

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 121/122 (1943)  
**Heft:** 21

**Artikel:** De la stabilité des chambres d'équilibre et des systèmes de chambres d'équilibre  
**Autor:** Jaeger, Charles  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53209>

### **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:** 04.04.2026

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

## Bemerkungen zur Ausbildung der Ingenieure

Von Dipl. Ing. GEROLD SCHNITZER, Küsnacht-Zürich

In den Spalten der SBZ ist zu verschiedenen Malen bereits über das Ziel geschrieben worden, das unsere Technischen Hochschulen (E. T. H. und Ecole d'Ingénieurs Lausanne) bei der Ausbildung ihrer Studenten der verschiedenen Ingenieurabteilungen erreichen oder zum mindesten vor Augen haben sollten. Aufgefordert von meinen Kurskameraden, in Erinnerung des vor zwanzig Jahren gemeinsam bestandenen Diploms als Bauingenieur an der vorliegenden Nummer der SBZ mitzumachen, benutze ich gerne die Gelegenheit, auch meinerseits ein Wort dazu zu sagen. Dies um so mehr, als ich in diesen zwanzig Jahren praktischer Tätigkeit sowohl als projektierender, wie auch ausführender Ingenieur (Unternehmer) mehr als 16 Jahre im Ausland zugebracht habe und dadurch in enge Berührung kam mit Ingenieuren der verschiedensten Nationalitäten und ausgebildet in den verschiedensten Hochschulen Italiens, Frankreichs und Deutschlands.

Wir haben dabei öfters über unsere Ausbildung gesprochen und die Lehrpläne und Examensbedingungen miteinander verglichen. Vor allem aber habe ich versucht, aus der Bewährung in der täglichen, praktischen Berufstätigkeit Rückschlüsse zu ziehen über Vor- und Nachteile der technischen Ausbildung an unserer E. T. H.

Ohne auf Einzelvergleiche einzugehen, die ohnehin, um in Kürze dargestellt zu werden, nur unvollständig sein könnten — denn der Vergleich müsste sich nicht nur auf die streng technische Seite der Frage beschränken — möchte ich meine Eindrücke und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen wie folgt zusammenfassen.

Unsere Ausbildung an den Ingenieurabteilungen der E. T. H. (dabei denke ich vornehmlich an jene der Bauingenieure) entspricht mit ihrem Bestreben, die Mitte zu halten zwischen einem rein theoretischen und einem mehr auf die praktische Anwendung gerichteten Studium, unseren Bedürfnissen und im allgemeinen unserer Veranlagung. Es darf nicht das Ziel sein, Spezialisten auszubilden. Dies wäre ein folgenschwerer Irrtum. Wir sind ein kleines Land mit im Verhältnis zu den vorhandenen Kräften beschränkten Bauaufgaben. Ein grosser Teil unserer jungen Ingenieure ist deshalb auf Auslandstätigkeit angewiesen.

Die Erkenntnis bricht sich auch immer mehr Bahn, dass die Auslandstätigkeit unserer Ingenieure fruchtbringend rückwirkt auf die Heimat. In den meisten Fällen aber hat dabei der junge Ingenieur weder die Wahl noch die Möglichkeit einer Einflussnahme auf die ersten ihm übertragenen Aufgaben. Er hätte gar keine Gelegenheit, seine Spezialität zu zeigen. Es wird ihm leicht — wie z. B. mir — geschehen, dass er sich mit technischen Fragen zu befassen hat, von denen er an der E. T. H. überhaupt nicht, oder nur andeutungsweise, gehört hat. Er sollte also so weit und so lange wie möglich bestrebt sein, nicht einseitig zu werden. Denn gerade dies muss den akademisch geschulten Ingenieur vom Techniker unterscheiden, dass sein Wirkungs- und Erfahrungsbereich umfassender ist als der des Technikers.

