

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im Deutschen Rheingebiet

Auf Veranlassung der Reichskommission zur Untersuchung der Stromverhältnisse des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse und auf Grund der von den Wasserbaubehörden der Rheingebietsstaaten gelieferten Aufzeichnungen

Die Anschwellungen im Rhein, ihre Fortpflanzung im Strome nach Mass und Zeit unter Einwirkung der Nebenflüsse

Tein, Maximilian von

1897

Zeitfolge gleichwerthiger Rheinstände

[urn:nbn:de:bsz:31-39076](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-39076)

Sind auch die zur Feststellung der Höhenbeziehungen in Tabelle IV verwendeten gleichwerthigen Rheinstände besonders mit Rücksicht auf ihre Zuverlässigkeit ausgewählt, so reicht doch die Zahl der Beobachtungen noch keineswegs hin, um das daraus abgeleitete Höhenverhältniss in allen Theilen als zutreffend erscheinen zu lassen. Namentlich für die Beziehungen zwischen den hohen Rheinständen liefern die Diagramme mangels entsprechend zahlreicher direkter Beobachtungen bei den nothwendigen Interpolationen noch theilweise unsichere Werthe. Die betreffenden Diagramme können aber erst mit der Vermehrung des Beobachtungsmateriales berichtigt werden.

Die vorstehend entwickelten Beziehungen zwischen den Höhen gleichwerthiger Rheinstände sind aus Beharrungswasserständen (Maxima und Minima) abgeleitet und haben daher ohne Weiteres auch nur für diese Zustände der Wasserstandsbeziehung Geltung. Es ist bei der Stetigkeit der Abflussercheinung zwar anzunehmen, dass die Höhen gleichwerthiger Rheinstände im Steigen und Fallen in einem ähnlichen Verhältnisse stehen, wie es sich für die Scheitelstände ergeben hat, allein der Beweis für die Richtigkeit der Annahme könnte nur erbracht werden, wenn die Wasserstände im Steigen und Fallen ebenso erfassbar und durch eine bestimmte Stromstrecke verfolgbar wären, wie jene Beharrungswasserstände, wenn man deren Höhenverhältniss ebenso ableiten könnte, wie es im Vorausgehenden für Beharrungswasserstände geschehen ist. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Zwar stellen sich im Steigen oder Fallen zeitweise Unterbrechungen in der Stetigkeit der Bewegung, nämlich Uebergänge vom langsamen Steigen oder Fallen in rasches Steigen beziehungsweise Fallen, oder umgekehrt, ein, welche sich, sofern sie nur genügend stark ausgeprägt sind, ebenso durch eine mehr und minder lange Stromstrecke verfolgen lassen, wie Scheitelbildungen und damit Anhaltspunkte für die Feststellung des Höhenverhältnisses korrespondirender Erscheinungen der Wasserstandsbeziehung im Steigen und Fallen abgeben können. Allein derartige Unterbrechungen im stetigen Steigen oder Fallen (Unstetigkeiten) müssen, wie bemerkt, schon ziemlich bedeutend sein, wenn sie auf eine längere Stromstrecke hin sicher feststellbar sein sollen, und dann erscheint es fraglich, ob das Höhenverhältniss genügend stark ausgeprägter Unstetigkeiten in der That dem der Wasserstände im stetigen Verlaufe entspricht. Immerhin kann durch Feststellung derartiger korrespondirender Unstetigkeiten wenigstens der Sinn der zu erwartenden Aenderung des Höhendigrammes erhalten werden, wenn auch auf das Mass derselben kein sicherer Schluss gezogen werden kann.

Innerhalb der für solche Feststellungen besonders geeigneten, weil geschlossenen Stromstrecke Waldshut-Basel, mit festem Bett und meist lebhafter Wasserstandsbeziehung ohne bedeutendere Nebenflüsse, ist es denn auch gelungen, vereinzelte Fälle korrespondirender Unstetigkeiten zu verfolgen; es hat sich gezeigt, dass

das bei Beharrungszuständen sich einstellende Höhenverhältniss ohne wesentliche Abweichung auch bei Wasserständen im langsamen Steigen und Fallen fortbesteht, bei stürmischer Bewegung aber eine Aenderung eintritt, derart, dass die an der unteren Station korrespondirenden Stände im Steigen grösser, im Fallen kleiner werden als im Beharrungszustand; doch hat — wenigstens in den hier beobachteten Fällen — die Abweichung, selbst bei einem Steigen von 8—10 hcm (Centimeter in der Stunde) den Betrag von 10 cm nicht überschritten.

