

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern  
**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Bern  
**Band:** - (1876)  
**Heft:** 906-922

**Artikel:** Ueber die Variationen und Sondererscheinungen im Laufe der Gewässer : sammt einigen Notizen über die Strommessung  
**Autor:** Lauterburg, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-318902>

### **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:** 11.02.2026

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

**R. Lauterburg, Ingenieur.**

~~~~~

Ueber die  
**Variationen und Sondererscheinungen im  
Laufe der Gewässer,**

sammt einigen Notizen über die Strommessung <sup>1)</sup>).

Vorgetragen in der physikal. Section am 13. Nov. 1875 u. 29. Jan. 1876.

~~~~~

Unter diesen Variationen können wir verstehen :

- a) Die auffallenden Wasserstandswechsel und Strömungen infolge des Wechsels der Witterung und der Niederschläge, infolge künstlicher Einwirkungen durch Schleusenzüge oder infolge gewisser dynamischer Effekte u. s. w.
- b) Die grossen Theils verborgenen (meist wellenförmigen) Hin- und Her- oder Auf- und Abströmungen.

Wir haben indess hier hauptsächlich die wellenförmigen Grundbewegungen, d. h. die unsichtbaren Hin- und Herfluthungen und die Auf- und Niederströmungen unter dem scheinbar glatten oder ziemlich regelmässig dahinschwebenden Wasserspiegel der Flüsse in's Auge gefasst, also nicht die aus den auffälligen Unregelmässigkeiten des Flussbettes herrührenden Hin- und Herschwankungen und Stromschnellen der Flüsse, deren

---

<sup>1)</sup> Titel und Text des mündl. Vortrages erlitten bei der erst später erfolgten Redaction verschiedene Modificationen.

Bewegungen nichts Besonderes darbieten und von jedem Laien aus ihren Ursachen erklärt werden können.

Dass solche Grundbewegungen vorkommen können und sogar müssen, ist schon a priori aus der dem natürlichen Auge sich meist entziehenden Unregelmässigkeit eines jeden nicht genau und auf lange Strecken corrigirten Flussbettes zu entnehmen, auch sehen wir es schon der Natur der oberflächlichen Strömung aller nur etwas lebhaft fliessenden Gewässer an, dass unter ihrem Spiegel nicht alles so glatt hergeht, und fragen wir erst die Schwimmer und Taucher, so werden sie uns Alle sagen, dass sie selbst in der scheinbar regulärsten Strömung vom Wasser nicht immer gleichmässig bespühlt oder gleichsam mitgenommen werden. Naeh dem unumstösslichen Grundsatz, dass keine Wirkung ohne Ursache, müssen wir ja auch das Aufwallen und Wiederverschwinden der auf den grössern Flusswasserspiegeln majestätisch dahinschwebenden und stets von kleinen Wellchen umkräuselten Spiegelsphären (Blasen) einer gewissen Kraftwirkung zuschreiben, welche, wenn nicht auf jedem Quadratfuss Wasserfläche eine Luftmasse von 18 Centner Gewicht ruhte, noch ganz andere Aufwallungen erzeugen müsste. Tauchen wir aber vollends den Woltmann'schen Flügel in die Strömung und halten das Ohr an die Flügelstange, so wird unser auf Regelmässigkeit gebildetes Gehör sehr bald eine auffallende Ungleichmässigkeit im Laufe des Flügelrades bemerken. Aber auch ein unruhiges, ja fast wildes Hin- und Herschwan-ken (Rotiren) des Flügels, gleich einer Wetterfahne, bemerken wir oft an einer und derselben Stelle, ohne dass dieselbe nur um einen Zoll verändert worden wäre, und werfen wir an einer und derselben Stelle

nach einander Schwimmer in die Strömung, so verfolgt selten einer derselben den Weg und die Richtung seines Vorgängers; im Gegentheil weichen ihre Wege zuweilen ziemlich weit von einander ab.

Fragen wir, was für Veranlassungen jene Schwingungen hervorbringen können, so führt uns die Beobachtung deren zweierlei vor Augen, nämlich künstliche und natürliche oder willkürliche und unwillkürliche Ursachen. Beide Categorien lassen sich auch eintheilen in auffällige und unscheinbare Veranlassungen; wir übergehen jedoch wieder die auffälligen Ursachen, welche natürlicher Weise in jedem Wasserlauf sichtbare Störungen jeder Art hervorbringen müssen, so interessant es auch wäre, einige dahin gehörende Erscheinungen in ihren Grundsätzen zu untersuchen. Wollten wir indess den Eingang in das Gebiet dieser Kategorie von unregelmässigen Flussströmungen betreten, so würden wir vor der Unzahl von Berechnungsaufgaben, die uns hier begegnen, und vor der Unzahl der mitspielenden Faktoren und all' den daraus sich ergebenden ellenlangen, nur um so unsicherern und unverwendbarern Formeln wahrhaft zurückschrecken. Und was sollten wir übrigens mit diesen Formeln anfangen, wenn diejenigen der scheinbar einfachsten Strömungsverhältnisse oft kaum brauchbare Resultate liefern?

Will jemand eine Strommessung vornehmen, so wird er sich damit nicht ohne besondern Grund in die Nähe von Schleusen, Brückenpfeilern oder Flussverbauungen oder von Wasserfällen begeben: wie weit er aber davon wegbleiben müsste, um von der Störung der Flussströmung absolut unberührt zu bleiben, dürfte schon etwas schwieriger zu entscheiden



sein, und dass diese Störung in allen Fällen viel weiter flussabwärts als aufwärts wirken werde, bedarf wohl nur der vorübergehenden Andeutung, wissen wir ja schon aus der Stauformel, dass, theoretisch genommen, selbst flussaufwärts die Wirkung eine unendlich weitgehende werden kann. Allerdings scheint früher die Entfernung und Zeitdauer der Wirkung aller ähnlichen Unregelmässigkeiten eines Flussbettes viel zu wenig in Betracht gezogen worden zu sein. Wenn bei bisherigen Strommessungen während der Messung in scheinbar unwirksamer Distanz oberhalb der Stromstelle ein abwärts fahrendes Schiff anlandete und dabei umlegte oder eine grössere Fähr vorüberzog oder die Schleuse eines grösseren, oberhalb einfliessenden Gewerbskanals geöffnet wurde, so glaubte man bis jetzt, ohne alle Gefahr die Strommessung fortsetzen zu dürfen und übersah man dabei vollständig die durch jene scheinbar geringfügigen Zwischenfälle im Hauptstrom erregten Pulsationen, oder wenn man deren Verlauf abgewartet zu haben glaubte, so wusste man eigentlich gar nicht, ob die Pulsationen wirklich ausgeschwungen haben oder nicht. Solche Pulsationen können verschwindend klein aber auch sehr fühlbar sein, und je nach dem Augenblick, in welchem das Instrument gerade eingetaucht wird, kann dasselbe ein merklich fehlerhaftes Resultat ergeben.

Gehen wir über zu den unscheinbaren Veranlassungen, so werden wir dieselben nicht weniger zahlreich vorfinden als die auffälligen Störungsursachen. Dass die verborgenen Ursachen selbst in den regelmässigsten Kanälen sehr mannigfaltig und zahlreich sein müssen, hat schon manche genaue Flussmessung be-

wiesen, die in der einsamsten, von jeder künstlichen Anlage, wie von jeder natürlichen Localstörung gleich weit entfernten Stelle und in ganz regelmässigen Kanälen ausgeführt worden war. Die Erscheinung der wellenförmigen (lateralen und longitudinalen) Wasserspiegelschwankungen auf den Gewässern ist in der That zu oft constatirt worden, als dass sie in Abrede gestellt werden dürfte, — wenn wir auch nur ihre wahren Ursachen kennten! Jedenfalls können diese bei regelmässigen Kanälen nur in unscheinbaren Unregelmässigkeiten und Gefällswechsel des Flussbettes liegen, welche unter Mitwirkung des dynamischen Effektes der Wasserströmung (auch ohne alle sonst noch möglichen Pulsationen) die Hauptfaktoren einer Stromberechnung alteriren müssen. Und allerdings ward die vollkommene Ebenheit des Wasserspiegels nur zu lange als eine Frage der Hydrostatik, resp. der hydrostatischen Druckverhältnisse, betrachtet und (von der sphärischen Wölbung abgesehen) bei den stillen Gewässern als eine wirklich streng waagrechte und bei den fliessenden als eine dem Flussgefäll genau entsprechende schiefe Ebene aufrecht zu erhalten gesucht.

