

# Die Aenderung des Wasserstandes der Flüsse und Ströme in der jährlichen Periode, als der jährlichen periodischen Zu- und Abnahme des atmosphärischen Niederschlags und der Verdunstung genau entsprechend, an Beobachtungen nachgewiesen

von Dr. M. A. F. Prestel in Emden.

Extra-Abdruck aus der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover.

Die Sahara, die Sandebenen Franz, des nördlichen Chili, der Küste Bolivias, so wie alle Landstriche, auf welchen es in Folge ihrer Lage oder Oberflächen-Beschaffenheit niemals oder selten regnet, sind arm an Quellen und Flüssen, oder ganz davon entblößt; in den höhern Gebirgen dagegen, welche den größten Theil des Jahres hindurch in Nebel und Wolken gehüllt sind, entspringen zahlreich reichhaltige Quellen. Eben so lehrt die Erfahrung, daß die Quellen weniger ergiebig sind, oder gar austrocknen, wenn es längere Zeit nicht geregnet hat. Die Zahl und die Stärke oder die Reichhaltigkeit der Quellen und Flüsse jeden Landstrichs steht folglich mit der Menge des atmosphärischen Niederschlags entschieden im genauesten Zusammenhange. Man war hiervon bisher überzeugt, wenn auch der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen der Menge des atmosphärischen Niederschlags und des verdunstenden Wassers einerseits, und dem vorhandenen Wasservorrathe andererseits, mathematisch oder ~~numerisch~~ <sup>physikalisch</sup> nicht nachgewiesen werden konnte. So weit mir bekannt, ist es bis jetzt noch nicht nachgewiesen, daß die periodische Aenderung des Wasserstandes der Flüsse und Ströme dem atmosphärischen Niederschlage genau entspreche. Die Reihe der Zahlen, welche man durch Abzug der Verdunstung von der Regenmenge erhält, entsprechen so ohne Weiteres immer noch nicht dem Wasserstande der Flüsse und Ströme, welcher doch als dem Wasservorrathe proportional betrachtet werden muß.

Am ausführlichsten und umsichtigsten ist der hier in Rede stehende Gegenstand im zweiten Bande der „Allgemeinen Länder- und Völkerkunde von H. Berghaus“ behandelt, welcher die Umrisse der Hydrographie enthält. Das Endergebniß der Vergleichung der daselbst mitgetheilten höchst schätzbaren Beobachtungen des Wasserstandes des Rheins bei Köln und der Menge des Niederschlags im Rheinthale ist, daß „die mitgetheilten Beobachtungen nur eine sehr geringe Abhängigkeit des Wasserstandes und der Regenmenge nachweisen.“ Ferner: die den Wasserstand und die Regenmenge darstellenden Kurven zeigen in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten keinen Parallelißmus; die Rheinwasserhöhe steigt nicht mit dem zunehmenden Niederschlage, wir sehen im Ge-

gentheil, daß mit der kleinsten Regenmenge im Winter der höchste Wasserstand correspondirt; im Sommer findet der umgekehrte Fall statt; beide Jahreszeiten verhalten sich so:

Winter. Sommer.

Regenmenge: Regenmenge = 5 : 8

Wasserstand: Wasserstand = 12 : 11.

Die Regenmenge ist hier direct mit dem Wasserstande verglichen, dieses ist indeß durchaus unzulässig, da diese beiden Größen, so schlecht hin, disparat sind. Zum wenigsten hätte die Menge des verdunstenden Wassers in die Rechnung eingeführt werden müssen. Die aus der Combination der Menge des atmosphärischen Niederschlags und des verdunstenden Wassers resultirende Zahlenreihe harmonirt schon besser mit dem Wasserstande, aber ein Parallelißmus beider stellt sich auch hierdurch noch nicht heraus. Dieses ist erst dann der Fall, wenn man die Zu- und Abnahme des Wasservorraths im Laufe des Jahres berechnet.

In der so eben erschienenen Schrift: „Die Regenverhältnisse des Königreichs Hannover, Emden 1864“ habe ich die oben genannte, nicht allein für die Hydrographie, sondern auch für die Hydrotechnik so höchst belangreiche Aufgabe auf die im Folgenden angedeutete Weise aufgelöst. Die nach meiner Methode aus der beobachteten Menge des Niederschlags und des verdunstenden Wassers berechneten Zahlreihen stimmen, wie sich gleich zeigen wird, möglichst genau mit den aus den Pegel-Ablesungen abgeleiteten mittlern Wasserständen überein.

