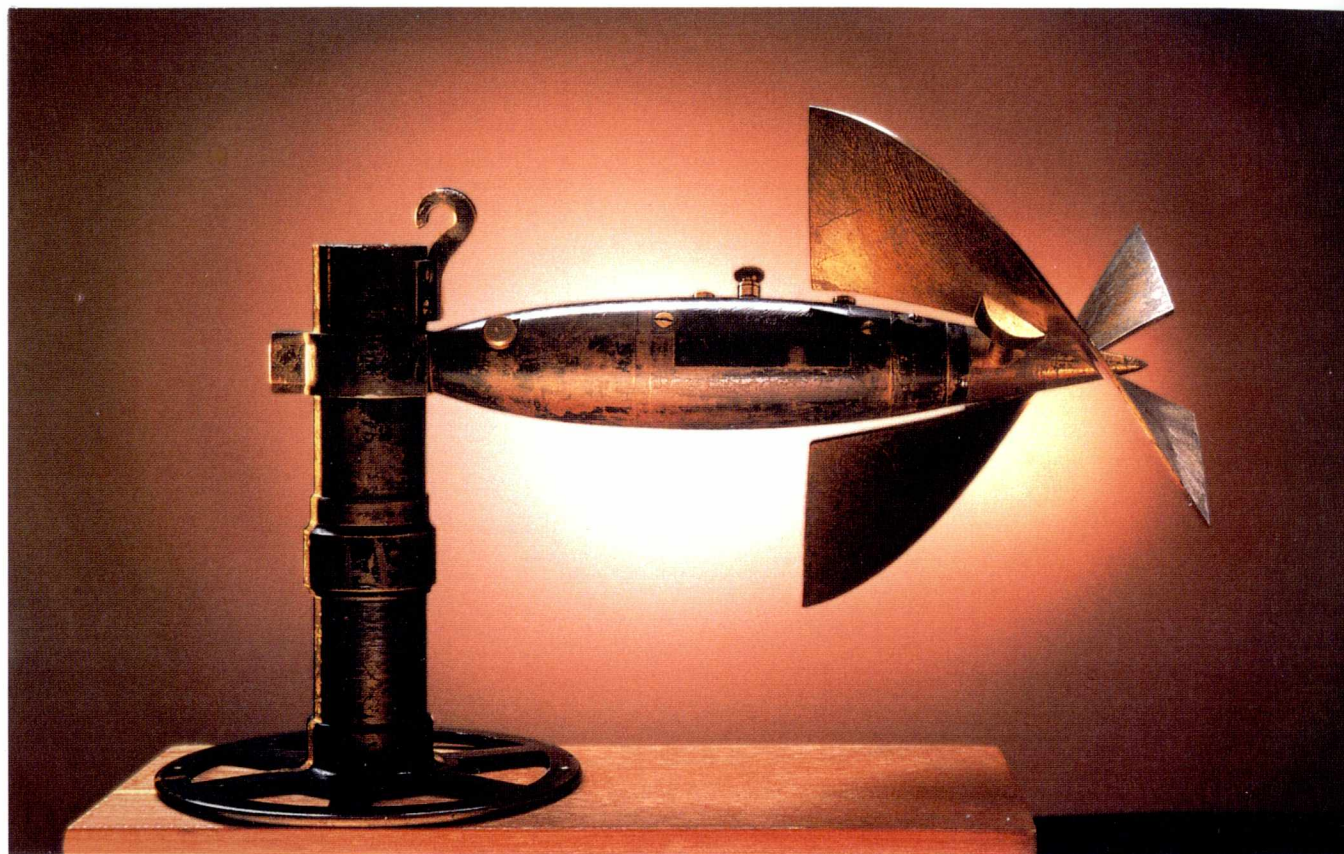




Niedersächsisches
Landesamt für
Ökologie



Hartwig Berger

Abflußmessungen im 19. Jahrhundert

 Niedersachsen



Niedersächsisches
Landesamt für
Ökologie

Hartwig Berger

Abflußmessungen im 19. Jahrhundert

Herausgeber:
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Abt. 3 : Wasserwirtschaft, Gewässerschutz
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim

Verfasser:
Hartwig Berger
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
Dezernat 34: Oberirdische Gewässer

1. Auflage: Februar 1998, 150 Stück
Schutzgebühr: 10.- DM

Bezug:
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim

Abbildungen, Anlagen:
Bearbeitung durch Liane Knölke
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Gestaltung:
Claus Hamann
Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Photos:
Hartwig Berger
Das Titelphoto stellte freundlicherweise die Fa. Ott, Kempten zur Verfügung

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Seite

Allgemeines	6
Meß- und Auswerteverfahren, Geräte	10
Literaturverzeichnis	16
Ereignisse der Gewässerkunde in Norddeutschland im 19. Jahrhundert	17

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Weserpegel Karlshafen	6
Abbildung 2: Jährlicher Wasserstandsgang an drei Pegeln der Weser im Mittel der Jahre 1833/42, auf Mittelwasser bezogen [5]	7
Abbildung 3: Übersicht der Abflußmeßstellen des 19. Jahrhunderts.....	8
Abbildung 4: Woltmann Flügel, ursprüngliche Bauart [2].....	9
Abbildung 5: Strompendel bzw. Stromquadrant[13].....	9
Abbildung 6: Mittlerer monatlicher Abfluß der Oker [8]	12
Abbildung 7: Wasserstand-Abfluß-Meßergebnisse am Pegel Vlotho (1805-1879).....	13
Abbildung 8: Wassermengenlinie Pegel Gieselwerder (Obere Weser) [6].....	13
Abbildung 9: Wassermengenlinie Pegel Hoya (Mittlere Weser) [6]	13
Abbildung 10: Wassermengenlinie Pegel Baden (Untere Weser) [6]	14
Abbildung 11: Wassermengenlinie Pegel Meppen (Ems) [6]	14
Abbildung 12: Ganglinie der Abflußhauptwerte am Pegel Vlotho/Weser 1821/1899	15

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Abflußmessungen nach Mau [15].....	19
Anlage 2: Meßprotokoll des MBA Lüneburg (Schwimmermessungen) [10].....	20
Anlage 3: Prüfungszeugnis für Ott-Flügel Nr. 218	22
Anlage 4: Meßprotokoll des MBA Lüneburg (Flügelmessungen) [10]	24

1 Allgemeines

Wasserstände werden im niedersächsischen Raum bereits seit langer Zeit an pegelartigen Einrichtungen gemessen. Wesentliche Aufgabe dieser frühen Pegel war es, wie überall in Deutschland, die Sicherheit der Schifffahrt zu gewährleisten und die Uferanlieger vor herannahendem Hochwasser zu warnen. So war bereits ein „alter Wassermesser“ in Hameln „am unteren Pfeiler, unterhalb der Schlagt“ angebracht. Das Erstellungsjahr ist nicht mehr bekannt. Ein weiterer alter Pegel wurde im 18. Jahrhundert „an der ersten Hamelner Schiffschleuse“ angebracht [8]. Regelmäßige Wasserstandsabmessungen liegen



Abbildung 1: Weserpegel Karlshafen

jedoch erst seit Beginn des vergangenen Jahrhunderts vor. So werden z. B. in Karlshafen die Weserwasserstände seit dem 1. November 1829 regelmäßig beobachtet. In das Sandsteinmauerwerk der Hafenschleuse gehauene Pegelskalen sind noch heute zu erkennen. Das zum Pegel Karlshafen gehörige Pegelhaus in Abbildung 1 stammt dagegen erst aus dem Jahre 1901 (Abbildung 1).

Erste zeichnerische Darstellungen der Wasserstandsbewegung an Weserpegeln stammen von Hagen [4], der für die Pegel Lühtringen, Eisbergen, Vlotho, Minden, Petershagen und Schlüsselburg die monatlichen Wasserstände (MW, MNW, MHW) im Jahresgang bezogen auf den mittleren Jahreswasserstand (MW 1833-42) darstellte [1]. Die Ganglinien für die Pegel Lühtringen, Eisbergen und Vlotho zeigt Abbildung 2.

Die Notwendigkeit Abflüsse zu ermitteln, setzte sich erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts mehr und mehr durch. Bis dahin wurden Abflußmessungen nur als Notbehelf angesehen, für den Fall, wenn eine Berechnung der Abflüsse mit Hilfe einer Formel nicht möglich war. Ein Bedarf, den Abfluß kontinuierlich angeben zu können, wurde nicht gesehen und darüber hinaus als Utopie betrachtet. Offenbar mußten aber mit Beginn des 19. Jahrhunderts Angaben über Abflüsse bereitgestellt werden, um die geplanten und später ausgeführten Korrekturen der Ströme zu ermöglichen. [1, 2, 12] Diese veränderte Auffassung zeigt sich auch in einem Erlaß des preußischen Ministeriums für Handel vom 10. September 1824, worin der Auftrag erteilt wird Wasserstandsmarken „bei hohen Fluten und sehr niedrigem Wasser“ zu setzen und in größeren und kleineren Gewässern die Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Wasserständen zu messen. „Nützlich wird es zugleich sein, wenn die Baubeamten, sobald es ihre Geschäfte erlauben, sich bemühen, auch die Geschwindigkeit der größeren und kleineren Gewässer, hauptsächlich der ersten, bei verschiedenen Wasserständen zu ermitteln, weil mit ihrer Kenntnis das Durchflußprofil der Brücken erst sicher und zuverlässig bestimmt werden kann.“ [2]

Erste Informationen über Abflußmessungen in norddeutschen Gewässern liegen seit Anfang des 19. Jahrhunderts vor allem von der Weser vor. Aber auch Messungen an Nebengewässern der Weser sind bekannt.