Die Aufgaben, die an den jungen Ingenieur herantreten können, liegen, wie erwähnt, auch im rein Technischen oft ausserhalb dessen, was er an der E. T. H. gehört hat; aber was ihm bei ihrer Bewältigung helfen wird, ist eine gute Vorbildung in den mathematisch-physikalischen Grundlagen und die Beherrschung des theoretischen Teils der Ingenieurwissenschaften. Aus diesem Grunde erscheint mir eine möglichst vertiefte Kenntnis dieser Fächer von ausschlaggebender Bedeutung, wobei es aber wiederum nicht so sehr darauf ankommt, nur Einzelkenntnisse zu besitzen, die wie in einer Schublade geordnet nebeneinander liegen, sondern darauf, dass mit diesen Kenntnissen gearbeitet, mit ihnen gedacht, sie in Zusammenhang miteinander gebracht werden können. Dabei ist selbstverständliches Erfordernis, dass nur ständige Weiterarbeit in der Freizeit und das Studium der einschlägigen Literatur den Ingenieur besonders in der Fremde über die Entwicklung seines Fachgebietes auf dem laufenden halten können. Als zwanzigjähriger Praktiker komme ich deshalb zu einer starken Betonung des Wertes der propädeutischen Fächer und der theoretischen Teile der eigentlichen Ingenieurwissenschaften.

Dabei möchte ich, um Missverständnissen vorzubeugen, nochmals betonen, dass es dabei nicht auf die Einzelkenntnisse als solche oder gar nur auf deren mathematisch formulierte Ableitung und Begründung ankommt, sondern auf das Erfassen der grundlegenden Vorgänge und ihrer Zusammenhänge in qualitativer und quantitativer Hinsicht. Um dies zu erreichen, sind Übungen an sorgfältig ausgesuchten Beispielen das beste Mittel. Der Wert der Übungen in den einzelnen Fächern

an der E. T. H. ist deshalb nicht hoch genug einzuschätzen und Studenten und Professoren sollten sich dessen bewusst sein. Der Wert der Übungen wird unendlich belebter und reicher, wenn sie unter der Leitung und in Anwesenheit der Professoren durchgeführt werden. Ich erinnere mich z. B. ganz besonders an die Übungen in Grund- und Wasserbau, die der damals eben erst aus der Praxis an die Hochschule übergetretene Professor leitete, und die uns nicht nur Gewinn an fachlichen Kenntnissen, sondern Freude am zukünftigen Berufe übermittelten.

Ein weiterer Punkt, der mir, wiederum besonders mit Rücksicht auf die Auslandstätigkeit, wichtig erscheint, ist die dringende Notwendigkeit, fremde Sprachen zu erlernen. Wir müssen uns immer vor Augen halten, dass wir im Ausland nur dann bestehen können, wenn wir den einheimischen Kräften ein Mehrfaches an potentieller Fähigkeit voraushaben. Der Einheimische hat natürlicherweise von vorneherein einen viel leichteren Stand als der eingewanderte Fremde. Gerade die Betonung des Schutzes der einheimischen Kräfte hat manchem Schweizer im Ausland sehr viel geschadet; den nationalistischen Strömungen gegenüber ist er machtlos, nur seine eigene Tüchtigkeit und nichts anderes kann ihm helfen. Dazu gehören neben seinen beruflichen und charakterlichen Fähigkeiten vor allem seine Sprachkenntnisse, sowie eine gewisse Aufgeschlossenheit dem Fremden und anders Gearteten gegenüber. Die Pflege fremder Sprachen und noch allgemeiner die Bereitschaft, Fremdes zu erfassen und zu begreifen, sollte deshalb das Bestreben jedes Ingenieurstudenten sein, der sich auf eine Tätigkeit im Ausland vorbereitet.

Im Ausland wird man den jungen Fremden nicht nur nach seiner fachlichen Tüchtigkeit beurteilen, sondern auch darnach, wie er sich in seiner neuen Welt zu bewegen versteht. Gerade nach diesem Kriege, der uns bis jetzt, und wie wir alle hoffen, auch bis zu seinem Ende, verschont hat, wird es für uns Schweizer viel Verständnis, Takt, Einfühlungsgabe und Menschlichkeit überhaupt bedürfen, wenn wir in das allseits vom Krieg mitgenommene Ausland hinaustreten werden. Was dort in diesen schweren Jahren erlebt wurde, lernt man allerdings nirgends, und es muss jedem Einzelnen überlassen werden, den richtigen Weg zu finden.

