1,00

Seibt, W. Sammlung seiner Aufsätze im Zivilingenieur (Dresden 1878) u. im Zentralblatt der Bauverwaltung (Berlin 1893–1906) Kanal- u. Wasserbauwesen betreffend.

Inhalt:

Der selbsttätige hydrostatische Regel für Wasserhaltemaschinen u. die hydrostatische Differenzialbremse (System Frikt-Fuchs) 1896. — Schätzung von Gefahrgrenzen bei pneumatischen Regeln. 1896. — Ablesevorrichtung für Aufzeichnungen selbsttätiger Regel. 1896. — Rollbandregel, System Frikt-Fuchs. Selbsttätiger Lichtbildregel, System Frikt-Fuchs. 1897. — Der selbsttätige Geschwindigkeitsregel, System Frikt-Fuchs. 1897. — Selbsttätiger elektrischer Fernregel. 1900. — Der selbsttätige Druckluftregel, System Frikt-Fuchs. 1902. — Die niveaulitische Prüfung der selbsttätigen Apparate des Regelsystems Frikt-Fuchs. 1905. — Gebrauchserscheinungen beim massiven Regelhahn im Wasserbetriebe bei Licht und Dampf. 1907.

Verf.-Abdrücke v. d. Zeitschrift d. Ingenieure. Berlin. — 1 Bd. —

G. 38. 150.

VII. Internationaler Schiffahrts-Congress,
Brüssel 1898.



# Ueber selbstthätige Pegel und die Zusammengehörigkeit ihrer Aufzeichnungen

mit Nivellements erster Ordnung.

Von

Prof. Dr. **Wilhelm Seibt,**

Geheimem Regierungsrath im Ministerium der öffentlichen Arbeiten.

Das Bestreben, die wasserbautechnischen Unternehmungen in wirthschaftlich richtiger Weise betreiben zu können, hat zu der Erkenntnis geführt, dass hierbei ein regelrechtes, keine vermeidlichen Kosten verursachendes Vorgehen nur auf der Grundlage von einwandfreien Nivellements in Verbindung mit ebenso einwandfreien Wasserstandsbeobachtungen möglich ist.

Es hat sich im Laufe der Jahre immer fühlbarer herausgestellt, dass in Bezug auf die Schaffung einer solchen Grundlage nur das Allerbeste gerade gut genug ist, was leicht erklärlich wird, wenn man erwägt, dass der Wasserlauf selbst der denkbar vollkommenste Nivelleur und für die Beurtheilung der zu seiner Verbesserung und Unterhaltung bezw. zur Ausnutzung seiner Kräfte ausgeführten Bauten in seinem Verhalten gegen dieselben von höchster Zuständigkeit ist.

Jeder im grundlegenden Nivellement bezw. in den grundlegenden Wasserstandsbeobachtungen begangene Fehler rächt sich in schwerwiegender Weise dadurch, dass uns der Strom sofort in seiner Beziehung zu ersterem eine widerspruchsvolle Erscheinung darbietet, welche uns im Streben nach dem Bestmöglichen auf Abwege lenkt und, unserer Anstrengungen spottend, so lange unerklärt bleibt, bis es uns gelingt, die fehlerhafte Grundlage, auf welche wir die weiteren Beobachtungen und die gezogenen Schlüsse aufbauten, zu einer einwandfreien zu gestalten.

Auf diese Weise sind, um einige Beispiele anzuführen, häufig genug befremdliche Veränderungen der Wassermenge, auffällige Hebungen oder Senkungen der Ufer, wundersame Stauungen, unbegreifliche Gefällverhältnisse und allerlei sonstige merkwürdige Erscheinungen in der Bewegung des Wassers zur befriedigenden

Erklärung gekommen, und manches bereits als undurchführbar bei Seite gelegte Unternehmen konnte nach Herbeischaffung einer zuverlässigen nivellitischen Grundlage, von Neuem aufgenommen, mit Glück und dem gewünschten Erfolge zu Ende geführt werden.

Es darf hierbei als weiterer Beleg für die ausgesprochenen Anschauungen auf die von mir verfasste Veröffentlichung des Königlich Preussischen Geodätischen Instituts: „Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde, I. Mittheilung, — 1881 —“ [1]) hingewiesen werden, in welcher die Jahrzehnte hindurch auf Grund der am Pegel zu Swinemünde gewonnenen Wasserstandsbeobachtungen ganz allgemein mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit angenommene Hebung der deutschen Ostseeküste in unserem Jahrhundert um mehrere Decimeter mit voller Sicherheit als unzutreffend nachgewiesen wurde, indem die örtlichen, in sehr ausgedehnter Weise von mir geführten einschlägigen Untersuchungen zeigten, dass die bezüglichen Wasserstandsbeobachtungen an einem Pegel erzielt worden waren, der erwiesenermaassen im Laufe der Beobachtungszeit — und zwar in Folge der ohne ausreichende nivellitische Prüfung erfolgten örtlichen Verlegung eines Controlfestpunktes auf der „schiefen Plinthe“ eines in der Nähe des Pegels befindlichen Hauses — Verschiebungen seiner Höhenlage erlitten hatte, und dass man erstere ohne die nach Lage der Sache nothwendige Umrechnung auf ein und denselben Nullpunkt verwendet hatte.

Wie sehr in den leitenden Kreisen das Bedürfnis, die Weiterentwicklung der Wasserbautechnik auf mathematisch — nivellitischer Grundlage sich vollziehen zu lassen, anerkannt worden ist, erhellt am besten aus dem Umstande, dass in neuerer Zeit nicht allein in Preussen, sondern auch in anderen Ländern mit reich ausgebildeter Wasserverzweigung alle Stromnivellements, die noch vor gar nicht langer Zeit als Arbeiten zweiten und dritten Ranges nur so nebenbei behandelt wurden, in einer den strengsten wissenschaftlichen Anforderungen entsprechenden Weise durch unsere höchsten Vermessungsbehörden und deren erfahrenste Kräfte zur Ausführung gebracht werden.