Was nun vorerst die Spiegelflächen der stillen Gewässer betrifft, so kennen wir z. B. die (grossen Theils noch unaufgeklärten) Meeresströmungen und die sogen. Seiches (Seewallungen) etc. Doch wir lassen diese, als nicht strenge dahin gehörend, fallen, dürfen jedoch bei dem früher als unumstösslich angenommen Verharren der Horizontalität der Seespiegel auf ihrer ganzen Oberfläche, mithin auch an den Ein- und Ausströmungsstellen der Flüsse, nicht stillschweigend vorübergehen, wie auch

ebenso wenig bei der bisherigen Festhaltung des gleichen Verharrens zur Zeit von starken Windströmungen und Sturmfluthen.

Werfen wir an dem der Windströmung näher liegenden Ufer einen schwimmenden, jedoch die Spiegelfläche kaum überragenden Gegenstand in's Wasser: wie weit und wie rasch wird er oft in die weite See hinausgetrieben? Können wir bei Windströmungen den unserer Behauptung entgegnetenden Effekt des Windes auf den emporragenden Körpertheil auch nicht ganz in Abrede stellen, so muss doch dem Widerstand des angeblich still verharrenden Wassers gegen die Hinaustreibung des schwimmenden Körpers ein noch grösserer Gegeneffekt beigemessen werden, und zwar diess um so mehr, je tiefer der Körper eintaucht (wie z. B. ein stehender Holzstab mit unten angebundenem Gewicht, welches ihn so weit hinabzieht, dass sein dem Wind ausgesetzter Kopf kaum noch sichtbar bleibt). Offenbar scheint uns doch dieses Hinausschwimmen des Einfallkörpers eine Fortschiebung der obersten Wasserspiegelschichte darzuthun, und wenn wir den Versicherungen von Uferanwohnern, welche uns in einem ähnlichen Fall eine gleichzeitige erhebliche Temperatursenkung des Wasserspiegels constatirt haben, Glauben schenken wollen, so können wir nicht anders als den Ersatz von einer fortgeschobenen obersten, von der Sonne erwärmten Wasserschichte durch untere, kältere Wasserschichten denken. Es wäre dieses aber eine durch die Windströmung hervorgebrachte, mechanische Arbeit. Nun ist aber jede solche Arbeit =  $\frac{\text{Gewicht} \times \text{Weg}}{\text{Zeit}}$ . Das Gewicht ist dasjenige des fortgeschobenen Wassers, welches, so lange der Sturm forttobt, immer wieder durch nachkommendes

ersetzt wird, während sich auf der Abgangsstelle allerdings auch stets wieder ein Ersatz bildet und der Weg die Schubdistanz mit oder ohne eine gleichzeitig schwache Wasserhebung. Wer bürgt uns nämlich dafür, dass der Sturm, indem er fort und fort Wogen auf Wogen thürmt und eine Welle nach der andern an das entgegengesetzte Ufer zupeitscht, nicht zuletzt auch eine kleine Niveaudifferenz zwischen dem diess- und jenseitigen Ufer hervorzubringen vermöge. Wären wir auch nicht im Stande, mit mathematischer Gewissheit zu beweisen, dass jene mechanische Arbeit bei der gleichzeitigen Möglichkeit, nach verschiedenen Seiten wirken zu können, sich nicht theilweise auch in diesem Sinne äussern müsse, sondern höchstens, dass sie es könne, so wissen wir dagegen aus den gleichzeitigen Beobachtungen von gegenüberstehenden Seepegelstationen, dass dieses auch wirklich geschehen ist, und dass z. B. auf dem Bodensee die Höhendifferenz bis auf 1 Fuss gestiegen ist, und auch vom Genfersee her sind uns ähnliche Differenzen bis auf  $1\frac{1}{2}$  Fuss angezeigt worden, während dagegen die Ueberschwemmungen durch die Sturmfluthen keines Beweises mehr bedürfen.

Viel positiver ist dagegen das Ergebniss der ähnlichen Arbeitsäusserung der See-Ein- und Ausströmung. Treibt ein einströmender Fluss den eingeworfenen Schwimmer bei Windstille bis auf eine halbe Stunde weit in den See hinein, so wird Niemand in Abrede stellen wollen, dass dieses nicht ein Effekt der Flussströmung sei. Auch hier wird mit einer gewissen Geschwindigkeit oder in einer gewissen Zeit ein gewisses Quantum Wasser in das Seebecken eingeschoben, infolge dessen der Wasserspiegel desselben offen-

bar steigen müsste, wenn die darin vorhandene Wassermasse nicht ausweichen könnte, d. h. wenn nicht an der Ausströmungsstelle gleichzeitig ebenso viel Wasser ausflösse. Wäre der Ausfluss nur eine Folge der Wasservermehrung und nicht zum Theil auch einer Hinausdrängung und muss das einströmende Wasser, wie unsere Gegner behaupten werden, den Weg bis zur Ausflusssstelle auch nicht eigentlich durchströmen, so muss doch der einströmenden Wassermasse, wenigstens soweit diese Strömung geht, eine andere im Seebecken Platz machen und dadurch wieder eine andere verdrängen. Es wird also hiebei wenigstens zu oberst im Seebecken eine dynamische Arbeit verrichtet, während welcher allerdings auch am Ausfluss eine ähnliche, ihr das Gleichgewicht haltende Arbeit, im umgekehrten Sinne verrichtet wird. Der ein- und ausströmenden Arbeit muss aber, so lange sie währt, d. h. soweit noch eine Strömung besteht, die Möglichkeit eines gewissen Effektes auch auf die Wasserspiegelhebung zugestanden werden, d. h. beim Einlauf eine kleine Hebung und beim Auslauf eine kleine Senkung. Für diese Erörterung giebt es jedoch noch einen andern Standpunkt. Wäre das Seebecken nur eine Flussbetterweiterung, so müsste eine gewisse Durchströmung doch zugestanden werden, und man hätte auch hier die durchfliessende Wassermasse  $Q =$  dem Produkt der Querschnittsfläche  $F$  in die Strömungsgeschwindigkeit  $v$ , d. h.  $Q = Fv$ . Ist diess der Fall, so fragt es sich, bei welcher Seebreite diese Strömung aufhören würde? Die Antwort liegt für einen bestimmten Werth  $Q$  in der Formel  $Q = Fv$  selbst, d. h. es müsste  $F = \infty$  oder das Becken unendlich gross, d. h. bei begrenzter Tiefe unendlich breit werden, wenn die Geschwindigkeit

ganz verschwände. Die Strömung hört also nie ganz auf, mithin auch nicht deren Effekt auf die Wasserspiegelhöhe und zwar im steigenden Sinn am Einlauf und im fallenden Sinn am Auslauf. — Der Seespiegel ist also in seiner ganzen Ausdehnung nicht absolut horizontal. Dass diess ausser der allgemeinen Seespiegelhebung besonders dann der Fall sei, wenn momentan die Einlaufmasse die Auslaufmasse wesentlich übersteigt, wo also die entweichende Masse von der eindringenden bedeutend überstiegen wird, dürfte sich wohl von selbst verstehen.

Das Obengesagte lässt sich indess auch durch folgende einfache Betrachtung nachweisen.



Ist BC eine zwischen zwei Flusswasserspiegeln AB und CD liegende (gleichsam eingeschaltete) horizontale Seespiegelfläche, so wird Jedermann zugeben, dass in B und C Uebergänge in der Wasserspiegelform und Strömung stattfinden müssen. Sind aber Uebergänge möglich, ja unbestreitbar, so muss dafür auch ein Uebergangsbereich eingeräumt werden. Diese können laut ebenfalls unbestreitbaren Beobachtungen bei Seen oft stundenlang sein und innerhalb den Uebergangsgebieten kann also die Seefläche nicht absolut horizontal sein <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Theoretisch liesse sich die Ausdehnung der Wirkung der Ein- und Ausströmung auf die ruhende Seefläche ebenso gut oder eher noch leichter als in die Unendlichkeit auslaufend darstellen als der Effekt einer Flussstauung nach oben.



