

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFARHTS KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschiffahrt
3. Mitteilung

Gewässerkunde, Hochwasser- und Eisschmelze-
ELDEDIENST

BERICHT

VON

E. MAILLET

Ingenieur der Brücken und Wege

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

169, rue de Flandre, 169



II-354169

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316769

091-0-10/2018

MITTEILUNG

ÜBER DEN

Gegenwärtigen Stand des Pegelbeobachtungs- und Hochwassermeldedienstes IN FRANKREICH

I

Aus früheren (1) Veröffentlichungen, die zu verschiedenen Zeiten erschienen sind, ist der allmähliche Fortschritt zu ersehen, der auf dem Gebiete des Pegelbeobachtungs- und Hochwassermeldewesens in Frankreich gemacht worden ist, sowohl hinsichtlich der Verwaltungseinrichtungen als auch in technischer Beziehung. In diesen Veröffentlichungen wird man das geschichtlich Bemerkenswerte finden; darauf will ich hier nicht zurückkommen. Ich werde mich hier darauf beschränken, den gegenwärtigen Stand und besonders die Fortschritte zur Kenntnis zu bringen, welche der Voraussage der Hochwässer dienen.

II. — Verwaltungseinrichtung.

Die folgende Tabelle gibt die Verteilung der Dienststellen an, die mit der Ueberwachung des Pegelbeobachtungs- und Hochwassernachrichtenwesens in den französischen Flussgebieten betraut sind :

Flussgebiete	Zahl der Dienststellen	Pegelstel- len (2)	Niederschlagsstellen aller Art
Seine.	11	120	423
Loire.	9	140	444
Garonne	9	130	254
Adour	4	55	32
Rhône u. Saône	11	130	324
Anderweitige Flussläufe.	7	100	286
Zusammen. . .	51	675	1763

(1) Siehe das Literaturverzeichnis am Ende meines Aufsatzes und im besonderen die Denkschrift von M. G. LEMOINE zu dem Congress für Meteorologie in Paris im Jahr 1900 : *Etat actuel des services d'annonces de crues en France*.

(2) Diese Spalte umfasst nicht eine grosse Anzahl von Pegeln, die im Schiffsfahrtsinteresse gesetzt sind, Beobachtungsstellen, welche gegebenenfalls für die Untersuchungen der Hochwassermeldung dienen können.

Die Regenmesserstellen jeglicher Art sind grösseren Theils den meteorologischen Abteilungen der Departements und dem meteorologischen Centralamt zugewiesen; sie werden etwa zu einem Viertel für die Zwecke der Hochwassermeldung benutzt oder beobachtet. Es gibt ausserdem Beobachtungsstationen für Temperatur, Luftdruck, Verdunstung, etc.

Für jeden Dienstzweig gibt es eine Sammlung von Verordnungen, die eine allgemeine Instruktion und Vorschriften allgemeiner und örtlicher Natur, Polizeiverordnungen, ferner Gebrauchsmuster für Drucksachen und Depeschen, etc., umfassen. Diese Vorschriften geben die Art an, wie die Beobachtungen gemacht und aufgezeichnet, wie den leitenden Beamten oder Behörden durch die Beobachter Nachricht gegeben werden soll, ferner die Personen, an welche die Hochwassermeldungen gerichtet werden müssen und die Verteilungsart dieser Meldungen unter die beteiligte Bevölkerung, etc.

Gegenwärtig können im grösseren Teil der Dienstbezirke Dank dieser Einrichtung nützliche Winke, die mehr oder weniger genau und regelmässig sind, übermittelt werden.

