_0 und die Ausflussmenge G_0 . Zur Zeit t soll die Vergrösserung des Servomotorhubes, gegenüber der Beharrung, n betragen; die dadurch bedingte Vergrösserung von F_a : $G' = (k G_{\max}) n/n_{\max}$, wenn G_{\max} und n_{\max} die grössten Werte der Durchflussmenge bzw. des Servomotorhubes darstellen. Die Folge wird eine Druckabsenkung um Δp_0 sein, die ihrerseits eine Verminderung des Dampfabflusses bewirkt um: $G'' = G_{\max} \Delta p_0/p_{0\max}$, sofern der Dampfabfluss proportional der Druckabsenkung angenommen wird und $p_{0\max}$ den Höchstwert in der Leitung darstellt. Es strömt also mehr Dampf durch den Schieber V ab als der Leitung zufliesst, nämlich: $G = G' - G''$. Geschieht dies in der Zeit dt und ändert sich dabei γ um $\Delta\gamma$, so ist $G \, dt = V \, d\gamma$, wenn V das Volumen der Leitung ist. Mit D als sekundlich zufließender Dampfmenge wird $G \, dt = (D/\gamma) \, d\gamma$, oder zufolge Proportionalität zwischen Druck und spez. Gewicht: $G \, dt = (D/p) \, dp$. Die Gleichung der Dampfleitung lautet demnach:

$$(D/p_{0\max}) \, dp/dt + G_{\max} \Delta p_0/p_{0\max} = k G_{\max} n/n_{\max}$$

Führen wir die Anlaufzeit $T_e = D/G_{\max}$ ein, so geht vorstehende Gleichung über in:

$$(T_e/p_{0\max}) \, dp/dt + \Delta p/p_{\max} = k n/n_{\max} \quad (5)$$

oder generell: $E \, dp/dt + H \Delta p = J n$.

Im folgenden sind x , y , n , Δp_0 , Δp_1 (und damit die Ableitungen dieser Grössen) als kleine harmonische Schwingungen von der nämlichen Kreisfrequenz ν vorausgesetzt, beispielsweise:

$$\dot{y} = a \sin \nu t, \quad y = \frac{a}{\nu} \sin \left(\nu t - \frac{\pi}{2} \right), \quad \ddot{y} = a \nu \sin \left(\nu t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$$\Delta \dot{p}_1 = b \sin (\nu t + \gamma), \quad \Delta p_1 = \frac{b}{\nu} \sin \left(\nu t + \gamma - \frac{\pi}{2} \right)$$

Die z. B. aus Gl. (2) durch Einsetzen dieser Werte entstehende Gleichung zwischen Skalaren kann man, wie oben angedeutet, durch eine Gleichung zwischen Vektoren ersetzen. Die die Skalaren y , \dot{y} , \ddot{y} darstellenden Vektoren bezeichnen wir gleichfalls mit y , \dot{y} , \ddot{y} (analog die übrigen Vektoren); sie sind um je $\frac{\pi}{2}$ gegeneinander verdreht. Die «Multiplikation» eines

Vektors mit dem «Operator» i soll seine Drehung um $+\frac{\pi}{2}$ bedeuten, die «Division» des Vektors durch i seine Drehung um $-\frac{\pi}{2}$. Es ist also beispielsweise

$$y = \frac{1}{i\nu} \dot{y}, \quad \ddot{y} = i\nu \dot{y}, \quad \Delta p_1 = \frac{1}{i\nu} \Delta \dot{p}_1$$

Dann lautet z. B. die der Gl. (2) entsprechende Vektorgleichung:

$$m_2 \, i\nu \dot{y} + k_2 \dot{y} + \frac{\beta}{i\nu} \dot{y} = \frac{F_2}{i\nu} \Delta \dot{p}_1$$