Uebergehend zu den fliessenden Gewässern treffen wir bezüglich des Verhaltens der Wasserspiegel vorerst auf die andauernde Pulsation derselben, d. h. auf die vom blossen Auge kaum mehr wahrnehmbaren periodischen Auf- und Abschwankungen der Flussspiegel, abgesehen von den Wasserstandswechseln durch Schleusenöffnungen und dergl., welche sich ungefähr mit der Stromgeschwindigkeit bis auf 30 und 40 Stunden weit flussabwärts verlaufen können, jedoch keine andauernden Pulsationen, sondern nur vorübergehende Störungen bewirken. Haben wir aber, wie früher erwähnt, von jenen künstlichen und selbstverständlichen Einwirkungen einmal Abstand genommen, so müssen wir dieses z. B. auch gegenüber den wirklich pulsirenden Auf- und Abwallungen infolge des stellenweisen Wasserüberschlages über die Strombuhnen (Sporren) thun. Dass diese auf eine weite Distanz hinab Wallungen veranlassen können und müssen, ist gewiss selbstverständlich. Dass ferner in einem Fluss das Umlegen eines anlandenden Lastschiffes oder eines Flosses oder bei langsamern Strömen selbst die Ruderschläge eines grösseren Fahrzeuges, geschweige eines Räder-Dampfschiffes, wellenförmige Bewegungen hervorrufen, weiss wohl jedes Kind, und auch von diesen willkürlichen und augenfälligen Erscheinungen kann hier nicht die Rede sein. Schliessen wir aber jede künstliche Wirkung aus, so bleibt uns kaum noch der Einfluss der Gefällsübergänge als wahrscheinliche Ursache der anhaltenden Pulsationen, und diess ist für uns auch die einzige bis jetzt aufgeklärte Veranlassung jener Art von Pendelbewegungen in Flüssen.

Fällt nämlich eine stärkere Strömung in eine schwächere ein, so setzt die Letztere der Erstern einen gewissen und passiven Widerstand entgegen, der von dieser wieder erwidert wird, bis (bei gleichbleibenden Verhältnissen) die Pendelbewegung allmählig ins Gleichgewicht und zum Verschwinden gelangt. Sie kann aber bei grössern Strömen ziemlich lange andauern und wird bei jeder erheblichen Stromanschwellung neu eintreten, um vielleicht erst in einigen Tagen sich gänzlich wieder zu verlieren. Aus den Stromformeln wissen wir auch, welch' eminenten Einfluss selbst die kleinsten Gefällsübergänge auszuüben vermögen.

Bezüglich der Seitenschwankungen lässt sich sofort annehmen, dass diese von Flusskrümmungen, einseitigen Einbauten etc., und besonders auch vom Auftrieb über einseitige Grundwerke oder Kiesbänke herrühren können, und dass daselbst das Wasser vermöge seiner von ihm aufgenommenen Triebkraft über das Niveau des benachbarten allgemeinen Wasserspiegels hinauf und unter Umständen selbst über Hindernisse, welche diesen noch überwiegen, hinüber getrieben werden kann, um, jenseits mit seinem ganzen Gewicht wieder einfallend, neue Wallungen und Störungen hervorzurufen. Allein auch diese Erscheinungen, welche nach unseren eigenen Beobachtungen zuweilen Wasserspiegeldifferenzen von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Fuss hervorrufen können, gehören eigentlich nicht hieher. Auch zählen wir hieher nicht die bekannte (je nach der Stromgeschwindigkeit kaum 0,5 bis  $1\frac{0}{00}$  der Strombreite ausmachende) Stromwölbung, deren Scheitellinie natürlich keineswegs immer die Strommitte innehält und selbst gewissen Windungen unterworfen ist. Welche andere verborgenen Ursachen hier übrigens



auch mitwirken und vielleicht später noch entdeckt werden mögen: constatirt sind die Seitenschwankungen auch da, wo keine besondern Veranlassungen dazu wahrgenommen werden konnten, doch ist es zur Zeit der Beobachtung stets unmöglich, die vielleicht oft gerade im Zug des Grundgeschiebes oder in der momentanen Flussbettbeschaffenheit liegende Veranlassung zu jenem geheimnissvollen Auf- und Abwiegen der beidseitigen Uferwasserspiegel speziell zu untersuchen. Wir müssen daher auch hier, wie übrigens so oft im wissenschaftlichen Leben, mit der Beobachtung ohne sofortige Aufklärung fürlieb nehmen. Ob überhaupt, wie früher angedeutet, selbst unter den scheinbar regelmässigsten Verhältnissen, irgend welche Erscheinung dieser Art als von jeder (vielleicht weit obenher bestehenden) Unregelmässigkeit des Flussbettes etc. absolut frei anerkannt werden dürfe, oder ob sie nicht doch vielleicht dem Ausschwingen einer lange vor der Beobachtung etwa durch Schleusenoperationen veranlassten Stromwallung zuzuschreiben sei, darf in keinem Fall ohne ausgedehnte und lange vor der Beobachtung begonnene Untersuchung, sowie auch ohne Constatirung aller mitwirkenden Verhältnisse unbedingt verneint werden. Was übrigens die Regelmässigkeit der correctesten Kanäle betrifft, so wissen wir aus der Erfahrung, wie alle abstellbaren Kanäle bei ihrer Trockenlegung (in Reparaturfällen) auszusehen pflegen, und welche unregelmässigen Ablagerungen namentlich die kleinern Wasserstände auf der verhältnissmässig breiten Sohle bewirken, und wenn wir uns aus den Strommessungen her erinnern, dass einzig die Unebenheit der Kanalwandungen, welche selten auf die Dauer ohne bedeutende

Dienstauslagen rein zu erhalten sind, die gleichförmige Strömung, weit mehr, als wir uns gemeiniglich vorstellen, beeinträchtigen kann, so werden wir uns über die fast regelmässige Balancirung der Uferwasserspiegel gar nicht mehr verwundern.

Nachdem wir uns nicht ohne Grund bei den manigfachen, theils ganz sichern, theils nur wahrscheinlichen Ursachen der genannten Balancirungen aufgehalten, gehen wir über zu den Hin- und Herfluthungen und Auf- und Abströmungen der Centralwassermasse auch der regelmässigen Ströme. Dass diese bestehen, beweisen die bereits erwähnten, ungleichmässigen Umläufe des Woltmann'schen Flügels, sowie dessen oft sehr auffälliges Hin- und Herdrehen gleich einer Wetterfahne an einer und derselben Stelle. Es wird ferner dieses Hin- und Her- und Auf- und Niederströmen nachgewiesen durch den ohne alle scheinbare Ursache so ungleichförmigen Lauf und durch das Auf- und Abschweben von Schwimmern, die an einer und derselben Stelle in die Strömung eingelassen worden sind.

Dass jene Erscheinungen zahlreich und auch in regulären Kanal- und Flussbetten vorkommen müssen, beweist die Unvermeidlichkeit der weiter oben auseinandergesetzten, vielfachen, wenn auch oft sehr unscheinbaren oder ganz verborgenen Unregelmässigkeiten sowohl in der Beschaffenheit der Flussbette, als in dem oft unbekannter Weise gestörten Wasserlauf weit obenher dem gewählten Beobachtungs- oder Strommessungsgebiet, und dass endlich jene Störungen durch den dynamischen Effekt auf das fließende Wasser hervorgerufen werden, dürfte wohl keines weitem Beweises bedürfen.

Noch einlässlicher in die Natur der oft ohne Grund so seltsam erscheinenden Variationen der Flussströmung einzugehen, überschreitet den Zweck dieser Abhandlung, welche überhaupt nur als eine mitten unter Bauunternehmungen und Baugeschäften auf Wunsch gelieferte Zwischenarbeit zu betrachten ist.