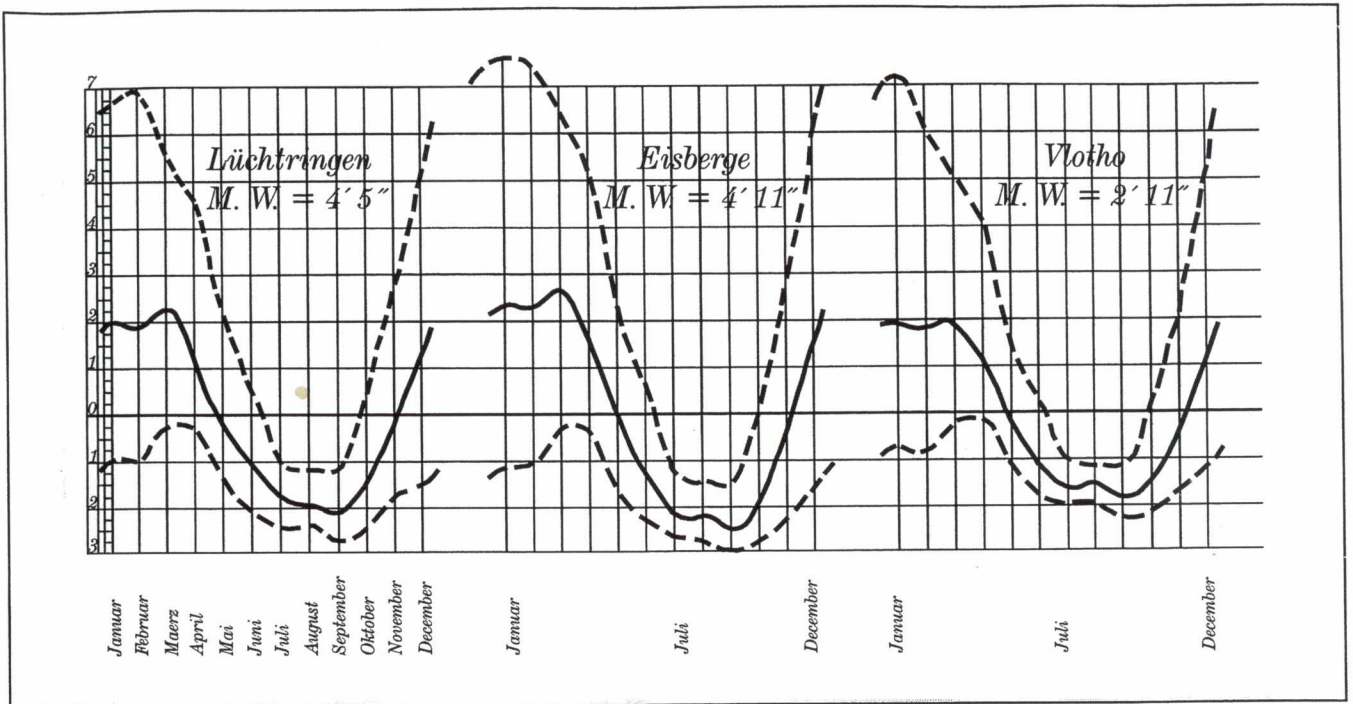


Abbildung 2: Jährlicher Wasserstandsgang an drei Pegeln der Weser im Mittel der Jahre 1833/42, auf Mittelwasser bezogen, umgezeichnet nach [1]

2 Meß- und Auswerteverfahren, Geräte

Die bekannten Messungen des vorigen Jahrhunderts wurden mit den unterschiedlichsten Meßgeräten ausgeführt, zum Teil wurden Flügel zum Teil aber auch Oberflächenschwimmer bzw. Tiefenschwimmer eingesetzt. Ein Vergleich dieser Meßergebnisse ist schwierig, da selbst für Flügelmessungen keine einheitlichen Meßvorschriften und auch keine einheitlichen Meßflügel zur Verfügung standen. So wurden teilweise Einpunktmessungen in $\frac{4}{9}$ der Wassertiefe vom Wasserspiegel aus gerechnet, zum Teil Vielpunktmessungen wie sie heute üblich sind und zum Teil Vielpunktmessungen und Oberflächenmessungen gemischt, durchgeführt. [3, 8, 10, 15, 16]. Abbildung 3 zeigt die Stellen an denen Abflußmessungen vorgenommen wurden. Die genaue Lage der Meßstellen ist vielfach nicht mehr zu rekonstruieren, da die Meßstellenbeschreibung in aller Regel nur sehr ungenau vorliegt.

Bei den Abflußmeßstellen handelt es sich um Gewässerstellen an denen zum Teil auch heute noch Abflüsse gemessen werden. Viele der damaligen Meßstellen wurden jedoch im Laufe der Jahre als Abflußpegel aufgegeben.

Die ältesten bekanntgewordenen Messungen in Norddeutschland wurden 1804 bis 1806 unter der Leitung des Landbaumeisters Funk im Fürstentum Minden sowie der Grafschaft Ravensburg (beide heute Nordrhein-Westfalen) an der Weser ausgeführt [3]. Diese Funk'schen Abflußmeßergebnisse galten für die Pegel Vlotho, Minden, Petershagen und Schlüsselburg bis in die zwanziger Jahre des vorigen Jahrhunderts als Grundlage für wasserbauliche Maßnahmen. Zuweilen wurden die Ergebnisse auch später noch herangezogen, trotz zum Teil erheblicher Veränderungen der Fließverhältnisse in der Weser, da bis in die siebziger Jahre des

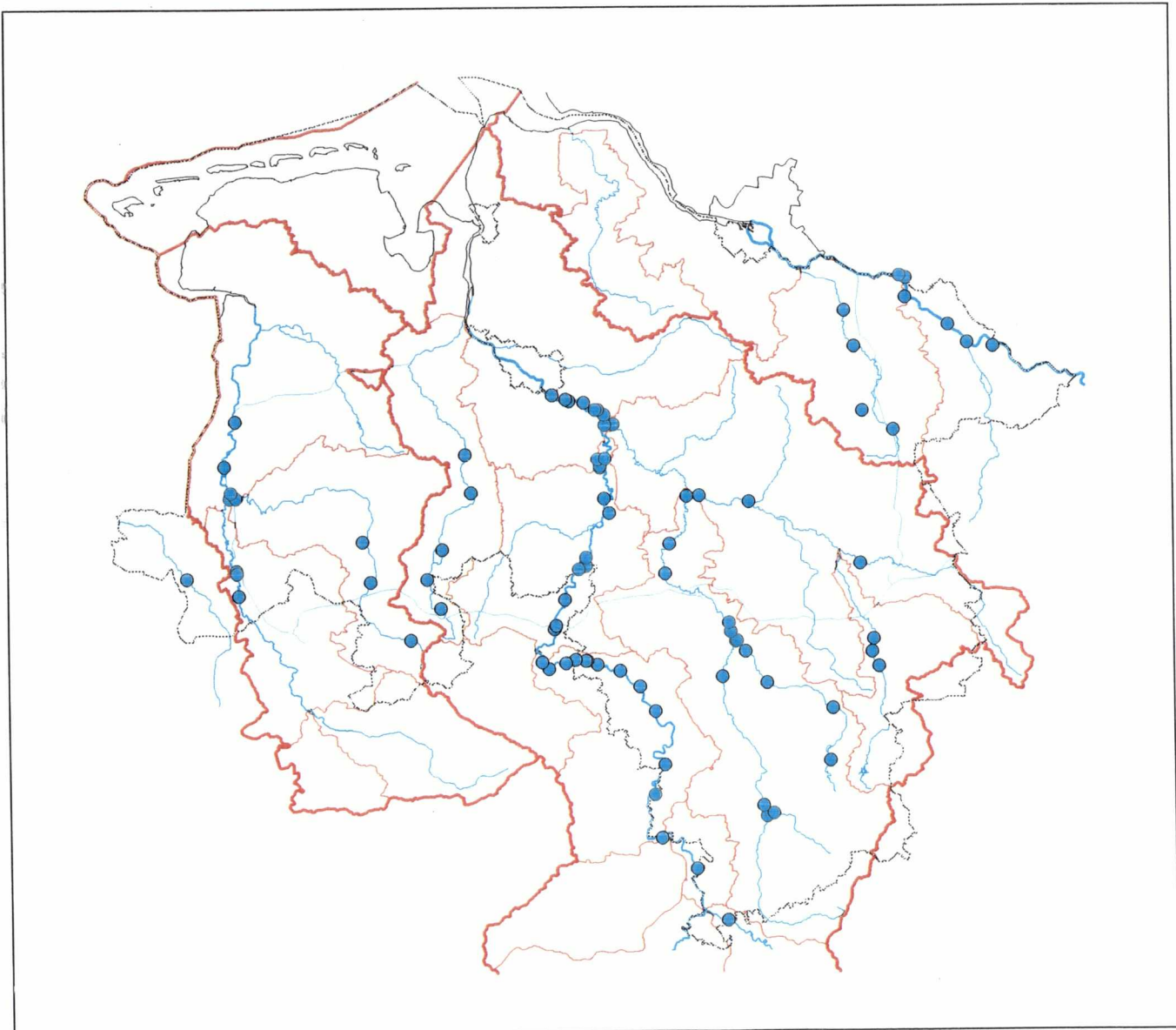


Abbildung 3: Übersicht der Abflußmeßstellen des 19. Jahrhunderts

vorigen Jahrhunderts an diesen Stellen abgesehen von einigen wenigen Messungen in Minden in den Jahren 1866/71 keine weiteren erfolgten. [8]

Die Funk'schen Messungen sind eingehend in den „Beiträgen zur allgemeinen Wasserbaukunst“ [3] beschrieben. Die damaligen Messungen wurden sehr aufwendig gestaltet. Links und rechts vom Ufer wurden in 100 Ruthen Abstand sogenannte „Terrainpfähle“ eingeschlagen und ihre geodätischen Höhen bestimmt. Darüber hinaus wurden ebenfalls in 100 Ruthen Abstand „Peilpfähle“ so tief im Uferbereich der Weser eingeschlagen, „daß die Köpfe derselben ungefähr 3 bis 4 Fuß über das kleinste Wasser hervorstanden“. Bei Niedrigwasser wurde an diesen Peilpfählen der Wasserstand durch Kerben oder Nägel markiert und diese Wasserstände mit Hilfe der Terrainpfähle eingemessen, so daß auch das Wasserspiegelgefälle bestimmt werden konnte.

Die Messung der Fließgeschwindigkeit erfolgte mit Hilfe eines Gerätes von Eytelwein sowie des Woltmann-Flügels. „Zur Messung der Geschwindigkeiten selbst ist kein besseres Instrument als der Stromquadrant des Herrn Geheimen Ober-Baurat Eytelwein und der hydro-metrische Flügel des Herrn Baudirektor Woltmann geeignet. Des ersteren bedient man sich zur Messung der Geschwindigkeiten in der Oberfläche (zu anderen Behufs ist er nicht zu gebrauchen, ...) mit letzterem aber kann man alle Geschwindigkeiten von 0.8 Fuß unter der Oberfläche des Wassers bis an den Boden messen, jedoch hat dieses auch seine Grenzen, wenn das Wasser sehr hoch angeschwollen und die Geschwindigkeit sehr groß ist.“ [3] Einen der ursprünglichen Woltmannschen Flügel zeigt Abbildung 4 [2].