Der gesammte, beim Anfange eines neuen Jahres in den Seen, Flüssen, Bächen und Gräben, so wie im Erdreiche oder Untergrunde vorhandene Vorrath an Wasser, muß offenbar gleich sein der Menge des atmosphärischen Niederschlags im verfloffenen Jahre, weniger dem Wasserquantum, was verdunstet, abgesehen, im Haushalte der Natur, oder von den Menschen verbraucht ist. Um dann den Wasservorrath am Ende eines jeden folgenden Monats, oder, was dasselbe ist, die periodische Verminderung des Wasserschazes eines bestimmten Landstrichs zu bestimmen, muß über den Zu- und Abgang der Wassermenge gehörig Buch geführt werden.

Es sei die Menge des im Untergrunde, den Gräben, Flüssen und Teichen vorhandenen Wassers =  $x$ , die während einer gewissen Zeit durch Niederschlag hinzugekommene Menge =  $h$ , das während derselben Zeit verdunstete Wasser =  $v$ , das abgelaufene Wasser =  $a$ , das von Pflanzen, den Thieren und den Menschen verbrauchte =  $q$ , das am Ende desselben Zeitraums vorhandene Wasserquantum =  $M$ , so ist

$$M = x + h - v - a - q.$$

Setzt man  $x - (a + q) = m$ , und  $h - v = \Delta$ , so erhält man  $M = m + \Delta$ . Die Aenderung des beim Anfange jedes Monats vorhandenen Wasserquantums durch die in demselben Monate hinzukommende, andererseits durch Verdunstung abgehende Wassermenge beträgt im Mittel für

**Emden.**

Monat.	Höhe		Aenderung der Wassermenge. Pariser Linien.
	des Niederschlags. Pariser Linien.	des verdunsteten Wassers. Pariser Linien.	
Januar .....	23,25	3,64	+ 19,61
Februar .....	17,72	6,48	+ 11,24
März .....	21,45	15,44	+ 6,01
April .....	16,01	26,86	- 10,85
Mai .....	23,01	36,75	- 13,74
Juni .....	33,04	42,08	- 9,04
Juli .....	33,26	42,06	- 8,70
August .....	37,00	36,55	+ 0,45
September .....	29,10	24,33	+ 4,77
October .....	27,99	14,01	+ 13,98
November .....	28,30	8,02	+ 20,28
December .....	22,92	5,89	+ 17,03

Für den in der Nähe von Emden liegenden Küstenstrich ist also, wenn  $a$  allenfalls als constant betrachtet wird:

am Ende des Januar .....	= $m + 19,61''$
" " " Februar .....	= $m + 30,85$
" " " März .....	= $m + 36,86$
" " " April .....	= $m + 26,01$
" " " Mai .....	= $m + 12,27$
" " " Juni .....	= $m + 3,23$
" " " Juli .....	= $m + 5,47$
" " " August .....	= $m - 5,02$
" " " September .....	= $m - 0,25$
" " " October .....	= $m + 13,75$
" " " November .....	= $m + 34,03$
" " " December .....	= $m + 51,61$

Mittel =  $m + 18,12$

Vergleicht man die Wassermenge jedes Monats mit dem Mittel, so erhält man die folgende Reihe von Zahlen, welche die Zu- und Abnahme des Wasservorraths in Ostfriesland im Laufe des Jahres näherungsweise dargestellt:

Januar .....	+ 1,49'''
Februar .....	+ 12,73
März .....	+ 18,74
April .....	+ 7,89
Mai .....	- 5,85
Juni .....	- 14,89
Juli .....	- 23,59
August .....	- 23,14

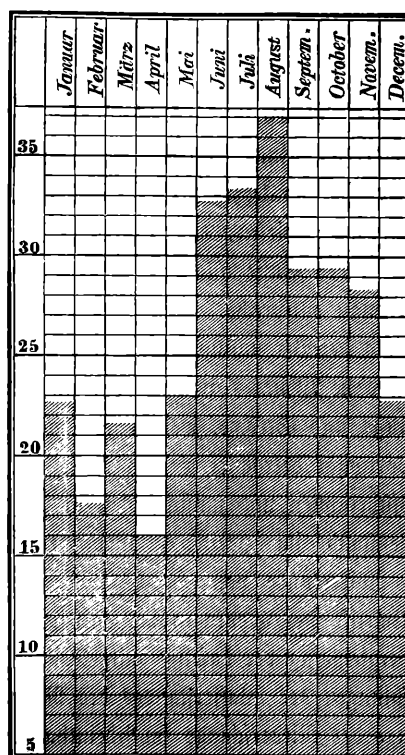
September .....	- 18,37'''
October .....	- 4,37
November .....	+ 15,91
December .....	+ 33,49