Wir können jedoch dieselbe nicht schliessen, ohne auch ihrem, die Strommessungen berührenden Nebenzwecke zulieb, noch einiger Mitursachen der Divergenz dieser Letztern zu erwähnen, welche ausserhalb der Vollkommenheit und Zweckmässigkeit des Apparats ihren Grund und meist auch ein allzu geringes Resultat der Flügelmessungen gegenüber den andern Messungsmethoden zur Folge haben. Es betrifft diess die bisher oft übersehene Eigenschaft des Wassers. Dasselbe führt nämlich oft einen feinen Sand oder auch hin und wieder zahlreiche unsichtbare vegetabilische Fasern oder Fäden <sup>1)</sup> mit, die den Umlauf des Flügels und des Zählerapparates, indem sie in dessen Triebwerk hineingerathen, bedeutend hemmen können, wesshalb man eigentlich bei jeder Strommessung eine besondere Verification der Constanten der Flügelformel vornehmen sollte. Wir haben wirklich mitunter sogar krystallhelle Wasser angetroffen, die von durchsichtigen und schleimigen Faserstoffen so angefüllt waren, dass sie z. B. für Fabrikzwecke nicht mehr haben verwendet werden können, indem sie die Filter je nach der Jahreszeit täglich vollständig verstopften. Dass nun in solchen Fällen die neuern Flügel mit über dem Wasser

---

<sup>1)</sup> Hauptsächlich von Moosquellen herrührend, die eine reichliche Pflanzenzersetzung bedingen.

spielenden Zählerapparat, welcher also nicht mehr wie früher für jede Abzählung eine neue Aushebung und Wiedereinsetzung des Instruments erforderte, kaum taugen werden, versteht sich wohl von selbst, aber auch sonst wird die jedesmalige Aushebung und Inspection des Flügels dieses nur scheinbare Opfer an Zeit und Mühe wohl lohnen, und zwar besonders auch bei unvermeidlichen Beobachtungen in der Frostzeit, oder zur Zeit des Schneefalls, während welcher das öftere Ausheben des Flügels dann aber auch dessen jedesmalige Eintauchung in ein über einem Kohlenfeuer stehendes Wassergefäss erfordert, was allerdings mit einiger Umständlichkeit verbunden ist.

Die Aenderungen, welche die vorerwähnten Wechsel der Strömung im Strommessungsverfahren erheischen, dürften wohl darin bestehen, dass im gleichen Querprofil und in gleichmässig vertheilten Stellungen mit 2 bis drei und mehr Instrumenten zugleich beobachtet werden müsste, weil natürlich jeder solche Wechsel eine Vermehrung der Strömung gegen das eine Ufer hin nie ohne gleichzeitige Verminderung der Strömung gegen das andere Ufer zur Folge hat, und weil während der langsamen Vorrückung des Instrumentes von einem Ufer zum andern der Wechsel sich so verlegen kann, dass entweder die Maximal- oder die Minimalströmung doppelt statt jede von Beiden in die Operationslinie fallen könnte, wodurch natürlich die Differenz geradezu verdoppelt würde. Eine fernere Aenderung bestünde darin, dass zur besseren Controlle je zwei sich nicht zu nahe liegende Querprofile mittels dem Flügel aufgenommen würden, und dass endlich zur sofortigen Wahrnehmung und Verification

jeder unrichtigen Beobachtung die Notirung im Freien von je zwei unter sich unabhängigen Notizführern numerisch und graphisch ausgeführt würde, wozu jedes Carnet eingerichtet werden kann. Endlich sollte zur Massenberechnung nach den bekannten Formeln an beiden Ufern auch eine genaue Gefällsaufnahme und zwar sowohl am Anfang und Schluss der Operation, als auch zeitweise während der Operation Wasserstands-Beobachtungen an den dafür beiderseits anzulegenden und genau einzunivellirenden Reihen von je 3 bis 5 provisorischen Pegelpfählen angeordnet werden. Da endlich sehr oft auch Wassermessungen mittels blosser Schwimmer ohne Vermittlung von Instrumenten aufgenommen werden müssen, wozu ausser einer ordentlichen Sekundenuhr und einer Messschnur nichts weiter als einige Stücke Holz zum Einwerfen erforderlich sind, so wäre theils zur Erlangung einer 3. Probe, theils zur allmäligen Auffindung einer hinlänglichen genauen Beziehung zwischen der mittlern Stromgeschwindigkeit und der Schwimmergeschwindigkeit für die vorkommenden Hauptfälle, die gleichzeitige Aufnahme von Schwimmerversuchen sehr zu empfehlen.

Hiedurch wird nun allerdings eine Strommessung vertheuert und in die Länge gezogen, was ohne besondern Zweck nicht zu rechtfertigen wäre; auch wird man (besonders bei Strömen von mehr als 0,5 ‰ Gefäll) selten oder nur durch Zufall Resultate erhalten, die, ohne dass an den Originalziffern herumgedrückt wird, weniger als um 10, 15 und mehr Prozent von einander differiren. Namentlich wird die vom Stromgefäll und von der Grösse und Form des Querprofils abhängige Formel nicht immer mit der direkten Ge-

schwindigkeitsmessung stimmen, weil sich alle die erwähnten kleinen Wechselverhältnisse nur bei der direkten Geschwindigkeitsmessung äussern können. Wenn z. B., wie wir (und auch andere Fachmänner) evident und wiederholt erfahren haben, das nämliche Querprofil beim gleichen Wasserstand, je nachdem der Wasserstand gerade im Zu- oder im Abnehmen begriffen war, nach der direkten Messung 20 bis 30 % mehr oder minder Wasser liefern kann: wie soll dann eine Formel, in welcher eben nur das Querprofil und das Gefäll vertreten sind, welch' letzteres doch bei demselben Querprofil und Wasserstand das eine wie das andere Mal gleich oder nahezu gleich sein sollte, in beiden Fällen mit der direkten Messung stimmen können?

Hätte man in beiden Fällen thörichter Weise den Wasserstand nur zu Anfang und nicht auch am Schluss der Operation aufgenommen, so würde sich beim anwachsenden Wasserstand zwar ein zu kleines Wasserprofil, dagegen aber im Verhältniss zu diesem Profil (namentlich bei lang dauernder Operation mit dem Flügel) eine zu grosse Geschwindigkeit ergeben haben. Ebenso müsste man bei abnehmendem Wasserstand ein zu grosses Wasserprofil und dafür im Verlaufe der Operation eine zu kleine Geschwindigkeit erhalten haben. Wäre der Wasserstand erst am Schluss der Operation erhoben worden, so fände das Umgekehrte statt. Gleicht sich nun auch durch die Multiplication der Profilfläche mit der Geschwindigkeit der Fehler wieder etwas aus, so bleibt doch das Auffällige, dass bei dem zu kleinen Profil eine grössere Geschwindigkeit herauskam, als bei dem zu grossen Profil. Es wäre also bei dem erstern Versehen das sonderbare Ergebniss



noch zu begreifen, desto weniger aber im umgekehrten Fall.

Es kann aber in jener auffälligen Differenz noch ein anderer Grund liegen, und zwar der, dass entweder selbst beim gleichen Wasserstand das Gefäll des steigenden Wasserspiegels gegen alle Voraussetzung mit demjenigen des fallenden nicht genau übereinstimmte, oder der, dass der abnehmende Strom, wie diess allerdings vorkommt, durch die Anschwellung noch so von Schlamm oder Sand durchdrungen war, dass der Flügel und sein Radwerk in seinem Lauf gehemmt und verlangsamt worden wäre, wenn nicht etwa schliesslich auch hier dem bei zu- oder abnehmender Wassermenge ungleich wirkenden dynamischen Effekt die Hauptursache zuzuschreiben ist. Die beiden letztern Gründe sind offenbar die wahrscheinlichen und mögen dieselben (bald einzeln, bald gemeinsam) auch viel öfterer eintreten, als sich diess Techniker mit genauen Instrumenten, aber ohne genügenden Scharfblick, vorstellen mögen, wie denn überhaupt in allen solchen Dingen der Einblick in die Eventualitäten und deren richtige Berücksichtigung mehr ausrichtet als der Haarzirkel und die siebente Decimalstelle innerhalb dem engen Gesichtskreis der Loupe.

