

Betr.: Verhandlung am 9.2.1952 in der Technischen Hochschule Stuttgart in Sache Untersuchungen an von Viktor SCHAUBERGER entwickelten und an die TH Stuttgart übergebenen entsprechenden Prototypen, gerader und gewendelter Drallrohre aus verschiedenen Materialien.

Bezug: Bericht des Institutes für Gesundheitstechnik an der TH Stuttgart (Leiter: Prof.Dr.-Ing. habil Franz PÖPEL) vom 15. März 1952

1. An der Verhandlung am 9.2.1952 im Institut für Gesundheitstechnik an der TH Stuttgart waren vertreten:
  - 1.1 Prof.Dr.-Ing. Franz PÖPEL
  - 1.2 Ministerialrat KUMPF als Vertreter des mit den Agenden der Wasserwirtschaft befaßten Bundesministeriums in Bonn, BRD
  - 1.3 Viktor SCHAUBERGER, Salzburg, Österreich
  - 1.4 Dipl.Ing. Walter SCHAUBERGER, Bad Ischl-Engleithen, Österreich
2. Verhandlungsgegenstand war ein umfassender Sach- und Fragenkomplex betreffend
  - 2.1 die Wasserwirtschaft und deren wissenschaftliche sowie technische Probleme
  - 2.2 ein Referat Viktor Schaubergers über dessen bisherige Forschungsergebnisse, Entwicklungen, Projektierungen und Projektausführungen im Bereich des naturnahen Wasserbaues im besonderen, sowie eine Reihe von Feststellungen, Erklärungen und Behauptungen, die die Land-, Forst-, Wasser- und Energiewirtschaft betrafen.
  - 2.3 Ein Kurzreferat Walter Schaubergers betreffend das nichteuklidische Konzept (Gauß) im Bereich der Natur, die Grundaussagen der Quantenphysik, Fakten innerhalb der Relativitätstheorie, die insgesamt eindeutig auf die zentripetal gerichtete Dynamik aller Energieprozesse der Natur hinweisen und über die energetischen Resonanzvorgänge mit deren universellem Wirkungsraum.
  - 2.4 Zu einer gegenteiligen Stellungnahme zu den Darlegungen und Auffassungen Viktor und Walter Schaubergers kam Prof. Pöpel. Er brachte zum Ausdruck, daß die entscheidenden Bereiche der Technik auf den Gesetzmäßigkeiten der klassischen Mechanik beruhen und somit auch die Gesetze strömender Flüssigkeiten und Gase unter diesem Gesichtespunkt behandelt werden. Vor allem auch im Wasserbau sei ebenso entschieden, daß die euklidischen Elemente die optimalsten Ergebnisse gebracht haben. Er könne daher vorweg schon sagen, daß die von Schauburger erwünschte Untersuchung mit derartigen Rohren keine für die Technik brauchbaren Ergebnisse bringen werden. Auch im Hinblick auf die relativ hohen finanziellen Kosten, die im Rahmen einer solchen Untersuchung Schauburger erwachsen würden, plädiere er, diesen Auftrag zurückzuziehen.
  - 2.5 Ministerialrat Kumpf teilte uneingeschränkt die Auffassung Prof. Pöpels, fügte aber hinzu, daß Bonn an dieser wissenschaftlichen Untersuchung insoferne sehr interessiert sei, als damit den unqualifizierten Angriffen Schaubergers, die vor allem das Gebiet der Wasserwirtschaft betreffen, endlich ein Riegel vorgeschoben werde. Bonn werde daher auch einen finanziellen Beitrag zu den Untersuchungskosten zur Verfügung

- 2.6 Prof. Pöpel erklärte darauf hin, daß sein Institut die verschiedenen Untersuchungen an geraden und gewendelten Drallrohren somit durchführen wird und mit den Untersuchungsergebnissen in etwa zwei Monaten gerechnet werden kann.

Der Antrag Viktor Schaubergers, daß sein Sohn, Dipl.Ing. Walter Schauberger, bei den wesentlichen Versuchsreihen zugezogen werden möge, wurde seitens Prof. Pöpel akzeptiert.

- 2.7 Untersuchungsumfang, dessen Untergliederung, der Aufbau entsprechender Versuchsreihen und der Katalog zu klärender Fragen, wurden fixiert. Dies entsprach, allerdings mit einer wesentlichen Einschränkung, dem im Untersuchungsbericht aufgeführten Fragenkomplex Punkt 1 bis 5.

- 2.8 Ein Punkt 6., der von Schaubergers angesprochene und abzuklärende entscheidende Bereich: "Der technische Wasserbau und dessen destruktiven Folgen", wurde einerseits von Prof. Pöpel zurückgestellt, andererseits von Ministerialrat Kumpf als nicht zielführend abgelehnt.

Bei diesem Punkt 6. ging es um gezielte Fragestellungen, Deutungsversuche und Fakten, aber auch um empirisch abgesicherte Ergebnisse. Dabei handelte es sich um Teilaspekte wie:

- (a) Zu den schwersten technischen Eingriffen in den Naturhaushalt zählen die rein mechanistischen Korrekturen der Ufer (Beweise dafür: die Regulierung des Rheins, der Donau und der sonstigen "hartverbauten" Flüsse und Bäche).
- (b) Warum werden trotz der überall auftretenden Spätschäden diese naturunrichtigen und daher falschen Wasserlaufregulierungen nach wie vor praktiziert ?
- (c) Unbestreitbare Fakten (und diese sind nicht nur Behauptungen oder Meinungen) zeigen unmißverständlich auf, daß die Fortsetzung dieser unrichtigen Uferkorrekturen bzw. diese mechanistischen Methoden, ein noch stärkeres Absinken des Grundwasserspiegels, ein noch stärkeres ~~Absinken~~ Versiegen der Hochquellen und einen zunehmenden Wasserschwind, zur Folge haben werden.
- (d) Ein Bericht des Reichsnährstandes vom 4.2.1939 wies hin, daß die Rückwirkungen des Grundwasserschwindes bereits so beträchtlich werden, daß man tatsächlich die Versteppung großer Landstriche zu befürchten habe.

Die in diesem Bericht in Aussicht genommene Umlegung von Flüssen und deren Stauungen, um für Berieselungszwecke Wasser zu speichern, werden aber die Versteppung und Verwüstung nur beschleunigen.

- (e) Kleinste Ursachen haben in der Natur ungeahnte Folgen.
- (f) Erwärmung des Wassers durch naturunrichtige Bewegung und Führung führen zum Verlust der Trag- und Schleppkraft und in weiterer Folge zum Wasserschwind.
- (g) Ein "fiebriger" und damit kranker Wasserlauf ist wie ein kranker Körper. Wer also glaubt, einen absterbenden Wasserlauf durch Verkürzung seines Weges beschleunigen zu können, erreicht das gleiche wie z.B. ein Arzt, der einen Fieberkranken zu einem Dauerlauf zwingen möchte.
- (h) Viele Menschen können sich z.B. nicht erklären, warum ein künstlich gekühltes Bachwasser nicht erfrischt.
- (i) Naturrichtig bewegtes Wasser hat trotz des langsamen Fließens (Mäander) eine größere Trag- und Schleppkraft, als Wasser, welches mit steilem, technischem Gefälle abfließt.