Die Menge des Niederschlags in den verschiedenen Monaten findet man häufig durch Zeichnungen, wie die nachstehende Figur 1 zeigt, veranschaulicht. Solche graphische Darstellungen der Regenmenge haben aber, da sie den eigentlich vorhandenen Wasservorrath nicht veranschaulichen, geringen Nutzen. Soll die jährliche periodische Aenderung der Wasserkraft einer bestimmten Vertikalität veranschaulicht werden, so müssen die Wasserhöhen den Zahlen entsprechen, welche man aus den durch Combination des Niederschlags mit der Verdunstung auf die oben angegebene Weise erhalten hat. Die Uebereinstimmung der, nach der im Voranstehenden entwickelten Methode berechneten Zahlen mit den durch Beobachtung bestimmten Wasserständen, soll hier jetzt durch ihre Uebereinstimmung mit der beobachteten periodischen Veränderung der Wasserstände der Elbe, der Oder und des Rheins nachgewiesen werden.

Fig. 1.

**Höhe des Niederschlags**

in den einzelnen Monaten.



Die folgende Tabelle enthält in der ersten Spalte die aus den am Pegel zu Magdeburg von 1731 bis 1830 gemachten Beobachtungen berechneten mittlern Wasserstände der Elbe im Laufe des Jahres, in der zweiten die in Zollen ausgedrückte Abweichung vom mittlern Stande.

## Mittlerer Wasserstand der Elbe bei Magdeburg:

Monat.	Mittlerer Wasserstand.	Abweichung vom Jahres-Mittel.
Januar .....	8' 5,68"	+ 5,25
Februar .....	9 4,45	+ 16,02
März .....	10 5,47	+ 29,04
April .....	10 3,43	+ 27,00
Mai .....	8 6,76	+ 6,33
Juni .....	7 4,53	— 7,90
Juli .....	7 1,33	— 11,14
August .....	6 8,13	— 16,34
September .....	6 5,67	— 18,76
October .....	6 8,43	— 16,00
November .....	6 11,71	— 12,72
December .....	7 11,68	— 0,75
Jahr .....	8 0,43	

Die nach meiner Methode aus den Ergebnissen der in Dresden auf den atmosphärischen Niederschlag gerichteten Beobachtungen berechnete Wassermenge ist in folgender Tafel enthalten.

Monat.	Höhe		Aenderung der Wassermenge.	Abweichung vom Mittel.
	des Nieder- schlags. Pariser Linien.	der Ver- dunstung.		
Januar ....	12,60'''	3,64'''	+ 8,96'''	+ 15,03'''
Februar ....	13,80	6,48	+ 16,28	+ 22,35
März .....	13,08	15,44	+ 13,92	+ 19,99
April .....	17,40	26,86	+ 4,46	+ 10,53
Mai .....	26,04	36,75	— 6,25	— 0,18
Juni .....	32,40	42,08	— 15,93	— 9,86
Juli .....	42,84	42,06	— 15,15	— 9,08
August .....	36,00	36,55	— 15,70	— 9,63
September ..	19,20	24,33	— 20,83	— 14,76
October ....	12,48	14,01	— 22,36	— 16,29
November ..	15,36	8,02	— 15,02	— 8,95
December ...	15,72	5,89	— 5,19	— 0,88

Ich habe die Zahlen, welche die Pegelstände angeben, auf gleiche Einheit mit der Wassermenge reducirt, und dann die Aenderungen beider in Figur 2 graphisch dargestellt. In dieser Figur entspricht die punctirte Linie der Aenderung des Wasserstandes nach den Beobachtungen am Pegel zu Magdeburg, die ausgezogene Linie der nach Abzug der Verdunstung vom Niederschlage übrig bleibenden Wassermenge. Beide Curven zeigen einen überraschenden Parallelismus. Daß die durch den Niederschlag bedingte Veränderung im Wasserstande der Elbe erst einige Zeit nach letztem eintritt, ist ganz natürlich, da das niederfallende Wasser erst Zeit gebraucht, um nach und nach aus dem Untergrunde, durch die Rinnale, Bäche und Flüsse zum Strome zu gelangen. Andererseits muß der

auf ausgehörtes Erdreich fallende Regen dieses zuvörderst sättigen; erst nachdem dieses geschehen, gelangt der Ueberschuß zum Strome.