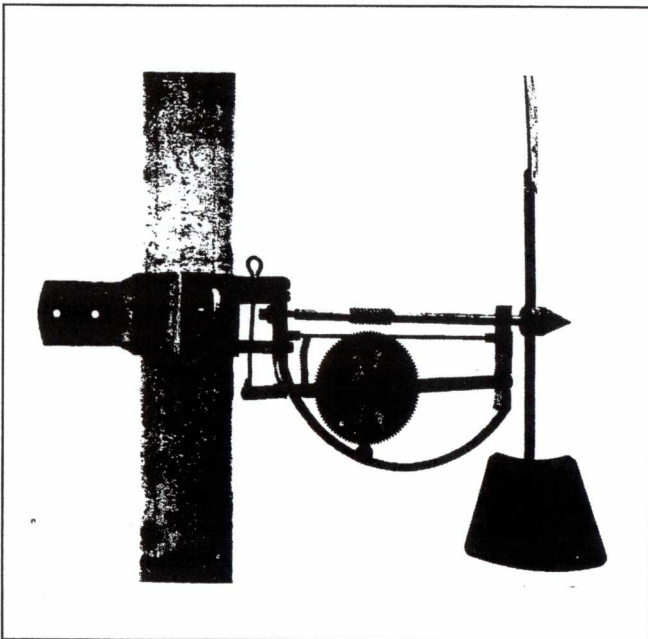


Abbildung 4: Woltmann Flügel, ursprüngliche Bauart [2]

Beim Stromquadranten handelt es sich um „eine ins Wasser untertauchende Kugel, aufgehängt an einer möglichst dünnen, gewachsenen Schnur, die an einem Eckpunkte eines vertikal gehaltenen, hölzernen Rahmen befestigt ist. Aus dem Abweichungswinkel des Fadens,

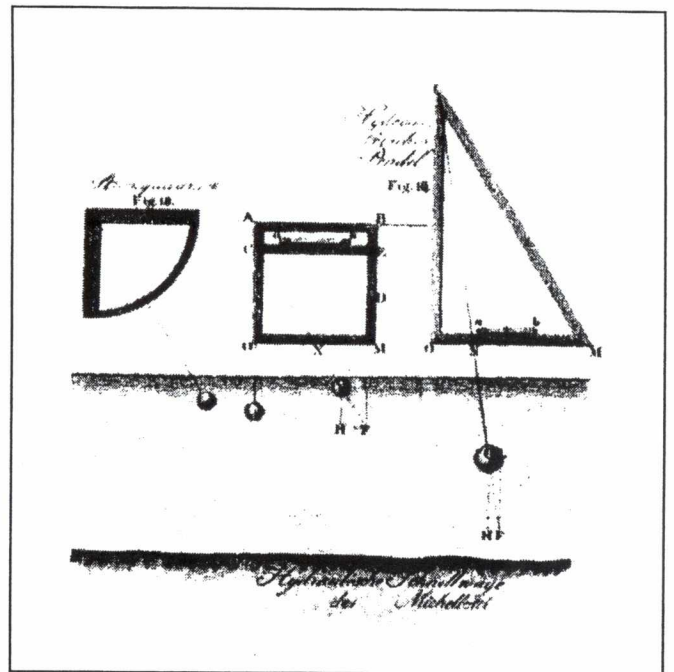


Abbildung 5: Strompendel bzw. Stromquadrant, umgezeichnet nach [13]

der an einer Teilung ablesbar ist, wird auf die Strömungsgeschwindigkeit geschlossen.“ [13] (Abbildung 5)

Gemessen wurde in 4 „Perpendicularen“ (Lotrechten) von oben nach unten alle 2 Fuß. Angestrebt wurden gleiche Abstände der Lotrechten. Die Profilaufnahme erfolgte durch Peilungen mittels einer Sondierstange in 12 Fuß Abständen. Die Dauer einer Messung betrug ca. 6-8 Stunden, beteiligt waren daran 4 Personen. [3] Die Meßergebnisse für die Weser sind in Tabelle 1 zusammengestellt [8].

Im Jahre 1857 wurden auf Anordnung der Königlich-Hannoverschen Generaldirektion des Wasserbaus wegen der langanhaltenden Trockenheit in der Weser, Elbe und Ems sowie in einigen ihrer Nebengewässer Abflüsse mit Hilfe hydrometrischer Flügel bestimmt [8, 11]. Über das angewandte Verfahren ist in der Literatur nichts ausgesagt. Da die benutzten Flügel wegen ihrer großen Durchmesser an flachen Stellen unzuverlässige Werte lieferten, wurden nur annähernd richtige Abflußwerte erhalten [8]. Die Messungen wurden vom hannoverschen Wasserbau-Inspector Lahmeyer ausgeführt. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Daneben veröffentlichte Lahmeyer auch Abflüsse beim niedrigsten Wasserstand des Jahres 1857 (Tabelle 2) In den Fällen in denen die Abflußmessungen nicht beim niedrigsten Wasserstand durchgeführt werden konnten, wurden die gemessenen Abflüsse so reduziert, daß die mittleren Geschwindigkeiten desselben Profils bei zwei verschiedenen Wasserständen sich verhalten wie die Kubikwurzeln aus den Quadraten der entsprechenden mittleren Tiefen [11].

In der Lahmeyerschen Veröffentlichung sind außerdem auch Angaben über Wassermengen bei höchstem Wasserstande enthalten. Wie die Werte entstanden sind, ist von Lahmeyer nicht angegeben worden. Messungen sind es offensichtlich nicht.

Tabelle 1: Abflußmessungen an der Weser durch Funk, 1804 bis 1806 [3, 8]

Meßstelle	Jahr	Bezugs- pegel	Wasser- stand [cm]	Abfluß [m³/sec]
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	389	1428,0
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	355	1316,7
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	331	1181,1
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	322	1145,6
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	304	1095,3
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	288	1007,0
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	222	757,4
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	209	703,8
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	194	611,1
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	189	631,1
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	178	542,6
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	147	455,7
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	136	425,2
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	131	413,6
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	119	407,4
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	89	328,2
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	69	245,7
Vlothoer Fähre	1804/05	Vlotho	3	69,7
Mindener Weserbrücke	1804/05	Minden	290	995,9
Mindener Weserbrücke	1804/05	Minden	222	778,6
Mindener Weserbrücke	1804/05	Minden	212	816,6
Mindener Weserbrücke	1804/05	Minden	199	735,3
Mindener Weserbrücke	1804/05	Minden	111	432,0
Mindener Weserbrücke	1804/05	Minden	1	57,7
Petershagener Fähre	1804	Petershagen	303	988,9
Petershagener Fähre	1806	Petershagen	301	1013,9
Petershagener Fähre	1806	Petershagen	275	786,5
Petershagener Fähre	1806	Petershagen	251	721,7
Petershagener Fähre	1805	Petershagen	86	272,0
Petershagener Fähre	1804	Petershagen	52	174,5
Petershagener Fähre	1804	Petershagen	-13	56,9
Schlüsselburger Fähre	1804	Schlüsselburg	332	1035,4
Schlüsselburger Fähre	1806	Schlüsselburg	330	993,6
Schlüsselburger Fähre	1805	Schlüsselburg	105	281,0
Schlüsselburger Fähre	1804	Schlüsselburg	45	125,1
Schlüsselburger Fähre	1804	Schlüsselburg	- 13	56,9

Lahmeyer veröffentlichte darüber hinaus erstmalig Niedrig- und Hochwasserabflußspenden für Norddeutschland, die vermutlich noch bis in das 20. Jahrhundert Anwendung fanden. [11] Alle Spendenangaben in Tabelle 3 sind in Kubikfuß pro Quadratmeile und Sekunde angegeben.

Nach 1878 begann die staatliche Verwaltung verstärkt mit dem Messen der Abflüsse, so daß z.B. bis 1901 insgesamt 316 Abflußmessungen von der Weser vorliegen. Auch von Seiten der Technischen Hochschulen wurden die hydrometrischen Messungen wissenschaftlich untersucht und geeignete Geräte und Verfahren geprüft und entwickelt [16]. So wurden 1878/79 durch v. Wagner verschiedene Meßgeräte wie u.a. Oberflächenschwimmer, Meßflügel nach Harlacher, Meßflügel nach Ertel & Sohn sowie die Darcysche Doppelröhre beschrieben und bei zahlreichen Messungen eingesetzt. Eingehend werden Meß- und Auswerteverfahren beschrieben und bewertet. In der Weser wurde z.B. ein Gewässer-

profil durch Peilung von 42 Punkten aufgenommen, die Fläche durch Planimetrieren bzw. durch Aufteilen in 27 Trapeze und 2 Dreiecke bestimmt. Darüber hinaus wird das Wasserspiegelgefälle einnivelliert. Die Fließgeschwindigkeit wird mit Hilfe eines Meßflügels (Bauart Harlacher) in mehreren Meßlotrechten und mehreren Tiefen ermittelt. Die mittleren Geschwindigkeiten v_m in den Lotrechten werden durch Planimetrieren gewonnen und als v_m -Kurve über dem Querschnitt aufgetragen. Durch Multiplizieren der Flächen (Trapeze, Dreiecke) mit den zugehörigen v_m (gewonnen aus der v_m -Kurve) und der Summenbildung aller Produkte wird der Gesamtabfluß errechnet. Auch in kleinen Gewässern wie der Oker bei Leiferde werden Abflüsse gemessen und entsprechende Meßgeräte empfohlen [16].

Im Herbst 1880 sowie im Frühjahr 1881 wurden durch den Weserstrombaubezirk Rinteln Abflußmessungen mit Hilfe eines Woltmannschen Flügels (Patent Sendtner) ausgeführt. Für die Messungen war die Instruktion des Regierungs- und Baurates Lange aus Kassel maßgebend. Die Messungen hatten die Aufgabe, als Grundlage für noch auszuführende Flußkorrekturen, die in der Weser abfließenden Wassermengen und damit den Koeffizienten C für die allgemeine Geschwindigkeitsformel nach Chezy zu bestimmen. [15]

Gemäß der oben erwähnten Instruktion wurden zunächst die Geschwindigkeiten 20 cm unter dem Wasserspiegel in je 4.0 m Entfernung gemessen und als Oberflächengeschwindigkeit v_o angenommen. Darüber hinaus wurden in 4 bis 5 Lotrechten Fließgeschwindigkeiten in mehreren Tiefen gemessen. Die Abstände der Meßpunkte lagen je nach Wassertiefe zwischen 30 und 50 cm, wobei der unterste Meßpunkt möglichst nahe der Sohle gewählt wurde. Die Meßdauer betrug je Meßpunkt 2 mal 120 sec. Die mittlere Geschwindigkeit v_m in der Lotrechten wurde unter der Annahme einer parabolischen Abnahme der Geschwindigkeit zwischen Wasserspiegel und Sohle errechnet. Die Bestimmung der Parabelparameter erfolgte nach der Methode der kleinsten Quadrate. Bei der weiteren Berechnung wurde das an den Lotrechten errechnete Verhältnis v_o/v_m auf alle übrigen Lotrechten übertragen und in einer Kurve dargestellt. Das in 2 m Abständen gepeilte Querprofil wurde in 2 m breite Streifen eingeteilt. Die durch diesen Streifen fließende Wassermenge wurde aus dem Produkt mittlere Fließgeschwindigkeit (entnommen aus der v_o/v_m -Kurve) und der Fläche des Streifens errechnet; Die Summe all dieser Produkte ergab die gesamte Abflußmenge im Querschnitt. Die Meßdauer einer Abflußmessung lag bei etwa einem Tag. Ein Beispiel für die damaligen Auswertungen zeigt Anlage 1 [8, 15].