Im innigsten Zusammenhange mit diesen für wasserbautechnische Zwecke nothwendigen Nivellements erster Ordnung stehen die an den Pegeln unmittelbar angestellten, bezw. die von den selbstthätigen Pegelapparaten gelieferten Wasserstandsbeobachtungen. Nur in dem Falle, dass diese in ihrer Zuverlässigkeit

---

[1]) Erschienen im Verlage von P. Stankiewicz' Buchdruckerei, Berlin.

und Genauigkeit den Ergebnissen der Nivellements erster Ordnung nicht nachstehen, vermögen die aus dem Zusammenfliessen der beiderseitigen Ergebnisse gezogenen Schlüsse in vollem Umfange für die Stromregelungen, für sonstige Wasserbauten und für die Entwicklung der Wasserbautechnik im Allgemeinen in erspriesslicher Weise nutzbar gemacht zu werden. Und auch der Wissenschaft wird von dem hier zunächst für die Technik gedeckten Tische bei solcher Veranlagung der in Rede stehenden Beobachtungen ein reich bemessener Antheil zufallen. Denn dass auch für die Wissenschaft Nivellements und Wasserstandsbeobachtungen von höchster Bedeutung sind, bedarf kaum einer weiteren Ausführung; es wird genügen, hier darauf hinzuweisen, dass sie es sind, mit deren Hilfe die grossen Fragen über die etwaige Veränderung der Wassermengen in den Meeren und Strömen, über die Hebung und Senkung der Küsten und Ufer und überhaupt über die mit der fortschreitenden Contraction des Erdkörpers zusammenhängenden sonstigen Erscheinungen ihrer Lösung entgegengeführt werden können, mit deren Hilfe also, um es noch mit anderen Worten zu sagen, das Gesetzmässige in den physischen Veränderungen und dem mit diesen zusammenhängenden allmählichen Vergehen unseres alternden Planeten erkannt werden kann. Nur andeutungsweise will ich überdies daran erinnern, dass das kundige Auge auf Grund der Ergebnisse der Wasserstandsbeobachtungen namentlich des Meeres immer tiefer in die Geheimnisse der von den Gestirnen ausgehenden Einwirkung von Kräften auf unseren Erdball eindringen wird, indem sich von den letzteren manche vielleicht nur in der Veränderung der Wasserstände sichtbar zu äussern vermögen, womit uns die Möglichkeit eröffnet erschiene, Kräften auf die Spur zu kommen, die uns andernfalls, eben weil sie sich nur in dem flüssigen, nicht aber auch in dem starren Theile des Erdkörpers wiederzuspiegeln vermögen, für alle Zeiten unbekannt bleiben würden.

**Nivellements und Wasserstandsbeobachtungen!** — Diese beiden Begriffe sind in ihrer Zusammengehörigkeit der sichere Unterbau, auf welchen die Wasserbautechnik sich gründen muss, wenn von einem wirthschaftlich richtigen Betriebe der letzteren gesprochen werden soll, — und in der Bedeutung, welche man ihnen und ihrer Ausbildung beimisst, dürfen wir einen zuverlässigen Gradmesser nicht nur dafür erblicken, auf welcher Höhe sich die wasserbautechnischen Unternehmungen eines Landes befinden, sondern zugleich auch dafür, inwieweit man es verstanden hat, die ungezählten Millionen, welche die Staaten dafür ausgeben,

die Wasserkräfte des Landes in ihre Gewalt zu bekommen, sicher anzulegen.

In dieser Auffassung kommen wir zu dem Schlusse, dass in der Beschaffung von einwandfreien Nivellements und von bedingungslos zuverlässigen Wasserstandsbeobachtungen nicht wohl zu viel gethan werden kann; jede für sie gemachte Ausgabe trägt hundertfachen Zins, und kaum eine andere Sache ist so wie sie berufen, nicht nur zu Ersparnissen in der Staatskasse zu führen, sondern auch das Land um unschätzbares Material sowohl für die wissenschaftlich-physicalische Erforschung des Erdkörpers, wie für werkthätige Unternehmungen der verschiedensten Art zu bereichern.

Hiermit sehen wir uns vor die Erörterung derjenigen Maassnahmen gestellt, welche ergriffen werden müssen, um das Bestmögliche in der einen wie in der anderen der beiden angedeuteten Richtungen erreichen zu können.

Ueber die Nivellements, die ich als untrennbar von den Wasserstandsbeobachtungen bezeichnete und schon mehrfach berührte, habe ich nur noch Weniges zu sagen; — sie sind ein besonders wichtiger Theil der Geodäsie, die sich in diesem Falle hinsichtlich der Ausführung derselben unter Wahl des besten bekannten Beobachtungsverfahrens und unter Anwendung der besten und vollkommensten Instrumente hilfreich in den Dienst der Wasserbautechnik zu stellen hat, wozu ich bemerken möchte, dass hier nur bei einheitlicher, streng wissenschaftlicher Leitung auf Ergebnisse gerechnet werden kann, welche den hohen Ansprüchen der Wasserbautechnik, die in vielen Fällen hinter denen der Wissenschaft nicht mehr zurückstehen, zu genügen vermögen. Unter allen Umständen wird darauf gehalten werden müssen, dass mit der noch vielfach zu beobachtenden Ausführung von Stromnivellements in stückweisem Vorgehen zur Befriedigung eines augenblicklichen Bedürfnisses gebrochen wird. Solche Arbeiten werden immer nur eine vorübergehende Bedeutung haben, während schon allein aus wirthschaftlichen Gründen das Augenmerk immer darauf gerichtet bleiben muss, Arbeiten von dauerndem Werthe zu schaffen. Das ist aber nur möglich bei planmässig angelegtem Grossbetriebe in der Weise, dass alle Wasserläufe und ebenso alle Küsten von vornherein mit durchlaufenden, auf einer thunlichst grossen Zahl unverrückbar eingerichteter Festpunkte gegründeten Nivellements erster Ordnung versehen werden, an welche später die erforderlichen kurzen Nivellements für besondere Zwecke den jeweiligen Bedürfnissen entsprechend leicht und sicher angeschlossen werden können.