Bei den folgenden Untersuchungen dürfen daher die für Beharrungswasserstände gefundenen Höhenverhältnisse auf Stände im Steigen und Fallen unter Zulassung eines voraussichtlich mit der Geschwindigkeit der Zu- oder Abnahme des Wasserstandes wachsenden, jedenfalls aber nur kleinen Fehlers übertragen werden; auf Wasserstände in mässig raschem Steigen und Fallen aber trifft das früher gewonnene Höhenverhältniss vollkommen zu, wie an späterer Stelle noch weiter begründet werden soll.

Zeitfolge gleichwerthiger Rheinstände. Für die Ermittlung der Zeitfolge — des Intervalls zwischen den Eintrittszeiten gleichwerthiger Rheinstände an zwei aufeinanderfolgenden Stationen — liegt vorerst nur das in Tabelle III mitgetheilte Beobachtungsmaterial über die Eintrittszeiten von Beharrungswasserständen und Scheitel von Anschwellungen vor; über gleichwerthige Zwischenstände (im Steigen und Fallen) sind zuverlässige Beobachtungen aus schon angegebenen Gründen nicht nachzuweisen.

Das Ergebniss der folgenden Ermittlung wird daher im Grunde genommen nur die Zeitfolge der Beharrungswasserstände (Maxima und Minima) darstellen. Indes hat die schon oben erwähnte Untersuchung des Verhaltens korrespondirender Unstetigkeiten im Ablaufe von Rheinwellen zwischen Waldshut und Basel Anhaltspunkte dafür gegeben, dass die Zeitfolge von Zwischenständen von der Zeitfolge gleich hoher Wellenscheitel sich nur im Fallen der Welle erheblicher unterscheidet, dass hiernach die für Beharrungsstände u. s. w. sich ergebenden Zeitfolgebeträge jedenfalls auf Wasserstände im Steigen übertragen werden dürfen, ohne bedeutendere Fehler befürchten zu müssen.

Von den in Tabelle III zusammengestellten Zeitbeobachtungen können bei den folgenden Untersuchungen selbstverständlich nur die zeitlich sicher bestimmten verwendet werden. Die Sicherheit, mit welcher der zeitliche Eintritt bestimmter Rheinstände, hier also insbesondere der Maxima und Minima der Anschwellungen an aufeinanderfolgenden Stationen festgestellt werden kann, hängt zunächst selbstverständlich von der Grösse der Zeitintervalle zwischen den einzelnen Wasserstandsbeobachtungen, sodann aber von der Form der Scheitelbildung ab, da der Zeitpunkt des Scheiteleintrittes schärfer bei

spitzen Wellen als bei flachen Kuppen, der Augenblick des Abschlusses längerer Beharrungszustände sicherer bei schroffem als bei allmählichem Uebergange vom Beharrungszustande zum Steigen bestimmt werden kann.

Soweit das Beobachtungsintervall in Betracht kommt, kann der bei der Feststellung der Zeitfolge eines Scheitels oder niedrigen Beharrungszustandes zu erwartende Fehler erfahrungsmässig annähernd die Grösse des Mittelwerthes der Beobachtungsintervalle an den beiden Stationen erreichen. Da nun für die im Folgenden festzustellenden Zeitbeträge mit Rücksicht auf die hieran zu knüpfenden Folgerungen im Allgemeinen keine grösseren Fehler als solche von 2 Stunden zugelassen sein sollen, so dürfen auch die Beobachtungsintervalle an den in Betracht kommenden Stationen zwei Stunden nicht überschreiten; damit fallen aber von den Zeitbeobachtungen der in der Tabelle III zusammengestellten Rheinstände zunächst jene über die Beharrungswasserstände und niedrigen Wellenscheitel (unter 370 cm Wht) grösstentheils fort; es verbleiben nur die Aufzeichnungen der Registrirstationen Waldshut, Kehl und Maxau, denen für die Zwecke der hier in Betracht kommenden Zeitbestimmungen noch die Beobachtungen zu Mannheim angefügt werden sollen. Da sich aber selbst für die genannten vier Stationen wegen des kurzen Bestandes der Registrireinrichtung und der geringen Zahl von länger dauernden Beharrungswasserständen im Rhein und in den Nebenflüssen seit dieser Zeit, das Ergebniss der Zeitbestimmung noch als unsicher erweist, so soll das Beobachtungsmaterial weiter durch Aufnahme der Zeitfolgebestimmungen einiger, zwischen Waldshut und Maxau bzw. Mannheim zuverlässig verfolgbarer sekundärer Maxima und Minima ergänzt werden; dabei dürfte die untere Höhengrenze der Rheinstände, für welche bis jetzt die Zeitdauer des Vorrückens hinreichend sicher festgestellt werden kann, bei etwa 180 cm Wht liegen; bei kleineren Wasserständen wird offenbar durch die veränderliche Sohlengestaltung in der Stromstrecke unterhalb Hünningen mit dem Verlaufe der Wasserstands-bewegung überhaupt zugleich das Vorrücken der Wellenscheitel wechselnd beeinflusst.