- (j) Nichts ist sinnloser als das geologische Gefälle durch eine Wegverkürzung zu steigern, weil sich in diesem Falle das Wasser durch seine Eigenschwere überwirft und die Vorbedingungen für die naturrichtige Bewegung des Wassers wegfallen.
- (k) Die Hydromechaniker haben die wechselnde Trag- und Schleppkraft des Wassers vernachlässigt.
- (l) Die Natur arbeitet ökonomisch, d.h. antriebsparend.
- (m) Bei einer naturrichtigen Wasserführung ist zu beachten:
  - \* Das Normalprofil, das sich durch eine bio-dynamische Bewegungsart von selbst ergibt.
  - \* Die Drehung um die eigene Achse, die wiederum die Folge eines Normalprofils ist
  - \* Die sinnrichtige Isolierung durch naturrichtige Ablagerung des Geschiebeschlitters.

Eine naturrichtige Wasserlaufregulierung ist niemals durch eine mechanistische Uferkorrektur möglich

Wasser, Saft, Blut sind Akkumulatoren und Transformatoren. In ihnen gehen ständig Analysen und Synthesen vor sich, die sich um so mehr aufsteigern, je naturrichtiger Wasser, Saft, Blut bewegt werden. Dabei spielt die äußere Geschwindigkeitsbewegung annähernd keine, aber die innere Ausgleichsgeschwindigkeit eine große, Rolle.

Jedes lebende System hat zu seinem Aufbau und zur Durchführung der lebensfördernden Vorgänge organische Metalle und wasserlösliche Minerale nötig. Diese in feinsten Dosierungen enthaltenen Metalle und Minerale werden durch biochemische Umwandlungsvorgänge und mittels bio-dynamischer Maßnahmen erzeugt. Dieser Umwandlungsprozeß ist der heutigen Wasserbautechnik entgangen.

Die Ursache der Trag- und Schleppkraft bei sonst gleicher Geschwindigkeitsbewegung liegt nur im inneren Stoffwechselvorgang.

Quantität kann in Qualität umgewandelt werden. Dazu bedarf es auch einer entsprechenden Organisation des Materials, sowohl in formlicher wie auch in qualitativer Beziehung.

- (n) Naturbeobachtungen sind notwendig, um das Entwicklungsspiel der Natur zu durchschauen. Eines der interessantesten Probleme ist die im reissenden Wasser reglos stehende Standforelle.

Wenn man das Geheimnis der im reissenden Wasser regungslos stehenden Forelle ergründen will, dann müssen wir den eng gezogenen Horizont der heutigen Wissenschaft durchbrechen.

Die besten Kiemenwerkzeuge nützen nichts, wenn das Wasser in sich leer und schal ist. Eine verhältnismäßig geringfügige Entspannung eines Wassers durch Warmwasser genügt, um der Forelle das ruhende Stehen im wildreissenden Wasser unmöglich zu machen. Das ist ein überzeugender Beweis, daß technische Wärme der größte Feind jeder natürlichen Bewegungskraft ist.

- (o) Wasser ist eine organische Substanz. Wasser ist niemals als eine Einheit zu betrachten. Es gibt so viele Wasserarten, wie es auch Vegetationsarten gibt.
- (p) Der Wald ist nicht nur Wasserkonsument sondern auch Wasserproduzent. Deshalb erscheint im Wald um so mehr Wasser, je "unordnetlicher" (mit seinem Neben- und Unterwuchs in verschiedenster Art und Gestalt) er dem Auge des naturfremden Forstwirtes erscheint.

(q) Der kardinale Fehler der mechanistisch orientierten Technik ist in der gesamten ENERGIE-, Wasser-, Forst- und Landwirtschaft sichtbar geworden.  
(Dieses Faktum stand auch in einer Besprechung zwischen Reichskanzler Adolf Hitler und Viktor Schauberger in der Reichskanzlei, Berlin, 1934, zur Diskussion. Zu den sehr spezifischen Fragen Hitlers gab Schauberger ebenso spezifische, eindeutige Antworten.)

\* Die destruktiven Methoden in der heutigen ENERGIE-, Wasser-, Forst- und Landwirtschaft sind zu stoppen. Durchgreifende Maßnahmen des Staates sind notwendig.

\* Die heutigen Lehr- und Grundsätze und sonstigen Dogmen der Wissenschaft sind Irrlehren.

Der wissenschaftliche Glaube, arm an Geist und Wahrheit, führte zur Beherrschung primitiver Volksmassen und half eine einseitige Gehirn- und Gedankenarbeit zu kultivieren, die jedes Gefühl für naturnahe Geschehnisse abtötete.

\* Es ergeben sich nach allen Richtungen hin Zweifel an der Richtigkeit der Lehren in allen Bereichen der Wissenschaft, im besonderen der heutigen technischen Physik, Chemie, Nationalökonomie.

\* Diese Bedenken werden auch wach, wenn das Kapitel Energiewirtschaft genauer betrachtet wird: ungeheure Kraftverschwendung und lächerlich kleine Nutzeffekte. Nichts könnte deutlicher machen wie die sinnlosen Maßnahmen, jene Naturprodukte (Synthesen der Natur), welche zum Aufbau der Nahrungsmittel dienen, in sogenannten Maschinen zu verbrennen. Rechnet man die Störungen hinzu, die sich durch die Gewinnung der Rohprodukte (Kohle, Erdöl ...) im Erdinneren ergeben, so kommt man zur Erkenntnis, daß der überall auftretende Boden-ertragsrückgang nur von den mechanistisch orientierten Wissenschaftlern verschuldet wurde.

\* Die sich einseitiger Explosionskräfte oder einseitiger Expansionskräfte bedienende Technik ~~am~~ ist naturstörend und naturfeindlich. Diese hat die zentripetale natürliche Gegenkraft und die organischen Synthesen übersehen. Begründung: Völlige Verkenntung des natürlichen Entwicklungsvorganges.

Die mechanistisch-technischen Konstruktionen zerstören die Lebensfundamente.

\* Es ist ein offenes Geheimnis, daß es mit unserer Wasser-, Forst- und Landwirtschaft abwärts geht. Die größten wirtschaftlichen Mißerfolge hat die Wasser- und Forstwirtschaft zu verzeichnen.

\* Der überall bereits fühlbar werdende Wasserschwind und der damit verbundene Rückgang der eigentlichen Bodenkraft, ist nur auf schwere Fehler dieser beiden Wissenschaftszweige zurückzuführen.

\* Der Edelfruchtbau wird in absehbarer Zeit, auch in Mitteleuropa, mit Bestimmtheit unmöglich werden.

Seit der monokultivierenden Forst- und Ackerwirtschaft geht die natürliche Bodengüte (trotz der verschiedensten Düngemethoden) systematisch zurück.

Durch sinnlose Düngemaßnahmen werden die fundamentalsten Wachstumsvorgänge gestört.

Die Scheinerfolge halten nur kurze Jahre an und schon nach wenigen Jahrzehnten treten Rückschläge ein, die dann von Jahr zu Jahr größer werden, bis schließlich ungeheure Flächen einstiger Kulturgebiete zu Öd- und Wüstenland werden.

Bericht über die Voruntersuchungen mit Wendelrohren  
mit verschiedener Wandform.

Ausgeführt vom  
Institut für Gesundheitstechnik  
an der Technischen Hochschule Stuttgart.  
Leiter Prof. Dr.-Ing. habil. Franz Pöpel.