Das Privileg, aber auch die Verpflichtung jener, die eine Hochschule besuchen durften, gegenüber den Technikern, sollte somit eben nicht so sehr im grösseren Einzelwissen liegen, oder gar in einer grösseren routinemässigen Beherrschung des einzelnen Stoffes — darin wird besonders der junge Ingenieur dem Techniker immer unterlegen sein —, sondern in der vertieften Erkenntnis der Grundlagen seines Berufes und in einer umfassenderen Bildung überhaupt. Schliesslich liegt darin die Bedeutung und das Wesen der «Hochschule».

Es ist anzunehmen, dass die Aufgabe unserer technischen Hochschule gerade im Hinblick auf die Vorbereitung junger Ingenieure für das Ausland, für die Zeit nach dem Krieg, besonders wichtig ist. Allem menschlichen Ermessen nach harren ihrer grosse und interessante Arbeiten, wofür die Bereitschaft vorhanden sein muss, an sie heranzutreten, mit aufgeschlossenem Sinn und dem Rüstzeug einer verarbeiteten und erfassten Kenntnis der Grundlagen der Ingenieurwissenschaften in theoretischer und praktischer Hinsicht.

Damit, scheint mir, verliert auch die Frage des Schutzes unseres Ingenieurtitels vieles von ihrer Schärfe. Es wird heute bereits so vieles geschützt und noch mehr verlangt nach Schutz, dass es rühmlicher und standesbewusster wäre, wenn wir eine Ausnahme davon machen würden. Unser Schutz als Diplomingenieur liegt nicht, soweit ich dies wenigstens von meiner Auslandstätigkeit her beurteilen kann, in einem rechtlich zugestandenem und geschütztem Titel, sondern in der Ausnützung, Anwendung und Entwicklung einer Ausbildung, die eben nur eine technische Hochschule bieten kann.

## De la stabilité des chambres d'équilibre et des systèmes de chambres d'équilibre

Par CHARLES JAEGER, Dr. ès sc. techn., Privat-docent à l'E. P. F., Collaborateur du Laboratoire de recherches hydrauliques E. P. F. à Zurich  
I. Signification et portée du problème de la stabilité des chambres d'équilibre

Le problème de la stabilité des chambres d'équilibre s'est posé pour la première fois en 1904, peu après la construction de l'usine de Heimbach (1904). Dès le début de la mise en marche, le réglage des turbines de cette usine manqua de stabilité. Alors que la demande du réseau restait constante, les aubages mobiles des distributeurs des turbines ouvraient et fermaient selon un rythme parfaitement établi qui coïncidait avec des oscillations

du niveau dans la chambre d'équilibre. C'est en 1910 que D. Thoma<sup>1)</sup>, dans un travail désormais classique, donna l'explication rigoureuse de cette instabilité. Pour l'éviter, il faut, concluait-il, que la section horizontale  $F$  de la chambre soit supérieure à une valeur limite, que nous appellerons  $F_{Th}$ , et que la puissance consommée soit, elle, inférieure à une autre valeur limite.

Les techniciens — s'ils ne furent pas tous très prompts à le faire — finirent par se ranger à l'avis de Thoma et depuis lors, l'on n'entendit plus parler d'instabilité des chambres d'équilibre. Mais voici que la question revient à l'ordre du jour: La démonstration classique de Thoma implique certaines restrictions. Elle est valable pour le cas d'oscillations très petites dans une chambre d'équilibre en forme de puits cylindrique sans étranglement. Or, après avoir construit d'abord en majorité des centrales hydro-électriques à haute chute, pour lesquelles la condition de Thoma était satisfaite aisément, les hydrauliciens se préoccupent actuellement d'équiper des chutes de moindre hauteur, mais à gros débit, pour lesquelles, nous le verrons, la condition de Thoma est le problème le plus délicat à résoudre. Force est donc de reprendre le problème dans son ensemble, mais en se libérant en une plus large mesure des restrictions que Thoma a introduites dans son exposé. Il faut, en outre, dans les calculs, tenir compte de la forme réelle de la chambre, qui peut être étranglée, différentielle ou constituée par plusieurs puits ou de tout autre forme plus compliquée encore.