Zufolge der Beschränkung des zulässigen Beobachtungsmaterials auf zweistündliche und genauere Aufzeichnungen kommt auch ein erheblicher Theil der Beobachtungen über das zeitliche Vorrücken der Maxima grösserer Anschwellungen (über 370 cm Wht) in Wegfall, wodurch diese Beobachtungsreihen ebenfalls lückenhaft werden und nur mehr vereinzelt eine grössere Zahl, nur in zwei Fällen die sämtlichen in Betracht kommenden Rheinstationen umfassen. Grössere Lücken ergeben sich namentlich für die Stationen des Stromabschnittes unterhalb Coblenz, an denen der Verlauf der Wasserstands-bewegung zur Zeit höherer Rheinanschwellungen zwar meist durch zweistündliche oder genauere Beobachtungen festgelegt ist, aber gleichwohl eine Bestimmung der Eintrittszeit der Maxima wegen der flachen Scheitelbildung der Wellen in der Regel nicht mit der nothwendigen Sicherheit ausgeführt werden kann. Hier, wie

auch in den übrigen Stromabschnitten, sollen aber bei Unterbrechungen in den Beobachtungsreihen durch Ausfall der einen oder anderen Station die Zeitfolgebeträge dann für die durch die Nachbarstationen begrenzte längere Stromstrecke festgestellt werden; auch sollen ausser den schon erwähnten einschlägigen Zeitbeobachtungen von Mannheim, jene von Rheinau, Bingen und Düsseldorf mitverwendet werden, um damit eine erhöhte Bürgschaft für die Zuverlässigkeit der Zeitfolgebestimmung innerhalb der verhältnissmässig langen Stromstrecken Hünningen-Kehl, Mainz-Caub und Cöln-Orsoy zu erzielen. Bei der Mitverwendung der Zeitbeobachtungen jener Zwischenstationen wird vorausgesetzt, dass Rheinstände, die beispielsweise in Hünningen und Kehl gleichwerthig sind, auch in Hünningen und Rheinau bzw. in Rheinau und Kehl als gleichwerthig bezeichnet werden dürfen. Höhere Rheinwellen, welche bei gleichzeitig niedrigem Stande der Nebenflüsse den ganzen Rheinlauf von Waldshut bis Emmerich durchlaufen hätten, als jene von 1876 VI mit 667 cm Wht sind bezüglich ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge seither nicht beobachtet; dagegen liegen für einige grosse Hochwasserwellen, die in der Stromstrecke unterhalb der Moselmündung — von Andernach ab — bei verhältnissmässig niedrigem Stande der Sieg, Ruhr und Lippe zum Ablauf gekommen sind, deren Höhen also innerhalb der genannten Strecke als gleichwerthig betrachtet werden dürfen, genaue Zeitbestimmungen vor.

Ungeachtet der oben genannten Ergänzungen bleibt das Beobachtungsmaterial für die Feststellung der zeitlichen Aufeinanderfolge gleichwerthiger Rheinstände grösserentheils lückenhaft, und in ausgedehnterem Masse als bei der Feststellung der Höhen dieser Rheinstände werden bei der Bestimmung von deren Zeitfolge fehlende oder bis jetzt nicht durch einwandfreie Beobachtungen nachgewiesene Zeitbeträge aus den vorhandenen Aufzeichnungen durch Interpolation herzuleiten sein. Um eine solche Interpolation zu ermöglichen, muss selbstverständlich das Gesetz bekannt sein, nach welchem sich die Zeitfolge der betreffenden Rheinstände ändert.