Bei den nach 1895 gemessenen Abflüssen in der Weser wurde „die Geschwindigkeit in einer Reihe von Senkrechten des Stromquerschnittes mit dem hydrometrischen Flügel bestimmt“. Bei diesen Messungen „wurde die Anzahl der Senkrechten hinreichend groß gewählt und in jeder von ihnen die mittlere Geschwindigkeit durch einzelne Punktmessungen oder Integration mit genügender Sicherheit festgestellt, und mit guten Instrumenten gearbeitet.“ Verantwortlich für diese Messungen war in der Anfangsphase das Bureau für den Wasserausschuß sowie später die Weserstrombauverwaltung [8].

Die bis 1894 vom Königlich Preußischen Meliorationsbauamt I zu Hannover ausgeführten Abflußmessungen erfolgten mit Hilfe von Schwimmkörpern. Für die Meß-

Tabelle 2: Meßergebnisse der Niedrigwassermessungen durch Lahmeyer 1857 sowie Angaben über niedrigste und höchste Abflüsse [11]

Meßstelle	Gewässer	Bezugspegel	Wasserstand W [cm]	Abfluß Q [m³/sec] gem.	Q min (1857) [m³/s]	Q max [m³/s]
oberhalb Northeim	Rhume	Northeim	- 7	4.06	4.06	289
bei Ruthe	Innerste	Grasdorf	- 12	3.71	3.09	334
oberhalb Rhume	Leine	Leineturm	- 14	2.09	2.09	264
unterhalb Rhume	Leine	Leineturm	- 14	6.16	6.16	519
oberhalb Innerste	Leine	Grasdorf	- 12	9.40	7.32	722
unterhalb Innerste	Leine	Grasdorf	- 12	13.1	10.4	909
unterhalb Neustadt	Leine	Bordenau	- 106	8.28	8.28	-
vor Mündung in Aller	Leine	Bothmer	- 31	9.90	9.90	-
oberhalb Fuhse	Aller	-	-	5.78	5.78	-
oberhalb Leine	Aller	Essel	- 17	9.20	9.20	-
unterhalb Leine	Aller	-	-	19.1	19.1	-
bei Verden	Aller	Verden	- 24	32.9	25.8	1600
oberhalb Münden	Werra	Hedemünden	22	12.2	11.9	981
oberhalb Münden	Fulda	Münden	- 68	14.5	14.1	1250
unterhalb Münden	Weser	Münden	- 68	27.7	27.1	1990
unterhalb Hameln	Weser	Hameln	- 24	35.5	32.9	2750
oberhalb Nienburg	Weser	Nienburg	- 10	42.2	40.2	-
unterhalb Hoya	Weser	Hoya	- 12	47.7	47.0	-
bei Achim	Weser	Baden	- 34	84.8	84.8	-
im Kanal bei Hitzacker	Jeetzel	Jeetzelbrücke	- 10	3.09	2.09	-
vor Mündung	Sude	Bleckede	- 22	3.56	3.11	-
bei Lüneburg	Ilmenau	Lüne	41	10.2	7.17	260
oberhalb Jeetzel	Elbe	Damnatz	- 23	232	215	-
unterhalb Jeetzel	Elbe	Banke	- 17	235	217	-
oberhalb Sude	Elbe	Bleckede	- 22	249	233	-
unterhalb Sude	Elbe	Bleckede	- 22	252	236	4660
vor Mündung	Hase	Meppen	- 63	5.43	3.24	-
unt. Mehringer Wehr	Ems	Mehringen	48	4.94	4.43	747
unterhalb Hase	Ems	Meppen	- 68	12.0	10.0	-
bei Nordhorn	Vechte	Nordhorn	12	1.82	1.72	-

Tabelle 3: Abflußpenden bei Niedrig- und Hochwasser im Königreich Hannover nach Lahmeyer [11]

Region	bei niedrigstem Wasserstand [Kubikfuß/Quadratmeile und Sekunde]	bei höchstem Wasserstand [Kubikfuß/Quadratmeile und Sekunde]
nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden	5.5 - 6.0	600 - 700
in bergigen Gegenden	4.5	450 - 500
in hügeligen Gegenden	4.5	350 - 400
im flachen Lande	4.0	250 - 300

strecke wurden möglichst gerade Flußstrecken mit regelmäßigem Profil ausgewählt. Im Bereich der Ilmenau an den Pegeln Bienenbüttel und Wieren wurden z. B. 3 Meßprofile im Abstand von je 20 m gepeilt und deren Durchflußflächen bestimmt. Die mittlerer Fließgeschwindigkeit ergab sich aus der mittleren Fließzeit von bis zu 7 Schwimmkörpern für eine 40 m lange Strecke. Der Abfluß wurde dann aus dem Produkt dieser mittleren Fließgeschwindigkeit mit dem arithmetischen Mittel aus den drei Durchflußflächen errechnet. Ein Originalprotokoll zeigt Anlage 2. [10]

Nach Lehrke wurden 1892 in der Provinz Hannover 14 Abflußmessungen durch die Meliorationsbauverwaltung (Meliorationsbauamt Hannover) ausgeführt [14], und zwar an der:

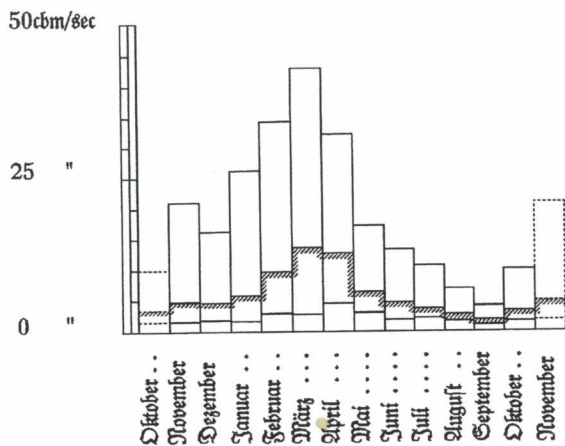
- Hase: 2 Messungen
- Hunte: 1 Messung
- Ilmenau: 2 Messungen
- Oste: 1 Messung
- Gerdau: 1 Messung
- Rhume: 1 Messung
- Steinlake: 1 Messung
- Leine: 4 Messungen
- Innerste: 1 Messung

Wer diese Messungen an welchen Meßstellen durchführte, welches Meßverfahren angewandt wurde und welche Ergebnisse die Messungen hatten, ist nicht mehr nachzuvollziehen. Es ist zu vermuten, daß Oberflächenschwimmer Verwendung fanden, da erst 1894 das Königlich Preußische Meliorationsbauamt II (Hannover später Lüneburg) mit einem Woltmann-Meßflügel der Firma A. Ott (Fabriknummer 218) ausgestattet wurde. Grund für diese Ausstattung war, es sollten verstärkt Abflußmessungen auch bei geringen Fließgeschwindigkeiten durchgeführt werden können. Unterlagen über die Bauart des Meßflügels existieren nicht mehr. Geeicht wurde der Flügel erstmalig durch die Versuchsanstalt der Technischen Hochschule München. Anlage 3 zeigt das Prüfungszeugnis der Königlichen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau vom 30. März 1904 für eine spätere Eichung dieses hydrometrischen Flügels der Firma Ott. [10]

Zu Beginn einer Messung erfolgte zunächst eine genaue Peilung des Durchflußprofils. Danach begann die eigentliche Abflußmessung. Gemessen wurde in mehreren Lotrechten in bis zu 6 unterschiedlichen Tiefen. Für die Anzahl der Meßpunkte in einer Lotrechten gab es offensichtlich keine verbindlichen Instruktionen, nur daß ein Meßpunkt direkt an der Wasseroberfläche und einer an der Sohle liegen sollte. In der Regel wurde die Zeit für 100 Flügelumdrehungen, bei geringeren Fließgeschwindigkeiten auch für 50 Umdrehungen, erfaßt. Ausgewertet wurde die Messung wie eine Vielpunktmessung, d.h. es wurden die Geschwindigkeitsflächen eines jeden Meßprofils bestimmt und daraus der Abfluß errechnet (siehe Anlage 4). Darüber hinaus wurde bei jeder Abflußmessung auch das jeweilige Wasserspiegelgefälle gemessen. Aus

den Abflußmeß-Protokollen des Meliorationsbauamtes II zu Lüneburg geht hervor, daß der Amtsleiter (Meliorations-Bauinspektor Krüger) bzw. der stellvertretende Amtsleiter (Regierungs-Baumeister Drees) die Messungen eigenhändig ausführten. [10] Grundlage hierfür war ein Erlaß des für die Meliorationsbauämter zuständigen Preußischen Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, in dem es heißt: „ Für die Wassermengenmessungen sind vornehmlich die höheren Wasserstände auszuwählen und wird es sich bei der Wichtigkeit dieser Arbeit empfehlen, daß die Meliorati-

Wassermengen bei Wolfenbüttel (April 1886/Dezember 1893)



Wassermengen bei Eisenbüttel (1891/00)

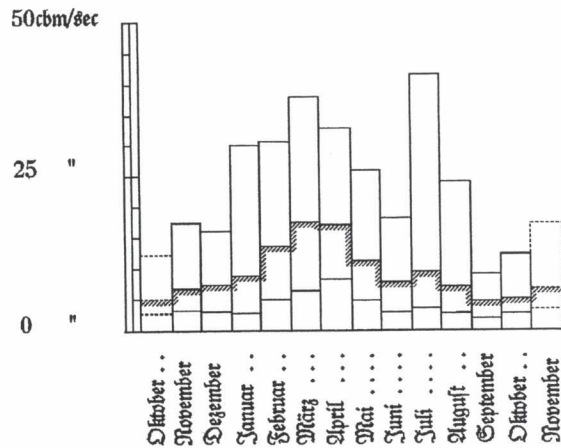


Abbildung 6: Mittlerer monatlicher Abfluß der Oker, umgezeichnet nach [9]

onsbaubeamten sich derselben möglichst selbst unterziehen oder vorzugsweise hierfür befähigte, gut instruierte Regierungsbaumeister damit beauftragen. Die Zeitpunkte, an welchen die Messungen in der Nähe einer Pegelstation vorgenommen worden sind, müssen auf der Wasserstandskurve deutlich bezeichnet und auch das gewonnene Resultat beschrieben werden“.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden im Herzogtum Braunschweig die Wassermengen der Oker kontinuierlich ermittelt. So berechnete der Herzoglich-braunschweigische Kreisbauinspektor Osten die täglichen Durchflüsse aus den Wasserständen am Pegel Harztor und den Schützstellungen an den Schleusen in Wolfenbüttel für die Zeit vom 1.4.1887 bis zum 31.12.1893. Darüber hinaus ließ auch die Direktion der städtischen Licht- und Wasserwerke zu Braunschweig die täglichen Durchflüsse in Eisenbüttel errechnen. Die aus den Tages

werten errechneten mittleren monatlichen Abflüsse für Wolfenbüttel und Eisenbüttel zeigt Abbildung 6 [9]. Durch den Herzoglich-braunschweigischen Baurat Liefß wurden außerdem intensive Untersuchungen über die Abflußsituation an der Oker vorgenommen. So wurden beispielsweise die Abflüsse einiger größerer Hochwasser errechnet sowie erste Wasserhaushaltsüberlegungen angestellt [9].