Da wir eigentlich hier in die Strommessung nicht direkt eintreten wollten und dafür eine besondere Abhandlung im Auge haben, so übergehen wir noch manche andere Ursache der Alterirung der Strommessungsergebnisse, wie z. B. die Geschiebführung.

Unter allen Messmethoden scheint uns jedoch bei gehöriger Umsicht und Beobachtung der vorgeschlagenen Vorsichtsmassregeln diejenige mit dem Wolt-

mann'schen Flügel immerhin die genaueste und sicherste zu sein, weil, wie bereits erwähnt, alle Wechselverhältnisse bei ihr zum Ausdruck gelangen<sup>1)</sup>. Sie ist aber umständlich und kostspielig; auch giebt sie natürlich wie jede andere Messung nur die momentane Wassermenge des betreffenden Wasserstandes und Ortes an. Werden diese Messungen jedoch am gleichen Ort bei den verschiedenen Hauptwasserständen wiederholt, so erhält man dadurch für jene Station eine zu diesen Wasserständen passende Abflusstabelle oder bei graphischer Behandlung eine zu allen Pegelständen des Ortes passende Abflusscurve. Wollte man diese Messung nur an je drei Stationen eines jeden unserer (37) schweizerischen Flüsse I., II. und III. Ranges wiederholen und zwar diess nur für den grössten, mittlern und kleinsten Wasserstand: so ergäbe diess ungefähr 333 Strommessungen, und erforderten diese, durchschnittlich zu wenigstens Fr. 240 berechnet, einen Kostenaufwand von ca. Fr. 80,000, sowie unter der Annahme, dass sich im Interesse der Sache nur etwa drei hierin geübte und gleichmässig instruirte Techniker mit Apparat und Gehülfen damit zu beschäftigen hätten, und dass endlich jede dieser Gesellschaften jährlich in den passenden Zeitpunkten (also nicht unter ausschliesslicher Beschäftigung mit dieser Arbeit) 15 Messungen ausführen und berech-

---

<sup>1)</sup> Ausser dem Woltmann'schen Flügel besteht bekanntlich auch die verbesserte Pitot'sche Röhre, deren nähere Berührung uns hier aber zu weit führte, ebenso besteht noch eine Menge ähnlicher Instrumente von bloss theoretischer Bedeutung. Dass es ferner auch noch andere Messmethoden als diejenigen mit jenen Instrumenten gebe, kann hier natürlich nur obenhin angedeutet werden.



nen würde, einen Zeitaufwand von circa  $7\frac{1}{2}$  Jahren.

Durch diese Anordnung erhielte man für 110 Hauptflusstationen die Durchflusscurve zu den mittlern und extremen Pegelständen, sowie annähernd durch Interpolation auch für jeden zwischenliegenden Pegelstand.

In Voraussicht, dass aber jene Anordnung höhern Orts vorläufig noch beanstandet werden dürfte, und in der Absicht, für die Abflussmenge der schweizerischen Ströme jeder Grösse bis zu den Quellen, sowie für jede beliebige Stelle ein von den Wasserstandsbeobachtungen und von der Strommessung ganz unabhängiges, denselben also eher zur Ergänzung und Vergleichung dienendes Verfahren aufzustellen, beschäftigte sich der Verfasser dieses schon seit 5 Jahren mit einem durchgehenden Versuch zur Ableitung jener Abflussmengen:

- 1) aus der Grösse des betreffenden Flussgebietes,
- 2) aus der mittlern und maximalen Niederschlagsmenge, sowie aus der maximalen Anzahl der (zusammenhängenden und zerstreuten) regenlosen Tage mit Berücksichtigung der Gletscherschmelze bei den Gletscherströmen,
- 3) aus dem allgemeinen Naturzustand des Flussgebietes, bezüglich der geologischen und topographischen Beschaffenheit, sowie der Cultur- und Bewaldungsverhältnisse desselben unter Berücksichtigung des Vorhandenseins und der Ausdehnung grösserer Seen und Sumpfgebiete u. s. w.

Nach vorheriger Aufstellung einer Uebersicht sämtlicher schweizerischen Fluss-, See- und Gletschergebiete, sowie der verschiedenen Gefällsverhältnisse und der maximalen und mittleren Niederschlagsmengen, sowie der grösstvorkommenden Zahl zusammenhängender oder zerstreuter regenloser Tage der unter der Direktion des Herrn Prof. Dr. Rud. Wolf in Zürich meteorologisch beobachteten Thalgebiete versuchte der Verfasser für die von jenen Naturzuständen einzeln absorbirten Antheile der Niederschlagsmenge Bruchfaktoren zu finden und daraus den Rest der bald in Quellen, bald in sichtbaren Wasserläufen den Strömen zufließenden Niederschlagsmengen zu ermitteln. Ferner suchte er die daraus erhaltenen Abflussmengen mit allen ihm bekannt gewordenen und selbst besorgten Strommessungen, welche nicht gar zu weit vom Ergebniss einer rationellen Vergleichung sowohl unter sich, als mit den betreffenden Flussgebieten abwichen, bestmöglich und so lange in Uebereinstimmung zu bringen, bis wenigstens kein offener Widerspruch und auch keine Verletzung von evidenten und unantastbaren Principien mehr vorkam.

Nachdem diese immense Arbeit einigermaßen befriedigend gelöst schien, entwarf der Verfasser eine summarische, provisorische Zusammenstellung der schweizerischen Stromabflussmengen und ist dieselbe mit den leitenden Grundsätzen und Formeln soeben im Druck erscheinen, nachdem der Verfasser den Verlauf einiger Jahre der praktischen Prüfung und der verhofften Erörterung dieser Frage auch unter andern Fachmännern abgewartet hat. Seither sind auch eine Menge anderer Gewässer zu speziell praktischen Zwecken auf gleiche Weise berechnet wor-

den, und haben sich die daherigen Ergebnisse — natürlich unter Vorbehalt der besondern Localverhältnisse, welche sich jeder allgemeinen Berechnung entziehen und daher immer noch besonders berücksichtigt sein wollen — so ziemlich allgemein bewährt und den wohl unbestreitbaren Vorthail geleistet:

- 1) in der Lieferung annähernder Resultate auch für Flusstationen, wo noch gar keine Wasserstands- oder gar Wassermengenverhältnisse bekannt waren,
- 2) in der Angabe der ungefähren Abflussmenge für alle praktisch wichtigen oder wissenschaftlich interessanten Wasserstände, und zwar:
  - a) für den denkbar kleinsten Wasserstand,
  - b) für das Mittel der Kleinwasserstände (industriell massgebender Wasserstand),
  - c) für das absolute Mittel aller Wasserstände und Abflussmengen,
  - d) für das Mittel der Hochwasserstände, und
  - e) für den denkbar höchsten (immerhin möglichen, wenn auch am betreffenden Ort vielleicht noch nicht beobachteten) Wasserstand.

Nach der Publikation der erwähnten provisorischen Abflusstabelle giengen die vom Verfasser in der ganzen Schweiz vor ungefähr 10 Jahren in dem geschilderten Umfang angeregten und organisirten hydrometrischen Beobachtungen, wozu die Eidgenossenschaft und die Kantone direkt und indirekt mitgewirkt hatten, in die Hände der eidgen. Behörden, d. h. auf das eidgen. Oberbauinspektorat über, ohne dass jedoch der Verfasser diess die Hydrometrie, wovon er

als Ingenieur fast täglich praktische Anwendung zu machen hat, gänzlich aus seiner Privatthätigkeit eliminiert hätte.

### Nachtrag.

Bevor wir diese Abhandlung schliessen, erlauben wir uns hier noch einige nicht unwichtige Andeutungen über die Sondererscheinungen im Wasserlauf durch Röhrenleitungen und Ueberfälle, sowie über die dahingehörenden Wassermessungen folgen zu lassen.

Zu den bereits erwähnten Sondererscheinungen gesellen sich noch einige andere, wenn auch vielleicht schon beobachtete, doch nur zu wenig berücksichtigte Eigenthümlichkeiten in der Erscheinung und Bewegung der fliessenden Gewässer, die wir nicht ganz übergehen dürfen. Zwar werden diese Eigenthümlichkeiten nur Denjenigen als eigentliche Sondererscheinungen vorkommen, welche sich in diesem Gebiet noch nicht über alle Zweifel zu erheben vermocht haben.