Ein ähnliches Resultat, wie hier bei der Elbe, erhalten wir durch Vergleichung der am Pegel zu Cüstrin bestimmten Wasserstände der Oder mit der Wassermenge, welche aus der zu Frankfurt a. D. beobachteten Niederschlägen abgeleitet ist.

Der mittlere Wasserstand der Oder bei Cüstrin, abgeleitet aus den während des halben Jahrhunderts von 1781 bis 1830 angestellten Beobachtungen ist in der folgenden Tafel enthalten.

Monat.	Mittlerer Wasserstand.	Abweichung vom Jahres-Mittel.
Januar .....	4' 7,98"	+ 5,35"
Februar .....	5 4,76	+ 14,15
März .....	6 3,79	+ 25,16
April .....	6 1,92	+ 23,29
Mai .....	4 9,52	+ 6,89
Juni .....	3 8,31	— 6,32
Juli .....	3 5,77	— 8,86
August .....	3 0,78	— 13,85
September .....	2 11,54	— 15,09
October .....	2 10,85	— 15,78
November .....	3 3,87	— 10,76
December .....	3 10,46	— 4,17
Jahr .....	4 2,63	

Aus den zu Frankfurt a. D. gemachten Beobachtungen der Niederschlagsmenge ergibt sich:

Monat.	Höhe		Aenderung der Wassermenge.	Abweichung vom Mittel.
	des Nieder- schlags. Pariser Linien.	der Ver- dunstung.		
Januar ....	12,98	3,64	+ 9,34	+ 19,71
Februar ....	15,53	6,48	+ 18,39	+ 28,76
März .....	15,20	15,44	+ 18,15	+ 28,52
April .....	18,27	26,86	+ 9,56	+ 19,93
Mai .....	26,08	36,75	— 1,11	+ 9,26
Juni .....	26,86	42,08	— 16,33	— 5,96
Juli .....	34,84	42,06	— 23,55	— 13,18
August .....	29,22	36,55	— 30,88	— 20,51
September ..	15,28	24,33	— 38,93	— 28,56
October ....	15,48	14,01	— 37,46	— 27,09
November ..	18,16	8,02	— 20,32	— 10,05
December ...	14,79	5,89	— 11,40	— 1,03

Von den in den beiden voranstehenden Tafeln enthaltenen Zahlenreihen wird in Figur 3 die Aenderung des Wasserstandes der Oder durch die punctirte Curve, die aus der Combination des Niederschlags mit der Verdunstung sich ergebende Wassermenge durch die ausgezogene Curve veranschaulicht.

In den Monaten vom Juli bis October ist der Wasserstand der Oder höher, als er nach den aus dem Niederschlag sich ergebenden Wassermengen sein sollte. Die Ursache dieser Abweichung finden wir, wenn wir die Bodenbeschaffenheit des Flußgebietes ins Auge fassen. Die bruchigen Stellen im Flußgebiete der Oder stellen sich in den trockenen Monaten als Wasser-Reservoir heraus; der in ihnen enthaltene Wasservorrath gelangt zwar langsam und in geringerer Menge, aber fort und fort gleichmäßig zum Ströme, und so vermindert sich hier der Wasserstand nicht in dem Maße, wie das um die verdunstete Wassermenge verminderte Quantum des Niederschlags. Ue hnlich verhält es sich mit dem Hochmoore Ostfrieslands. Es ist dieser Umstand wohl zu beachten, wenn man dazu fortschreiten will, das Hochmoor anzuschneiden, zu canalisiren und abzumässern. Werden die zu diesem Zwecke gezogenen Canäle nicht mit den gehörigen Schleusen versehen, durch welche das Wasser schon vor Beginn der Sommermonate, in welchen der Wasservorrath sein Minimum erreicht, am Abflusse gehindert werden kann, so wird wegen gänzlichen Wassermangels eine Cultur des Landes auf und in der Umgebung des Hochmoores zur Unmöglichkeit.

Eine andere Erscheinung tritt uns beim Rhein entgegen. Hier finden wir in den Monaten Mai, Juni und Juli, wenn die um die verdunstete Wassermenge verminderte Menge des Niederschlags immer kleiner wird und ihrem Minimum sich

nähert, eine Erhöhung des Wasserstandes im Strombette. Wie weiter unten gezeigt werden soll, ist auch hier die Ursache eine örtliche.