So sind in Preussen von dem im Jahre 1891 gegründeten und dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten angegliederten „Bureau für die Hauptnivellements und Wasserstandsbeobachtungen“ bis jetzt etwa 10 000 Kilometer solcher Stromnivellements erster Ordnung zur Ausführung gekommen, und es ist bereits der Zeitpunkt absehbar, zu welchem sämtliche preussischen Ströme und Küsten durch die fortgesetzte Thätigkeit des genannten Bureaus mit einer einwandfreien nivellitischen Grundlage versehen sein werden. Die Genauigkeit der in Rede stehenden Arbeiten ist eine so hohe, dass die erzielten Ergebnisse nicht nur für alle wasserbautechnischen, sondern ganz allgemein für alle die Physik des Erdkörpers betreffenden einschlägigen wissenschaftlichen Fragen als unbedingt sichere Constantenwerthe den Ausgangspunkt zu ihrer Beantwortung abzugeben vermögen. Der mittlere Fehler der preussischen Stromnivellements für den Höhenunterschied zweier um ein Kilometer von einander entfernter Punkte beträgt nur etwa 0,8 mm, so dass also, um ein Beispiel anzuführen, zwei Punkte eines Wasserlaufs, die um 400 km von einander entfernt liegen, mit Rücksicht darauf, dass die Fehler erfahrungsgemäss und in wissenschaftlicher Begründung mit der Wurzel aus der Entfernung wachsen, in ihrem gegenseitigen Höhenunterschiede mit einem mittleren Fehler von nur

$$0{,}8 \text{ mm } \sqrt{400} = 0{,}8 \cdot 20 = 16 \text{ mm}$$

bestimmbar sind.

Gegenüber den Nivellements liegt die Sache hinsichtlich der Wasserstandsbeobachtungen, denen wir uns nunmehr zuwenden, insofern anders, als diese ein wichtiger Theil der Wasserbautechnik selbst sind, letztere also nicht wie bei den Nivellements auf fremde Beihilfe Anspruch machen darf, sondern sowohl hinsichtlich ihrer Gewinnung an sich, wie auch hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Berechnung und zweckmässigen Auswerthung durchaus auf sich selbst angewiesen bleiben muss.

Wir werden uns also einen Ueberblick über das Pegelwesen zu verschaffen suchen müssen, um auf Grund desselben in Abwägung der Verhältnisse es durch geeignete, den jeweiligen Verhältnissen entsprechende Einrichtungen dahin zu bringen, in jedem einzelnen Falle in den Ergebnissen der Wasserstandsbeobachtungen einwandfreie Werthe zu erhalten, und ich glaube zu diesem Ueberblicke nicht besser Gelegenheit geben zu können, als indem ich Ihnen die verschiedenartigen Apparate des in der preussischen Bauverwaltung fast ausschliesslich zur Anwendung kommenden

„Pegelsystems Seibt-Fuess“ vorführe, das sich im letzten Jahrzehnte im innigsten Zusammenwirken der wissenschaftlichen Technik und der Feinmechanik zu einer gewissen Vollständigkeit entwickelt hat.

Für die Ausbildung jedes einzelnen Apparates dieses Systems ist der Grundsatz obenan gestellt worden: „Je einfacher, desto besser!“, wozu erläuternd bemerkt werden muss, dass hierbei mit Rücksicht auf die hohen zu erfüllenden Aufgaben selbstverständlich nur an eine bedingte Einfachheit und zwar in dem Sinne gedacht werden darf, dass ohne zwingenden Grund nicht zur Ausführung von Einrichtungen geschritten wurde, welche unbeschadet der Genauigkeit der Ergebnisse durch einfachere Mittel hätten ersetzt werden können.

Bei der Schaffung dieses Systems hat eben die allen naturwissenschaftlichen Beobachtern aus Erfahrung innewohnende Ueberzeugung als Leitstern gedient, dass unter allen Umständen auch am vollkommensten Instrumente in letzter Reihe ja doch der Beobachter selbst als der edelste Theil angesehen werden muss, der durch keinen Mechanismus ersetzt werden kann; von vornherein wurden daher in gegenseitiger Abwägung der zu lösenden Aufgaben und der hierzu erforderlichen Mechanismen alle solche Einrichtungen zu vermeiden gesucht, welche, wenn auch noch so sinnreich erdacht, zu Erfolgen zu führen versprachen, die am Ende die mit weit einfacheren Hilfsmitteln zu erzielenden nicht nur nicht überbieten, sondern sogar hinter denselben, und zwar obendrein unter Erweckung eines in der undurchsichtigen Verzwicktheit der Mechanismen begründeten Misstrauens gegen ihre Zuverlässigkeit zurückbleiben. Je schärfer ein Messer ist, desto geschickter muss die Hand sein, welche mit ihm schneidet, womit aber wiederum, auf unsern Fall sinngemäss angewendet, ausgesprochen ist, dass mit Rücksicht auf die durch die Verhältnisse gebotene Nothwendigkeit, die Bedienung der Pegeleinrichtungen unter Umständen auch weniger gewandten Händen anzuvertrauen, die bezüglichen Bauarten so einfach zu halten sind, wie es die an die Apparate zu stellenden Anforderungen nur irgend möglich erscheinen lassen.

Bei dem mir für meine Darlegungen hier zugemessenen engen Rahmen ist es freilich unmöglich, eine ausführliche Beschreibung der bezüglichen Apparate zu geben; ich werde mich vielmehr auf die Hervorhebung des Eigenartigen und der mathematisch-physicalischen Grundzüge der einzelnen Bauarten beschränken müssen und darf alle Diejenigen, welche einen tieferen Einblick

in das System thun möchten, auf die über dasselbe erschienene, im Nachstehenden an den geeigneten Stellen näher bezeichnete Litteratur verweisen.