Wenn wir also den Einen hierüber nichts Neues bieten können, so dürfen wir uns doch getrösten, die Andern auf gewisse Unregelmässigkeiten aufmerksam gemacht zu haben, die bis dato, weil — wenigstens unseres Wissens — fast durchgehends übersehen, schon zu argen Missrechnungen geführt haben und daher wohl der Erwähnung verdienen dürften. Ueberhaupt wollten wir mit dieser Abhandlung weniger eine reichhaltige Mittheilung oder tiefgehende Erörterung bringen, wozu uns übrigens die erforderliche Zeit durchaus nicht zur Verfügung stand, sondern vielmehr gewisse, bisher noch allzuwenig oder gar nicht ventilirte Fragen in Verhandlung ziehen, uns immerhin nach Anhörung

Ihrer gefl. Gegenansichten eine spätere Lösung derselben vorbehaltend.

Erwarte man aber nicht, dass wir gerade alle dahingehörenden Sondererscheinungen zur Sprache bringen werden; denn diese nur flüchtig anzudeuten, würde uns viel weiter führen, als sich's unsere geneigten Leser vorstellen dürften.

Die Sondererscheinungen können sich beziehen:

1) auf das äusserliche Ansehen und Auftreten der Gewässer und zwar

- a) in Beziehung auf ihre Grösse, Stärke, Gestalt und auf die Intensität ihres Auftretens oder ihrer Bewegung,
- b) in Bezug auf ihre Farbe und mechanische (nicht chemische) Reinheit,
- c) in Bezug auf Zeit und Continuität der Erscheinung selbst,

2) auf die innerlichen (physikalischen, chemischen und mikroskopischen) Eigenschaften, die wir indess hier, als ausser unserm Zweck liegend, noch übergehen wollen.

Ferner erscheinen die fliessenden und künstlich geleiteten Gewässer, über deren eigenthümliche Erscheinung wir nachträglich noch Einiges anführen wollen, in der Form A) von Quellen und Röhrenleitungen,

B) von Bächen, Flüssen und Kanälen, und

C) in einer gewissen Beziehung selbst in der Form von (schmalen und langgedehnten) See'n, die wir als solche ebenfalls in Betracht ziehen müssen, jedoch bereits im Vorausgehenden behandelt haben.

Wir beschäftigen uns also zunächst mit den Quellen und ihren Leitungen.

Ihre Grösse, resp. Stärke, kann selbst in extremen Fällen zu keiner Sondererscheinung gerechnet werden, weil die mannigfaltige Configuration und Formation des Terrains jede Grösse eines Sammelgebietes bedingen kann. Treten auch einige der reinsten Quellen sogleich bei ihrem Ursprung in Stromesgrösse auf, so verdient dieses wohl den Ausdruck der Seltenheit, aber nicht den der Sonderlichkeit. Eine der schönsten schweizerischen Quellen der Art ist z. B. die per Minute über 200,000 Liter reinsten Quellwassers führende Brunnquelle bei Brunnen.

Interessanter ist schon die Verschiedenheit der Quellengestalt, die sich bald in ruhigen klaren Aufstössen, gleich dem Bild der immer wieder empor-tauchenden ewigen Wahrheit, bald als sickernde Grundquelle, bald als ein in Jugendfrische hervorsprudelndes Bächlein, oder endlich in Form eines geschlossenen Strahles ins Freie ergiesst; doch auch hierin ist keine Sondererscheinung zu erblicken, wissen wir ja doch, wie verschiedenartig die Laufbahn einer Quelle beschaffen sein kann, und dass die im geschlossenen Lauf einer höher entspringenden Quelle sich einstellenden Druckverhältnisse ein Aufspringen der frei gewordenen Quelle bedingen müssen.

Noch interessanter ist jedoch die selbst bei den hellsten Quellen wechselnde Wasserfarbe — denn warum ist nicht alles krystallhelle Wasser von gleicher Farbe oder überhaupt farblos?

Dass dasselbe oft unter verschiedenen Farben erscheint, würde uns nicht wundern, denn, wie sollte eine Quelle, die über einen dunkeln Grund dahin rie-



selt oder unter einer dunkeln Grotte hindurch murmelt oder unter den sich tiefsinnig auf sie herabsenkenden dichten und breiten Tannästen hindurch gleitet, vom Lichte des Zenithes beraubt, dieselbe lebensfrohe Farbe abspiegeln können, wie eine, die lustig und froh über eine offene Weide oder Kiesfläche, oder über einen sonnebestrahlten Felsen daher rauschet? Sehe man nur den Farbenwechsel einer und derselben Quelle in ihren verschiedenen Stadien, die sie zu durchlaufen hat, näher an, so finden wir diesen Farbenwechsel gerade so veränderlich, wie den Glanz des menschlichen Auges, je nach den Licht- oder Schattenbildern, die sich in demselben abspiegeln.

Doch ist auch ohne den Einfluss solcher äusserlichen Effekte das reinste Quellwasser (je nach seiner Zusammensetzung) verschiedenfarbig, was sich durch die Anfüllung eines langen, unten verstopften Glas-Cylinders mit dem betreffenden Quellwasser dem Blick von oben herein zu erkennen giebt. Ob aus diesen, (ohne Zweifel auch mit dem Gehalt an atmosphärischem Wasser wechselnden) Farben sich genauere Schlüsse auf jene Zusammensetzung ziehen lassen, ist, soviel uns bekannt, noch nicht untersucht worden; immerhin dürfte die Fixirung oder Constatirung der einzelnen Farbennüancen (in grüne, lasur-, kobalt- oder indigoblaue Töne für Diejenigen, die sich einmal genau damit beschäftigen wollten, ziemlich schwierig sein. Was nun speziell die Zusammensetzung des Wassers betrifft, so müssen wir von dieser ausser unserem eigentlichen Zwecke liegenden Frage Abstand nehmen, so sehr auch verschiedene hierin gemachte Wahrnehmungen der Erwähnung verdient hätten, wie z. B. die Wahrnehmung des Einflusses der

Endosmose und der Exosmose auf das Quellwasser.

Viele wirkliche Sondererscheinungen bieten die Quellen schliesslich in Beziehung auf ihre zeitliche Continuität (abgesehen von dem leicht erklärlichen Wechsel der Wassermenge). Wir rechnen dahin nicht sowohl die Intermitationen der bekannten syphonähnlichen Bergquellen und der unregelmässig gelegten Röhrenleitungen mit offenen Theilstöcken, weil diese näher betrachtet, die Folge von leicht erklärlichen Ursachen sind, sondern die starken Variationen im Abfluss von steilen Leitungen bei vollkommen normalem und ständigem Quellsen zufluss.

Als Beispiel einer solchen auffallenden Incontinuität dient z. B. die sonderbare Erscheinung in der obersten Zuleitung der vom Verfasser entworfenen und unter seiner Aufsicht ausgeführten Quellwasserversorgung von Interlaken, und lohnt es sich wirklich der Mühe, hierauf etwas näher einzutreten. Die Quellen dieser Wasserversorgung liegen nämlich circa 1175 m über dem Meer, d. h. circa 594 m höher als Interlaken, und bedingte daher dieser Höhenunterschied streckenweise eine sehr steile Anlage, die zuweilen bis zu einem Gefäll von 60 bis 70% und mehr anstieg. Ob für ein solches Gefäll die gewöhnlichen Formeln noch Geltung haben, suchte Verfasser durch Experimente zu ermitteln und die bei den zahlreichen Gefällsbrüchen jedenfalls zu erwartenden Unregelmässigkeiten durch die Anlage einer genügenden Anzahl zweikammeriger, an den Uebergangsstellen placirter Brunnstuben, wovon jede zur genauen und jederzeitigen Ablesung der durchlaufenden Wassermenge eingerichtet ist, möglichst zu



eliminiren. Nun befinden sich aber selbst bei ständigem Normalwasserspiegel der regulirbaren Sammelbrunnstube zunächst unterhalb der Quellen die Wasserspiegel der untern Brunnstuben in Folge der fortwährenden Variationen der Durchlaufmenge wenigstens zur Zeit der höhern Wasserstände in beständiger Schwankung, und zwar beträgt der Durchfluss bald erheblich mehr, bald weniger, als der oberste ständige Zufluss, welcher nur bei Witterungsänderungen und namentlich während der Schneeschmelze sehr raschen und starken Schwankungen unterliegt.