Die Biotechnische Arbeitsgemeinschaft übertrug dem Institut für Gesundheitstechnik an der Technischen Hochschule Stuttgart in der Verhandlung am 9.2.1952 verschiedene Voruntersuchungen an geraden und gewendelten Drallrohren aus verschiedenen Materialien, um die folgenden Fragen grundsätzlich klären zu können:

1. Wird Wasser beim Durchfliessen von Rohren in eine mehrfach einspulende Bewegung gebracht?
2. Spielt die Form der Rohrleitung bei der Erreichung dieser einspulenden Bewegung eine ausschlaggebende Rolle?
3. Spielt das Material des Rohres bei der Erreichung dieser mehrfach einspulenden Bewegung eine ausschlaggebende Rolle?
4. Treten bei diesen einspulenden Fliessvorgängen molekulare Strukturveränderungen des Wassers auf?
5. Können diese einspulenden Fliessvorgänge zur Verhütung von Rohrkrustierungen nutzbar gemacht werden?

Zu Frage 1: Die mehrfach einspulenden Fliessvorgänge.

Wird Wasser, das grobe suspendierte Stoffe enthält, in einem Becherglas zunächst umgerührt und danach sich selbst überlassen, so konzentrieren sich die Suspensa in der Achse der durch das Umrühren erzeugten rotierenden Wasserwalze. Diese an sich bekannte Naturerscheinung wird bereits im Rundsandfang der Firma Geiger, Karlsruhe, und im Hydro-Zyklon der Stami-Carbon zur Abtrennung der Suspensa vom Wasser technisch verwertet. In beiden Fällen wird der Inhalt der Rundbehälter durch tangential Zuleitung der Flüssigkeit in Rotation versetzt, die als Ursache der sich einstellenden Konzentration der Suspensa in der Achse der senkrecht rotierenden Flüssigkeitswalze betrachtet werden kann. Wird nun aber Wasser aus einem grossen

Behälter einer Rohrleitung zugeführt, so wird dieses oberhalb des Einlaufrohres in mehr oder weniger schnelle Drehung versetzt, wodurch, je nach der im Ablaufrohr herrschenden Fließgeschwindigkeit, ein mehr oder weniger tiefer Saugtrichter entsteht. Aufmerksame Beobachter können die Bildung derartiger Einlauftrichter an den Ausläufen von Waschbecken und Badewannen immer wieder beobachten. Der sich am Einlauf zum Ablaufrohr bildende Drall des Wassers und die Fortbewegung des Wassers im Ablaufrohr erzeugen nun infolge der wechselseitigen Beeinflussung einen sich gleichzeitig aus mehreren Raumkurven zusammensetzenden Durchflussvorgang, der auf folgende Weise sichtbar gemacht werden kann.

Aus einem Gefäß mit konstant gehaltenem Wasserspiegel fließt Wasser einem Glasrohr von 40 mm lichtem  $\varnothing$  zu und wird durch einen Ablauf aus einem Gummischlauch von 19 mm lichtem  $\varnothing$  zu einem Überlauf abgeleitet. Während bei dem Versuchsstand 1 (Abb. 1) das Niveaugefäß und die Wasserzuleitung so ausgebildet wurden, dass sich nur eine sehr schwache Drallbewegung am Einlauf zum Prüfrohr ausbilden konnte, wurde bei dem Versuchsstand 2 (Abb. 2) die Drallbildung am Einlauf durch trompetenartige Gestaltung und tangentielle Wasserzuleitung zum Niveaugefäß in jeder Hinsicht unterstützt.

Den Prüfrohren von 40 mm lichtem  $\varnothing$  mit einem Durchflussquerschnitt von  $0,125 \text{ dm}^2$  wurde eine Wassermenge von 0,2 bis 0,21 l/s zugeführt, so dass diese mit einer rechnerischen Geschwindigkeit von 1,6 bis 1,68 dm/s durchflossen wurden. Diese liegt bereits im Bereich der turbulenten Fließbewegung. Ein dünner am unteren Ende beschwerter Seidenfaden, der im Zustand der Ruhe glatt herunterhing (Abb. 3), wurde beim Durchfließen vom Wasser durch das Rohr entsprechend einer schwach gekrümmten Raumspirale in langsame Rotation versetzt. Beim Versuchsstand 2 waren die Krümmungen des Fadens infolge der grösseren Drallbewegung am Einlauf stärker als beim Versuchsstand 1. Da ausserdem beobachtet wurde, dass feine hydrophobe Suspensa bei sehr gleichmässiger Verteilung mit Hilfe eines feinmaschigen Siebes auf der Wasseroberfläche entlang der vom Faden gekennzeichneten Raumkurve zu Klümpchen konzentriert wurden, ist damit bewiesen, dass sich im Rohr eine Fließbewegung ausbildet, die entlang einer Raumspirale verläuft und die gleichzeitig um die Achse dieser Raumspirale rotiert. (Beweis: Krümmung und Rotation des Seidenfadens). Diese Tatsache wird auch dadurch bestätigt, dass die vom Wasser mitgerissene Luft entlang



der Raumspirale im Rohr konzentriert wird und nun je nach der Grösse der Luftbläschen in der um die Raumspirale rotierenden Fliessrichtung des Wassers mitwandert oder wieder nach oben steigt.

Um diese mehrfach einspulende Fliessbewegung noch besser überprüfen zu können, wurde das Verhalten von 3 an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks aufgehängten Seidenfäden untersucht. Obwohl diese durch Distanzhalter in der Mitte und am unteren Ende in ihre Lage fixiert wurden (Abb. 4), konnte beim Durchfliessen der Rohre eine Zwirnung der 3 Fäden beobachtet werden. Ausserdem wurde der neugebildete Faden trotz seiner Beschwerung und Distanzstücke immer wieder in den Bereich der Raumspiralenachse gezwungen. Infolge der grösseren Steifheit der 3 zusammengezwirnten Fäden, die ausserdem noch durch die Distanzhalter und 3 Endgewichten mehr belastet waren als der Einzelfaden, war die Krümmung derselben naturgemäss etwas schwächer als beim einzelnen Seidenfaden. Um nun zu kontrollieren, ob die Zwirnung der 3 Fäden nicht nur auf eine Drehung der Distanzhalter infolge der Drallbewegung des Wassers am Einlauf zurückgeführt werden muss, wurden diese in der Mitte und unten entfernt. Wie aus Abb. 5 hervorgeht, wurde auch in diesem Fall die Zwirnung der 3 Fäden und ihre Einstellung entlang einer schwach gekrümmten Raumspirale erzielt. Damit ist eindeutig nachgewiesen, dass die Zwirnung der Fäden nicht auf die Drehung des obersten Distanzstückes, sondern nur auf die mehrfach einspulende Fliessbewegung des Wassers zurückzuführen ist.

Dieser mehrfach einspulende Fliessvorgang im Innern des Rohres wird ausserdem von einer zweiten ebenfalls raumspiralförmig gekrümmten Randbewegung überlagert. Dieses Phänomen wurde mit Hilfe von Eisenfeilspänen sichtbar gemacht. Es fällt auf, dass die Ganghöhe der stark gekrümmten Raumspirale beim Durchfliessen des Rohres nicht konstant ist, sondern allmählich grösser wird, und gleichzeitig eine Zusammenballung zu grösseren Klümpchen stattfindet. Auch feine hydrophobe Suspensa wurden entlang dieser stark gekrümmten raumspiralförmig fortschreitenden Fliessbewegung durch das Prüfrohr geschleusst, (Abb. 7 u. 8). Es fällt jedoch auf, dass die Eisenfeilspäne mehr in den Randzonen und die hydrophoben Stoffe mehr in dem Innern der Rohrleitung konzentriert werden. Diese übereinander gelagerten Fliessvorgänge in Rohrleitungen, die mit Hilfe der vorbeschriebenen Demonstrationsversuche zum ersten Mal nachgewiesen werden konnten, müssen noch hinsichtlich ihrer Entstehung und Auswirkung eingehender untersucht werden.