III. — Technische Verfahren in der Hochwasseranzeige.

Vorgehen bei dem ersten Annäherungsverfahren. — Es sei h_A die Ordinate zur Zeit t bei einer Station A eines Flusslaufes, h_B, h_C, \dots die den bergwärts belegenen Stationen B, C, ... entsprechenden Ordinaten zu den Zeiten t , wobei mindestens eine B-Station am Flusslauf und eine C-Station an jedem der Hauptzuflüsse zwischen A u. B liegen muss. Man wird eine rechnerische od. zeichnerische Beziehung suchen, sei es zwischen den Zunahmen $\delta_A, \delta_B, \delta_C, \dots$ von h_A, h_B, h_C, \dots , während der entsprechenden Zeiten τ (*Methode der Anschwellungen*, $\delta_A = f[\delta_B, \delta_C, \dots]$), sei es zwischen den Ordinaten (*Methode der Ordinaten*, $h_A = \varphi[h_B, h_C, \dots]$), sei es zwischen den Abflussmengen od. deren Zunahmen während der entsprechenden Zeit τ (*Methode der Abflussmengen*, jeder Abfluss gedacht als Funktion der Wasserstandshöhe (1); man kann auch das Hochwasser mit früheren Hochwässern vergleichen (*Vergleichsmethode*) oder schliesslich die *Methode des Hochwasserscheitels* anwenden, die kürzlich von Honsell und von Tein für den Rhein benutzt worden ist.

Die Methode der Abflussmenge ist in Frankreich meines Wissens nur versuchsweise angewendet worden (Garonne, Tarn, Seine, etc.) und die Methode (2) des Hochwasserscheitels noch gar nicht. Am

(1) Dies scheint bei Flüssen mit sehr beweglicher Sohle (DURANCE, GAVES, etc.) sehr zweifelhaft.

(2) Im Grunde genommen beruht diese Methode jedenfalls auf der Methode der Ordinaten.

besten ist es übrigens, für eine Station mehrere Methoden zu besitzen.

In der Praxis kann man ziemlich oft in den Rechnungen od. zeichnerischen Darstellungen nur einen od. zwei Zuflüsse od. eine einfache lineare Beziehung der Ordinaten od. Wasserstandszunahme der Zuflüsse in Erscheinung treten lassen : es kommt in der Tat vor, dass diese Ordinaten od. ihre Zunahmen in gewissen Gebieten (1) für benachbarte Zuflüsse fast proportional sind, selbst bei verschiedenen Zuflussgebieten. Anwendungen : Marne bei Chalifert und Seine bei Paris (man trägt dem Grand-Morin und nicht dem Petit-Morin Rechnung) ; Marne bei Damery und Seine bei Paris (man trägt der Aisne Rechnung, welche kein Zufluss ist) ; graphische Darstellungen von M. Allard für die Seine und ihre Nebenflüsse, von M. Mazoyer für die Loire, von M. Petit für die Midouze (Gebiet des Adour).

Die Form der Funktionen f und φ kann sich mit den Werten h_A, h_B, h_C, \dots ändern (Seine bei Paris, an der Seine bei Melun und Marne bei Chalifert ; Garonne bei Toulouse ; Saône, etc.) oder mit der Jahreszeit (G. Lemoine, Allard, Babinet, Breuillé, Pigache, Maillet, etc.) : in den durchlässigen Bodenarten schwächen sich die Maxima der Sommer- und Herbsthochwässer ab, wobei sie sich mehr verteilen als die Winterhochwasser.

Wenn man sie in B, C, ... aus ähnlichen Vorausberechnungen bestimmt, so kann man dahin kommen, die Ordinaten des Wasserstandes an jeder Beobachtungsstelle mit Hülfe der Ordinaten od. deren Wachstum an denjenigen Stellen zu bestimmen, die den Quellen benachbart sind, so dass man die Benachrichtigung des Hochwassers möglichst vorzeitig geben kann. Das ist das Ergebnis, welches Belgrand und G. Lemoine seit langem für die Seine in Paris und einen Teil ihrer Zuflüsse erreicht haben.

1. METHODE DER WASSERSTANDSZUNAHMEN. — Nach dem Beispiel von Belgrand und unter Bezugnahme auf seine hydrologischen Grundsätze, kann man häufig in f das schwache Steigen der Gewässer, besonders bei durchlässigen (im Sinne Belgrands) Bodenarten, vernachlässigen, vorausgesetzt, dass die Zeit τ ziemlich kurz ist.