Der mittlere Wasserstand des Rheinstroms, nach den Beobachtungen am Pegel zu Cöln während des halben Jahrhunderts, zwischen 1782 und 1836, ist folgender:

Monat.	Mittlerer Wasserstand.	Abweichung vom Mittel.
Januar . . . . .	10' 2,11"	+ 14,11"
Februar . . . . .	10 5,10	+ 17,10
März . . . . .	10 5,67	+ 15,67
April . . . . .	8 9,11	— 3,48
Mai . . . . .	8 7,46	— 5,13
Juni . . . . .	9 1,98	+ 1,39
Juli . . . . .	9 7,62	+ 7,03
August . . . . .	8 8,74	— 3,85
September . . . . .	7 10,52	— 14,07
October . . . . .	7 3,80	— 20,79
November . . . . .	7 7,92	— 10,67
December . . . . .	9 9,03	+ 9,56
Jahr . . . . .	9 0,59	

**Graphische Darstellung**

der jährlichen periodischen Veränderung: 1) der Wassermenge durch Niederschlag und Verdunstung; 2) der mittlern Wasserstände der Elbe bei Magdeburg;

Fig. 2.

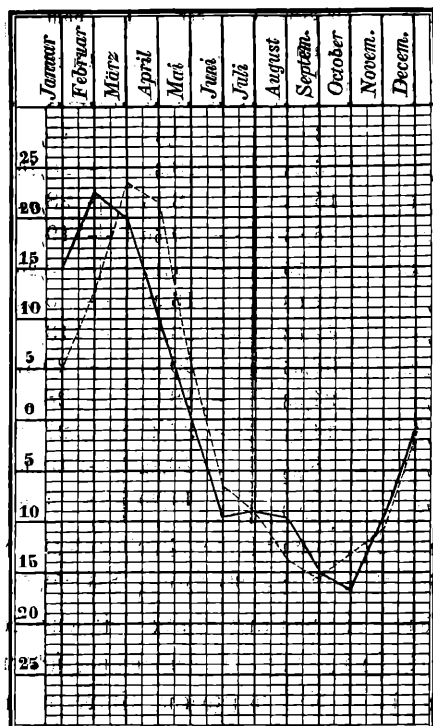


Fig. 3.

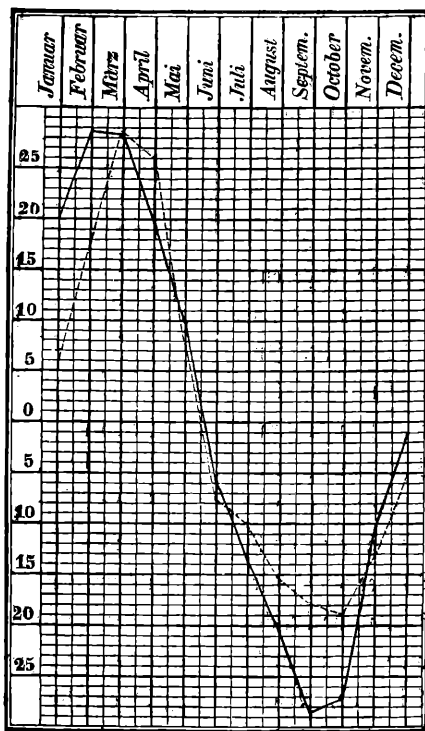
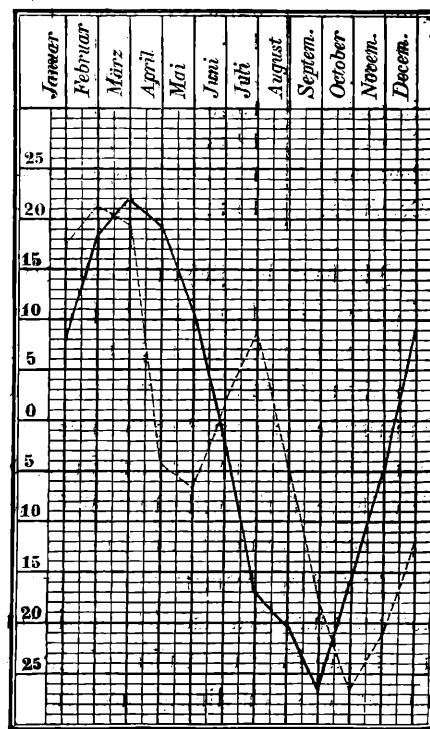


Fig. 4.