Als Hilfsmittel für unmittelbare Wasserstandsbeobachtungen, welche hier gegenüber den unter Anwendung selbstthätiger Apparate zu erhaltenden der Vollständigkeit wegen nicht unerwähnt bleiben sollen, hat sich **der Präcisions-Scalenpegel mit auswechselbarer Porcellantheilung** [1]) bewährt und sich namentlich wegen der leichten Ersetzbarkeit schadhafter Stücke und der Genauigkeit seiner Theilung allen anderen einschlägigen Bauarten überlegen gezeigt. Derselbe besteht aus zwei mit einander verschraubten Eisenplatten, von denen die untere aus Schmiedeeisen, die obere aus Gusseisen gefertigt ist. In letzterer befinden sich abwechselnd auf der rechten und auf der linken Seite von Decimeter zu Decimeter je 3 Ausschnitte, in welche die mit Zehntelmillimeter-Genauigkeit abgeschliffenen, 2 cm breiten und seitlich abgeschrägten Porcellanplatten, nachdem man die Ausschnitte zum Theil mit geschwärztem Cementteig gefüllt hat, unter gleichzeitiger Richtigstellung nach einem auf die Pegelscala gelegten Präcisionsmaassstabe eingedrückt werden. Für die fortlaufende Bezeichnung der Decimeter kommen Ziffern aus Porcellan zur Anwendung, die ebenso wie die für die Theilung verwendeten Porcellanplatten in entsprechenden Ausschnitten der oberen Eisenplatte befestigt werden.

Dem besonders in den Fluthgebieten geltend zu machenden Wunsche, den augenblicklichen Wasserstand jederzeit auch aus einer mehr oder weniger grossen Entfernung von der eigentlichen Beobachtungsstelle ablesen zu können, trägt **der Rollbandpegel** [2]) Rechnung, welcher die mitunter auch den selbstthätigen Pegelapparaten beigegebenen, ihren Zweck nur unvollkommen erfüllenden Zeigerwerke ersetzen soll. Letztere leiden an dem Uebelstande, dass die Zifferblätter, über welche hinweg sich die Zeiger bewegen, unverhältnissmässig gross gemacht werden müssen, wenn die Ablesung aus einer grösseren Entfernung überhaupt möglich sein soll. Bei dem Rollbandpegel vertritt das Zeigerwerk ein breites, mit grossen, den Wasserstand in Decimetern angebenden Ziffern versehenes Band, welches über eine mit dem Wasser der Beobachtungsstelle durch Drahtleitung und Schwimmer in Verbindung stehende Trommel gewickelt ist, durch ein Gegengewicht in

---

[1]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1892, Seite 499.

[2]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1897, Seite 368.

Spannung gehalten wird und sich mit dem wechselnden Wasserstande derartig an einem mit einer Zeigermarke versehenen Fenster eines geeigneten Bauwerks vorbeibewegt, dass unter stetigem Auf- und Abwickeln des Rollbandes der den jeweiligen Wasserstand angebende Theilstrich unmittelbar abgelesen werden kann.

Der unmittelbaren, durch Personen ausgeübten Beobachtung des Wasserstandes kommt **der selbstthätige Lichtbildpegel** [1]) am nächsten, welcher die Festhaltung der jeweiligen Wasserstände auf photographischem Wege in nachstehend beschriebener Weise ermöglicht.

An dem oberen Ende des an Mauerwerk, Pfählen oder dergl. unverrückbar befestigten Scalenpegels (am besten des vorhin beschriebenen „Präcisions-Scalenpegels mit auswechselbarer Porcellantheilung") befindet sich ein in geeigneter Lage befestigter Arm, der in angemessener Entfernung einen eisernen verschliessbaren Kasten trägt, der zur Aufnahme des Lichtbildapparates dient. Letzterer ist, mit seinem Objectiv auf den Pegel gerichtet, so in den Kasten gesetzt, dass das Bild des Pegels auf einer durch ein Uhrwerk betriebenen und mit lichtempfindlichem Papier oder Films bezogenen Walze erzeugt werden kann. Das hierzu erforderliche Oeffnen und Schliessen des Objectivs wird zu bestimmten, beliebig zu bemessenden Zeiten durch das Uhrwerk bewirkt. Die aneinandergereiht erscheinenden Lichtbilder zeigen in dem sich an dem Pegelbilde deutlich abhebenden Wasserspiegel das Maass des jeweiligen Wasserstandes unmittelbar, und in ihrer Aufeinanderfolge den stetigen Wechsel desselben. Für Aufnahmen während der Nachtzeit muss die Pegelscala eine geeignete Beleuchtung erhalten, was am besten durch die Anwendung eines zum Schwimmer ausgebildeten und mit elektrischer Lampe versehenen Lichtbildapparates, der an der Pegellatte eine Führung erhält, zu bewirken wäre, da bei dieser Einrichtung wegen der grossen Annäherung des Apparates an das abzubildende Object nur etwa die Lichtstärke einer durch einen Accumulator gespeisten Glühlampe erforderlich wird.

**Der selbstthätige Controlpegel** [2]) zeichnet sich vornehmlich dadurch aus, dass er mit Vorrichtungen versehen ist, welche jederzeit eine mathematisch-mechanische Controle der zu dem jeweiligen Wasserstande gehörigen Stellung des Curvenstiftes

---

[1]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1897, Seite 331.

[2]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1893, Seite 542.

gestatten und eine Befreiung der Aufzeichnungen von dem Einflusse der Grössenveränderungen der für jene angewendeten Papierbögen ermöglichen.

Der auf dem Wasser der Beobachtungsstelle ruhende Schwimmer überträgt die durch den Wasserstandswechsel bedingten Veränderungen seiner Höhenlage auf ein Schwimmerrad und durch einen auf der Achse desselben befindlichen Trieb auf eine senkrechte Zahnstange, an deren oberem Ende der an einer Schiene gleitende, aus Silber gefertigte Schreibstift angebracht ist; letzterer zeichnet die Wasserstandscurve auf die Walze, die durch ein Uhrwerk in gleichmässige Umdrehung gesetzt wird und mit präparirtem Papier (metallic paper) überzogen ist. Ausserdem sind noch zwei in gleichbleibender Entfernung durch eine Stange fest miteinander verbundene Silberstifte derartig angebracht, dass sie am oberen und unteren Ende des Papierbogens je eine Festlinie zeichnen, auf welche die Ausmessung der Wasserstandscurven zu beziehen bleibt. Zur Markirung der Zeit fällt ein von dem Uhrwerk allmählich gehobener Hammer bei selbstthätig erfolgender Auslösung in bestimmten Zeiträumen auf das obere Ende der federnd gelagerten, die beiden Stifte tragenden Stange und drückt diese hierbei um etwa 1 mm nach abwärts, wodurch auf dem Bogen Zeitmarken erzeugt werden. Verbindet man je zwei zusammengehörige Marken durch gerade Linien, so hat man in den Abschnitten der Wasserstandscurve die Wasserstände während des Zeitraumes, innerhalb dessen sich die Walze von einer bis zur folgenden Zeitmarke gedreht hat.