Es kann jedoch heute schon folgendes darüber ausgesagt werden: Die drallförmige Art der Wasserzuleitung lässt an sich die Entstehung von stark zentrifugal wirkenden Kräften erwarten. Dass diese auch tatsächlich vorhanden sind, wird durch das Herausschleudern der Eisenteilchen an die Rohrwandung in dem obersten Teil des Rohres bewiesen. Die spezifisch leichteren hydrophoben Feststoffe sind dieser auftretenden Zentrifugalkraft in etwas geringerem Masse ausgesetzt als die spezifisch schweren Eisenfeilspäne.

Wenn nur diese Zentrifugalkräfte wirken würden, so müsste der in der Mitte hängende Seidenfaden nach aussen gezogen werden. Sie könnten auch niemals eine Verzwirnung desselben entlang einer schwach gekrümmten Raumspirale hervorrufen. Ferner wäre es zentrifugal wirkenden Kräften unmöglich, drei in den Randzonen der Rohrleitung aufgehängten Seidenfäden zu einem Faden zusammenzuzwirnen, der sich dann auch noch entsprechend der raumspiralförmig gekrümmten Achse verformt. Diese Erscheinungen können nur <sup>durch</sup> zentripetal wirkende Kräfte hervorgerufen werden, die grösser als die Zentrifugalkräfte sind.

Die emehrfach einspulende Fliessbewegung kann demzufolge nur auf diese erstmalig beobachteten und demonstrativ nachgewiesenen, durch den Fliessvorgang selbst geweckten, zentripetal gerichteten Kräfte zurückgeführt werden.

Ausserdem kann aus der unterschiedlichen Ganghöhe der stark gekrümmten Raumspirale und durch die beobachtete Flockung und Abwanderung der Stoffteilchen nach der Mitte gefolgert werden, dass die Zentrifugalkräfte beim Durchfliessen des Rohres abnehmen und die diese überwindenden Zentripetalkräfte stets gleiche Grösse haben und demzufolge gegenüber den Zentrifugalkräften in ihrer Auswirkung allmählich zunehmen.

Die festgestellten Flockungsvorgänge können aber nicht nur allein auf eine Beeinflussung mechanischer Kräfte zurückgeführt werden. Nach den vorherrschenden Vorstellungen über die Koagulation von Feststoffen kann mit grosser Sicherheit angenommen werden, dass die im Verlauf des Fliessvorganges eintretende Zusammenballung der Feststoffteilchen durch elektrophysikalische Kraftwirkungen ausgelöst werden.

Die auf verschiedene Weise sichtbar gemachte Fliessbewegung von Wasser in geraden Rohren beweist also eindeutig, dass sich am Einlauf derselben eine mehr oder weniger starke Drallbewegung ausbildet, die wiederum eine entlang einer Raumspirale verlaufende einspulende Fliessbewegung auslöst, die ausserdem durch Fliessbewegungen entlang stärker gekrümmter Raumspiralen überlagert wird.



Zu den Fragen 2 und 3: Der Einfluss der Form und des Materials der Rohre auf die Einstellung einspulender Fliessvorgänge.

Die aus den Abb. 6, 7 und 8 zu erkennenden, sich überlagernden Fliessvorgänge entlang einer schwach und einer stark gekrümmten Raumspirale müssen sich durch Wirbelbildungen in den Grenzzonen der beiden nach Richtung und Fliessgeschwindigkeit unterschiedlichen Bewegungen gegenseitig stark behindern. Als logische Folgerung aus dieser Beobachtung könnte also bei einer günstigen Abgrenzung der sich gegenseitig durch Wirbelbildungen hindernden Fliessvorgänge eine Steigerung der Förderleistung des Rohres erwartet werden. Da ~~nun~~ die Wendelrohre in ihrer rythmisch schwingenden Form dem Verlauf der sich beim Durchfluss des Rohres automatisch bildenden stark gekrümmten Raumspiralen angepasst sind, müssten diese also - als weiterer Schritt auf dem Wege logischer Schlussfolgerungen - bei sonst gleichen Verhältnissen eine grössere Leistung als gerade Rohre mit gleichem Durchflussquerschnitt haben. Wenn nun die durch die Spiralform der Wendelrohre geweckten Bewegungsvorgänge darüber hinaus auch noch mit den sich aus der Durchflussgeschwindigkeit ergebenden Impulse synchron sind, so müsste die Wassermenge - wie bei der stark gekrümmten Raumspirale in dem geraden Prüfrohr - das Wendelrohr eigentlich frei schwingend, d.h. ohne Berührung der Wand und Bildung der den Fliessvorgang hindernden Ablösungswirbel durchfliessen. In diesem Fall würde dann auch die Rohrwand als Folge der mehrfach einspulenden Fliessbewegung garnicht mehr vom Wasser berührt werden. Daraus ergibt sich als ein noch weiterer Schritt auf dem Wege der hypothetischen Schlussfolgerungen, dass die sonst in geraden Rohren auftretenden Reibungsverluste beim Wendelrohr unter ganz bestimmten Voraussetzungen auf 0 abnehmen können.

Die gleichen Hypothesen könnten aber auch für die Wendelrohre aufgestellt werden, die entsprechend der sich im Innern der geraden Rohre bildenden Raumspiralen mit schwacher Krümmung geformt sind und bei denen die Drallbewegung des Wassers durch eine geeignete Ausbildung der Rohrwand erzeugt wird. Diese drallförmige Vertiefung an den Wandungen der gestreckten und gekrümmten Wendelrohre werden nun aber zufolge der Strömungsbilder der Abb. 6, 7 und 8 nicht nur allein die Entstehung des einspulenden Fliessvorganges unterstützen, sondern diese auch - wie z.B. beim Gewehrlauf - die Formgebung derselben stabilisieren.

Diese hypothetischen Schlussfolgerungen aus dem unter 1.) beschriebenen Strömungsversuchen wurden durch Messungen der Reibungsverluste und Förderleistungen an 7 geraden bzw. gewendelten Rohren von verschiedenen Querschnitts- und unterschiedlichen Wandformen ~~auf folgende Weise~~ auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft.

Aus dem Niveaugefäss des Versuchstandes 1 wurde das Wasser über einen Gummischlauch von 19 mm lichtem  $\varnothing$  den zu prüfenden Rohren zugeleitet. Ein Gummischlauch von gleichem Durchmesser diente zur Ableitung des Wassers nach dem Messauslauf. Dieser besteht im wesentlichen aus einem sich konisch von 20 auf 40 mm  $\varnothing$  erweiternden Auslaufrohr mit zwei Anschlüssen zur Messung des Druckabfalles (Abb. 9 u. 9a). Das Auslaufrohr ist zentrisch in einem Ablauf angeordnet. Die das Rohr durchfliessende Wassermenge wurde durch Stoppen der Zeit gemessen, die zum Füllen eines 15 l grossen Messgefässes erforderlich war. Die dabei verbrauchte Druckhöhe wurde mit Hilfe der am Messauslauf unmittelbar nebeneinander eingeordneten 3 Messrohre festgestellt. Es wurde immer der Höhenunterschied zwischen dem Wasserspiegel des Niveaugefässes und dem Auslaufrohr ( $h$ ) gemessen. Ausserdem wurde das Druckgefälle  $\Delta h$  gemessen, das beim Durchfliessen des Auslaufrohres selbst entsteht. Die gemessene Fördermenge  $q$ , die Höhenunterschiede  $h$  sowie die errechnete Differenz  $h - \Delta h$  sind in der Zahlentafel 1 zusammengestellt. Es sind jeweils die Mittelwerte aus drei unter gleichen Bedingungen durchgeführten Messungen in die Tabelle aufgenommen.