Gegenstand der folgenden Untersuchungen wird es daher bilden, aus dem Beobachtungsmaterial zunächst die Zeitfolgebeträge selbst herzuleiten und hierauf deren Aenderungsgesetz zu entwickeln. Die schon in Tabelle II und III durchgeführte Anordnung des Beobachtungsmaterials nach der Stationirung des Stromes mit dem Ausgangsorte Waldshut sowie nach der Wasserhöhe soll beibehalten bleiben; sie wird für die Untersuchung des Aenderungsgesetzes zweckmässig sein, da die Zeitfolge — wie eine Durchsicht des Beobachtungsmaterials lehrt — nicht nur mit wachsender Entfernung der in Betracht kommenden Stationen, sondern auch mit der zunehmenden Rheinhöhe eine andere wird.

In der nachstehenden Uebersicht des Beobachtungsmaterials finden sich die genauen Zeitangaben durch kräftigen Druck und die als »sicher« zu bezeichnenden durch beigesetzte * hervorgehoben.

Beobachtet		Waldshut			Zeit- unter- schied	Hünigen			Zeit- unter- schied	Rheinau			Zeit- unter- schied	Kehl			Zeit- unter- schied	
		Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			
Jahr	Monat	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	
1891	XI	148*	8	10 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	190*	9	8 p-	—	
			9	12 a										22	10	11 a		
1891	III	150*	25	8 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	198*	26	12 a-	—
				9 p										20		5 p		
1892	XI	172*	25	2 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	209*	26	10 a-	—
				3 p										25		4 p		
1894	IV	174*	27	3 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	185	28	1 a-	—
				12 a										18		6 a		
1893	IX	181*	21	6 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	207*	22	1 a-	—
				11 a										19		6 a		
1893	IX	181*	3	6 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	222*	3	12 p-	—
				7 a										19		4	2 a	
1890	IV	187*	19	5 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	233*	19	12 p-	—
				7 a										19		20	2 a	
1890	IV	188*	18	3 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	234*	18	12 p-	—
				6 a										23		19	5 a	
1893	VI	190*	18	9 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	214*	19	6 p-	—
				7 a										21		20	4 a	
1893	V	190*	18	5 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	214*	19	3 a-	—
				7 a										23		6 a		
1890	IV	190*	17	1 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	235*	17	10 p-	—
				3 a										21		12 p		
1890	IV	196*	17	8 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	238*	18	7 a-	—
				1 p										22		11 a		
1890	IV	196*	18	4 p	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	238*	19	1 p-	—
														22		2 p		
1893	VI	197*	16	4 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	223*	17	1 a-	—
				7 a										24		7 a		
1891	IV	197*	22	2 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	250*	22	10 p-	—
				3 a										21		12 p		
1891	IV	198*	23	3 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	251*	23	10 p-	—
				4 a										21		24	1 a	
1890	IV	199*	16	11 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	239*	17	8 a-	—
				4 p										20		12 a		
1893	IX	220*	10	3 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	230*	10	11 p-	—
				4 a										24		11	4 a	
1891	IV	232*	25	9 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	270*	26	4 p-	—
				10 p										23		9 p		
1891	X	234*	3	11 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	276*	4	7 p-	—
				2 a										19		9 p		
1892	IX	242*	21	7 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	276*	22	5 a-	—
				4 p										20		12 a		
1892	VIII	259*	26	12 a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	283*	27	9 a-	—
														25		1 p		
1893	VI	262*	6	11 p-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	270*	7	12 p-	—
				4 a										23		8	3 a	
1893	V	268*	25	7 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22	269*	26	5 a-	—
				9 a										23		8 a		
1892	IX	272*	25	1 a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	308*	25	8 p-	—
														21		10 p		
1892	IX	292*	10	8 p	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	314*	11	5 p-	—
														23		7 p		
1892	IX	328*	6	8 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26	338*	7	10 a-	—
				12 a										26		2 p		
1891	VII	356*	25	4 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	372*	26	3 a-	—
				6 a										28		10 a		
1892	VI	366*	7	11 a-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	398*	8	2 p-	—
				3 p										27		6 p		

(Fortsetzung auf Seite 36.)

V.