Die vorhin erwähnten beiden Festlinien geben mit ihren Zeitmarken zugleich die Elemente zur Beseitigung der aus den Grössenveränderungen des für die Aufzeichnungen verwendeten Papierbogens entspringenden Unrichtigkeiten, die unter Umständen die von dem Mechanismus des Apparates herrührenden unvermeidlichen Fehler bei Weitem übertreffen und zu einer völligen Entstellung des für den Wasserstandswechsel erhaltenen Bildes führen können.

Zur Prüfung der dem jeweiligen Wasserstande entsprechenden Stellung des Curvenstiftes dient folgende Vorrichtung, die die Aufstellung eines Control-Scalenpegels überflüssig macht. Auf einer seitlich der Walze befindlichen Rolle wickelt sich ein stählernes Bandmaass auf, das mit dem an seinem unteren Ende befestigten Gewichte bis auf die obere Tellerplatte des Schwimmers bei jeder Lage desselben herabgelassen werden kann. Ist nun die constante Höhe der Tellerplatte über dem Wasserspiegel bei eingehängtem

Gegengewicht = h', die Länge des Gewichts von Spitze bis Oberkante = h'' und die Höhe der Strichmarke, an der vorbei das Bandmaass abgewickelt wird, über dem ideellen Nullpunkte des Pegels = h, so wird beim Aufstossen des Gewichts auf die Tellerplatte der Theilstrich auf dem Bandmaass an der Strichmarke die Ordinate des Wasserstandes richtig angeben, wenn die Oberkante des Gewichts am Bandmaass auf dem Theilstrich h — (h' + h'') festgeklemmt worden ist.

Für die Auswerthung der von diesem Controlpegel, wie überhaupt von selbstthätigen Pegeln, die mit der vorerwähnten Einrichtung zur Erzeugung von Controlmarken versehen sind, gelieferten Aufzeichnungen bietet wesentliche Erleichterungen **die Ablesevorrichtung für die Aufzeichnungen selbstthätiger Pegel** [1]).

Dieselbe besteht aus zwei auf einem Reissbrette verschiebbaren und auf demselben mit Flügelschrauben festzuklemmenden Linealen sowie einem Glasmaassstabe, welcher an beiden Enden mit einer abgerundeten Spitze versehen und von Spitze zu Spitze in $x$ gleiche, der Entfernung der Feststifte von einander und der Verjüngung, in welcher die Aufzeichnungen erfolgten, entsprechend bezifferte Theile so eingetheilt ist, dass deren Summe um ein Weniges dasjenige Maass überschreitet, welches der Entfernung der auf den Papierbogen gezeichneten beiden Grundlinien bei der wahrscheinlichen Maximalausdehnung des Papierbogens entspricht. Werden nun die Lineale so auf dem Bogen festgeklemmt, dass ihre inneren Kanten genau auf die Festlinien oder auf einen Theil derselben zu liegen kommen, dann ist von dem mit seinen Spitzen an die Lineale angedrückten Maassstabe jeder Punkt der Curve, bezogen auf die eine oder die andere der beiden Festlinien, unter Ausschaltung der durch die Grössenveränderung des Papierbogens bedingten Fehler ohne Weiteres abzulesen. Für die Entnahme der richtigen, zu einem bestimmten Curvenpunkte gehörigen Zeit ist ein zweiter Glasmaassstab erforderlich, den man, um ihn bei dem geringen Abstande, in welchem die Zeitmarken auf einander folgen, ohne die für die Entnahme der Ordinaten zweckmässigen Lineale verwenden zu können, zwar nach den vorhin angegebenen Grundsätzen, aber nicht von Spitze zu Spitze, sondern so theilt, dass Anfangs- und Endpunkt der Theilung auf den Stab selbst zu liegen kommen.

---

[1]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1896, Seite 572.

Im Wesentlichen dem oben beschriebenen „selbstthätigen Controlpegel“ gleich, unterscheidet sich **der Gezeitenpegel**[1]) von ihm in folgenden Einzelheiten. Zwecks Erfüllung seiner Sonderaufgabe, die Ebbe- und Flutherscheinungen mit grösstmöglicher Genauigkeit aufzuzeichnen, wird bei ihm, um die zu einem bestimmten Curvenpunkte gehörige Zeit bis auf Bruchtheile einer Minute zu erhalten, die mit dem Papierbogen für die Wasserstandscurve bespannte Walze von einem besonders fein ausgearbeiteten Uhrwerke mit einer Geschwindigkeit gedreht, bei welcher einem Zeitraume von einer Stunde ein Abscissenstück von 30 mm entspricht. Damit der Papierbogen länger als einen Tag auf der sich in dieser Zeit einmal um ihre Achse drehenden Walze belassen werden kann, ist derselbe derartig auf letzterer zu befestigen, dass das eine Ende desselben das darunter liegende und in einen Schlitz der Walze geschobene andere Ende so überdeckt, dass die Schreibstifte unbehindert über die Trennungsstelle hinweg zu gleiten vermögen. Ebenfalls mit Rücksicht darauf, dass ein und derselbe Bogen während mehrerer Tage die Wasserstandscurve aufnehmen soll, ist die Einrichtung getroffen, dass die beiden Feststifte, die bei dem „selbstthätigen Controlpegel“ die Festlinien und die Zeitmarken zeichnen, hier nur von Zeit zu Zeit am oberen und unteren Ende des Bogens Kreuze bilden, deren Mittelpunkte in sinngemässer Verbindung mit einander durch gerade Linien die Elemente zur genauen Auswerthung der aufgezeichneten Wasserstandscurve nach Zeit und Höhe geben.