Aus den zu Köln beobachteten atmosphärischen Niederschlägen ergibt sich:

Monat.	Höhe		Veränderung der Wassermenge.	Abweichung vom Mittel.
	des Nieder- schlags. Pariser Linien.	der Ver- dunstung.		
Januar . . . .	18,82	3,64	+ 15,18	+ 7,39
Februar . . . .	17,50	6,48	+ 26,20	+ 18,41
März . . . . .	18,89	15,44	+ 29,65	+ 21,86
April . . . . .	24,14	26,26	+ 26,93	+ 19,14
Mai . . . . .	28,13	36,75	+ 18,31	+ 10,52
Juni . . . . .	28,84	42,08	+ 5,17	- 2,62
Juli . . . . .	27,53	42,06	- 9,36	- 17,15
August . . . .	32,94	36,55	- 12,97	- 20,76
September . .	19,42	24,33	- 17,88	- 25,67
October . . . .	23,75	14,01	- 8,14	- 15,93
November . .	18,81	8,02	+ 2,65	- 5,14
December . . .	21,02	5,89	+ 17,78	+ 9,99

Führt man auch hier die Abweichung der mittleren Wasserstände des Rheins auf gleiche Einheit mit der Wassermenge zurück, welche nach Abzug der verdunsteten Wassermenge von dem Niederschlagsquantum übrig bleibt — letztere wollen wir in dem Folgenden der Kürze wegen Grundwasser nennen — und verzeichnet die den alsdann vorliegenden Zahlenreihen entsprechenden Curven, so stellt sich der Verlauf letzterer heraus, wie Figur 4 zeigt.

Während von April bis September das Grundwasser stetig abnimmt, wächst der Wasserstand des Rheinstroms vom Mai bis Juli und bleibt dann, obgleich nun auch abnehmend, bis zum September höher als die aus dem Niederschlage resultierende Wassermenge.

Bei Berghaus (a. a. O. S. 28) heißt es nach Vergleichung der Wasserstände des Rheins und der Regenmenge in seinem Flußgebiete: „Man darf daher sagen, daß der atmosphärische Niederschlag unmittelbar nur während der vier Monate vom Mai bis August auf die Rheinwasserhöhe wirkt; in allen andern Zeitabschnitten des Jahres ist die Wirkung, wie wir weiter unten erörtern werden, eine mittelbare; die Anschwellungen, welche der Rhein im Winter und im Monate März erfährt, sind hauptsächlich eine Folge des durch Eisstand und Eisgang verhinderten und verzögerten Abflusses der Wassermasse.“\*) Ein Blick auf Figur 4 zeigt indeß, daß sich die Sache gerade umgekehrt verhält. Die Wasserhöhe im Rheinbett verändert sich vom Herbst bis zum Frühjahr dem Grundwasser genau proportional;

\*) Der Eisstand und Eisgang kann wohl bei plötzlichem Aufthauen einer im Flußgebiete vorhandenen Schneedecke den Abfluß des dann entstehenden Wassers hemmen, nie aber Ursache der periodischen Erhöhung und Erniedrigung im Wasserstande des Stromes werden.

vom Mai bis Juli hingegen stellt sich der Wasserstand als anomal heraus, er wächst, während er abnehmen sollte. Die Ursache dieser Erhöhung des Wasserstandes finden wir, wenn wir den Strom im Oberlaufe bis zu seiner Quelle hin folgen; es zeigt sich dann, daß die Erhöhung durch das von den Hochalpen kommende Wasser bedingt ist, welches von dem schmelzenden Schnee- und Gletschereise herrührt. Da das Schmelzen des Eises und Schnees durch die Temperatur bedingt ist, so muß jene Erhöhung des Wasserstandes dem Gange der Temperatur proportional sein; dieses ist denn auch tatsächlich der Fall. Es ist die mittlere Monats-Temperatur auf dem

	St. Gotthard.	St. Bernhard.
Januar . . . . .	- 6,3 <sup>0</sup> R.	- 6,9 <sup>0</sup> R.
Februar . . . . .	- 7,1 „	- 6,1 „
März . . . . .	- 6,3 „	- 4,5 „
April . . . . .	- 2,7 „	- 2,1 „
Mai . . . . .	1,3 „	1,8 „
Juni . . . . .	4,8 „	3,9 „
Juli . . . . .	6,1 „	5,4 „
August . . . . .	6,1 „	5,4 „
September . . . . .	4,1 „	3,0 „
October . . . . .	- 0,4 „	- 0,4 „
November . . . . .	- 4,0 „	- 3,6 „
December . . . . .	- 5,9 „	- 5,7 „
Jahr . . . . .	- 0,8 „	- 0,8 „