Zahlentafel 1

Förderleistung gerader und gewendelter Rohre.

	Förderlei- stung $q$	Fliessge- schwindig- keit $v$	$h$	$\Delta h$	$h - \Delta h$
	l/s	cm/s	cm	cm	cm
1. Prüfstand ohne Rohre, jedoch mit konischem Ein- und Auslauf der Prüfrohre $v$ bezogen auf die Gummi- schläuche von 19 mm lichtem $\varnothing$	0,148	52,3	7,35	0,32	7,03
	0,166	58,7	8,81	0,49	8,32
	0,187	66,1	10,70	0,60	10,10
	0,215	76,0	12,85	0,70	12,15
	0,231	81,6	15,30	0,80	14,50
	0,247	87,3	17,48	1,10	16,38
2. Gewundelttes Drallrohr aus Kupfer etwa 1,45 m lang 5,05 cm <sup>2</sup> Quer- schnitt von der Form	0,130	25,7	6,0	0,34	5,66
	0,168	33,3	10,05	0,47	9,58
	0,206	40,8	13,7	0,62	13,09
	0,215	42,6	15,7	0,70	15,00
	0,234	46,3	18,0	1,20	16,80
	0,250	49,5	19,8	1,36	18,44
	+ 0,283	56,1	21,2	2,15	19,05
	0,294	58,3	22,1	1,55	20,55
	0,303	60,06	24,55	1,85	22,70
	+ Diese Werte stammen aus einer anderen Versuchsreihe	0,319	63,38	2,05	24,85
	+ 0,320	63,4	25,7	2,9	22,8
3. Gerades Kupferrohr 2,54 cm $\varnothing$ 1,45 m lang	0,123	24,4	5,3	0,30	5,0
	0,177	34,6	16,4	0,50	9,9
	0,211	41,7	15,6	0,65	14,95
	0,246	48,7	20,2	0,85	19,75
	0,288	57,0	25,5	1,20	24,70



	q	v	h	Δh	h - Δh
4. Gerades Glasrohr 2,54 cm Ø	0,106	21,0	5,5	0,25	5,25
1,45 m lang	0,155	30,7	16,5	0,30	10,20
	0,192	38,0	15,6	0,55	14,75
	0,222	43,9	19,6	0,60	19,00
	0,275	54,4	25,3	0,85	24,45
5. Glattes konisches Kupferrohr,	0,073	-	5,65	0,20	5,45
1,45 m lang	0,1035	-	9,80	0,22	9,58
	0,1200	-	14,65	0,20	14,45
	0,1445	-	20,70	0,30	20,40
	0,1555	-	24,75	0,42	24,33
6. Gewundenes konisches Drallrohr aus Kupfer 1,45 m lang	0,0525	-	4,60	0,15	4,45
	0,0820	-	9,30	0,23	9,07
	0,1075	-	14,25	0,30	13,95
	0,1320	-	20,55	0,38	20,17
	0,1565	-	26,40	0,62	25,78
7. Gerades konisches Drallrohr aus Kupfer 1,45 m lang, grosser Querschnitt	0,0565	-	5,35	0,17	5,18
	0,0844	-	10,70	0,32	10,38
	0,1060	-	15,20	0,38	14,82
	0,1240	-	20,40	0,22	21,18
8. Gerades konisches Drallrohr aus Kupfer, 1,45 m lang, kleiner Querschnitt	0,0292	-	5,90	0,10	5,80
	0,0438	-	10,70	0,10	10,60
	0,0545	-	15,70	0,10	15,20
	0,0665	-	20,70	0,13	20,57
	0,0788	-	26,40	0,18	26,22

Die gefundenen Förderleistungen sind in Abb. 10 in Abhängigkeit von der Reibungshöhe in doppelt logarithmischem System aufgetragen. Mit Rücksicht auf die unterschiedlichen Durchflussquerschnitte  $f$  der verschiedenen Prüfrohren wurde in diesem Fall nicht die Durchflussgeschwindigkeit  $v$ , sondern die gemessene Fördermenge  $q$  in Abhängigkeit von dem gemessenen Wasserspiegeln Höhenunterschied in doppeltem logarithmischem Koordinatensystem aufgetragen. Die Verbindungslinien der zueinander gehörenden Messwerte, die kurz als  $q$ - $h$ -Linien bezeichnet werden können, müssten dann unter Zugrundelegung des Weissbachschen Ansatzes für den Reibungsverlust in Druckrohren Geraden sein, für die die Beziehungen gelten:

$$h = \frac{c'}{2g} \cdot v^2 = c'' \cdot \left(\frac{q}{f}\right)^2 = \frac{c''}{f^2} \cdot q^2 = c \cdot q^2 \quad \text{mit } c = \frac{c''}{f^2} \quad \text{oder} \quad c'' = c \cdot f^2$$

Die Messwerte der Rohre mit gleichem Durchflussquerschnitt und gleicher Wandrauigkeit müssen also zufolge dieser Grundgleichung auf einer Geraden liegen. Bei ungleichen Querschnitten würden sich allerdings die Werte um einen von  $1/f^2$  abhängigen Faktor verschieben.

Wie aus Abb.10. hervorgeht., weichen nun aber die q-h-Linien der verschiedenen Prüfrohre sehr erheblich von der Geraden ab und lassen sogar, wie z.B. beim gewendelten Kupferrohr (Prüfrohr 2), einen charakteristischen Schwingungsverlauf erkennen, der nicht damit abgetan werden kann, dass die festgestellten Messwert nicht mit genügender Sorgfalt ermittelt wurden.

Die geraden glatten Kupferrohre mit gleichbleibendem (Prüfrohr 3) und konischem (Prüfrohr 5) Durchflussquerschnitt folgen noch am besten der hydraulischen Grundbedingung  $h = c \cdot q^2$ . Bei den übrigen Prüfrohren ist, abgesehen von dem schwingenden Verlauf der Kurven, die Richtung der Verbindungslinien durch eine Beziehung gekennzeichnet, bei der der Exponent der Fördermenge kleiner als 2 ist. Für den Prüfstand selbst sowie die Prüfrohre 2 (gewendeltetes Drallrohr), 4 (gerades Glasrohr) und 7 (gerades konisches Drallrohr, grosser Querschnitt) würde sich der Exponent auf 1,67 ermässigen. Bei dem Rohr 6 (gewendeltetes konisches Drallrohr) nimmt er sogar auf 1,57 ab und erreicht den kleinsten Wert von 1,51 bei dem geraden Drallrohr mit kleinem Querschnitt (8). Dieses lässt darauf schiessen, dass die Wendelung und Drallung der Rohre je nach der in diesem herrschenden Durchflussgeschwindigkeiten einen günstigen oder auch ungünstigen Einfluss auf die Durchflussvorgänge ausüben kann.