Zur Erklärung jener quantitativen Schwankungen bei durchaus constantem Zufluss gab das ausgeführte Experiment nur den (übrigens wohl selbstverständlichen) Aufschluss: dass, wenn die Leitung oben Luft einsaugen kann, das einlaufende Wasser lieber bei nur theilweiser Rohrfüllung, aber dann um so schneller abläuft als bei vollem Rohr mit der theoretischen oder formelgemässen<sup>1)</sup> Geschwindigkeit. Bei Ausführung des Experimentes, wozu ein Ober- und ein Unterbehälter mit eingeschalteter beweglicher Glasleitung zur Verfügung stand, lief nämlich in den obern mit Ueberlauf versehenen Behälter soviel Wasser zu, als das Rohr in jedem Falle aufnehmen konnte, während die Durchflussmenge jeweilen im untern Behälter (von bekanntem Inhalt) gemessen wurde; ausserdem bestand oben eine Vorrichtung zum beliebigen Lufteinlass. War diese abgeschlossen, so lief das Wasser bei einem Gefälle von 70, 50 und 31% mit der formelgemässen

---

<sup>1)</sup> Formelgemäss heissen wir die Geschwindigkeit, welche sich aus der Durchflussmenge, dem Rohrcaliber und dem Gefäll der Leitung nach den bekannten Formeln berechnen lässt.

Geschwindigkeit durch das angefüllte Glasrohr ab; liess man aber oben nur wenig Luft ein, so steigerte sich alsbald diese Geschwindigkeit und das Durchlaufquantum auf's Doppelte, während sich der Rohrquerschnitt auf die Hälfte entleerte, d. h. nur noch halb voll auslief<sup>1)</sup>. Wurde der Luftzutritt wieder abgeschlossen, so füllte sich die Glasröhre sofort wieder an und liess unter sichtlicher Abnahme der Geschwindigkeit kaum die Hälfte des halbvollen Röhrenstandes ablaufen, so dass der Oberbehälter wieder überzulaufen anfang. Hieraus ergäbe sich somit, dass die Capacität eines Röhrencalibers wenigstens bei starkem Gefäll wesentlich auch davon abhängt, ob beim Einlauf der Leitung Luft zutreten könne oder nicht. Zur Vervollständigung unseres Experimentes hoben wir zeitweise auch die untere Mündung aus dem Unterwasserspiegel und bemerkten dann, dass die Strömung durch Luftanziehung von oben wieder stark zunahm, oder dass auch in dieser sich von unten auf und der Röhrenfirst entlang Luft einzog, welche trotz der Gegenströmung des Wassers in Blasen stets weiter, jedoch langsam hinaufdrang und sich zuletzt mit der Luft über dem Oberwasserspiegel von selbst in Verbindung setzte, so dass der frühere rasche, doppelt reichlichere, wiewohl nur halbvolle Ablauf wieder eintrat.

Letzteres kam jedoch weit seltener vor, als die Luftaspiration von oben durch Wirbelbildung im Oberwasserspiegel, wenn dieser nicht sehr hoch über der Röhrenmündung gehalten wurde. Gleichzeitig bemerkten wir aber je nach der obern Hahnstellung, dass sich

---

<sup>1)</sup> Durch das halbvolle Rohr lief also mehr Wasser als durch das volle Rohr, was freilich, so wahr es auch ist, sehr paradox erscheint.

auch zur Zeit der Untertauchung des untern Röhrendes ohne weitere Veränderung des Hahns hin und wieder in der Röhre eine Reihe abwechselnder und ziemlich regelmässig auf einander folgender (längerer und kürzerer) Strecken von ganzer und nur theilweiser Rohrfüllung bildeten. Natürlich hatten diese (sich abwärts bewegendes) Strecken unter sich dieselbe Geschwindigkeit — aber nicht dasselbe Volumen, mithin bei ihrem Austreten auch nicht denselben quantitativen Erguss. Ausserdem traten noch eine Menge anderer Sondererscheinungen ein, die wir hier übergehen müssen.

Es war somit durch das Experiment in kleinem Massstab erwiesen, dass sich in einer solchen Röhrenleitung auch bei ganz ständigem Quellenzulauf und in Folge Mitwirkung der Luft, welche übrigens das stark lufthaltige Bergwasser in den Röhren selbst absondern kann, die sonderbarsten Erscheinungen und damit auch ein sehr unregelmässiger Wassererguss einstellen könne, in Folge dessen jede einzelne Wassermessung absolut unhaltbar wird, und dass mithin ohne Vornahme einer längern Reihe von Messungen kein Schluss auf den wahren Wassererguss einer solchen (und gewiss auch jeder ebenen) Leitung gezogen werden darf. Diess hat sich denn auch bei der oben geschilderten Wasserleitung praktisch erwiesen, obschon dort die Caliber behufs Aufnahme noch weiterer Quellen überflüssig stark gewählt worden waren, so dass eine abwechselnde Rohrfüllung nur selten eintreten kann.

Hiermit ist aber für uns die Ergründung der wahren Ursachen noch nicht erledigt, wenn schon die Luft

in und ausser dem Wasser mit Recht als einer der Hauptfaktoren jener Erscheinungen entlarvt worden ist.

Es würde uns indess allzuweit führen, wollten wir eine Sondererscheinung nach der andern näher begründen, und müssen wir uns damit begnügen, deren Existenz zur Beleuchtung des wahren Werthes so vieler ähnlichen Messungen nachgewiesen zu haben.

Dieses berührt also vorzüglich die Wassermessung von geschlossenen Wasserleitungen. Dass diese Messungen aber auch bei offenen Leitungen mit grossen Schwierigkeiten verbunden seien, haben wir schon im Hauptvortrag (S. 10 u. ff.) nachgewiesen, und dennoch bleibt uns, indem wir hiermit nochmals zu den bereits früher behandelten Bächen, Flüssen und Kanälen übergehen, ein Fall zu besprechen übrig, den wir nicht überspringen dürfen. Es ist diess nämlich eine Sondererscheinung bei den sogenannten künstlichen Ueberfällen, die man zur genauen Messung der Industriekanäle anzulegen pflegt.

Zu dieser Beobachtung gelangte der Verfasser ganz zufällig, indem er ein Mal, in der Nähe eines solchen Ueberfalles stehend, in der Unterhaltung mit Jemandem durch ein stetiges und in gleichen Zeiträumen sich wiederholendes, auffallendes Geräusch der Art unterbrochen wurde, dass er nicht umhin konnte, den Grund dieses genau zu untersuchen.

Und was ergab sich dann dabei? Nichts Anderes, als was jedes Mal hintenach als selbstverständlich erklärt werden muss, obgleich von vornherein noch kein Mensch daran gedacht hatte, und obgleich, so viel uns bekannt, noch kein Techniker und Gelehrter davon bei Aufstellung seiner Formeln (für kleinere Ueberfälle) eine Notiz genommen hat. Es ergab sich nämlich bei

einem kleinen, sehr vollkommen ausgeführten Ueberfall, dessen Unterkanal gleich breit war wie die Länge der scharfen Ueberfallkante, dass das (nur etwa 3 Centimeter hoch) glatt, ruhig, ganz geschlossen überfließende Wasser die Luft zwischen der Falllinie und der hölzernen Wandfläche allmählig fortriss und erschöpfte, und dass in Folge dessen das Wasser in diesem Zwischenraum immer höher, ja bis zur Ueberfallkante hinaufstieg, um dann mit grossem Geräusch zeitweise wieder herunterzufallen. Hiefür musste die wässerige Fallwand allerdings überall und auch in sich selbst dicht geschlossen sein, was auch wirklich der Fall zu sein schien. Merkwürdig war aber noch, dass während dem Aufsteigen des Hinterwasserspiegels die Wasserwand sich der Wehrwand stets mehr (vielleicht 15—20 Centimeter annäherte, und dem Seitendruck der hintern Wassersäule Widerstand leistete, wenn nämlich ein solcher wirklich vorwaltete, was aber eigentlich nicht der Fall war, indem die genannte Wassersäule eben nicht durch Auftrieb, sondern durch Aspiration gehoben wurde, und daher ebenso wenig einen Seitendruck ausüben konnte, als die Wassersäule einer aufgezogenen Windhose. Es wäre nun interessant gewesen, den Fall und Grad einer Störung auch der Ueberfallmenge zu untersuchen. Es war aber der nur aus Zufall hier anwesende Verfasser mit nichts dazu Dienendem versehen, und konnte daher bloss durch das Einwerfen schwimmender Körper auf den Oberwasserspiegel wahrnehmen, dass bei dem offenbar weit stärkern und viel weiter vorspringenden Wasserfall unmittelbar nach dem Rückfall der Hinterwassersäule auch die Geschwindigkeit nach der Ueberfallkante hin sichtlich zunahm. Ob aber dieses mit einer gleich-