Der jeweilige Stand des Wassers in einem Flusse oder Ströme ist immer durch die Menge des vorher in seinem Gebiete gefallenen Niederschlags bedingt. Bei der Veränderung dieses Wasserstandes kommt es aber sehr darauf an, ob der Niederschlag als Regen oder als Schnee herabkam. In den Gegenden, wo der Niederschlag nur in Form von Regen bekannt ist, ist die Veränderung im Wasserstande der Flüsse dem Grundwasser proportional. Der als Schnee herabkommende Niederschlag trägt erst dann zur Erhöhung des Wasserstandes im Flußbette bei, wenn er geschmolzen und damit zum Grundwasser geworden ist. Verfließt bis dahin, daß letzteres geschieht, kürzere oder längere Zeit, so wird auch die Zeit, welche zwischen dem Niederschlage und der durch ihn verursachten Erhöhung des Wasserstandes im Ströme liegt, kürzer oder länger sein. Da die mittlere Monatstemperatur in den Hochalpen im Winterhalbjahre vom October bis April unter dem Gefrierpunkte verharrt, so bleibt der während dieser Zeit herabkommende höchst bedeutende Niederschlag in der Regel an der Stelle liegen, wo er herabfiel, und trägt, auch wenn er noch so ergiebig ist, nichts oder wenig zur Erhöhung des periodischen Wasserstandes der Flüsse bei; letzteres

ist erst dann der Fall, wenn er tropfbar-flüssig wird. In dem hier vorliegenden Falle ist also von der Temperatur die Veränderung des Wasserstandes des Stromes in viel größerem Maße abhängig, als von dem Quantum des Niederschlags. Die hier aufgestellten Sätze lassen sich auf höchst prägnante Weise an der durch Beobachtung festgestellten periodischen Veränderung des Niederschlags, der Temperatur und des Wasserstandes in der Schweiz nachweisen.

Nach den Daten, welche in der Schrift enthalten sind: „Mittel- und Hauptresultate aus den meteorologischen Beobachtungen in Basel von 1826 bis 1836, von P. Merian“, habe ich den mittlern Stand des Rheins bei der Rheinbrücke zu Basel berechnet. Das Ergebnis ist:

Mittlerer Rheinstand zu Basel, in neuem Schweizerischen Fuß, zu 0,3 Meter.

Monat.	Mittlerer Wasserstand.	Abweichung vom Mittel.
Januar .....	4,183	— 1,979
Februar .....	3,928	— 2,234
März .....	4,911	— 1,251
April .....	5,719	— 0,443
Mai .....	7,321	+ 1,159
Juni .....	8,630	+ 2,468
Juli .....	8,727	+ 2,565
August .....	7,721	+ 1,559
September .....	7,360	+ 1,198
October .....	5,617	— 0,545
November .....	5,094	— 1,068
December .....	4,763	— 1,399
Jahr .....	6,162	

Aus den zu Basel angestellten Beobachtungen ergibt sich:

Monat.	Höhe		Veränderung der Wassermenge.	Abweichung vom Mittel.
	des Niederschlags. Pariser Linien.	der Verdunstung.		
Januar ....	18,60''	5,52''	+ 13,08	+ 39,03
Februar ....	15,72	6,12	+ 22,68	+ 48,63
März .....	12,00	20,88	+ 13,80	+ 39,75
April .....	14,76	29,04	— 0,48	+ 25,47
Mai .....	18,12	35,88	— 18,24	+ 7,71
Juni .....	20,76	40,92	— 38,40	— 12,45
Juli .....	26,04	51,72	— 64,08	— 38,13
August .....	25,20	41,28	— 80,16	— 54,21
September ..	34,44	26,88	— 72,60	— 46,65
October ....	29,76	16,92	— 59,76	— 33,81
November ...	29,72	6,36	— 26,40	— 0,45
December ...	31,56	6,00	— 0,84	+ 25,11
Jahr .....	23,89''	23,96''	— 25,95	

Um auch für Basel den Verlauf der jährlichen periodischen Veränderung der Menge des Grundwassers, des Wasserstandes im Rhein und den Gang der Temperatur in den Hochalpen bequem vergleichen zu können, habe ich, nachdem die Zahlen, welche den Wasserstand und die Temperatur angeben, mit dem Grundwasser auf gleiche Einheit zurückgeführt sind — die periodische Veränderung der hier in Betracht kommenden Größen in Figur 5 ebenfalls graphisch dargestellt.