Belgrand und G. Lemoine lassen, indem sie die gewöhnliche

(1) Dies trifft sogar bei den beträchtlichen Hochwässern für die Seine und ihre grossen Zuflüsse zu.

Wasserführung des Seinegebietes in Betracht ziehen, in ihren Formeln, die in Bezug auf die Wasserstandszunahme lineare Funktionen darstellen, die grössten Zunahmen an den aufwärts gelegenen Pegeln gelten, um für die talwärts gelegenen ein Maximum zu erhalten; sie heben dabei vor den anderen diejenigen Maxima talwärts hervor, die kurz auf andere Talwärts-Maxima folgen. In der Tat müssen die Ergebnisse für gewisse Stationen ziemlich häufig bei den gewöhnlichen Hochwässern verringert werden (z. B. in Paris, wenn die Fluten der Yonne und der Marne nicht gleichzeitig dort eintreffen).

Die angewandten Formeln sind im Allgemeinen lineare Funktionen:

$$\delta_A = b \delta_B + c \delta_C + \dots + k,$$

(k hängt von der Jahreszeit oder der Höhe h_A ab): man hat davon zahlreiche Beispiele in dem Seinegebiet.

Man verwendet auch an Stelle der Formeln, graphische Darstellungen an (Allard) (1).

2. — METHODEN DER WASSERSTANDSORDINATEN. — Sie ist sehr bequem für zwei Veränderliche h_A und h_B , für graphische Behandlung oder nicht (2). Für die Variable h_A, h_B, h_C erhält man eine graphische Darstellung, indem man h_A als Ordinaten, h_B als Abscissen (rechtwinkliges Coordinatensystem) aufträgt, den Wert von h_C neben den erhaltenen Punkt schreibt und dann soweit wie möglich die Curven zeichnet für $h_C = \text{constant}$. Ich finde das Zeichnen dieser Curven leichter und zuverlässiger, wenn h_C die Ordinate des Zuflusses ist: die Curven sind angenäherter.

Die Zahl von Formeln, graphischen und rechnerischen Tabellen dieser Art ist beträchtlich (Guillemain, Jollois, Mazoyer, Guillon, etc., für Loire, Allier, Cher, Vienne, Indre, Creuse; Allard, Breuillé, de Préaudeau, Goupil, etc., hydrometrische Arbeiten für die Seine und ihre Nebenflüsse; Garonne und Nebenflüsse; Adour; de Mardigny und Poincaré für die Maas; Mosel; Saône).

(1) Das graphische Verfahren oder eine gleichwertige Zahlentabelle drückt die Unregelmässigkeiten schärfer aus; in der Praxis erleichtert die Formel gewisse Richtigstellungen im Hinblick auf die Anzeigen (verspätete Depeschen, irrthümliche Ordinaten, etc.) und vermeidet gewisse Irrtümer.

(2) Es gibt auch Formeln, wo gleichzeitig h_B und δ_B vorkommen (Allier, lineare Formel, δ_B negativ). Im Küstengebiet, wo der Einfluss von Ebbe und Flut sich bemerkbar macht, betrachtet man das Meer wie einen Zufluss C mit Ordinate h_C (Seine bei Rouen, Loire bei Nantes).

Hier Beispiele von angewandten Formeln :

$$h_A = b h_B + c h_C + \dots + k \text{ (Adour, Loire, Seine, Allier, etc.)}$$

$$h_A = k + b h_B + c h_B^2 + e h_B^3 \text{ (Adour, Vienne)}$$

$$h_A (h_B + b_C + \dots) = b (h_B^2 + h_C^2 + \dots) \text{ (Yonne)}$$

$$h_A (h_B + h_C + \dots) = b (h_B + h_C + \dots)^2 \text{ (Yonne)}$$

3. VERGLEICHSMETHODE. — Das würde theoretisch die wissenschaftlichste Methode sein, wenn man hinreichend Beobachtungen hätte, die recht handlich zusammengestellt wären (1) : man sucht ein früheres Hochwasser, das dem fraglichen entspricht, z. B. Garonne bei Agen und stromabwärts, Cher.