Werden z.B. die Rohre 6 und 5 betrachtet, die gleiche Länge und den gleichen, konisch gestalteten Durchflussquerschnitt haben, aber hinsichtlich der Wendelung und Drallung von einander abweichen, so geht aus der Lage der Verbindungslinien der Messwerte hervor, dass die Wendelung und Drallung der Rohre in dem untersuchten Messbereich einen ungünstigen Einfluss auf ihre Förderleistung haben. Das gerade konische Kupferrohr mit glatter Wand fördert bei gleichem Wasserspiegel-Höhenunterschied mehr Wasser als das gewendelte. Der Unterschied in der Förderleistung nimmt aber mit grösser werdendem Höhenunterschied ständig ab und würde bei  $h = 28$  cm vollständig aufgehoben sein. Bei grösseren Höhenunterschieden würde das gewendelte Rohr (6) eine grössere Wassermenge als das gerade Kupferrohr (5) fördern. Das gleiche würde auch für das Rohr (7) zutreffen, da das gerade glatte Kupferrohr (5) bei  $h = 30$  cm mit einem  $q = 0,17$  l/sec eingeholt haben würde. Diese Hypothese kann nun durch die eingehende Analyse der Messwerte der Prüfrohre 2,3 und 4 als den Tatsachen entsprechend bestätigt werden. Das gerade Glasrohr (4) hat nämlich bei gleichem Höhenunterschied  $h$  immer eine geringere Förderleistung als das gerade (3) und gewendelte (2) Kupferrohr. Das gerade Kupferrohr (3) leistet bis zu einem Höhenunterschied von 10,5 cm mehr als das gewendelte (2) Kupferrohr. Von hier ab ist jedoch das gewendelte Kupferrohr immer überlegen.



die aus der Richtung der Verbindungslinien der Messwerte der Prüfrohre 5, 6 und 7 abgeleitete Schlussfolgerung über die ausserhalb des Messbereiches liegende günstige Auswirkung der Wendelung und Drallung der Rohre auf den Durchflussvorgang wird also bei den Rohren 2,3 und 4 durch die festgestellt Messwerte als richtig bewiesen. Die ausserhalb des Messbereiches der Prüfrohre 5,6 und 7 zu erwartende Umkehrung der ungünstigen in die günstige Auswirkung der Wendelung und Drallung der Rohre auf den Fliessvorgang gegenüber den geraden glatten Rohren ist bei den Prüfrohren 2,3 und 4 bereits innerhalb des Messbereiches eingetreten. Es ist daher zweckmässig, diese Prüfrohre einer eingehenden Analyse zu unterwerfen.

Aus den Zahlenwerten der Tafel 1 geht hervor, dass die Druckgefälle, die  $\Delta h$ -Werte am Auslauf des Prüfstandes keine einheitliche Tendenz aufweisen. Um festzustellen, ob die beobachteten Abweichungen auf Messungenauigkeiten zurückzuführen sind, wurden die  $\Delta h$ -Werte in Abb. 11 in Abhängigkeit von der Fördermenge in doppelt logarithmisches Koordinatensystem aufgetragen. Während die Verbindungslinien der Messwerte des geraden Kupferrohres (3) und Glasrohres (4) einen gleichförmigen Verlauf haben, zeigen die des gewendelten Kupferdrallrohres (2) und auch die des Prüfstandes (1) wiederum charakteristische Schwingungen.

Diese Messergebnisse beweisen also, dass der Prüfstand selbst infolge seiner halbkreisförmigen nach unten durchhängenden Führung eine der Rohrwendelung ähnliche Wirkung auslöst, die jedoch durch die Zwischenschaltung gerader Rohrstrecken ganz oder aber zum weitaus grössten Teil aufgehoben wird. Bei der Zwischenschaltung des gewendelten Rohres wird vermutlich die Wirkung des nach unten hängenden Prüfrohres nicht ausgeglichen, sondern vielleicht sogar noch verstärkt. Um daher nun den in den Prüfrohren für die Erzielung der Förderleistung  $q$  notwendigen Reibungsverlust zu erhalten, ist es erforderlich, die Wasserspiegelhöhenunterschiede noch um die am Auslauf vorhandenen Druckgefälle zu verringern. In Abb. 12 sind dann die Förderleistungen  $q$  in Abhängigkeit von den ( $h - \Delta h$ ) Werten in doppelt logarithmisches Koordinatensystem aufgetragen.

Die Verbindungslinien der zueinander gehörenden Messwerte von dem Ein- und Auslauf des Prüfstandes (1) sowie der geraden Glas- und Kupferrohre haben nun einen gleichförmigeren Verlauf als vorher. Die den Messwerten des gewendelten Kupferrohres angeglichenen Verbindungslinie zeigt wieder die für diese charakteristischen Schwingungen. Die auf diese Weise ausgeglichenen Messergebnisse sind dann zur Ermittlung der Reibungsverluste der 1,45 m langen



Prüfrohre verwendet worden. Wie in Abb.12 angegeben ist, sind jeweils die Ordinaten zwischen den q-h-Linien des Prüfstandes und der Prüfrohre ermittelt und in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

Zahlentafel 2

Förderleistung und Reibungsverluste gerader und gewendelter Prüfrohre aus Glas und Kupfer.

Förderleistung l/sec	Reibungsverluste im gewendelten      geraden Kupferrohr		geraden Glasrohr
	cm	cm	cm
0,12	0,10	0,05	1,85
0,13	0,19	0,20	2,07
0,14	0,00	0,23	2,20
0,15	0,40	0,33	2,48
0,16	0,95	0,45	2,85
0,17	0,95	0,70	3,25
0,18	0,65	1,20	3,75
0,19	0,45	1,85	4,25
0,20	0,95	2,25	4,65
0,21	2,05	2,55	5,05
0,22	2,50	2,85	5,30
0,23	2,45	2,95	5,45
0,24	2,10	3,10	5,60
0,25	1,70	3,24	5,79
0,26	1,25	3,35	6,00
0,27	0,80	3,50	6,20
0,28	0,35	3,75	6,65
0,29	0,00	4,00	7,00
0,30	0,00	4,30	7,30
0,31	0,10	-	-
0,32	0,80	4,90	7,30
0,34	3,50	4,90	-
0,36	4,60	4,90	-
0,38	3,70	5,05	-
0,40	2,50	5,38	-
0,42	1,60	5,80	-
0,44	0,70	6,50	-

Die Förderleistungen der Rohre sind in Abb.13 in Abhängigkeit von der Reibungshöhe in kartesisch geteilten Koordinaten aufgetragen und die zueinander gehörenden Messwerte miteinander verbunden. Es fällt auf, dass alle Verbindungs-  
linien einen charakteristischen Schwingungsverlauf haben, der am deutlichsten  
bei dem Wendelrohr ausgeprägt ist.