Bei Bemessung des zwischen der Erzeugung der aufeinanderfolgenden Kreuze liegenden Zeitraumes ist darauf geachtet worden, dass durch ihn die Zeit, in welcher sich die Walze einmal um sich selbst dreht, nicht theilbar sein darf, da andernfalls die Kreuze schon nach einer einmaligen Umdrehung der Walze aufeinander fallen würden.

**Der selbstthätige hydrostatische Pegel**[2]) beruht hinsichtlich der Uebertragung des Wasserstandswechsels auf das zur Aufzeichnung der Wasserstandscurve ausgebildete Quecksilbermanometer des eigentlichen Apparates auf dem Grundsatze der communicirenden Röhren; er ist zur Verwendung für Doppelstationen geeignet, wo er die erwünschte gleichzeitige Aufzeichnung des Wasserstandes etwa am unteren und am oberen Ende eines Canalisationsstranges, im oberen und im unteren Theile einer

---

[1]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1897, Seite 563.

[2]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1896, Seite 162.

Schleusen- oder Stauanlage u. s. w. liefert. Die Aufzeichnung der Curven geschieht mittels je einer auf dem Quecksilber in den offenen Schenkeln der beiden Manometer schwimmenden und in geeigneter Weise geführten, an ihrem oberen Ende mit der Curvenfeder versehenen Stange, welche, in ihrer magnetisch gemachten Verlängerung von einem Anker angezogen, hebelartig auf die mit dem Papierbogen überspannte, von einem Uhrwerk um ihre Achse gedrehte Walze gedrückt wird. Die von einander unabhängigen beiden Manometer sind nebeneinander derartig aufgestellt, dass ihre Curvenfedern auf ein und demselben Bogen gleichzeitig ihre Aufzeichnungen der Wasserstände an der oberen und der unteren Beobachtungsstelle liefern.

Schliesst man von den beiden Rohrleitungen die eine an den linken, die andere an den rechten Schenkel ein und desselben Manometers an, so stellt sich das Quecksilber in den Schenkeln so ein, wie dies dem in beiden Rohrleitungen vorhandenen, durch den Höhenunterschied zwischen den beiden in Betracht kommenden Wasserständen bedingten Druckunterschiede entspricht.

Fügt man endlich den beiden geschlossenen Schenkeln des Manometers einen dritten hinzu, welcher offen ist und mit ersteren in freier Verbindung steht, so entsteht **die hydrostatische Differentialwaage**[1]), in welcher sich das Quecksilber in den beiden an die Rohrleitungen angeschlossenen Schenkeln wiederum dem Höhenunterschiede der zu beobachtenden Wasserstände an den Mündungsstellen der ersteren entsprechend einstellt, während in dem Stande des Quecksilbers in dem offenen Schenkel der zugehörige mittlere Wasserstand zum Ausdrucke kommt. Es ist nun leicht zu übersehen, dass der auf Null bezogene Quecksilberstand des mittleren, offenen Schenkels stets dem jeweiligen mittleren Wasserstande beliebig vieler durch Rohrleitungen angeschlossener Wasserstandsbeobachtungsstellen entspricht, während in jedem einzelnen der $n$ Schenkel das Quecksilber sich so einzustellen gezwungen wird, wie dies durch die Höhenlage des Wasserspiegels an den zu den betreffenden Schenkeln gehörigen Beobachtungsstellen bedingt wird.

Indem ich mich der Uebertragung des Wasserstandswechsels auf den Apparat durch Druckluft zuwende, schicke ich voraus, dass dieselbe zu fehlerhaften Aufzeichnungen führen muss, wenn nicht ausreichend dafür Sorge getragen wird, dass der Einfluss der Einwirkung der Temperatur und des Wasserdrucks auf die

---

[1]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1896, Seite 162.

Dichte der in der Rohrleitung befindlichen Luft unschädlich gemacht wird.

Zur Beseitigung dieser letzterwähnten Fehlerquellen dient bei den mir bekannt gewordenen selbstthätigen [1]) Druckluftpegeln entweder eine empirisch bestimmte Maasseintheilung des für die Aufzeichnungen zu verwendenden Papierbogens, oder eine Luftpumpe, mittels welcher in der Luftleitung fortwährend ein derartiger Ueberdruck unterhalten werden muss, dass die von der Druckluft berührte Druckfläche des Wassers bei den verschiedenen Ständen des letzteren stets in ein und derselben Höhe, d. h. in der Nulllage verbleibt.

Einer allgemeineren Verwendung der Druckluftpegel stand bisher die Unzuverlässigkeit der vorgedachten umständlichen Einrichtungen entgegen, während **der selbstthätige Druckluftpegel**[2]), wie derselbe nachstehend beschrieben wird, seinen Zweck jedenfalls soweit zu erfüllen vermag, dass seine aus vielen Gründen erwünschte Verwendbarkeit zunächst für solche Stationen gewährleistet erscheint, auf denen die örtlichen Verhältnisse die Erbauung von Schächten und Häusern unmittelbar an der Beobachtungsstelle erschweren, oder auf denen vorhandene Bauwerke mit Vortheil für die Aufstellung der Pegelwerke verwandt werden können.

Bei der durch das Quecksilber im Manometer entstehenden Wägung der den Druck ausübenden Wasser*säulen* haben letztere, wie bereits angedeutet, wegen des infolge Wärme- und Wasserdruckschwankungen veränderlichen Volumens der in der Leitung eingeschlossenen Luft so zu sagen einen veränderlichen Fusspunkt, d. h. die Angaben des Manometers beziehen sich auf Wasser*stände*, die nicht ein und denselben Nullpunkt haben. Zur Beseitigung der hieraus entspringenden Fehler ist bei der in Rede stehenden Bauart darauf Bedacht genommen worden, dass die von der Druckluft berührte Wasserdruckfläche beim höchsten Wasserstande nicht höher über die für die Wasserstandsbeobachtungen angenommene Nullfläche steigt, als der Werth der den Aufzeichnungen von vornherein zugestandenen Fehlergrenze ausmacht. Dies ist dadurch erreicht worden, dass man das Ende der in das Wasser der Beobachtungsstelle ausmündenden Luftleitungsröhre zu einem

---

[1]) Die hier vornehmlich im Hinblicke auf selbstthätige Druckluftpegel gegebenen Ausführungen über die Beseitigung von Fehlerquellen gelten entsprechend umgestaltet natürlich auch für einfache Druckluftpegel, welche nur zum *Ablesen* der Wasserstände eingerichtet sind.