Die Durchführung und Auswertung der Abflußmessungen zur damaligen Zeit war äußerst arbeits- und zeitaufwendig, so daß im Verhältnis zu heute auch nur wenige Messungen ausgeführt werden konnten. Aber gerade diese wenigen Messungen wurden für so wichtig erachtet, daß sie neben den gemessenen Wasserständen regelmäßig veröffentlicht wurden, so z. B. in den Stromwerken von Keller sowie später nach 1901 in den Gewässerkundlichen Jahrbüchern.

3 Wasserstand-Abfluß-Beziehungen

Für viele Fragestellungen war und ist die Kenntnis kontinuierlicher Abflüsse in den Gewässern notwendig. Ein direktes Messen des Abflusses ist jedoch nicht möglich. Daher wird sich bis heute damit beholfen, daß die Wasserstände regelmäßig gemessen und die Abflüsse mit Hilfe einer Umrechnungsbeziehung bestimmt werden. Diese Beziehung heute Wasserstand-Abfluß-Beziehung oder Abflußkurve genannt, wurde im vorigen Jahrhundert als Abflußmengenlinie oder auch Wassermengenlinie bezeichnet. Sie entstand wie heute aus möglichst vielen Abflußmessungen bei unterschiedlich hohen Wasserständen.

Das Aufstellen von Wassermengenlinien gestaltete sich vielfach als sehr schwierig. Zum einen fehlten über den gesamten Schwankungsbereich der Wasserstände reichende Abflußmessungen, zum anderen veränderte sich die Sohlenlage der Gewässer infolge von Ausbaumaßnahmen ständig. Darüber hinaus wurden Abflüsse nur unregelmäßig in sporadischen teilweise bis zu 70 Jahre auseinander liegenden Meßkampagnen gemessen, so daß eine durch Messungen abgesicherte Wasserstand-Abfluß-Beziehung für lange Zeiträume nur sehr schwer möglich war. Die Verlängerung der Gültigkeit einer abgesicherten Wassermengenlinie in die Vergangenheit (vor der Meßkampagne) bzw. in die Zukunft (nach der Meßkampagne) wurde daher, wenn überhaupt, nur mit äußerster Sorgfalt vorgenommen. [6, 8]

Die mit Hilfe der Funk'schen Messungen aufgestellten Wassermengenlinien für die Weserpegel Vlotho, Minden, Petershagen und Schlüsselburg galten im allgemeinen bis in die 20iger Jahre des 19. Jahrhunderts, d. h. bis zum Beginn der Korrekturmaßnahmen. Beim Pegel Vlotho können diese Funk'schen Messungen sogar bei der Aufstellung einer Wassermengenlinie für das gesamte Jahrhundert verwendet werden. (Abbildung 7)

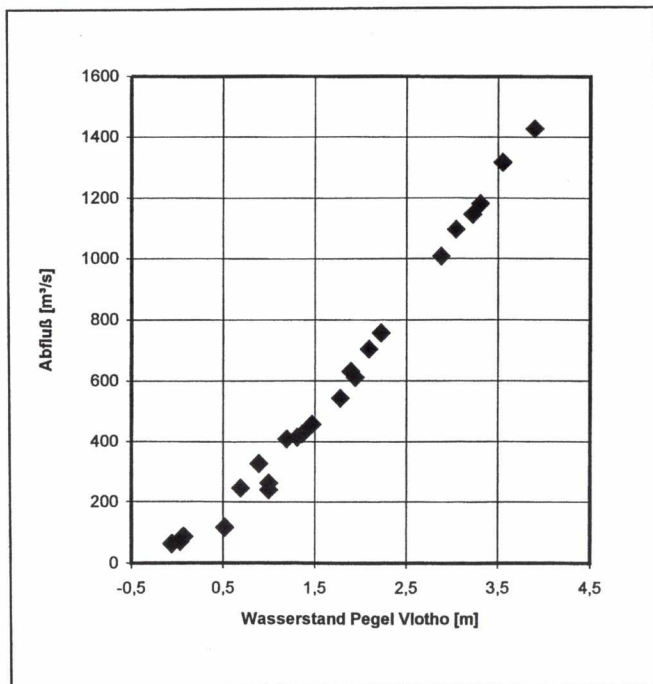


Abbildung 7: Wasserstand-Abfluß-Meßergebnisse am Pegel Vlotho (1805-1879)

Abflußmessungen im 19. Jahrhundert

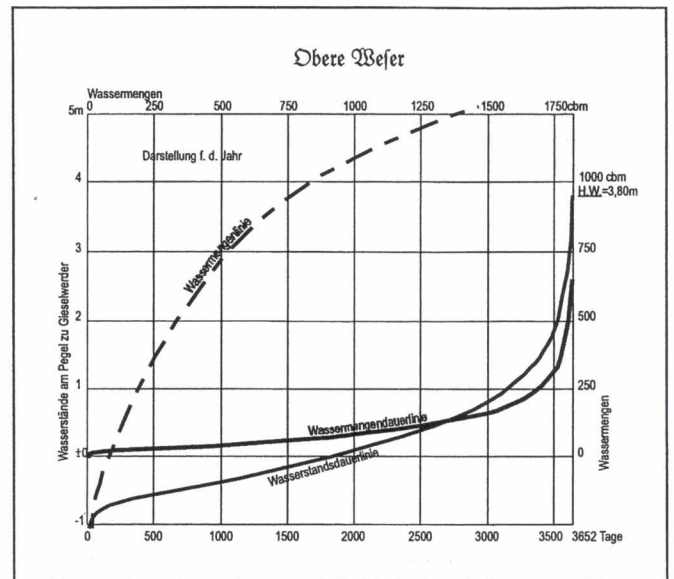


Abbildung 8: Wassermengenlinie Pegel Gieselwerder (Obere Weser), umgezeichnet nach [6]

Die Abbildungen 8, 9 und 10 zeigen die für den Zeitraum 1891/1900 gültigen Wassermengenlinien sowie die Dauerlinien für Wasserstände und Wassermengen, so für die Obere Weser (Pegel Gieselwerder), die Mittlere Weser (Pegel Hoya) und die Untere Weser (Pegel Baden). Die Abbildung 11 zeigt die entsprechenden Linien für die Ems am Pegel Meppen. [6] Nach Keller [8] besitzen diese Wassermengenlinien für häufig vorkommende Wasserstände eine ausreichende Genauigkeit. Für die sehr selten auftretenden Hoch- und Niedrigwasser dagegen ist der obere bzw. untere Ast wenig sicher, da entsprechende Abfluß-

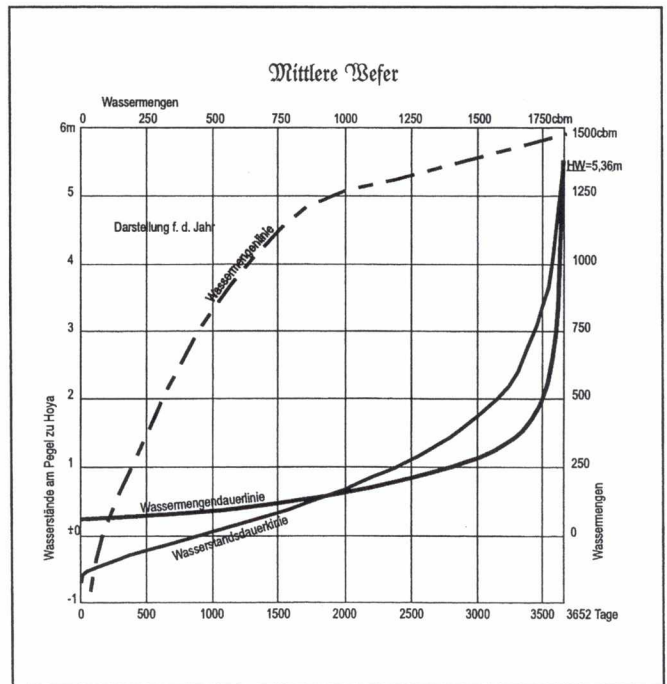


Abbildung 9: Wassermengenlinie Pegel Hoya (Mittlere Weser), umgezeichnet nach [6]

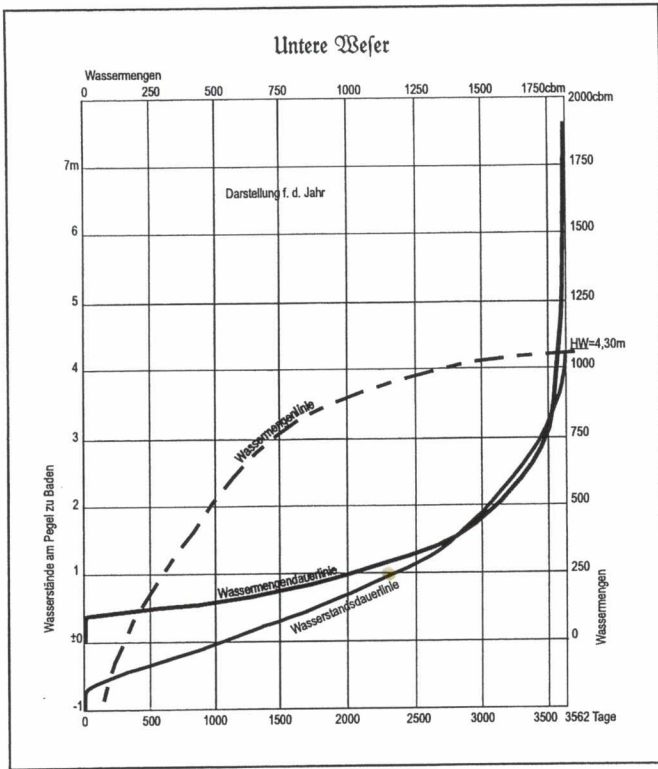


Abbildung 10: Wassermengenlinie Pegel Baden (Untere Weser), umgezeichnet nach [6]