Depuis la parution de l'ouvrage de D. Thoma, le problème de la stabilité des chambres d'équilibre a fait l'objet de plusieurs publications étendues: nous supposons que le lecteur en a une connaissance sommaire. L'étude détaillée du problème impose de laborieux développements mathématiques et de fastidieux calculs numériques. Nous éviterons ici les uns et les autres, en nous tenant au seul exposé de ses grandes lignes.

\*

Reprenons le problème à son origine:

Supposons une turbine alimentée par une conduite forcée et une galerie d'amenée. La marche de la turbine est irrégulière, en fonction même de la demande d'énergie du réseau. Le passage du régime hydraulique permanent au régime varié ne se fait pas sans à-coups. L'accélération brusque de la colonne liquide provoque de brusques variations de la pression. Celles-ci se transmettent le long de la conduite forcée comme le feraient des ondes sonores. Elles engendrent ainsi des «ondes de coup de bélier» qui peuvent devenir dangereuses.

Pour intercepter ces ondes, on intercale entre la galerie d'amenée et la conduite forcée un puits ou chambre d'équilibre, où l'eau présente une surface libre permettant la libre réflexion des ondes. La galerie d'amenée est alors protégée contre les surcharges de coup de bélier. Mais l'introduction du régime varié engendre à son tour, dans cette chambre, des oscillations du niveau d'eau dont nous pouvons nous expliquer la naissance en songeant au phénomène bien connu des oscillations dans les vases communicants. L'un des vases est constitué par le bassin d'accumulation. Sa surface étant très grande, les oscillations y sont négligeables. L'autre vase est formé par la chambre elle-même dont nous avons à étudier le comportement.

On s'est aperçu que le réglage des turbines — réglage nécessaire pour adapter continuellement la marche des turbines aux variations de la demande du réseau — était parfois difficile, irrégulier et même impossible. On a découvert que ces perturbations du réglage peuvent provenir soit de phénomènes de coups de bélier assez complexes<sup>2)</sup>, soit de l'instabilité propre de la chambre d'équilibre. C'est cette seconde cause que nous examinerons seule ici.

Supposons maintenant qu'une perturbation brusque se produise dans la demande d'énergie du réseau et suivons ce qui se passe dans le système: Les régulateurs des groupes turbo-générateurs répondent immédiatement à la demande nouvelle d'énergie, en ouvrant ou en fermant les aubages ou vannages régularisant les débits. Supposons encore pour fixer les idées (fig. 1) que le débit varie brusquement en un temps  $\delta t$  de  $Q^*$  à  $Q^* + \Delta Q = Q_0$ . Le nouveau débit  $Q^* + \Delta Q$  est atteint pour la première fois au temps  $t = 0$ , pris comme origine du temps. A cette variation du débit correspondrait une oscillation du plan d'eau que nous avons reproduite en traits pleins sur la fig. 1 par une courbe  $z^* = z^*(t)$ .