zeitigen Abnahme der Strahldicke über der Ueberfallkante verbunden war, mithin die Ueberfallmenge vielleicht doch annähernd dieselbe blieb, konnte leider nicht untersucht werden. Natürlich wäre dieses aber gerade für Quellenmessungen zu Wasserversorgungen, bei welchen für den Liter oft mehrere Tausend Franken bezahlt werden, wohl der Mühe werth, genauer untersucht zu werden.

Dieselbe Erscheinung haben wir nun seither schon wiederholt an kleinen und ähnlichen Ueberfällen wahrgenommen, nie aber an grossen Anlagen dieser Art, doch wird sich gerade bei hohen Wasserfällen, hinter welche man (wie z. B. bei einem der berühmten Giessbach-Wasserfälle) durch eine Grotte gelangen kann, schon Mancher von dem starken Windauftrieb an der Hinterwand der Grotte überzeugt haben, während die Luft unmittelbar hinter der Wasserfallwand mit pfeilschneller Geschwindigkeit niedergerissen wird.

Anlässlich der Bäche, Flüsse und Kanäle verweisen wir im Allgemeinen und in Beziehung auf deren ausserordentliches Verhalten, von den bekannten und gewöhnlichen Schwankungen derselben abgesehen, auf die in unserm Hauptvortrag erwähnten Variationen der Flussströmung und zwar namentlich auf die hin- und her- und auf- und abgehenden wellenförmigen Schwankungen oder Wallungen, welche oft an einer und derselben Stelle und Tiefe den Woltmann'schen Flügel so ungleich spielen machen und ihn wie eine Windfahne hin- und herdrehen; ferner auf das bei ganz constanten Verhältnissen vorkommende Auf- und Abgehen des Flusswasserspiegels; auf die mitten im vollen Abfluss oft



wahrnehmbaren Gegensteigungen; auf das bei gleichem Pegelstand je nach der Zu- oder Abnahme des Wasserstandes oft so sehr verschiedene Quantum der Durchflussmenge u. s. f.

Wir haben in der seither gründlicher verfassten Behandlung dieser Frage die daherigen Ursachen zu erforschen gesucht, aber bei Weitem nicht erschöpfen können, und es wäre uns hierbei beinahe wie Dem ergangen, der dem Wald von stets neu auftauchenden Fragezeichen endlich den Rücken kehrte und gespenstergläubiger als je zur Grossmutter heimrannte.

Die Gestalt der Flüsse und die Intensität ihrer Bewegung bietet uns im Allgemeinen nichts Unklärliches dar, wohl aber die mit der Jahreszeit wechselnde Flusswasserfarbe bei normaler Witterung.

Auch sie spielt meist vom Grünlichen durch's Cobalt-, Lasur- und Grünlich-Blaue hindurch in's Indigo-Blau, welch' letzteres meist die tiefern Winterwassergründe beherrscht.

Doch müssen wir ganz besonders der trüblichen Sommerfarbe der Gletscherströme erwähnen.

Natürlich scheinen diese Farben auch nach dem Standpunkt des Beobachters zu variiren, und kommt es wegen der verschiedenen Lichtreflexe darauf an, was für Schatten- oder Lichthintergründe auf das Auge des Beobachters ricojetiren, und welche Färbung Luft und Himmel gerade haben. Abgesehen von diesen selbstverständlichen Einflüssen, ist es doch merkwürdig, woher jene sich oft mehrere See'n durchziehende Gletscherwasserfarbe rühre, da ein angeblich vom Gletscherschub über mehr oder minder

weichen Felsgrund herkommender, auch noch so feiner Schlamm sich in den Seen längst vor Ankunft im Flachlande hätte ablagern können, und da andererseits dieses trübliche Wasser keine wesentliche andere Zusammensetzung aufweist, als das sonstige klare Flusswasser. Es ergibt sich auch hieraus, wie werthvoll für die Hydrometrie systematische Wasseruntersuchungen in Bezug auf Mischung, Farbe, Temperatur etc. sein müssten. Diese Untersuchungen werden in andern Ländern genau und consequent durchgeführt; wie viel Interessantes böten hierin auch schweizerische Gewässer!

Die Continuität der Ströme giebt uns, weil von dem Niederschlagwechsel und eventuell von der Gletscherschmelze herrührend und desshalb leicht erklärlich, zu keiner weiteren Bemerkung Anlass.

Was die chemischen Eigenschaften des Flusswassers, resp. dessen chemische Zusammensetzung, betrifft, so wäre wenigstens in den höhern Gegenden eine fleissigere und öftere Untersuchung desselben an jeder Beobachtungsstation schon desshalb von Interesse, weil die Gewässer oft die geologischen oder botanischen Eigenschaften des obern Flussgebietes in ihrer Zusammensetzung abspiegeln und dadurch ein Mittel an die Hand geben, von den Eigenschaften des Quell- und Flusswassers unter Umständen auf diejenigen ihres Quellgebietes zurückzuschliessen.

Wir schliessen unsern, namentlich in seinem 2. Theil weder an neuen Daten, noch an neuen Gedanken gerade sehr reichhaltigen Vortrag und bedauern nur, so manchen höchst interessanten Gegenstand <sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Reichen Stoff zu dahingehörenden Untersuchungen liefert nebst der eigenen Beobachtung fast jedes hydrograph. Werk, besonders



wegen der allzugrossen Weitläufigkeit einer systematischen Behandlung übergehen zu müssen, weil eine nur halb einlässliche Erörterung von Fragen dieses Gebiets vollends Niemanden befriedigt. Ist es überdiess schwierig, durch trockene analytische Formenentwicklungen und Zahlenrecitate seine schon durch die Tagesarbeit etwas ermüdeten Zuhörer zu fesseln, so fühlt man sich nur um so mehr versucht, sich am Platz strenger Erörterung dem gemüthlichen Conversationsstyl hinzugeben. Weder dieser, noch der gelehrte Styl sind indess Sache des mit Unternehmungen belasteten Civilbaumeisters, und doch kommt gerade dieser durch seine praktische Werkthätigkeit weit mehr zu Beobachtungen aller Art, als der Schriftsteller, wie denn auch der grössere Theil der Erfindungen aus den eigentlichen Werkstätten hervorgegangen ist, während dagegen die Krone des Hauptverdiensts, die nachherige wissenschaftliche Ausbeutung und Erklärung der Erfindung, meistens dem Gelehrten zufällt. Und so lasset uns auch im Gebiete der wässerigen Erscheinungen gemeinsam fortarbeiten; möge es also das nächste Mal einem Gelehrteren vergönnt sein, einige der dahingehörenden Sondererscheinungen wissenschaftlich zu begründen, die der Laie aus seiner Praxis wohl in weitere Betrachtung ziehen, oft aber nur technisch, d. h. nur einseitig und unvollkommen, erklären kann. —

---

aber die reichhaltige und sehr anziehende Aufzählung aller möglichen Sondererscheinungen im Gebiete der schweiz. Gewässer durch H. A. Berlepsch in seiner „Schweizerkunde“. (Braunschweig bei Schwetschke und Sohn) und die höchst lehrreiche, Vieles gleichzeitig erklärende Schrift über „das Wasser“, von Prof. Dr. Friedr. Pfaff in Erlangen. (München, bei Oldenburg.)

---