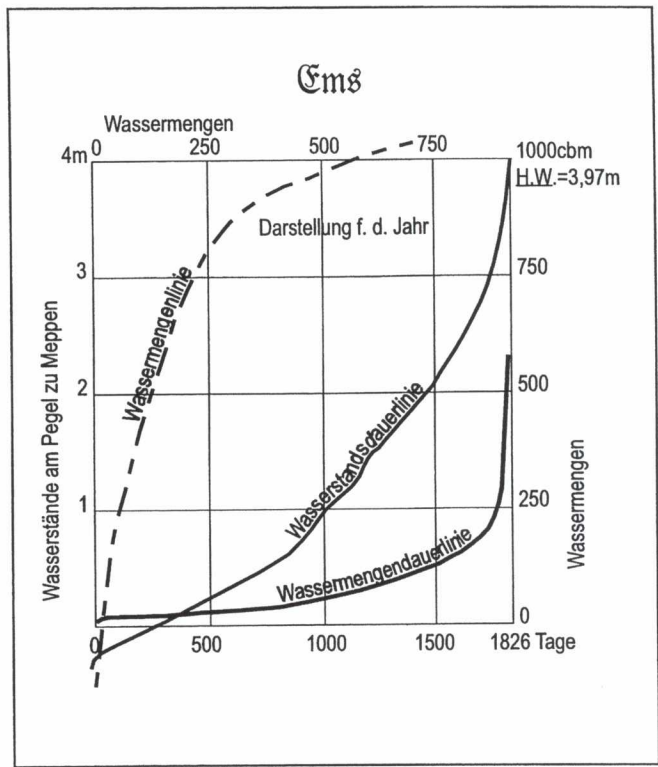


Abbildung 11: Wassermengenlinie Pegel Meppen (Ems) [6]

messungen fehlen. So sind z. B. Messungen beim Hochwasser vom Januar 1841 sowie vom März 1881 nicht vorhanden. Um trotzdem Stützwerte für den Extrembereich der Wassermengenlinie zu erhalten, hat die Weserstrombauverwaltung unter Zuhilfenahme zahlreicher Hochwassermarken die wahrscheinlichen Abflüßmengen in einigen Engtalstrecken beim Hochwasser von 1841 errechnet. Für das untere Ende wurden als Stützstellen die Messungen aus dem Jahre 1857 von Lahmeyer herangezogen. Diese Messungen „lassen eine ziemlich sichere Schätzung der kleinsten Abflüßmenge zu“.[8]

Aufgrund des großen Meßaufwandes wurden auch damals schon Überlegungen angestellt wie dieser Aufwand minimiert werden könnte. So wurde bei der Aufstellung von Abflüßmengenlinien für Weserpegel überlegt, ob Meßergebnisse an einer Meßstelle auf eine andere übertragen werden können oder wie alte Messungen trotz Veränderung der Höhenlage der Stromsohle mit verwendet werden können. Die damals verantwortlichen Hydrologen warnten davor, ohne ausreichende Meßergebnisse Aussagen zu treffen. „Nur muß allerdings der Gang der Abflüßmengenlinie durch eine möglichst große

Reihe innerlich vollständig übereinstimmender Messungen in der Hauptsache belegt sein..... In dieser Hinsicht wird vielfach schwer gesündigt und auf durchaus unzureichender Unterlage ein Gebäude errichtet, dessen Sicherheit mit dem äußeren Schein in schlechtem Einklang steht. Besonders ist es durchaus unzulässig, nach einer beliebig gebauten Kurve..... auf Grund weniger Messungen einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den Wassermengen und den Wasserständen festzustellen, der öfters sogar über die Grenzen der Messungsergebnisse hinaus Gültigkeit haben soll.“ [8]

Als ein Beispiel für kontinuierliche Abflüsse an der Weser im 19. Jahrhundert kann die von der Bundesanstalt für Gewässerkunde aufgestellte Ganglinie der monatlichen Abflüß-Hauptwerte für den Pegel Vlotho angesehen werden (siehe Abbildung 12). Insbesondere fällt bei dieser Ganglinie das extreme Hochwasser vom 20. Januar 1841 mit 2930 m³/s (NN+ 50,80 m) heraus. Im Vergleich dazu besitzt das bisher höchste Hochwasserereignis des 20. Jahrhundert vom 10.02.1946 nur eine Größe von ca 2000 m³/s (NN + 50.14 m). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß alle Ereignisse nach 1915 durch das Vorhandensein der Eder- bzw. der Diemeltalsperre beeinflusst sind.