Mais ce qui importe en général au producteur d'énergie, c'est la régularité de la puissance fournie et non celle du débit. On peut montrer que toute installation où soit le débit, soit encore l'ouverture des vannes (le débit variant alors proportionnellement à la racine carrée de la chute nette), sont constants dès l'instant  $t = 0$ , est stable, quelle que soit la section de la chambre<sup>3)</sup>. Le problème de l'instabilité ne se pose qu'à partir du moment où l'on suppose que le réglage se fait à puissance constante. Et il se pose de deux façons différentes qu'il importe de mentionner dès à présent: d'une part le réglage peut donner lieu à des phénomènes d'instabilité et d'oscillations entretenues, d'autre part, il accroît — parfois très sensiblement — l'amplitude des oscillations calculées selon les procédés usuels, qui supposent le débit constant ou encore l'ouverture des aubages constante. En étudiant les problèmes d'instabilité qui forment l'aspect premier du phénomène, on se gardera de sous-estimer l'importance du second. En particulier, les abaques que l'on trouve dans divers ouvrages classiques, calculés pour le réglage à débit constant, ne sont plus valables, en toute rigueur, pour des usines à basse et moyenne chute, réglant à puissance constante.

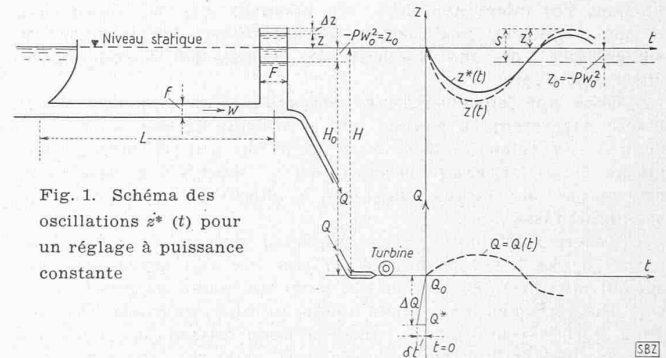


Fig. 1. Schéma des oscillations  $z^*(t)$  pour un réglage à puissance constante

Ecrivons maintenant une première formule, exprimant que la puissance reste constante pendant toute la durée du réglage (fig. 1):

$$N = \gamma \eta Q_0 H_0 = \gamma \eta Q (H + z) = \text{const.} \dots (1)$$

- $Q_0$  est le débit de régime correspondant à la fin du réglage;
- $H$  la hauteur de chute brute mesurée entre le lac et la turbine;
- $H_0$  la hauteur de chute brute, mesurée entre la chambre et la turbine, déduction faite des pertes de charge dans la galerie de mise en charge mais non des pertes de charge dans la conduite forcée  $H_0 = H - Pw_0^2$ ;
- $Pw_0^2$  la perte de charge dans la galerie de mise en charge;
- $z$  la hauteur du plan d'eau au-dessus du niveau statique à un instant  $t$  quelconque de l'oscillation;
- $H + z$  la hauteur de chute brute disponible à la chambre à un instant  $t$  quelconque;
- $Q$  le débit variable.

Nous supposons en outre que la galerie d'amenée reste toujours en charge.

Pour être conforme à la définition donnée de  $H_0$ ,  $H$  et de  $z$ , le coefficient de rendement  $\eta$  doit inclure non seulement les pertes dues aux turbines, génératrices et transformateurs, mais aussi les pertes de charge provenant des conduites forcées. Nous ferons dès ici l'hypothèse restrictive que  $\eta = \text{const.}$  (Bien entendu, ce n'est point le cas en réalité et nous devons examiner plus loin ce qui arrive lorsque  $\eta$  n'est point constant.) Nous écrivons alors, de façon plus simple encore:

$$Q_0 H_0 = Q (H + z) = C \dots (2)$$

Pour que le produit  $C = Q (H + z)$  reste constant, il faut que le débit  $Q$  varie constamment en sens inverse de la hauteur  $H + z$ . Le débit réel ne reste donc pas égal à  $Q_0 = Q^* + \Delta Q$ , mais varie autour de cette valeur moyenne. La courbe des oscillations réelles correspondant à ce débit variable ne sera pas la courbe  $z^* = z^*(t)$  dessinée en traits pleins sur la fig. 1, mais une courbe  $z = z(t)$ , dessinée en pointillé, dont les oscillations ont une amplitude plus grande. Le simple examen de l'équation (2) laisse percevoir le danger d'oscillations entretenues, l'accroissement des valeurs négatives de  $z^*$  à  $z$  provoquant à son tour un nouvel accroissement du débit et l'accroissement des valeurs positives engendrant une diminution du débit.