Hierin sind also m_2 , ν , k_2 , β , F_2 Skalare, \dot{y} und $\Delta \dot{p}_1$ Vektoren, und i der besagte Operator. Schreiben wir abkürzend

$$i\nu = \omega$$

so erhalten wir aus (1) bis (5) das folgende vektorielle Gleichungssystem:

$$m_1 \dot{x} \omega + k_1 \dot{x} + \alpha \dot{x} \omega = F_0 \Delta \dot{p}_0 \omega - F_1 \Delta \dot{p}_1 \omega \quad (1^*)$$

$$m_2 \dot{y} \omega + k_2 \dot{y} + \beta \dot{y} \omega = F_2 \Delta \dot{p}_1 \omega \quad (2^*)$$

$$A \dot{y} \omega = -B \dot{n} \quad (3^*)$$

$$F_1 \dot{x} + D \dot{x} \omega + F_2 \dot{y} = 0 \quad (4^*)$$

$$T_e \Delta \dot{p}_0 + \Delta p_0 \omega = (k p_{0\max}/n_{\max}) \dot{n} \omega \quad (5^*)$$

Erläutern wir dieses Gleichungssystem an einem numerischen Beispiel. Es handle sich um einen Hochdruck-Zwangsdurchlaufkessel von 18 t Stundenleistung und 100 atü Enddruck. Die einzelnen Werte beziehen sich auf Vollast.

1. Druckfühler. Glockenkolben: Masse $m_1 = 0,04 \, \text{kg s}^2 \text{m}^{-1}$; Durchmesser 30 mm; $F_1 = 7,06 \, \text{cm}^2$; $F_0 = 5,4 \, \text{cm}^2$; max. Hub $x_{\max} = 15 \, \text{mm}$ entsprechend $\Delta p_0 = 10 \, \text{at}$; Steueröl Druck: $\Delta p_1 = 2 \, \text{at}$ entsprechend x_{\max} ; Federkonstante $\alpha = 2670 \, \text{kg/m}$; Reibungskonstante $k_1 = 6 \, \text{s kg m}^{-1}$, entsprechend der Kataraktzeit $T_{B1} = 0,00113 \, \text{s}$.