Aus der Lage der 3 Kurven geht einwandfrei hervor, dass das gewendelte Drallrohr aus Kupfer bei gleicher Reibungshöhe eine grössere Förderleistung als das gleich lange gerade Kupferrohr vom gleichen Durchflussquerschnitt hat. Diese nach den bisher als richtig erkannten turbulenten Strömungsvorgängen nicht zu

erwartenden Ergebnisse, können jedoch als eine Bestätigung der Hypothesen betrachtet werden, die auf Grund der Fließvorgänge aufgestellt wurden, die in geraden Rohrleitungen bei drallförmiger Gestaltung der Wasserzufuhr entstehen und über die in Abschnitt 1 eingehend berichtet wurde. Bei der Synchronisierung der Fließgeschwindigkeit des Wassers mit der Raumspirale des Wendelrohres wurde tatsächlich eine Abnahme der Reibungshöhe bis auf 0 beobachtet. Das völlige Verschwinden der Reibungshöhe kann aber nur dann eintreten, wenn die kinetische Energie des im Wendelrohr fließenden Wassers im Zusammenwirken mit der am Einlauf oder durch die Rohrwanddrallung hervorgerufene Drallbewegung desselben eine der Wendelform des Prüfrohrs genau angepasste freie Raumschwingung des Wassers erzeugt. Hierbei wird aber auch die sich aus dem einspulenden Fließvorgang ergebende zentripetalgerichtete Saugkraft ausschlaggebend mitwirken. Diese ist ja nach den Ausführungen in Abschnitt 1 so stark, dass die am unteren Ende beschwerten Seidenfäden entgegen der auf sie einwirkenden Erdanziehung zu einer dem Fließvorgang entsprechenden Raumspirale geformt werden. Während sich nämlich die im vertikalen Glasrohr beobachteten schwach gekrümmten Fließvorgänge mit stark zentripetalgerichteter Einspulung und die stark gekrümmten Fließbewegungen mit geringer einspulender Wirkung gegenseitig hindernd überlagerten, können diese beiden zentrifugal wirkenden Schwingungs- und zentripetal wirkenden Einspulkräfte im gewendelten Drallrohr nun durch die Führung des Wassers entlang einer Raumspirale und der drallförmig gestalteten Rohrwand zu einer sich harmonisch unterstützenden Wirkung dann vereinigt werden, wenn die kinetische Energie des Wassers der Form der Wendel und der der Drallung entspricht. Bei dem untersuchten drallförmigen Kupferwendelrohr (2) war dieses bei folgenden Förderleistungen und Fließgeschwindigkeiten der Fall.

Die Reibungshöhe im Wendelrohr nähert sich 0,1

bei $q = 0,14$ l/s	oder $v = 0,28$ m/s	und	1,383	bzw 0,7
bei $q = 0,19$ l/s	" $v = 0,39$ "	"	1,528	0,65
bei $q = 0,38$ l/s	" $v = 0,60$ "	"	1,533	0,65
bei $q = 0,46$ l/s	" $v = 0,92$ "	"		

sie erreicht Höchstwerte

bei $q = 0,127$ l/s	" $v = 0,254$ "	"	1,29	0,76 3/4
bei $q = 0,165$ "	" $v = 0,330$ "	"	1,22	0,767
bei $q = 0,225$ "	" $v = 0,430$ "	"		
bei $q = 0,360$ "	" $v = 0,220$ "	"	0,554	

In Abb. 14, die eine Ergänzung der Abb. 13 ist, fällt auf, dass die Förderleistungen der beiden glatten und geraden Rohre ganz ähnlichen rythmischen Schwingungen unterliegen wie die des Wendelrohres. Dieses ist vermutlich auf den Drall des Wassers am Einlauf des Prüfstandes und auf seine U-förmige Ausbildung zurückzuführen. Der Verlauf der den Messwerten angeglichenen Verbindungslinien lässt sogar vermuten, dass es sich um 2 übereinander gelagerte Schwingungen bei der Förderleistung handelt, die sich wahrscheinlich aus der Zusammenwirkung von der

Drallbewegung und der Form des Prüfstandes ergeben. / Durch spätere Untersuchungen müssen die verschiedenen Einflüsse auf die Gestaltung der q-h-Kurve genauer erklärt werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass die q-h-Linie des geraden Glasrohres in dem Bereich der Fördermengen von 0,13 bis 0,20 l/s ziemlich genau der Kurve folgt, für die nach dem Weissbach'schen Grundansatz die Beziehung gilt

$$h = 118 \cdot q^2$$

Indem sich daran anschliessenden Bereich grösserer Fördermengen weicht jedoch die q-h-Linie des Glasrohres sehr erheblich von dieser Weissbach'schen Grundgleichung ab. Die Fördermengen wachsen infolge des durch den Einlaufdrall erzeugten einspulenden Fliessvorganges und der durchhängenden U-Form des Prüfstandes viel schneller mit zunehmender Reibungshöhe als nach den Weissbach'schen Grundgesetzen erwartet werden kann.

Der untere Ast der q-h-Linie für das gerade Kupferrohr läuft dem für das Glasrohr genau parallel; sie ist jedoch für die Reibungshöhe  $h = 2,5$  cm nach unten verschoben. Der Reibungsverlust des Kupferrohres beträgt also trotz einer grösseren Wandrauhigkeit als beim Glasrohr in dem Bereich von  $q = 0,13$  bis  $0,2$  l/s also nur

$$h = 118 \cdot q^2 - 2,5$$

Diese Verminderung der Reibungshöhe beim Fliessen des Wassers in Kupferrohren kann nur dadurch erklärt werden, dass Kupfer die Entstehung des einspulenden Fliessvorganges mehr begünstigt als Glas. Wie bereits früher nachgewiesen wurde, werden durch die Einspülung Saugkräfte auf das Wasser ausgeübt, die zu der beobachteten Verminderung der Reibungshöhe führen. Die Grösse dieser Saugkraft kann nun durch die sehr nahe liegende Annahme vorläufig ermittelt werden, dass das Wasser um die verminderte Reibungshöhe angesaugt werden muss. Die im Kupferrohr erzeugte einspulende Fliessbewegung bewirkt also in dem untern Bereich der q-h-Linie eine Ansaugleistung A von

$$A = 2,5 q \text{ in cm g/s}$$

und wächst mit zunehmender Fördermenge dann noch weiter von 325 auf 500 cm<sup>3</sup>/s an.

Ohne einen Fehler zu begehen kann weiterhin angenommen werden, dass die Weissbach'sche Grundgleichung für die Reibungsverluste in Rohren auch bei grösseren Förderleistungen als 0,2 l/s zutreffen würde, wenn am Einlauf zu den Prüfrohren die Entstehung von Drallbewegungen verhindert worden wäre. Es kann daher die Parabel für die Reibungshöhe von der Form  $h = 118 \cdot q^2$  über  $q = 0,2$  l/s hinaus verlängert werden. Die Differenz der Ordinaten zwischen dieser Parabel und den q-h-Linien der 3 Prüfrohre entsprechen

dann der Verminderung der normal aufzuwendenden Reibungshöhen und können demzufolge auch als die Saughöhe gedeutet werden, die die einspulende Fließbewegung des Wassers erzeugen und die wie vorstehend die Grundlage zur Berechnung der Ansaugleistung bilden.

Zur Veranschaulichung dieser Gedankengänge wurden die Saughöhen in Abb. 15 in Abhängigkeit von der Fördermenge aufgetragen. Mit deren Hilfe wurden dann die Ansaugleistungen  $A$  ermittelt, die in Abb. 16 ebenfalls in Abhängigkeit von der Fördermenge als  $A$ - $q$ -Kurven aufgetragen wurden.

Bei dem Glasrohr nimmt die Ansaugleistung bis zu einer Fördermenge von  $q=300 \text{ cm}^3/\text{s}$  ständig auf  $A = 850 \text{ cm g/s}$  zu. Das Kupferrohr entwickelt nun aber bei der gleichen Fördermenge eine Ansaugleistung von  $A = 1860 \text{ cm g/s}$ . Das Material des Rohres hat also die auf das Wasser ausgeübte Saugleistung um  $1860 - 850 = 1010 \text{ cm g/s}$  vermehrt.

Bei einer Fördermenge von  $310 \text{ cm}^3/\text{s}$  erreicht die Saugleistung des Wendelrohres in dem untersuchten Messbereich ihren grössten Maximalwert mit  $A = 310 \cdot 11,1 = 3450 \text{ cm g/s}$ . Sie ist also 4,05 mal so gross, wie die des geraden Glasrohres und 1,85 mal so gross, wie die des geraden Kupferrohres.