<sup>1)</sup> D. Thoma: Beiträge zur Theorie des Wasserschlosses bei selbsttätig geregelten Turbinenanlagen. München 1910, Verlag Oldenbourg.

<sup>2)</sup> Parallèlement à la théorie de la stabilité qui parachève l'exposé classique des chambres d'équilibre, on pourrait signaler ici les travaux qui — en marge de la théorie classique d'Allievi et la dépassant largement — considèrent des systèmes hydrauliques munis d'organes élastiques capables de vibrer. Citons Allievi lui-même, Foch, Schnyder et surtout Rocard, avec ses études sur les auto-oscillations.

<sup>3)</sup> Cette démonstration a été faite par Frank et Schüller: Schwingungen in den Zuleitungs- und Ableitungskanälen in Wasserkraftanlagen. Berlin 1938, p. 93/95. On trouve la confirmation directe de ce fait en consultant les abaques fig. 5 (p. 82) et fig. 6 et 6bis (p. 84) de Calame et Gaden: «Théorie des chambres d'équilibre». Paris-Lausanne, 1926.

Pour préciser, nous rappelons que, dans le cas d'une chambre cylindrique unique sans étranglement, le mouvement oscillatoire du niveau d'eau est régi par deux équations:

L'équation de continuité, facile à interpréter (fig. 1):

$$fw = F \frac{dz}{dt} + Q \dots \dots \dots (3)$$

et l'équation dynamique écrite pour toute la masse d'eau contenue dans la galerie de longueur  $L$ :

$$\frac{L}{g} \frac{dw}{dt} + z + Pw^2 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Pour écrire cette dernière équation, on suppose que l'eau est incompressible;  $f$  et  $w$  sont la section de la galerie et la vitesse de l'eau dans la galerie,  $Q$  est le débit qui s'écoule par les conduites forcées, le terme  $Pw^2$  représente la perte de charge, proportionnelle à  $w^2$ ,  $P$  étant un facteur constant proportionnel à  $L$ .

On observe immédiatement que si l'on élimine la vitesse  $w$  entre les équations (3) et (4), on obtient, compte tenu de la relation (2), une expression de la forme:

$$f \left( \frac{d^2z}{dt^2}, \frac{dz}{dt}, z \right) = 0 \dots \dots \dots (5)$$

c'est-à-dire une équation différentielle du second ordre.

Disons-le d'emblée: il n'est point possible de discuter l'équation (5) dans le cas général, et, d'une façon ou d'une autre, on en est réduit pour l'étudier à des méthodes approximatives.

Nous devons à Thoma la remarque essentielle suivante<sup>4</sup>): Si nous supposons que la chambre soit constituée par un seul puits cylindrique et ne présente pas d'étranglement et si nous nous limitons à l'examen des seules oscillations infiniment petites, nous pouvons négliger dans le calcul tous les éléments infiniment petits du second ordre, c'est-à-dire les  $z^2$  par rapport aux  $z$ , les  $(dz/dt)^2$  par rapport aux  $(dz/dt)$  ainsi que leurs produits. Dans ces conditions particulières, l'équation (5) se réduit à une équation du second ordre, linéaire et à coefficients constants, que nous écrivons:

$$\frac{d^2z}{dt^2} + 2a \frac{dz}{dt} + bz = 0 \dots \dots \dots (6)$$

Dans cette équation, les coefficients constants  $a$  et  $b$  dépendent évidemment des dimensions géométriques du système, telles que  $f$ ,  $F$ ,  $H$  et des pertes par frottement.

On connaît bien la théorie des équations de ce type. Admettons  $b > 0$ . Pour que les oscillations du système représenté par (6) soient de nature périodique, il faut que  $a^2 < b$ . Pour que les oscillations soient amorties, il faut que  $a > 0$ . Elles seront entretenues si  $a < 0$ . La limite entre les deux solutions est donnée par  $a = 0$ .