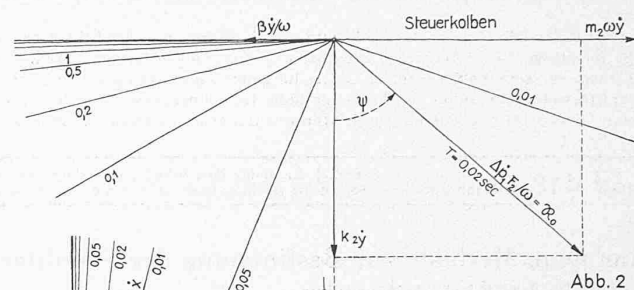


Abb. 2

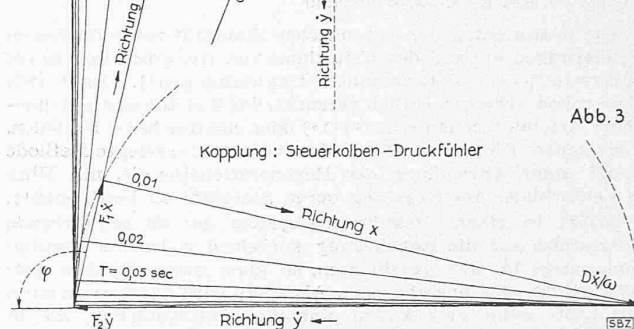


Abb. 3

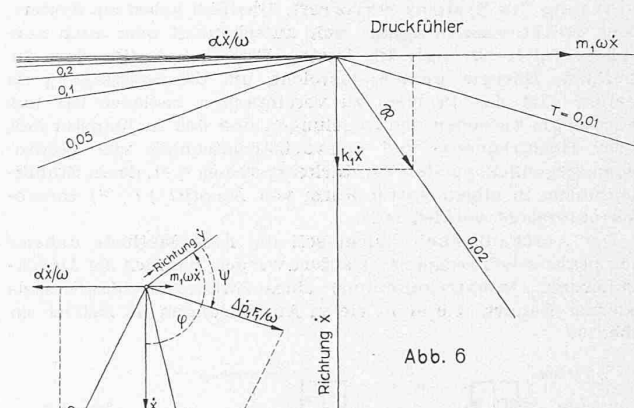


Abb. 4

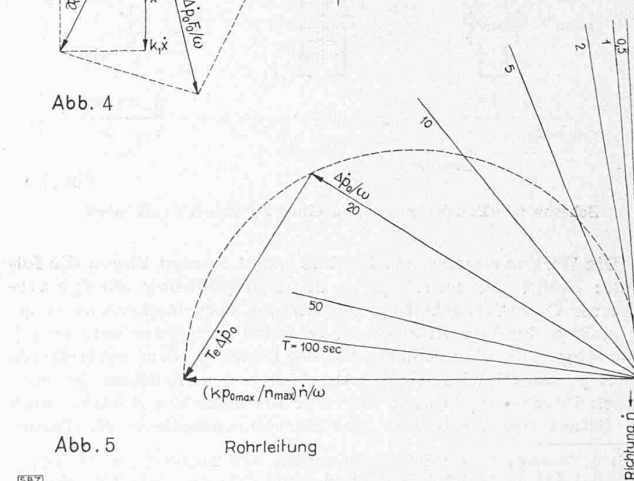


Abb. 5

Rohrleitung

Abb. 2 bis 6. Vektordiagramme zu den Gleichungen 1* bis 5*

2. Steuerkolben: Masse $m_2 = 0,03 \, \text{kg s}^2 \text{m}^{-1}$; Durchmesser = 20 mm; $F_2 = 3,14 \, \text{cm}^2$; max. Hub $y_{\max} = 8 \, \text{mm}$; Federkonstante $\beta = 785 \, \text{kg/m}$; Reibungskonstante $k_2 = 6 \, \text{s kg m}^{-1}$, so dass $T_{B2} = 0,00382 \, \text{s}$.

3. Servomotor: Schliesszeit $T_s = 5 \, \text{s}$; max. Hub $n_{\max} = 5 \, \text{cm}$.

4. Kopplung-Steuerkolben-Druckfühler: Legen wir einen Druck von 7 atü und eine rechteckige Ausflussöffnung des Glockenkolbens von der Breite $b = 5 \, \text{mm}$ der Berechnung zugrunde, so wird die Ausflussmenge: $G = x D = x b \varphi \, (2 g \Delta p / \gamma)^{1/2} = x \cdot 0,005 \cdot 0,96 \, (19,6 \cdot 7 \cdot 10^4 / 900)^{1/2} = 1,873 \, x$.

5. Rohrstrang: Füllzeit des Rohrstranges $T_e = 2 \, \text{s}$; max. Druck im Rohr $p_{0\max} = 100 \, \text{at}$; für Vollast sei ferner $k = 1$.

Die das Gleichungssystem (1*) bis (5*) veranschaulichenden Vektordiagramme beziehen sich auf diese numerischen Werte.

der Masse- und Reibungslosigkeit für den Druckfühler und den Steuerschieber. Unter dieser Voraussetzung lauten die Gleichungen 1 bis 5:

$$\alpha x = \Delta p_0 F_0 - \Delta p_1 F_1 \quad (1)$$

$$\beta y = \Delta p_1 F_2 \quad (2)$$

$$A y = -B \dot{n} \quad (3)$$

$$F_1 x + D x + F_2 y = 0 \quad (4)$$

$$T_e \Delta p_0 + \Delta p_0 = K n \quad (5)$$

Hieraus folgt durch sukzessive Elimination der einzelnen Variablen die Druckänderungsgleichung für den Rohrstrang:

$$(T_e R/K) \Delta p_0''' + (R/K + ST_e/K) \Delta p_0'' + (S/K) \Delta p_0' + (DF_0/K) \Delta p_0 = 0 \quad (6)$$

wobei $R = [(F_1^2 \beta / F_2 \alpha) - (F_2)] B/A$ und $S = DF_1 \beta B / F_2 \alpha A$

Das Kriterium für die Stabilität, das Hurwitz angegeben hat, lautet auf unsere Gleichung angewendet:

$$(R/K + ST_e/K) S/K > T_e R D F_0 / K \alpha$$

oder umgeformt

$$(1/T_e + S/R) S \alpha / K D F_0 > 1.$$

Da S/R sehr gross ist, hat der Wert $1/T_e$ der in der Regel klein ist, keinen wesentlichen Einfluss auf die linke Seite der Ungleichung. Eine Verkleinerung von T_e verstärkt demnach die Stabilität, indem die linke Seite der Ungleichung vergrössert wird. Setzt man die numerischen Werte des Beispiels ein, so zeigt sich, dass die Regelung sehr stabil ist, indem die Ungleichung lautet: $10^4 > 1$.