Gamsheim			Zeit- unter- schied	Maxau			Zeit- unter- schied	Speyer			Zeit- unter- schied	Mannheim			Zeit- unter- schied	Frankenthal			Zeit- unter- schied
Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit		
cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.
—	—	—	für Kl.-Mx. 9	300*	10	5 a—	—	—	—	—	für Mx.-Mhm. 8	254*	10	1 p—	Eintritt } des Beharrungs- Ende } zustandes	—	—	—	—
—	—	—	12	—	—	11 p	—	—	—	—	5	—	11	4 a		—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 17	268*	27	5 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—	8 a	—	—	—	—	—
—	—	—	8	311*	28	9 a—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	9	—	—	3 p	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	10	316*	22	11 a—	—	—	—	—	9	267*	22	8 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	16	—	23	8 a	—	—	—	—	4	—	23	12 a	—	—	—	—	—
—	—	—	9	320*	4	9 a—	—	—	—	—	9	270*	4	6 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	9	—	—	11 a	—	—	—	—	14	—	5	1 a	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	12	329*	20	6 a—	—	—	—	—	8	286*	20	2 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	10	—	—	2 p	—	—	—	—	10	—	—	12 p	—	—	—	—	—
—	—	—	8	331*	19	11 a—	—	—	—	—	7	293*	19	6 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	7	—	—	1 p	—	—	—	—	13	—	20	2 a	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	11	360*	24	9 a—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	9	—	—	10 a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	15	344*	11	2 p—	—	—	—	—	12	294*	12	2 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	12	—	—	4 p	—	—	—	—	13	—	—	5 a	—	—	—	—	—
—	—	—	11	381*	27	3 a—	—	—	—	—	20	360*	27	11 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	9	—	—	6 a	—	—	—	—	20	—	28	2 a	—	—	—	—	—
—	—	—	10	396*	5	5 a—	—	—	—	—	19	377*	5	12 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	14	—	—	11 a	—	—	—	—	16	—	6	3 a	—	—	—	—	—
—	—	—	13	391	22	6 p	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 26	355*	23	7 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29	—	—	5 p	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 26	370*	28	11 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29	—	—	6 p	—	—	—	—	—
—	—	—	13	394*	8	1/2 p—	—	—	—	—	15	354*	9	4 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	14	—	—	4 1/2 p	—	—	—	—	18	—	—	11 a	—	—	—	—	—
—	—	—	14	394*	26	6 1/2 p—	—	—	—	—	19	359*	27	2 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	16	—	—	11 1/2 p	—	—	—	—	21	—	—	9 p	—	—	—	—	—
—	—	—	16	421	26	12 a	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 29	385*	27	1 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	—	4 a	—	—	—	—	—
—	—	—	13	440	12	6 a	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 29	412*	12	10 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	—	13	2 a	—	—	—	—	—
—	—	—	20	461	8	6 a	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 34	433*	8	8 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	—	—	12 p	—	—	—	—	—
—	—	—	15	503	26	6 p	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 43	521*	27	10 p—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39	—	28	1 a	—	—	—	—	—
—	—	—	22	529	9	12 a—	—	—	—	—	für Kl.-Mhm. 37	524*	10	3 a—	—	—	—	—	—
—	—	—	24	—	—	6 p	—	—	—	—	39	—	—	9 a	—	—	—	—	—

Für Frankenthal und die Folgestationen fehlen die entsprechenden genauen Zeitbestimmungen.

(Fortsetzung auf Seite 37.)

(Fortsetzung von Seite 34.)

Beobachtet		Waldshut			Zeit- unter- schied	Hünigen			Zeit- unter- schied	Rheinau			Zeit- unter- schied	Kehl			Zeit- unter- schied
		Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit		
Jahr	Monat	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.
1894	V	373*	27	10a- 12a	für Wht- Hgn. 5	396*	27	3p	für Hgn.- Rhn. 11	425*	28	2a	für Rhn.- Kl. 8	364*	28	10a- 2p	für Kl.- Gbm. 2
1890	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	IX	381*	6	3p- 7p	7	394	6	10p	17	393*	7	3p	10	380*	8	1a- 4a	?
1887	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VI	408*	17	3a- 8a	7	423	17	10a	18	460	18	4a	8	438*	18	12a- 7p	15
1886	XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1890	IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VII	440*	22	2p	6	453	22	8p	17	464*	23	1p	10	445*	23 24	11p- 1a	3
1888	VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1887	II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	IX	481*	3	2 ¹ / ₂ a- 5a	4	502	3	6a	28	485*	4	10a	11	480*	4 5	9p- 1a	9
1891	VII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	VIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1889	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1890	IX	518*	2	1p- 5p	7	552	2	8p	12	554	3	8a	24	555*	4	8a- 10a	5
1892	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1889	VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1881	IX	630	2	12p	6	749	3	6a	24	607	4	6a	15	662*	4	9p	9
1888	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1852	IX	634	18	12a?	(5)	799*	18	11a	28	557*	19	3p	—	—	—	—	—
1887	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1876	VI	667	12	12p	4	789*	13	4a	20	588*	13	12p	30	670	15	6a- 12a	9
1886	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1887	VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1887	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1882	XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

V.