Ramenées au problème qui nous préoccupe, les conditions  $b > 0$  et  $a > 0$  s'expriment d'après Thoma par:

$$Pw_0^2 < \frac{H - Pw_0^2}{2} \dots \dots \dots (7a)$$

$$\text{et } F \geq \frac{w_0^2}{2g} \frac{Lf}{Pw_0^2(H - Pw_0^2)} = F_{Th} \dots \dots (7b)$$

( $w_0$  = vitesse  $w$  correspondant au débit de régime final  $Q_0$ ). Ce sont les deux conditions de Thoma. La première condition limite la perte de charge maximum, et donc la puissance  $N_{max}$  admissible. La seconde condition nous dit que la section  $F$  doit être plus grande qu'une valeur limite  $F_{Th}$ . Nous pouvons encore écrire:

$$F = n F_{Th} \text{ avec } n \geq 1 \dots \dots \dots (8)$$

$F_{Th}$  est fonction de  $H_0 = H - Pw_0^2$  et de  $f$ ;  $w^2$ , qui figure tant au numérateur qu'au dénominateur, disparaît. Il en est de même

de  $L$ , puisque  $P$  est proportionnel à  $L$  (par ex.  $P = \frac{L}{k^2 R^{4/3}}$  d'après Strickler). En posant  $k = 80$  on obtient finalement:

$$F = n F_{Th} = n \frac{f k^2 R^{4/3}}{2g H_0} = \frac{n}{H_0} \frac{6400 \pi D^2}{19,62 \cdot 4} \left(\frac{D}{4}\right)^{4/3} = n 40 \frac{D^{10/3}}{H_0} (8a)$$

On observe que  $F_{Th}$  ne dépend point du rapport  $z/H$ , puisque par hypothèse,  $z$  est supposé négligeable par rapport à  $H$ .

Nous avons deux questions bien distinctes à nous poser:

a) Quelle valeur attribuer à  $n$  pour que le système soit stable quelle que soit l'amplitude des oscillations — qui peuvent donc être finies et même grandes — et quel que soit le système de chambre d'équilibre adopté?

Nous désignerons par

$$n^* = n^*(z, t)$$

$$\text{et } F^* = n^* F_{Th}$$

les valeurs particulières de  $n$  et de  $F$  qui marquent la limite de la stabilité du système.

D'après le calcul de Thoma, la stabilité des oscillations, pour être réalisée, comporte une seconde condition relative à la puissance maximum de l'installation. Que devient-elle?

<sup>4</sup>) La démonstration donnée par Thoma est désormais classique. On la trouve dans les principaux ouvrages traitant des chambres d'équilibre.

b) Mais une chambre à la limite de la stabilité ne satisfait point. Il faut, en pratique, que les oscillations soient nettement amorties et tendent assez rapidement vers le régime permanent, pour autant qu'une nouvelle perturbation n'intervienne pas dans la puissance demandée. Nous désignerons par  $n$  cette valeur. Rechercher quelle valeur donner à  $n$  constitue le second point du programme.

Le programme ainsi défini, il importe de se préoccuper des moyens à mettre en œuvre pour le réaliser. C'est alors que commencent les difficultés. Il faut tout d'abord remarquer que tout revient à discuter des équations du type (5) et qu'il n'existe à cet effet point de méthode générale d'analyse. A supposer qu'il en existe une, elle ne permettrait que de résoudre la première partie du programme (point a) et de calculer la valeur  $n^* = n^*(z, t)$  qui correspond à la limite de la stabilité. Pour déterminer la valeur  $n$  qui provoque un amortissement suffisant des oscillations (point b du programme), force sera d'avoir recours au calcul direct, «point par point» de la courbe.