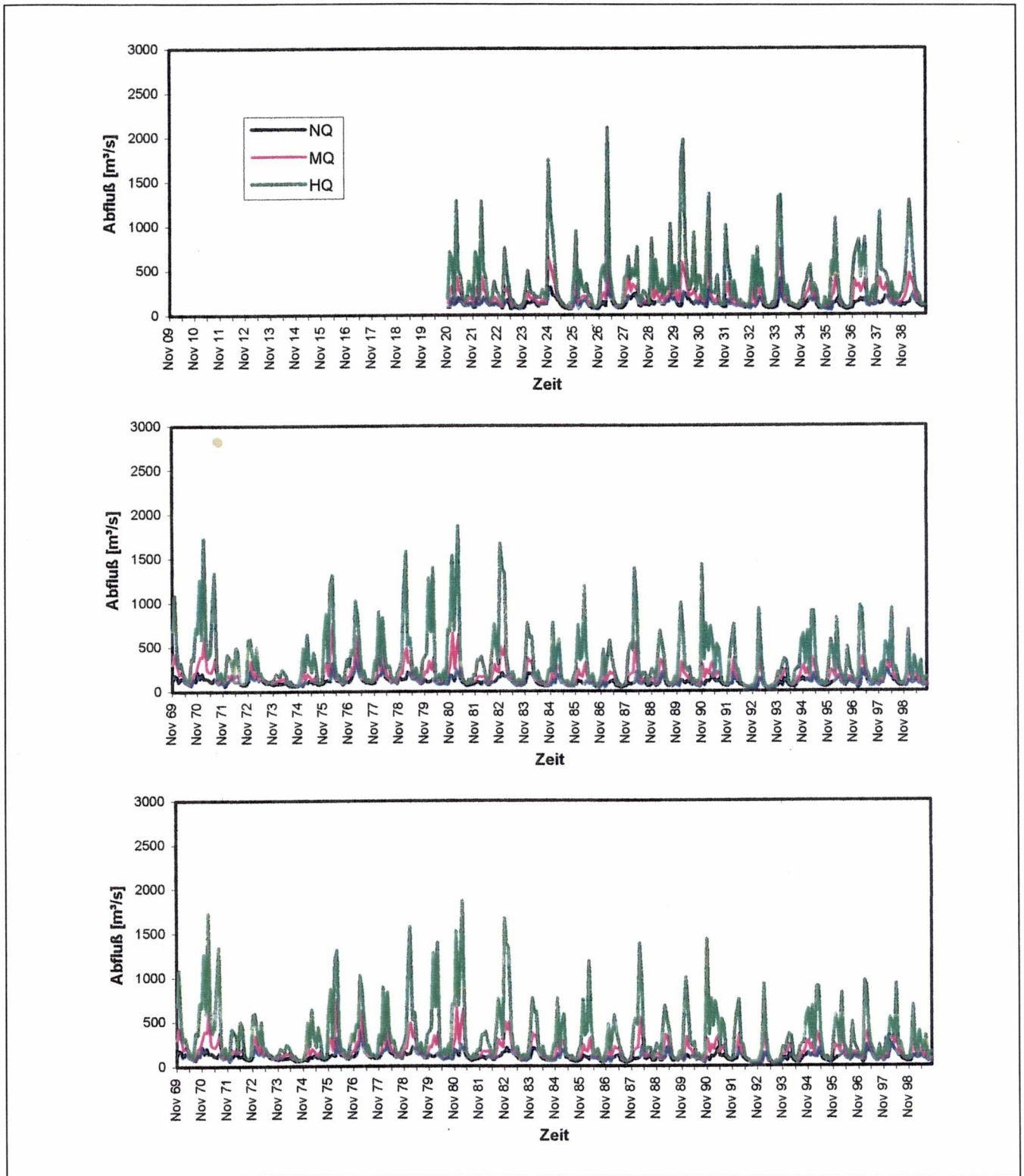


Abbildung 12: Ganglinie der Abflußhauptwerte am Pegel Vlotho/Weser 1821/1899

Literaturverzeichnis

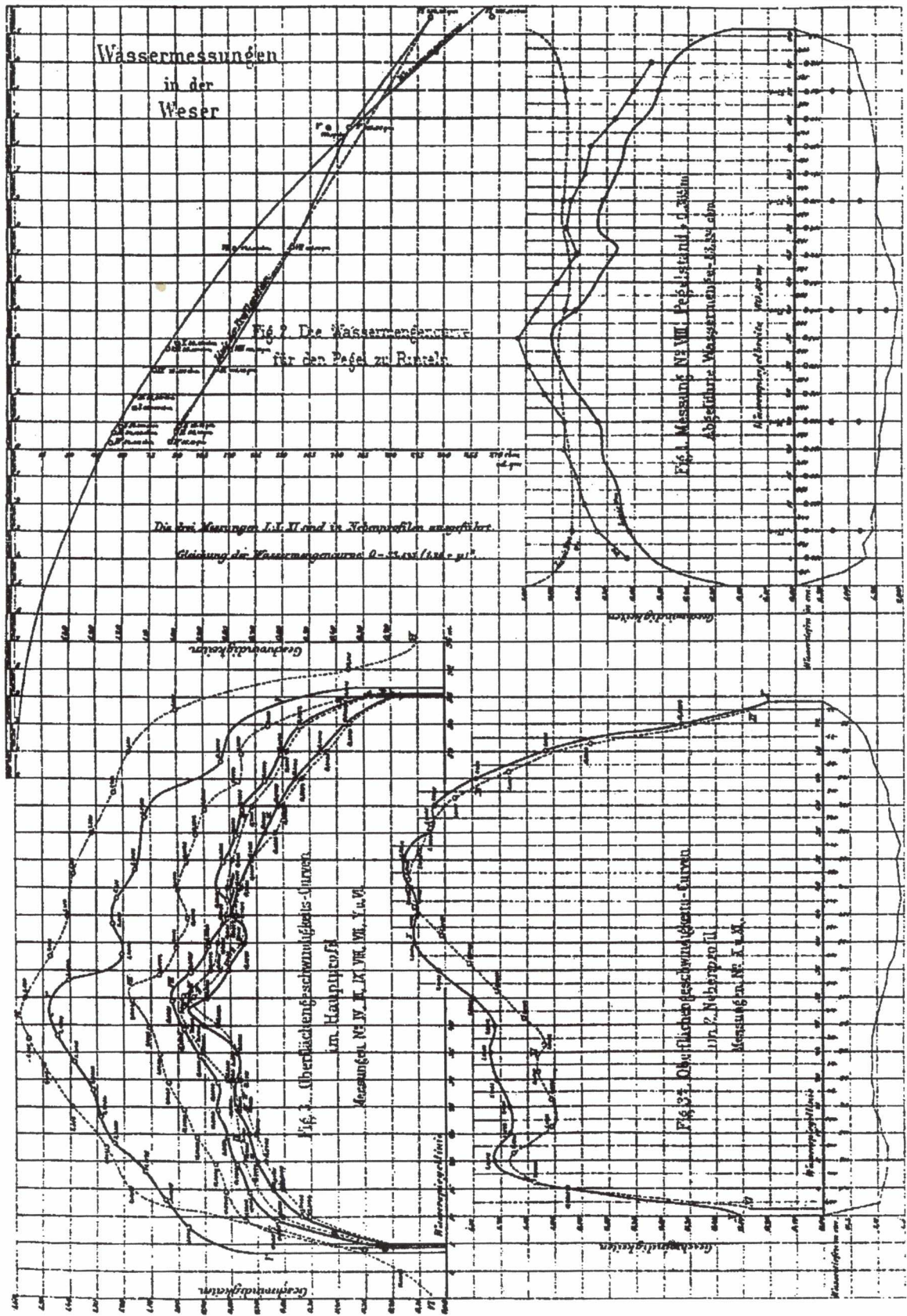
- [1] Eckoldt, M. (1975): Die Entwicklung des Wissens über das Abflußregime der Flüsse. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 1975, S. 45-51, Sonderheft
- [2] Eckoldt, M. (1970): Die Anfänge der Hydrometrie in Deutschland. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, Jg. 14, H.4, S. 82-86
- [3] Funk (1807): Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunst. Lemgo, 1807
- [4] Hagen, G. (1844): Handbuch der Wasserbaukunst. 2. Teil: Die Ströme. 1. Bd. Königsberg i. Pr.
- [5] Jacoby, G. (1925): Beitrag zur Geschichte der Pegel. Die Bautechnik, H. 32, S. 438-439, 1925
- [6] Keller, H. (1901): Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Band I, Berlin, 1901
- [7] Keller, H. (1901): Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Band II, Berlin, 1901
- [8] Keller, H. (1901): Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Band III, Berlin, 1901
- [9] Keller, H. (1901): Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Band IV, Berlin, 1901
- [10] Königliches Meliorationsbauamt Hannover: Diverse Meßprotokolle von Durchflußmessungen an den Pegeln Bienenbüttel, Klein Süstedt und Wieren, unveröffentlichte Unterlagen des MBA II Hannover zu Lüneburg
- [11] Lahmeyer, (1859): Ueber die Consumtions Verhältnisse der Weser, Elbe und Ems und deren Nebenflüsse bei den niedrigsten und höchsten Wasserständen. Zeitschrift des Architektur- und Ing.-Vereins für Hannover, Jg. 1859: S. 229- 238
- [12] Lange, O. (1960): 150 Jahre deutsches Pegelwesen. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 4. Jg., H. 1, S. 1-3, 1960
- [13] Lanser, Otto (1953): Zur Geschichte des hydrometrischen Meßwesens. Blätter für Technikgeschichte, H. 15, Wien 1953, S. 25
- [14] Lehrke, W. (1952): 80 Jahre Wasserwirtschaftsverwaltung in Niedersachsen 1871-1951, Niedersächsischer Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover 1952
- [15] Mau, (1882): Wassermessungen in der Weser. Zeitschrift für Bauwesen, Jg. 1882: S.195-204
- [16] Wagner v., J (1881): Hydrologische Untersuchungen an der Weser, Elbe, dem Rhein und mehreren kleineren Flüssen. Braunschweig, 1881

Ereignisse der Gewässerkunde in Norddeutschland im 19. Jahrhundert

- | | | | |
|-------------|---|------------|---|
| 1804 | Erste Abflußmessungen im norddeutschen Raum durch Landbaumeister Funk, Fürstentum Minden und Grafschaft Ravensburg. | 26.09.1862 | Anordnung der „Königlich Hannoverschen General-Direktion des Wasserbaus betreffs Liquidation der Löhne für die Wasserstandsbeobachtungen. |
| 13.02.1810 | Pegelinstruktion von Eytelwein, erste bekannte Dienstvorschrift über Pegel, für gesamtes preußisches Staatsgebiet erlassen, Beginn der deutschen Gewässerkunde. | 14.09.1871 | "Instruktion über die Beobachtung und Zusammenstellung der Wasserstände an den Hauptpegeln vom 14.09.1874" Erlaß für die Königlich Preußische Strombauverwaltung durch Minister für öffentliche Arbeiten, Einführung des Metermaßes anstelle des "Fuß". |
| 30.05.1810 | Schreiben der Oberbaudeputation in dem die Pegel an den Nebenflüssen als Nebenpegel bezeichnet werden. Darüber hinaus werden diese Pegel in einem Verzeichnis zusammengefaßt. [5] | 20.05.1886 | Ministerialerlaß betreffs Bau von Pegeln; Pegel sollen nur an Stellen errichtet werden, an denen die Beobachtung der Wasserstände völlig kostenfrei erfolgen kann. Nur die königliche Eisenbahnverwaltung will kostenlose Beobachtung durch ihre Organe vornehmen lassen. Anweisung, daß die Meliorationsbaubeamten selbst Abflußmessungen durchführen sollen. |
| 08.02.1817 | Aufstellen von Grundsätzen durch die Oberbaudeputation betreffs Festlegung von Pegelnullpunkten und Vornahme von Stromgeschwindigkeitsmessungen; an Deichen und Kanälen sollen alle 50 m Nummernpfähle gesetzt werden, die zugleich als „Festpunkte“ bei Nivellements dienen. [5] | 1887 | Bis zum Jahre 1887 konnten 37 Pegel in der Provinz Hannover gesetzt werden Die Wasserstandskurven wurden graphisch dargestellt. Von Oktober/November 1887 an kamen 10 neue Pegel hinzu, und zwar an folgenden Eisenbahnbrücken:

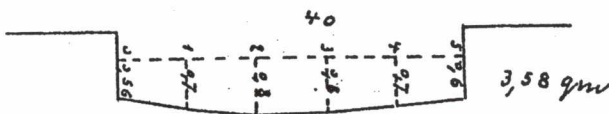
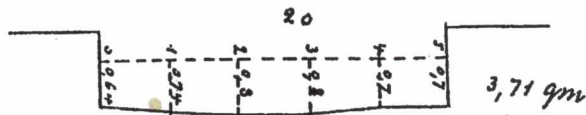
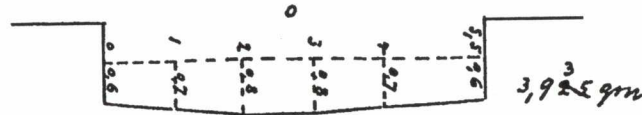
Ilmenau bei Bienenbüttel
Ilmenau bei Wieren
Fuhse bei Dollbergen
Fuhse bei Celle
Ocker bei Meinersen
Innerste bei Lautenthal
Innerste bei Ringelheim
Oder bei Scharzfeld
Sieber bei Hattorf
Gerdau bei Klein Süstedt

Die insgesamt 47 Pegel dienten hauptsächlich für Hochwassermessungen. Sie wurden von der Fa. Henschel und Sohn in Kassel geliefert und aus Gußeisen hergestellt. [14] |
| 27. 09.1822 | Herausgabe von Vorschriften für Pegel durch Handelsministerium, betreffs Aufstellung von „Revisionsprotokollen der jährlichen Revisionen“ [5] | | |
| 10.09.1824 | Erlaß des preußischen Ministeriums für Handel, worin die Regierungen den Auftrag erhalten, an allen Gewässern, wo „Brücken vorhanden sind oder zu bauen sein können“, die Wasserstände „bei sehr hohen Fluten und sehr niedrigem Wasser“ durch Marken zu bezeichnen sind. Nützlich wird es zugleich sein, wenn die Baubeamten, sobald es ihre Geschäfte erlauben, sich bemühen, auch die Geschwindigkeit der größeren und kleineren Gewässer, hauptsächlich der ersten, bei verschiedenen Wasserständen zu ermitteln, weil mit ihrer Kenntnis das Durchflußprofil der Brücken erst sicher und zuverlässig bestimmt werden kann. Ich werde es daher gern sehen, wenn die Baubeamten recht zahlreiche Geschwindigkeitsmessungen bei Zeiten und bei verschiedenen Wasserständen unternehmen und diese gehörig sammeln.“ [2, 4] | | |
| 17.10.1833 | Anordnung der Oberbaudeputation betreffs Mitteilung jeglicher Veränderungen der Höhenlage des Pegels. [5] | 1891 | Anweisung für die Preußische Meliorationsbauverwaltung über die Gewinnung von Wasserstandsbeobachtungen in Verbindung mit Richtlinien für hydrologische Arbeiten. [12] |
| 23.08 1845 | Instruktion über die Beobachtung und Zusammenstellung der Wasserstände vom 23.08.45, erlassen vom preußischen Finanzminister durch Oberbaudeputation erarbeitet. | 01.04.1891 | Gründung des preußischen Büros für die Hauptnivellements und Wasserstandsbeobachtungen. [6] |
| 17.11.1847 | Anordnung des Ministeriums für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten, daß die gemäß § 6 der Pegelinstruktion zu erstellenden Wasserstandsskalen nicht mehr angefertigt zu werden brauchen, weil sich die mühsame Arbeit nicht lohnt. | 17.07.1894 | Ministerialerlaß betreffs Abflußmessungen; Abflußmessungen sind in der Regel durch den Meliorationsbaubeamten gelegentlich anderer Dienstreisen auszuführen. [14]. |
| 1857 | Abflußmessungen bei Niedrigwasser an Gewässern im Königreich Hannover durch Wasserbau Inspector Lahmeyer. | 1894 | Ausstattung des Königlich Preußischen Meliorationsbauamtes II mit einem Woltmann - Meßflügel der Firma A. Ott (Fabriknummer 218). |



Am 29. November 1868

Profile gemessen, Vermittlungs von 10 Ufr 40 Min bis 11 . 30 .



Mittel $3,738$ cm

Vermittlungs 11 Ufr 40 Min bis Aufschwittungs 12 Ufr 30 Min.

Wasserdruck, sehr leicht trocken besichtigt

Wasserführung mit Horn

Offenbarigkeit

- | | | | |
|----|----|----|--------|
| 1. | 73 | 73 | Wasser |
| 2. | 73 | 73 | " |
| 4. | 74 | 74 | " |
| 5. | 69 | 69 | " |
| 6. | 67 | 67 | " |
| 7. | 71 | 71 | " |

Mittel 70^{+93}

auf 40 Meter Länge

Wasserdruck 0,10 - 0,09 - 0,01 Meter Wasser sehr als bei der Messung des Profils.