Aufbau der Formeln und Fortpflanzungsdauer. — Die Bestimmung von d_B, d_C, \dots, τ ist schwierig. In dem Falle einer Gleichung mit zwei Variablen h_A, h_B , während eines bestimmten Zeitraumes, nimmt man für diese Variablen die entsprechenden Maxima einer Reihe von Hochwässern. Die Dauer d_B der Fortpflanzung ist der Zeitunterschied zwischen den Zeiten der Maxima; der Vergleich des Verlaufes jedes Hochwassers an zwei Stellen kann mehr Genauigkeit verleihen, erfordert aber mehr Arbeit. Der Mittelwert der erhaltenen Probewerte von d_B ergibt die mittlere Fortpflanzungsdauer.

Wenn man die Hochwässer nach dem Werte von h_A einteilt, gelangt man dazu d_B mehr oder weniger genau als Funktion von h_A einzuteilen (Baussinesq, Jollois, Guillemain, Imbeaux, von Tein, Maillet, etc.; Gebiet der Seine, Loire, Durance, Mosel, etc.) oft nimmt im Mittel auf den nicht kanalisierten Flüssen d_B ab, wenn h_B wächst, und auf den kanalisierten Flüssen ist d_B um so grösser je näher h_A dem bordvollen Wasserstande liegt. (2). Auf der Marne, von Damery bis Chalifert, wuchs d_B , trotzdem der Grand-Morin kein Hochwasser hatte, im Mittel von 28 auf 101 Stunden : eine so starke Abweichung ist ganz aussergewöhnlich.

Aus der Tatsache, dass h_A mit h_B wächst, können für h_A die Vorausmeldungen so gemacht werden und werden gemacht, wie wenn h_B ein Maximum wäre.

Im Falle einer Formel mit 3 oder mehr Variablen, sind für die Bestimmung von d_B, d_C, \dots diejenigen Anschwellungen mit Vorteil

(1) Das ist ein wichtiger Punkt bei den hydrographischen Untersuchungen, die auf etwas ausgedehnter Statistik beruhen.

(2) Manchmal scheint auch d_B ein wenig grösser im Sommer als im Winter.

heranzuziehen, die nur an einer der aufwärts gelegenen Beobachtungsstellen bemerkbar sind, oder man geht durch Probieren vor. Für Saône und Allier sind die Fortpflanzungs-Zeiträume durch Formeln ausgedrückt, wo die Wasserstandsordinate der fraglichen Beobachtungsstelle und die der oberhalb gelegenen Stationen eine Rolle spielen können.

Die Methoden sind ähnlich für die Formeln der Wasserstandszunahmen; man kann totale Zunahmen betrachten (Belgrand und G. Lemoine), positive Zunahmen, ausnahmsweise positive oder negative Zunahmen: dieses letztere Mittel gestattet, Voraus-Meldungen vom Fallen des Wassers zu versuchen (Seine bei Paris und verschiedene Nebenflüsse), was man manchmal auch mit Hülfe der Ordinaten-Methode machen kann, oder ferner mittels graphischer Darstellungen vom Fallen des Wassers an jeder Beobachtungsstelle (Paris, Bray-sur-Seine, etc.), die kurz nach dem Aufhören von Regengüssen angewandt werden, und die von der Temperatur abhängen können.

So viel wie möglich, wählt man B, C, \dots so, dass d_B, d_C, \dots wenig verschieden sind: τ ist vielmehr gleich einigen Tagen, besonders für die kanalisiertten Flüsse, wo die anfänglichen Wasserstände von dem Zustande der beweglichen Wehre abhängen können, worüber man genügend unterrichtet sein muss. (Seine).

Zweite Annäherung. — Oft geben die Formeln oder graphischen Darstellungen ein Ergebnis, das relativ ziemlich ungenau sein kann: um die Voranzeige genauer zu gestalten, wird man mehrere Methoden erster Annäherung anwenden (für die Seine in Paris wendet man mindestens drei Formeln oder Verfahren an) und die Ergebnisse vergleichen, die gefundenen Ordinaten erhöhen oder verringern können, je nachdem die rechnermässig gemachten Meldungen bergwärts ein wenig niedrig oder etwas hoch ausfielen, je nach der Jahreszeit oder dem Wetter (Regen, Frost, Sonnenschein, etc.), je nach Werten von h_A (Obere Seine bei Bray, Oise bei Venette).