b) *Schliesszeit des Servomotors T_s* . Wird in Gleichung (3) der Wert B verkleinert, so entspricht dies auch einer Verkleinerung von T_s , da $B = (y_{\max} / n_{\max}) T_s$. Praktisch bedeutet dies, dass der Schieber V den Bewegungen des Steuerschiebers schneller folgt; \dot{n} wird also grösser. Eine Winkeländerung tritt im Vektorbild nicht ein, da y und \dot{n} in Gegenphase bleiben. Aus Gleichung (5) folgt, dass Δp_0 proportional mit \dot{n} zunimmt. Wird also z.B. T_s fünfmal kleiner, so kann in Abb. 7 der Ortsvektor, für jede Frequenz, um den log 5 verlängert werden. Dies hat eine Verkleinerung der Stabilität zur Folge: Kurve 1 geht über in Kurve 3. Dies ist prinzipiell auch aus dem Gleichnis von Hurwitz ersichtlich, wenn, unter Voraussetzung der Massen- und Reibungslosigkeit, für R und S die entsprechenden Werte eingesetzt werden. Die Ungleichung lautet dann vereinfacht:

$$(1/T_e + DF_1 \beta / MF_2 \alpha) BF_2 \beta / AF_0 KF_2 > 1$$

Wird B kleiner, so wird auch die Ungleichung schwächer, was einer Abnahme der Stabilität entspricht.

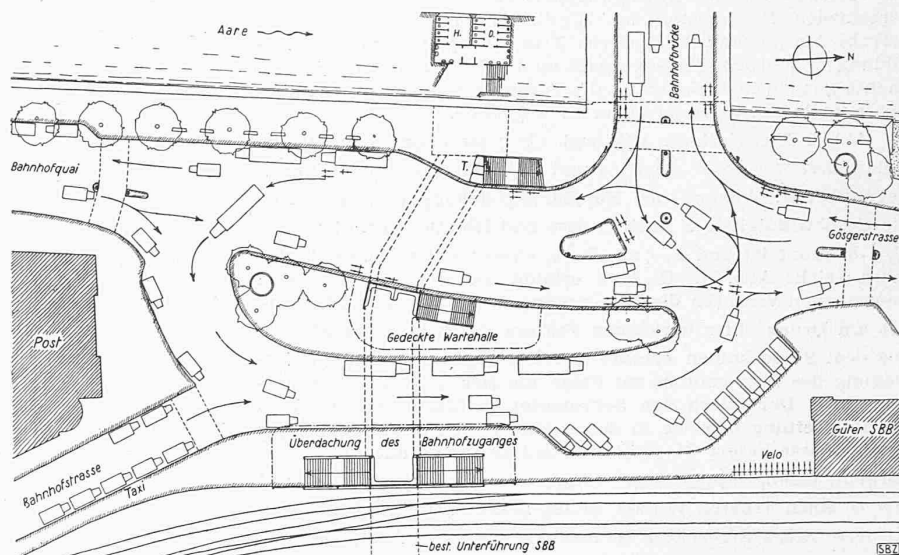
c) *Kataraktzeit des Steuerkolbens T_{B_2}* . Halbieren wir die Kataraktzeit, die zu k_2 proportional ist, so tritt, wie aus Abb. 2 ersichtlich ist, eine Winkelveränderung ein, indem zufolge Verkleinerung von k_2 , im Bereich $0,08 < T < \infty$, der Vektor \mathfrak{N}_0 im Zeigersinn gedreht wird. Diese Drehung beträgt ungefähr die Hälfte des ursprünglichen Winkels zwischen \mathfrak{N}_0 und y bzw. $\beta y / w$. Die Länge des Vektors wird dabei leicht verkürzt, sodass Kurve 1 übergeht in Kurve 4. Die Verkleinerung der Reibung im Steuerkolben wirkt also stabilisierend auf das System.

d) *Kataraktzeit des Glockenkolbens T_{B_1}* . Der Einfluss dieser charakteristischen Grösse ist verschwindend klein (siehe Abb. 6), da die Resultierende \mathfrak{N} im Bereiche der Eigenschwingungsdauer das Schlussresultat nicht beeinflusst.