A défaut de méthode analytique générale pour résoudre le point a), nous aurons recours à des méthodes d'approche. Il en est plusieurs que nous exposerons dans ce qui suit. (à suivre)

### Zwanzig Jahre technischer Entwicklung in der modernen Türkei

Von Dipl. Ing. ERNST STAMBACH, Motor-Columbus A.-G., Baden

Am Nordfuss der zerklüfteten Kalkberge des Taurus entspringt auf 1200 m Meereshöhe eine mächtige Quelle, die die östlichste Ecke der steppendürren Hochebene von Konya in ein prächtiges Gartenland verwandelt. Soweit das Wasser durch ausgedehnte Netze von Kanälen und Rinnen die Felder der Talmulde erreichen kann, herrscht üppige Fruchtbarkeit, oberhalb der höchstgelegenen Wassergräben aber stösst die grüne Landschaft unmittelbar an die trockenen, vollständig kahlen Höhenzüge an (Abb. 1). So mag es gewesen sein, seit Menschen sich in dieser Gegend niedergelassen haben und dank der offenbar nie versiegenden Quelle ihr Leben fristen konnten. Jedenfalls zeugt ein in eine Felswand in nächster Nähe des Quellsbaches eingehauenes Relief von der Bedeutung des Ortes zur Zeit der Hettiter vor rd. 3000 Jahren. Das überlebensgrosse Steinbild (Abb. 2) zeigt einen mächtigen Gott, der die Früchte der Felder, Trauben und Aehren, dem darum bittenden König der Hettiter übergibt und so dem reichen Segen, den der vom Quellwasser bespülte Boden spendet, symbolisch Ausdruck verleiht.

An diesen «Relieffelsen» schliesst heute ein kleines Wehr an, das ermöglicht, das begehrte Nass besser zu fassen und es, ausser für die Bewässerung des Landes, auch für die Gewinnung elektrischer Energie zu verwenden. Durch diese erhält eine grosse Textilfabrik in der benachbarten Stadt neue Lebenskraft. Der mächtige Hettitergott indessen, der mit gütigem Lächeln den vor ihm liegenden kleinen Stausee zu billigen scheint, kann sich rühmen, nicht nur Beschützer der Feldfrüchte, sondern jetzt auch Schirmherr der Wasserkraftanlage zu sein!

Dieses unmittelbare Nebeneinander der Anzeichen uralter Kultur und der neuesten Errungenschaft der Technik, wie es an der genannten Quelle in der abgeschiedenen Gegend des anatolischen Hochplateau zum Ausdruck kommt, fällt in der heutigen Türkei überall und immer wieder auf. Durch die gewaltsame Distanzierung vom islamischen Kulturkreis und durch den Anschluss an die abendländische Zivilisation ist eine ungeheure Umwälzung im Begriff, sich zu vollziehen. In fast allen Erscheinungen des äusseren Lebens verbreitet sich die moderne Einstellung zusehends und wird, die Fortdauer der begonnenen Entwicklung vorausgesetzt, das Althergebrachte bald verdrängen und schliesslich ganz ausmerzen. Der Wandel hat aber manchmal so rasch und eindeutig durchgegriffen, dass man kaum ein Bindeglied oder eine Uebergangsform zwischen Altem und Neuem entdecken kann. Bei einer Fahrt über Land ist zum Beispiel auf dem selben Feld neben dem hölzernen Pflug primitivster Konstruktion der ratternde Motorpflug im Gebrauch. Vielerorts im Landesinnern ragen heute mitten aus den einstöckigen Erdhütten-Siedlungen die mächtigen Eisenbeton-Zellenbauten der Getreidesilos hoch in die Luft. Und am Flusse stehen neben den ächzenden, wackligen Schöpfrädern, die dünne Wasserfäden in die Gärten schicken und bei jedem grösseren Hochwasser aus den Angeln gehoben und abgetrieben werden, weitgehend automatisch arbeitende Regulierwehre, die die Bewässerung ausgedehnter Ländereien besorgen und die Ueberschwemmungsgefahr vermindern.

Auch in industrieller Hinsicht ist das selbe Bild der Kontraste recht eindrücklich zu bemerken. Ausserhalb einer grösseren Stadt haben beispielsweise Nomaden, unbeschwert von