Man macht zuerst die Meldungen mit Hülfe der Wasserstandsordinaten der am meisten bergwärts (1) gelegenen Pegel; dann, beim Fortschreiten der Flutwelle, wird man mit Hülfe weniger entfernter Pegeln die genauere Bestimmung vornehmen. (Garonne

(1) Manche Anzeigen im Seinegebiet werden eine Woche vorher erstattet.

bei Agen und weiter abwärts, Loire bei Orléans und stromab, Cher, Seine und Nebenflüsse, etc.)

Für diejenigen Stationen, die den am meisten bergwärts gelegenen ziemlich nahe liegen (d_B weniger als 24 oder 36 Stunden) oder wenn die angestellten Untersuchungen ungenügend sind, kann man nicht immer so genaue Voranzeigen erhalten. Im ersten Fall können übrigens die Meldebeamten überrascht werden (Sonn- und Feiertage, sehr überraschende Hochwässer, etc.) Nichtsdestoweniger sind, falls nichts besseres möglich ist, etwas allgemeine Ankündigungen, wie: « Das Hochwasser wird voraussichtlich weiter steigen », oder: « Das Hochwasser kommt wahrscheinlich zum Fallen », etc., einige Stunden vorher manchmal möglich und sehr nützlich (kleine Flussläufe im allgemeinen, Garonne bei Toulouse, Nebenflüsse der Garonne, Rhone, Durance, Obere Loire und Allier, Seine und Nebenflüsse im Oberlauf). Ein ähnlicher Umstand stellt sich ein für die Störungen in der Voraussage durch einen kleinen Gebirgsfluss (Grand-Morin für die Marne bei Chalifert etc.)

Hochwasseranzeige mit Hülfe der Regenhöhen, und verwandte Studien. — Man hat daran gedacht, besonders für die kleinen Flussgebiete oder nach den Quellen der Flussläufe hin, die Anschwellungen mit Hülfe der stromauf gefallenen Regenhöhen vorauszubestimmen: ziemlich zahlreiche Studien sind zu dem Zweck gemacht worden (Liane bei Boulogne, Epte bei Gisors, Grand-Morin bei Coulommiers, Marne bei Chaumont, Durance, Ardèche, Hérault, Meurthe, Mosel, Vienne, Indre, Creuse). Der Einfluss der Jahreszeit, des Schnees, des Gefrorenseins oder der Sättigung des Bodens, schwierig abzuschätzen, kann der Genauigkeit der Voraussage viel Abbruch tun.

Ich will die hydrologischen Studien (Hydrometrie und Meteorologie) erwähnen, die in den Jahresberichten der hydrometrischen Dienststellen niedergelegt sind, die theoretischen oder praktischen Untersuchungen über die Schwankungen der Ergiebigkeit der Quellen und die Wasserspiegelsenkungen der Ströme (Dyrion, Pochet, Gauckler, Boussinesq, Maillet, etc.), über die Voraussage der Niedrigwasser im Quell- und Flussgebiet der Seine, etc. Eine grosse 40 Dienststellen angehende Arbeit ist seit 1896 im Gange, um die bekannten Wassermengen der französischen Flüsse zu vervollständigen (zusammengestellt von M. Bresse, *Annales des Ponts et Chaussées* 1897, 2. Semestre, Nr. 27).

Alle diese Studien können nützliche Winke für die Hochwasseranzeigen liefern, besonders für die zweite Annäherung.

LITTERATUR-VERZEICHNIS

(Die Arbeiten (1) sind ziemlich neuen Datums und allgemeiner Natur.)

Arbeiten von M. G. Lemoine

« Mitteilung über die Hochwasseranzeige und die hydrometrischen Beobachtungen » (*Berichte des internationalen meteorologischen Congresses*, Paris, 24-28. August 1878).