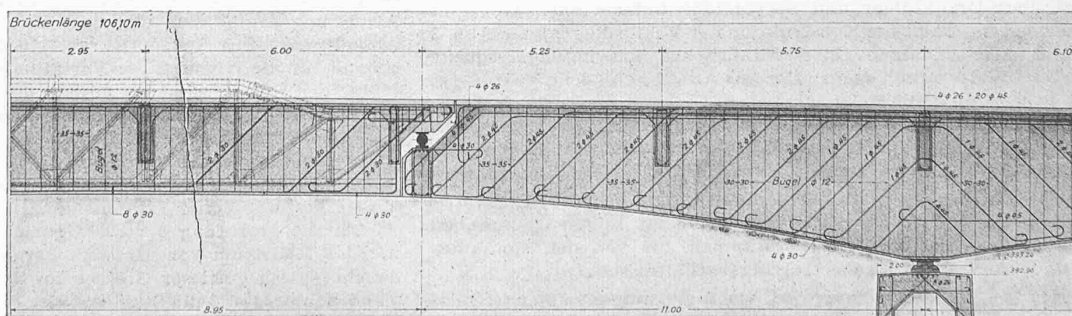
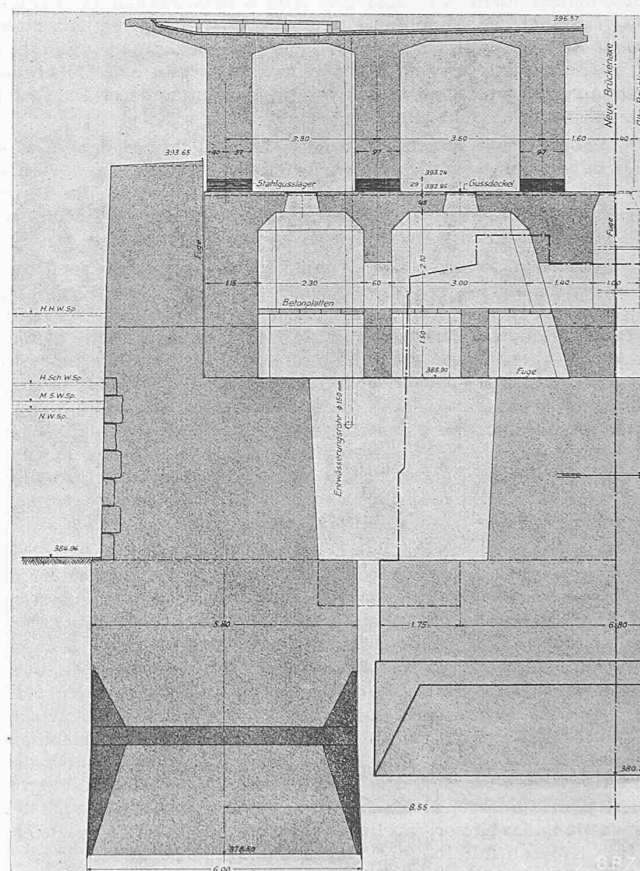
e) *Fallzeit des Steuer- und des Glockenkolbens*. Die Massenwirkung beider Kolben verschwindet im Bereich der Eigenschwingungsdauer, wie sich aus den Abb. 2 und 6 ergibt.

Aus dieser Untersuchung ziehen wir den Schluss, dass bei der analytischen Untersuchung nach Hurwitz der Einfluss der Massen ohne Fälschung des Ergebnisses sehr wohl unberücksichtigt bleiben kann. Da das Gleichungssystem der vorstehenden Druckregulierung 7. Ordnung ist, wird durch diese Vereinfachung eine Druckschwankungsgleichung

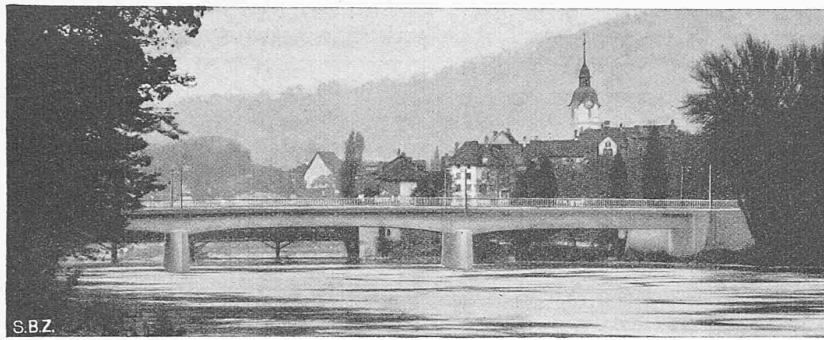
Wettbewerb Aarebrücke und Bahnhofplatz Olten