Zusatz $3,738 + (5,2 \cdot 0,01) = 3,790$ cm

folglich $\frac{3,790 \cdot 40}{70} = 2,186$ cm pro Wasser

Die Öffnung ist im November 1888 und genau
 167 Meter oberhalb der Spurbänke über die Stenman
 bei Wören untergefasst.

Wasserstände

1. Am Pegel

25. November	Mittags	+ 0,82 Meter
26. "	"	+ 0,82 "
27. "	"	+ 0,84 "
28. "	"	+ 0,84 "
29. "	Vormittags 10 Uhr - Min.	+ 0,78 "
"	Nachmittags 12 " 30 "	<u>+ 0,77 "</u>

2. Am Pegel

29. November,	Vormittags 10 Uhr 40 Min	0,99 m über Pfahlkopf
"	11 " 30 "	<u>0,10</u>
"	11 " 40 "	0,10 "
"	12 " - "	<u>0,09</u> "
	Nachmittags 12 " 30 "	0,08 " "

107
2.12.52/63

46.



Königliche Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau.
Abteilung für Wasserbau.

Prüfungszeugnis.

Zur Eichung des von Im Königlichem Meßverordnungs-
amt zu Lüneburg

eingesandten Flügelwindmühlens Flügels Nr 2/5 von H. Ullt

sind 38 Fahrten mit Geschwindigkeiten von 0,179 bis 3,521 m/sec ausgeführt und dabei die unten verzeichneten Werte ermittelt worden.

Es bedeutet v die Geschwindigkeit in m/sec, n die ihr entsprechende Anzahl der Flügelumdrehungen in der Sekunde. Daraus ergeben sich unter Zugrundelegung der Gleichung:

I. $v = \frac{a + b \cdot n}{c}$
für die Geschwindigkeiten von $v < \dots$:

- a) = _____
- b) = _____
- c) = _____

und unter Zugrundelegung der Gleichung:

II. $v = a + b \cdot n$
für die Geschwindigkeiten von $v = \underline{0,179 \text{ bis } 3,521} \text{ m/sec}$

- a) = 0,0247
- b) = 0,3169

Ermittelte Werte.

l^* = Weg in m.
 t = Zeit in sec.

U = Zahl der Umdrehungen auf der Strecke l^* .
 v = Geschwindigkeit in m/sec.

n = sekundliche Zahl der Umdrehungen.

Nr. der Fahrt	l^* (m)	t (sec.)	U	v (m)	n (U)	$\frac{v}{n}$ Ziffer	l (m)	t (sec)	U	v (m)	n (U)
1	15	190,0	21,3	0,079	0,112	20	50	49,8	153,0	1,104	3,072
2	10	104,0	17,2	0,096	0,165	21	"	45,4	153,5	1,101	3,381
3	50	369,0	125,7	0,136	0,341	22	"	41,0	152,4	1,220	3,714
4	"	326,0	131,0	0,153	0,412	23	"	37,4	153,2	1,237	4,096
5	"	257,3	142,1	0,194	0,552	24	"	34,9	153,9	1,433	4,410
6	"	232,5	147,5	0,215	0,634	25	"	32,3	154,2	1,518	4,774
7	"	194,5	150,0	0,257	0,770	26	"	31,0	154,2	1,613	4,951
8	"	169,4	154,4	0,295	0,885	27	"	29,3	155,7	1,706	5,314
9	"	158,5	150,0	0,315	0,946	28	"	27,8	155,9	1,799	5,608
10	"	132,9	150,5	0,376	1,132	29	"	26,5	156,2	1,887	5,894
11	"	119,9	150,5	0,417	1,255	30	"	24,9	155,9	2,028	6,261
12	"	109,6	151,0	0,456	1,378	31	"	23,0	156,2	2,174	6,791
13	"	101,7	151,6	0,492	1,491	32	"	22,2	156,2	2,252	7,036
14	"	94,7	152,0	0,528	1,605	33	"	20,8	156,4	2,404	7,519
15	"	87,6	151,8	0,571	1,733	34	"	19,9	156,7	2,513	7,874
16	"	79,4	152,4	0,630	1,919	35	"	18,5	156,9	2,703	8,481
17	"	73,2	152,2	0,683	2,079	36	"	16,7	157,1	2,994	9,107
18	"	63,9	152,5	0,782	2,387	37	"	15,6	156,6	3,205	9,828
19	"	55,2	152,6	0,906	2,764	38	"	14,2	156,0	3,521	10,786
Zu Nr. 1-38 Mittelwert Faktor 9,0 mm											
Prüfung / Zeitmessung											

Berlin, den 30. März 1904
 Schleuseninsel im Tiergarten.



Königliche Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau.

Legt.
 Professor Lohmeyer

Seite 4
 Ingenieur Lohmeyer

661

Abflussmengenmessung in der Elmenau bei Bienenbüttel
am 31. März 1891 bei einem Wasserspiegel von 677 m über Pegel
zu Bienenbüttel
die Messstelle liegt 200 m oberhalb des Pegels

Die Messung ist ausgeführt durch den Regierungs-Geodäten
Dixel mit dem Walmann'schen Flügel N^o 218
Laplace $v = 0,225$, Datum d. 11. 97.

Die Verteilung ergibt folgende Werte

Ergebnisse vom linken Ufer	1,0	1,5	1,5	2,5	3,3	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5
Zufuhr	1,0	1,10	1,21	1,22	1,40	1,15	1,50	1,65	1,80	1,95	2,15	2,25	2,35	2,45	2,55	2,65
Ergebnisse vom rechten Ufer	1,3,5	1,8,5	1,5,5	1,6,5	1,7,5	1,8,5	1,9,5	2,0,5	2,1,5	2,2,5	2,3,5	2,3,8				
Zufuhr	1,90	2,10	2,15	2,25	2,25	2,18	2,00	2,10	1,90	1,70	1,50	1,5				

Die Verteilung wurde weitergeführt um 8 Uhr morgens.

Nr. der Vertikalen	Abstand vom linken Ufer m	Tiefenabstand unter dem Pegel an	Zahl der Vertikalen	Zeit der Beobachtung				Wasserhöhe in m	Ziffer der Licht	Bemerkungen
				I	II	III	Mittel			
1	2,5	7	100	128	160		194 128	0,69	0,22	Die Messung begann um 8:30 Uhr
2	3	7	100	91,8	103,8		91,3	1,02	0,33	wenn mit weiter um 1 Uhr nach
		20	"	115,2	114,0		114,6	0,87	0,28	Wird ziemlich festig Strom
3	3,5	7	100	94			94,0	1,06	0,34	überwintert.
		20	"	93,8			93,8	1,07	0,35	Im Beginn der Messung vom
		40	"	122			122	0,82	0,27	des Messer um Pegel auf
		60	"	174			174	0,58	0,19	1980 m mit fast bis zum
4	4,5	7	100	63,6	59,8		61,7	1,62	0,53	Abfluss auf 0,74 m
		20	"	73,2			73,2	1,37	0,45	des Füllstoffs nur ziemlich
		40	"	80,0			80,0	1,25	0,41	Arbeitszeit.
		60	"	78,8			78,8	1,27	0,41	des Gefälle beträgt nur 50
		80	"	129,8			129,8	0,77	0,25	abwärts bis 50 m unterhalb
		100	"	130	170		130	0,67	0,22	des Messer 27 m, aber
5	7,5	7	100	48,1	47,2		47,8	2,09	0,68	auf 1,0 m 0,00027 m
		20	"	48,4			48,4	2,07	0,67	
		40	"	46,0			46,0	2,17	0,71	
		60	"	50,2			50,2	1,99	0,65	
		80	"	52,8			52,8	1,89	0,61	
		100	"	53,6	51,8		52,7	1,90	0,62	
		120	"	66,0			66,0	1,52	0,49	
		140	"	60,4			60,4	1,66	0,51	

Nr.	Abstand von Linsen Zu m	Länge der Linsen Zu m	Zahl der Linsen Zu m	Zeit der Beobachtung				Dauer der Beobachtung in Minuten	Zu Höhe Licht	Bemerkungen.
				I	II	III	Winkel			
				in Sekunden						
6	10,5	7	100	46,2			46,2	2,73	0,79	
				46,8			46,8	2,75	0,80	
				46,2			46,2	2,73	0,79	
				46,6			46,6	2,70	0,78	
				43,6			43,6	2,29	0,74	
				42,2			42,2	2,12	0,69	
				49,8			49,8	2,01	0,65	
				54,0			54,0	1,85	0,60	
				60,4	60,4		60,4	1,66	0,54	
				73,3			73,3	1,36	0,44	
7	13,5	7	100	42,6	42,6		42,6	2,35	0,76	
				48,0			48,0	2,50	0,81	
				41,6			41,6	2,40	0,78	
				40,4			40,4	2,47	0,80	
				41,6			41,6	2,40	0,78	
				43,2			43,2	2,31	0,75	
				46,2			46,2	2,16	0,70	
				49,8			49,8	2,01	0,65	
				69,8			69,8	1,73	0,46	
				76,8			76,8	1,30	0,42	
8	16,5	7	100	35,2			35,2	2,84	0,92	
				36,4			36,4	2,75	0,90 0,89	
				38,0			38,0	2,63	0,85	
				37,2			37,2	2,69	0,87	
				40,2			40,2	2,49	0,81	
				44,0			44,0	2,27	0,74	
				42,8			42,8	2,34	0,76	
				47,6			47,6	2,10	0,68	
				56,0			56,0	1,79	0,58	
				57,2			57,2	1,75	0,57	

No	Abfluss nach Luft Wfer m	Körper Stärke unter dem Springel den	Zeit der Vom- Lufte zum	Zeit der Luftbewegung				Vom- Lufte zum in einer Kilometer	gr- ffirm Ligheit	Bemerkungen
				I	II	III	Mittel			
9	19,5	7	100	48,8			48,8	2,15	0,67	
		20	"	44,8			44,8	2,23	0,72	
		40	"	40,0			40,0	2,50	0,81	
		60	"	38,2	36,0		37,1	2,70	0,88	
		80	"	41,6			41,6	2,41	0,78	
		100	"	40,4			40,4	2,47	0,80	
		120	"	42,8			42,8	2,34	0,76	
		140	"	49,8			49,8	2,01	0,65	
		160	"	58,4			58,4	1,84	0,60	
10	22,5	7	100	113,0			113,1	0,89	1,29	
		20	"	93,6			93,6	1,07	0,35	
		40	"	106,0			106,0	0,94	0,31	
		60	"	76,8			76,8	1,30	0,42	
11	23,0	7	100	376			376	0,27	0,09	
		20	"	650			650	0,15	0,05	
		40	"	266			266	0,38	0,12	
		60	"	255			255	0,39	0,13	