[2]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung*, Jahrgang 1896, Seite 202.

tellerartigen Ansatze mit kegelförmiger Decke ausgebildet hat, der in seinen Abmessungen so bestimmt und derartig im Wasser der Beobachtungsstelle unverrückbar gelagert ist, dass

1. sein höchster Punkt, in welchen die Luftleitungsröhre ausmündet, um nicht mehr als etwa ein Centimeter über der in dem Ansatze beim Wasserstande Null und bei der höchsten Temperatur sich bildenden Druckfläche zu liegen kommt, und dass

2. derselbe einen solchen Rauminhalt aufweist, dass bei dem höchsten Wasserstande und der niedrigsten Temperatur die in ihrer Höhenlage veränderliche, von der Druckluft berührte Wasserdruckfläche die Einmündung der Luftleitungsröhre in den Ansatz nahezu erreicht, auf keinen Fall aber überschreitet.

Bei einem so hergestellten und gelagerten Ansatze muss die durch Temperatur- und Druck-Veränderungen bedingte Verschiebung der Wasserdruckfläche aus der Nulllage und damit die entsprechend fehlerhafte Beeinflussung der Aufzeichnung der Wasserstände innerhalb der Grenze von einem Centimeter verbleiben, und zwar wird dieser Höchstwerth nur bei dem höchsten Wasserstande erreicht, während alle anderen Wasserstände (bis zu Null herab) nur um einen entsprechenden Antheil (bis zu Null herab) fehlerhaft aufgezeichnet werden.

Das Manometer des eigentlichen Apparates, auf welches die Uebertragung des Wasserstandswechsels durch eine in vorgedachter Weise angelegte Luftleitung stattfindet, ist in derselben Weise wie bei dem „selbstthätigen hydrostatischen Pegel“ zur Aufzeichnung der Wasserstandscurve eingerichtet worden, während im Uebrigen der Apparat alle diejenigen Controlvorrichtungen besitzt, deren vorher bei Besprechung des „selbstthätigen Controlpegels“ Erwähnung gethan wurde.

Aus der Zusammenführung mehrerer derartiger Luftleitungen zwischen den eigentlichen Beobachtungsstellen und den zugehörigen, von ihnen mehr oder weniger entfernt, nebeneinander aufgestellten Manometern entsteht **der Central-Druckluftpegel,** durch welchen es möglich wird, die Wasserstände verschiedener Beobachtungstellen, z. B. bei einer Schleusenanlage diejenigen des Ober- und des Unterwassers, in der Kammer und in den Sparbecken, von ein und demselben Punkte aus gleichzeitig beobachten zu können.

**Der selbstthätige Universalpegel**[1]) entspricht in seiner Bauart hinsichtlich der zur Aufzeichnung der Wasserstände erfor-

---

[1]) Vergleiche: *Centralblatt der Bauverwaltung,* Jahrgang 1891, Seite 405.

derlichen Einrichtungen dem vorhin beschriebenen „selbstthätigen Controlpegel“, während bei ihm noch Mechanismen hinzutreten, welche auch die selbstthätige Aufzeichnung, bezw. das telephonische Abhören und das chronoskopische Ablesen der Wasserstände auf beliebig von der Beobachtungsstelle entfernten, mit der Beobachtungsstelle elektrisch verbundenen Stationen, sowie die selbstthätige Integration der von der Wasserstandscurve begrenzten Wasserstandsfläche, bezw. die Aufaddirung der Ordinaten behufs Bestimmung des mittleren Wasserstandes für beliebig bemessene Zeiträume ermöglichen.

Bei diesem Apparate wird zur Lösung der ihm gestellten zuletzt erwähnten Aufgaben das Pendel nutzbar gemacht. Es werden nämlich die durch den Wasserstandswechsel bedingten senkrechten Verschiebungen des auf dem Wasser der Beobachtungsstelle ruhenden Schwimmers auf ein durch ein Uhrwerk in Bewegung gehaltenes zusammengesetztes Pendel in der Weise übertragen, dass die an einem in der Schwingungsachse des Pendels eingeführten, mit dem über ein Rad gelegten Drahte des Schwimmers in geeigneter Weise verbundenen feinen Golddrahte hängende obere und bewegliche Linse des Pendels den Wasserständen entsprechend verschoben wird, sodass zu einem bestimmten Wasserstande eine bestimmte Stellung der oberen Linse und damit also auch eine bestimmte Anzahl von Pendelschlägen in einem bestimmten Zeitraume gehört. Auf einem sich von einer Walze durch ein Uhrwerk mit gleichmässiger Geschwindigkeit abwickelnden schmalen Papierstreifen verzeichnet ein durch das Pendel selbstthätig ausgelöster Hammer den jedesmaligen 500. Pendelschlag. In den Entfernungen dieser Marken von einander kommen die abgreifbaren Werthe der stattgehabten Wasserstände zum Ausdrucke, während die zugehörige Zeit auf demselben Streifen aus den neben der Punktreihe für die Wasserstände vom Uhrwerke bewirkten Marken entnommen werden kann.

Für die Fernaufzeichnung der Wasserstände erfolgt die Auslösung des Hammers des Empfangs-Apparates der Fernstelle durch elektrische Contactgebung von dem durch das Pendelwerk gebildeten Gebeapparate der Beobachtungsstelle aus.

Das Ablesen und Abhören des jeweiligen Wasserstandes aus der Ferne geschieht mit Hilfe eines mit dem Gebeapparate elektrisch verbundenen Chronoskops bezw. Telephons, indem bei ersterem die zwischen zwei aufeinander folgenden Contacten liegende Zeit, bei letzterem die in einer bestimmten Zeiteinheit erfolgenden Pendelschläge die Elemente für die erforderliche Um-

rechnung der erhaltenen Beobachtungsergebnisse in die den Wasserständen entsprechenden Werthe liefern.