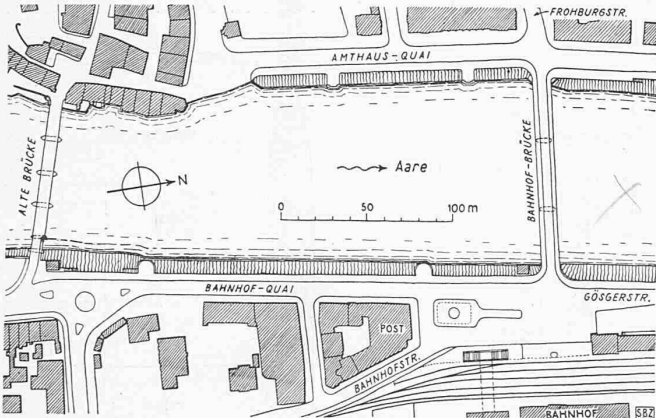
1. Rang. Entw. Nr. 16. Ing. W. & J. RAPP u. Arch. W. KEHLSTADT, Basel. — Bahnhofplatz 1:1000



Einzelheiten des Hauptträgers und Teil-Querschnitt (total 6 Hauptträger) beim Pfeiler. — Masstab 1:150



1. Rang (5000 Fr.), Entwurf Nr. 16. Verfasser Ing. W. & J. RAPP, Basel mit Arch. W. KEHLSTADT, Basel. Ansicht flussaufwärts (gegen Süden)



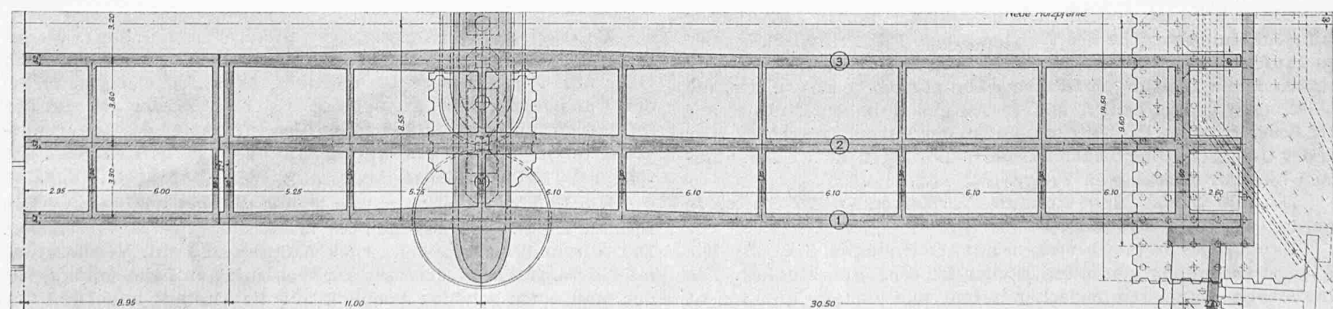
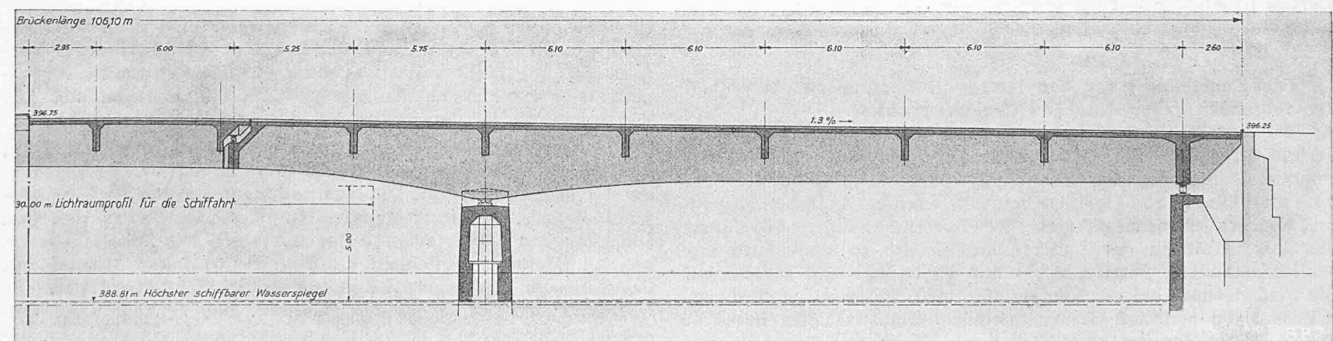
Die Oltener Aarebrücken mit Umgebung; links oben die Altstadt
Masstab 1 : 4000. — Bew. Nr. 4242, BRB 3. 10. 39