« Geschichtliche Mitteilung über den hydrometrischen Dienst für das Seinegebiet » (*Annales des Ponts et Chaussées*, Februar 1886).

« Gegenwärtiger Stand der in Frankreich betreffend die Hochwasservoraussage gemachten Untersuchungen » (*Berichte des internationalen meteorologischen Congresses*, Paris, 1889).

« Gegenwärtiger Stand unserer Kenntnisse über die Hydrometrie im Flussgebiet der Seine » (*Annales de Géographie*, 15. Oktober 1892).

« Hydrometrie im Flussgebiet der Garonne » (*Annales de Géographie*, 15. Juli 1896).

« Gegenwärtiger Stand des Hochwassermelddienstes in Frankreich » (*Bericht des internationalen Congresses für meteorologie*, Paris, 1900).

« Hydrologie des Flussgebietes der Dordogne » (*Annuaire Société météorologique*, Februar 1902).

Arbeiten von M. A. Babinet

« In Frankreich übliche Methoden für die Hochwasservoraussage bei Wasserläufen » (*Papers of the Chicago Meteorological Congress*, August 1893).

« Die besten Mittel zur Bildung von Regeln für die Hochwasservoraussage bei Wasserläufen » (ebendort).

(1) Die meisten sind in der Bibliothek der Ecole des Ponts et Chaussées, in Paris, vorhanden.

« Gegenwärtiger Stand der Untersuchungen und des Hochwassermeldewesens in den wichtigsten Stromgebieten Frankreichs » (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1903, 2^{tes} Trim., S. 222).

Anderweitige Arbeiten.

BELGRAND, *die Seine, hydrologische Studien*, Paris, Dunod, 1872.

Handbuch für die Hydrologie des Seinegebietes, von M. A. DE PRÉAUDEAU (unter Leitung von Lefébure de Fourcy und G. Lemoine), mit zahlreichen litterarischen Bemerkungen (Paris, Imprimerie Nationale, 1884).

Allgemeine Hydrologie Frankreichs; Flussgebiete der Garonne et Adour, von G. LEMOINE et A. BABINET (Paris, Imprimerie Nationale, 1902).

« Hydrologie des Flussgebietes der Saône », von M. TAVERNIER (*Annales de Géographie*, t. 10, 1901).

Wasserkunde der Flüsse, von M. LÉCHALAS (Paris, Baudry, 1884).

« Mitteilung über die Hochwasservoraussage », von M. ALLARD (*Annales des Ponts et Chaussées*, Mai 1889).

Wasserkunde, von M. A. FLAMMANT (Paris, Béranger, 1900).

Abhandlungen über die Eigenschaften unterirdischer und offener Wasserläufe, von M. MAILLET (Paris, Hermann, 1905).

Vorlesungen über Binnenschiffahrt an der Ecole des Ponts et Chaussées, 1. Band, von M. GUILLEMAIN (Paris, Baudry, 1885) und von M. B. DE MAS (ebendasselbst 1899) und die Aufsätze, welche dort erwähnt sind) MAZOYER, BREUILLÉ, etc.).

« Die Durance : Wasserführung, Hochwässer und Ueberschwemmungen », von M. IMBEAUX (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1892), I).

Schliesslich verschiedene Veröffentlichungen in den *Annales des Ponts et Chaussées* und *Jahresbericht der Meteorologischen Gesellschaft Frankreichs*.

WIEDERHEBRENDE VERÖFFENTLICHUNGEN

(Die drei letzten haben vorübergehend aufgehört zu erscheinen).

Annales du bureau central météorologique, für den Regen (seit 1877).

Résumé annuel d'observations du bassin de la Seine (Buchdruck von 1868-1900, umgedruckt seit 1901, mit Atlas), *du bassin de la Saône* (umgedruckt seit 1882); *atlas du bassin de la Loire* (von 1835 bis 1898 für die Wasserläufe, von 1858 bis 1898 für die Regenfälle); *résumé et atlas du bassin de la Garonne* (seit 1887); *résumé et atlas du bassin de l'Adour* (seit 1887).