Der Verlauf der in den Abb. 15 und 16 für die 3 Prüfrohren dargestellten  $q$ - $h$  und  $q$ - $A$ -Linien lässt mit zunehmender Fördermenge einen rhythmischen Wechsel von zunehmender, gleichbleibender und abnehmender Saughöhe und Saugleistung deutlich erkennen.

In den Bereichen der zunehmenden Saughöhen und -Leistungen sind die sich aus mehrfach einspulenden Fließbewegung des Wassers ergebenden Saughöhen immer grösser als die Reibungshöhen, die die normalen turbulenten Fließvorgänge in Rohrleitungen entsprechend dem Weissbach'schen Grundansatz verursachen würden. Die vorstehend gewählte Deutung und Auswertung der Beobachtungen lassen daher auch die hypothetische Schlussfolgerung zu, dass die Synchronisierung der kinetischen Energie des fließenden Wassers mit der Wendelung und Drallung der Rohre mehr Energie erzeugt als für die Überwindung der erreichten Reibungsverluste benötigt wird. Es müsste also eine immer grössere werdende Beschleunigung der Wasserbewegung entstehen. Sie kann jedoch nicht unbegrenzte Werte annehmen, da die Bereiche zunehmender Saughöhen und Saugleistungen immer wieder durch solche von gleichbleibender und abnehmender Saugleistung unterbrochen werden. Dieses tritt dann ein, wenn bei der Überschreitung der optimalen Synchronisierung aller Strömungsvorgänge zu der Betonung der fortschreitenden Bewegungskomponenten gegenüber der rotierenden und



schwingenden führt, wodurch ein asynchrones Zusammenwirken der verschiedenen sich überlagernden Bewegungsvorgänge zustande kommt. Der Verlauf der Kurven lässt erkennen, dass diese in dem untersuchten Messbereich aus verhältnismässig langen Ästen mit zunehmender Saugleistung bestehen, die durch kürzere Äste gleichbleibender und abnehmender Saughöhe unterbrochen werden.

In den Bereichen der gleichbleibenden Saughöhen und Saugleistungen ist nun der aus der einspulenden Fliessbewegung des Wassers sich ergebende Energiegewinn - entsprechend den Beobachtungen am geraden Glasrohr - ebenso gross wie der Energieverbrauch, den die normale turbulente Strömung verursachen würde. Der Energiegewinn kann aber auch wie beim Kupferrohr um einen gleichbleibenden Betrag grösser sein als der normale Energieverbrauch turbulenter Strömungsvorgänge.

In den Bereichen abnehmender Saughöhen und Saugleistungen ist die kinetische Energie des fliessenden und rotierenden Wassers nicht mit seiner schwingenden Bewegung synchronisiert. Hierdurch wird die Turbulenz der Strömungen soweit gesteigert, dass der Energieverbrauch zur Förderung des Wassers in den Rohrleitungen viel grösser ist als der Energiegewinn, der sich aus der Einspulung des Wassers ergeben würde.

Es darf jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Darstellung der Beobachtungen in der vorstehenden Form vermutlich nicht der Wirklichkeit entspricht. Sie wurde in aller erster Linie dazu benutzt, um einen ersten Überblick über die Grösse der Kräfte zu erhalten, die das Phänomen der einspulenden Fliessbewegung hervorzurufen vermag. Späteren Versuchen muss es vorbehalten bleiben, ihre Grösse, Art und Wirkung genauer zu erfassen. Nachdem ihre Existenz erkannt wurde und die bewusste technische Anwendung im Bereich der Möglichkeiten liegt, wird sie eine revolutionierende Bedeutung auf den Gebieten der Behandlung und Förderung flüssiger und gasförmiger Medien erhalten.

Da der Verlauf der  $q-h$ ,  $q-H$  und  $q-A$ -Linien die grosse Überlegenheit des Wendelrohres gegenüber dem geraden Kupferrohr und die Unterlegenheit des Glasrohres gegenüber diesen erkennen lässt, können die Fragen 2 und 3 zusammenfassend wie folgt beantwortet werden:

Die Form und das Material der Rohrleitungen sind von ausschlaggebender Bedeutung auf das Zustandekommen der einspulenden Fliessbewegung und der von dieser erzeugten Saugleistung und Saughöhe.



Zu Frage 4. Die Strukturveränderung des Wassers infolge der mehrfach einspulenden Fliessbewegung.

Wenn auch noch keine exakten Messungen über die Strukturveränderungen des Wassers als Folge einer einspulenden Fliessbewegung durchgeführt werden konnten so geht doch aus den Ausführungen unter 1 sehr deutlich hervor, dass diese bereits in geraden Rohrleitungen-sogar selbst mit noch asynchron verlaufenden Fliessvorgängen-Flockungen hervorzurufen vermag, die neben der mechanischen Zusammenballung der Feststoffe auch auf elektrophysikalische Wirkungen zurückgeführt werden müssen.


Die unter 2 und 3 nachgewiesene Tatsache, dass das Material der Rohrleitungen auf die Entstehung der einspulenden Fliessbewegung des Wassers einen ausserordentlich grossen Einfluss ausübt, kann nicht nur allein auf rein hydrodynamische Wirkungen, sondern wird vermutlich auch vor allem auf elektrophysikalische Effekte zurückgeführt werden müssen, die sich aus einer grösseren Reaktionsfähigkeit des Kupfers im Zusammenwirken mit dem Wasser ergeben.

Diese Schlussfolgerungen werden auch durch die Beobachtungen bestätigt, die bei dem unter 1 berichteten Fliessvorgang mit Seidenfäden mit kupfernen Querfäden gemacht wurden. Die Schattenwirkungen an den kupfernen Querfäden, die im Zustand der Ruhe nicht vorhanden waren und erst bei voller Bewegung des Wassers in der unmittelbaren Umgebung der Kupferquerfäden auftreten, weisen auf eine geringere Lichtdurchlässigkeit des Wassers an diesen Stellen hin. Diese geringere Lichtdurchlässigkeit wird nun voraussichtlich nicht nur allein auf die von den Kupferquerfäden verursachte Führung zurückgeführt werden können. Es ist anzunehmen, dass auch hier elektrophysikalische Wirkungen mitspielen, die zu einer örtlichen Veränderung der Lichtdurchlässigkeit des Wassers führen. Es ist daher durchaus denkbar, dass die durch die Flockung und die Vergrösserung der einspulenden Fliessbewegung sowie die Verringerung der Lichtdurchlässigkeit nachgewiesenen elektrophysikalischen Vorgänge auch Strukturveränderungen im Wasser selbst hervorzurufen vermögen.

Zu Frage 5: Verhinderung der Inkrustationen.

Bei der Beantwortung der Fragen 2 und 3 wurde nachgewiesen, dass Wasser sich frei schwingend im Wendelrohr fortbewegt, wenn die kinetische Energie des fliessenden Wassers mit der Raumspirale der Wendel synchronisiert ist. Es kann daher mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass unter diesen Umständen keine Verkrustungen der Rohrwandungen eintreten werden. Dieses dürfte auch selbst dann nicht der Fall sein, wenn die durch die Rohre geleitete Flüssigkeit normalerweise zu Abscheidungen der in ihr gelösten Salze neigen würde.

Stuttgart, den 25. März 1952.

  
o. Prof. Dr. Ing. habil. Leiter des  
Institutes für Gesundheitstechnik  
an der Technischen Hochschule  
Stuttgart.