5. Ordnung erreicht. Auch die Kataraktzeit des Glockenkolbens kann vernachlässigt werden, doch würde man eine gewisse Fälschung der Verhältnisse vornehmen, wollte man die Kataraktzeit des Steuerkolbens vernachlässigen.

Schlussbemerkung

Die vorstehend an einem praktischen Beispiel erläuterte Methode zur Bestimmung der dynamischen Stabilität von Regu-

¹⁴⁾ R. Feiss: Bestimmung der Regelungsstabilität an Hand des Vektorbildes, «Z. VDI» Bd. 84, Nr. 43 (1940), S. 819/24. (Vollständig durchgerechnetes Beispiel mit Zahlenwerten.)



1. Rang. Längsschnitt und Untersicht der Brücke. — Masstab 1 : 300

lierungen an Hand des Vektorbildes bietet die Möglichkeit, Regelsysteme zu untersuchen, unabhängig von Zahl und Art der aneinander gereihten Schwingungsgebilde. Insbesondere ermöglicht diese Methode die Abschätzung der Grösse des Einflusses der einzelnen Komponenten.

Bei komplizierten Schaltungen empfiehlt es sich, zur Förderung der Uebersichtlichkeit ein Ersatzschema der Regelung aufzustellen, wie dies bereits an anderer Stelle gezeigt worden ist¹⁴⁾. Dieses Ersatzschema leistet besonders dann gute Dienste, wenn mechanische und elektrische Elemente (Thermoelemente, Photozellen, Piezoquarze usw.) im selben Reglerkreis zusammenwirken.

Wettbewerb für eine neue Bahnhofbrücke in Olten mit Neugestaltung der Aareufer und Verkehrsregelung auf dem Bahnhofplatz

Die 1882 als eiserner Gitterträger erbaute Bahnhofbrücke in Olten wurde 1922/23 verstärkt und verbreitert. Trotzdem genügt sie mit ihrer 5,40 m breiten Fahrbahn und den beidseitigen Gehwegen von je 2,50 m den heutigen Anforderungen nicht mehr: man verlangte im Wettbewerbsentwurf 14 m Fahrbahn, 2,50 m Gehweg flussabwärts und 4,5 m flussaufwärts. Zugleich waren Vorschläge zu machen für die Ausgestaltung der Aareufer und des Bahnhofplatzes (Verkehrsregelung). Wie das Preisgericht feststellt, besteht zwischen Brücke, Verkehrs- und Ufergestaltung eine gewisse Unabhängigkeit; es lässt sich mit jeder Brücke eine gute Verkehrsregelung verbinden. Die Eingliederung eines Projekts in die Rangfolge entsprach daher gewissermassen der Lösung nur einer Gleichung mit zwei Unbekannten; immerhin legte man das Hauptgewicht auf die Brücke selbst.

Der Bericht des Preisgerichts, der hierüber genaue Auskunft gibt (s. S. 66), enthält eingangs sehr ausführliche allgemeine Betrachtungen. Weil diese z. T. nur anhand der Pläne voll verständlich sind, ordnen wir die Veröffentlichung so, dass zuerst die einzelnen Entwürfe wiedergegeben werden, jene Ausführungen hingegen am Schluss, sodass sie der Leser anhand des vollständigen Bildmaterials studieren kann.

Aus dem Bericht des Preisgerichtes

Eine erste gemeinsame Besichtigung ergibt, dass die eingereichten Projekte im allgemeinen den Programmbestimmungen entsprechen, mit Ausnahme des Projektes Nr. 21, bei dem die im Programm vorgeschriebenen Schiffsöffnungen nicht eingehalten sind und das daher ausgeschaltet werden muss. Im