Um aus den durch ein besonderes Räderwerk selbstthätig summirten Pendelschlägen den mittleren Wasserstand für eine beliebig bemessene Zeit entnehmen zu können, ist der Apparat mit einem Integrator versehen worden, für dessen Bauart folgende Erwägungen bestimmend waren. Bekanntlich ist die Dauer der Schwingungen eines Pendels proportional der Wurzel aus den Pendellängen. Würde sich daher die auf dem Pendel beweglich angebrachte Linse linear proportional den Wasserstandsänderungen verschieben, so würde naturgemäss auch die zugehörige Anzahl der Schwingungen den Wurzeln aus den bezüglichen Pendellängen proportional sein. Einer Mittelbildung der Wasserstände für eine bestimmte Zeitdauer unter Summirung der Pendelschläge und Division durch die Zeit muss also so zusagen erst eine Entwurzelung der einzelnen bezüglichen Werthe vorausgehen. Diese Entwurzelung besorgt nun die Integrationsscheibe, die mit dem Drahte, an welchem die obere Pendellinse hängt, so in Verbindung gebracht und deren Form derartig bestimmt ist, dass die von ihr abhängigen Verschiebungen der oberen Pendellinse den Gang des Pendels derartig beeinflussen, dass die Differenzen je zweier auf einander folgender Wasserstände in demselben Verhältnis zu einander stehen, wie die entsprechenden Differenzen der zugehörigen Anzahl der Pendelschläge für einen bestimmten Zeitraum. Bei dieser Einrichtung ergiebt in erwünschter Weise die Division der Summe der Pendelschläge durch die zugehörige Zeit nach entsprechender Umrechnung das Mittelwasser für die Dauer der Beobachtungsperiode. —

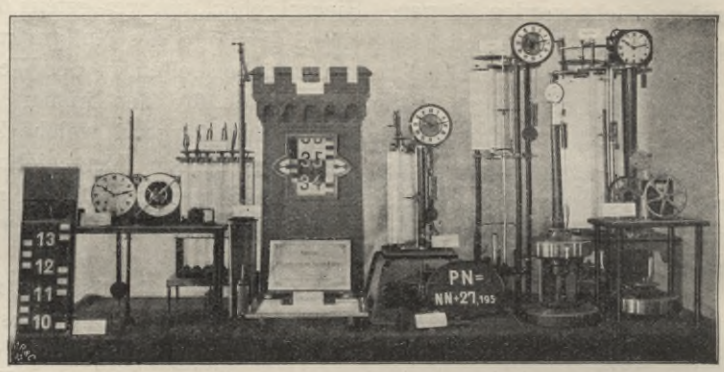
Es möge noch gestattet sein, darauf hinzuweisen, dass sich bei den selbstthätigen Pegeln an die Forderung der thunlichsten Einfachheit möglichst vollkommener mechanischer Einrichtungen als nicht minder wichtig diejenige der einheitlich geleiteten, wissenschaftlich strengen Ueberwachung der Apparate und der Auswerthung des mit ihrer Hilfe gewonnenen Beobachtungsmaterials anschliesst. Denn wenn es auch als richtig angesehen werden muss, in allen Fragen, die eine verschiedene Behandlung je nach dem Wissen, den persönlichen Erfahrungen, oder dem künstlerischen Vermögen des Einzelnen zulassen, thunlichst Vielen Gelegenheit zu geben, in gegenseitigem Wettbewerbe ihr Können zur Geltung zu bringen, so ist in unserm Falle, in dem es sich lediglich um die Beschaffung eines gleichwerthigen und zuverlässigen Beobachtungsmaterials handelt, auf eine Vereinheitlichung

in der Ueberwachung des Pegeldienstes im Allgemeinen sowie in der Behandlung der Apparate und der Auswerthung ihrer Ergebnisse im Besonderen umsomehr hinzuwirken, als hier eben gerade alle Sonderbestrebungen nicht geeignet sind, der erforderlichen Gleichmässigkeit, wodurch die von verschiedenen Beobachtern, mit verschiedenen Instrumenten und zu verschiedenen Zeiten erzielten Ergebnisse einen erhöhten Werth erhalten, Vorschub zu leisten.

Als eine der Hauptaufgaben der einheitlich veranlagten wissenschaftlichen Ueberwachung der Pegeleinrichtungen und zwar gleich viel, von welcher Bauart sie sind, muss die Bestimmung und dauernde Prüfung der Constanten der Apparate angesehen werden, da ohne die unbedingte Zuverlässigkeit der letzteren auch die an sich noch so vollkommenen Beobachtungsergebnisse in ihrem Werthe geschmälert und unter Umständen bis zur Unbrauchbarkeit herabgedrückt werden können. Hierzu gehört, um wenigstens den wesentlichsten Punkt herauszugreifen, die Lage des Nullpunktes, auf welchen sich die Beobachtungen beziehen sollen, in der Weise in schärfster Controle zu halten, dass auch für den immer als leicht möglich anzusehenden Fall einer durch irgend welche Zufälligkeiten eingetretenen, also unbeabsichtigten Verschiebung eine Umrechnung der unrichtigen Beobachtungen auf die *normale* Lage des Nullpunktes des in Frage kommenden Pegels vorgenommen werden kann. —

Zum Schluss gebe ich dem Wunsche Ausdruck, dass es mir mit meinen Darlegungen gelungen sein möchte, die weitesten Kreise dafür zu gewinnen, dass wir das, was hinsichtlich der Nivellements und Wasserstandsbeobachtungen von unseren Vorfahren nur ungenügend vorgesehen oder ganz versäumt wurde, nachzuholen oder in die Wege zu leiten nicht nur der Gegenwart, sondern in gleichem Maasse auch unseren Nachkommen schuldig sind, und dass in der Schaffung und dauernden Erhaltung eines aus Nivellements erster Ordnung und einwandfreien Wasserstandsbeobachtungen zusammengesetzten Unterbaues bedingungslos die Grundlage für das wirthschaftlich Richtige in dem Bestreben erblickt werden muss, uns gegen die urgewaltigen Kräfte des Meeres und der Ströme zu schützen, bezw. uns dieselben in ergiebigster Weise nutzbar zu machen.

---


13
12
11
10
PN=
NN+27,195

5.00