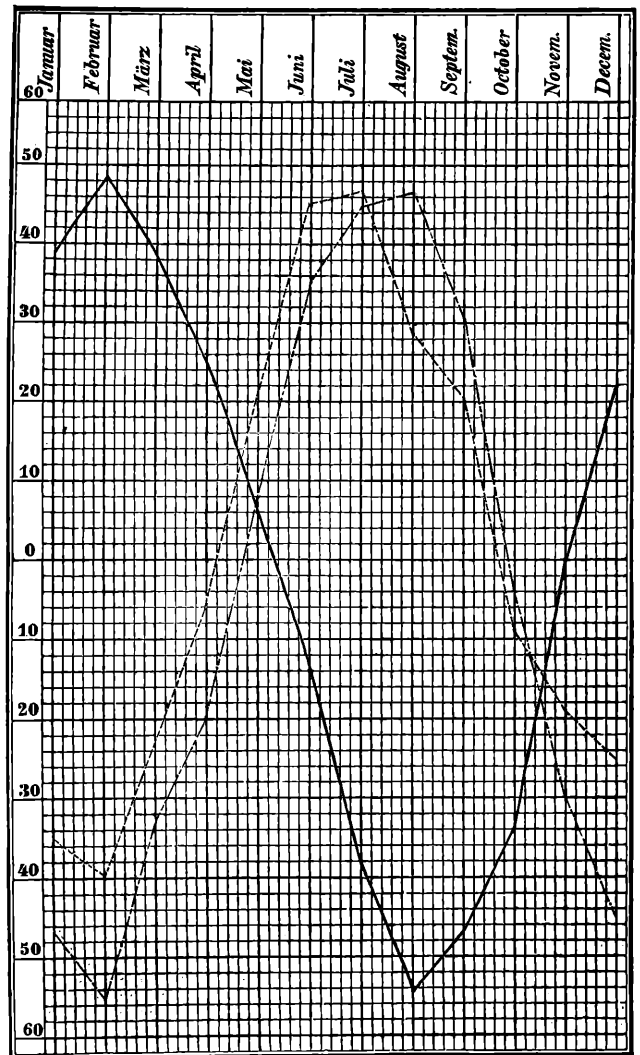
Die jährliche periodische Veränderung des Grundwassers in Folge der in und um Basel herabkommenden Niederschläge, stellt sich genau eben so wie an andern Orten heraus; die jährliche periodische Veränderung des Wasserstandes des Rheinstromes entspricht diesem aber nicht im geringsten.

Fig. 5.

Graphische Darstellung

der jährlichen periodischen Veränderung:

- 1) des Wasserstandes des Rheins bei Basel;
- 2) der Temperatur auf dem St. Gotthard;
- 3) des Grundwassers am Fuße der Alpen;



In den Hochalpen beträgt die Menge des Niederschlags, nach den Beobachtungen auf dem St. Bernhard in Pariser Linien:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
89,05	69,01	56,10	67,10	60,52	44,39
Juli	August	September	October	November	December
37,42	34,71	56,38	79,08	67,97	51,12

im Jahre 59,45 Pariser Zoll. Für Basel beträgt die Jahressumme nur 23,89 Pariser Zoll; letztere ist also dort  $2\frac{1}{2}$  Mal so groß als hier. Da nun dieser reichliche Niederschlag in den Hochalpen während der Wintermonate als Schnee liegen bleibt, und nur in dem Maße wie er aufthaut zur Erhöhung des Wasserstandes im Rheinbette beiträgt, die Schneeschmelze aber durch die Temperatur bedingt ist, so ist es ganz

natürlich, daß, wie Figur 5 zeigt, die Aenderung des Wasserstandes im Oberlaufe des Rheins dem Gange der Temperatur in der höhern Alpenregion genau proportional ist.

Im Mittel- und Unterlaufe des Rheins muß die jährliche periodische Aenderung des Wasserstandes sich immer mehr der des Grundwassers nähern und zuletzt damit übereinstimmen. Das Uebergewicht nämlich, welches das Glätschertwasser über das Grundwasser am Fuße der Alpen hat, wird weiter stromabwärts mit jedem in den Rhein mündenden wasserreichen Nebenflusse immer mehr herabgedrückt.