(Fortsetzung von Seite 35.)

Gamsheim			Zeit- unter- schied	Maxau			Zeit- unter- schied	Speyer			Zeit- unter- schied	Mannheim			Zeit- unter- schied	Frankenthal			Zeit- unter- schied
Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit		
cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.	cm	Tag	Stde.	Stdn.
395*	28	11 1/2 a	für Gbm.- Mx. 17	504*	29	5 a - 7 a	für Mx.- Spr. 13	507	29	6 p	für Spr.- Mhm 9	482*	30	3 a - 9 a	für Mhm.- Fth. —	—	—	—	für Fth.- Mz. —
—	—	—	—	506*	26	1 a	17	508	26	6 p	—	—	—	—	—	—	—	—	—
406	für Kl.-Mx. 7	12 p	17	520*	8	6 p	12	520	9	6 a	8	513*	9	2 p - 5 p	—	—	—	—	—
—	—	—	—	551*	13	4 a	11	555*	13	3 p	8	548*	13	11 p	?	553*	13	9 p	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
455*	24	2 a	15	579*	24	5 p - 9 p	18	580	25	11 a	3	567*	25	2 p	?	für Mhm.-Mz. 561	25	12 a	16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
484	5	6 a	13	600*	5	7 1/2 p - 11 1/2 p	13	615*	6	8 1/2 a	7	616*	6	3 1/2 p - 5 3/4 p	3	601	6	6 p	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
562*	4	1 p	23	713*	5	12 a - 6 p	21	738*	6	9 a	8	742*	6	5 p - 1 a	3	715	6	8 p	16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	745	8	7 a	9	744*	8	4 p	2	717	8	6 p	24
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	576	28	5 a	25
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	691	18	6 a	24
647	5	6 a	22	789	6	4 a	30	815	7	10 a	15	832*	8	1 a	0	783	8	1 a	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
607*	20	1 p	23	798	21	12 a	30	845	22	6 p	18	856	23	12 a	6	810	23	6 p	36
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
647*	15	3 p	21	795	16	12 a - 12 p	34	835	17	10 p	8	868	18	6 a	0	827	18	6 a	42
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	712	7	4 a	18
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(Fortsetzung auf Seite 38.)

Beobachtet		Zeit- unter- schied	Mainz			Zeit- unter- schied	Bingen			Zeit- unter- schied	Caub			Zeit- unter- schied	Andernach		
Jahr	Monat		Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit			Höhe	Eintrittszeit	
		Std.	cm	Tag	Stde.	Std.	cm	Tag	Stde.	Std.	cm	Tag	Stde.	Std.	cm	Tag	Stde.
		für Fth.- Mz.				für Mz.- Bgn.				für Bgn.- Cb.				für Cb.- And.			
1894	V	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1890	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	IX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1887	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1886	XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1890	IV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VII	16	244	26	6 a	4	283	26	10 a	2	326	26	12 a	—	—	—	—
1888	VI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1887	II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	IX	12	273	7	6 a	4	309	7	10 a	8	358	7	6 p	0	402	7	6 p
1891	VII	—	339	12	6 p	0	304	12	6 p	0	440	12	6 p	—	—	—	—
1888	VIII	—	368	8	8 p	6	395	9	2 a	4	473	9	6 a	—	—	—	—
1889	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	413	17	12 p
1890	IX	16	355	7	12 a	?	386	7	10 a	6	467	7	6 p	4	496*	7	10 p
1892	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	X	24	360	9	6 p	0	389	9	6 p	6	466	9	12 p	—	—	—	—
1892	X	25	256	29	6 a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	525	29	6 p
1889	VI	24	338	19	6 a	0	373	19	6 a	6	443	19	12 a	?	543*	19	8 a
1881	IX	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1852	IX	36	375	25	6 a	1	425	25	7 a	—	—	—	für Bgn.-And.	5	555	25	12 a
1887	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1876	VI	42	415	19	12 p	12	458	20	12 a	—	—	—	für Bgn.-And.	0	566	20	12 a
1886	XII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1887	VI	18	357	7	10 p	—	—	—	—	—	—	—	—	—	635*	7	4 a
1888	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	716*	14	2 a
1887	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	696*	3	10 a
1882	XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1040*	28	4 p

(Fortsetzung von Seite 37.)

Von den in der Tabelle V für die einzelnen Theilstrecken des Stromes nachgewiesenen Zeitbeträgen, sollen nun die zuverlässig bestimmten, durch * ausgezeichneten, so zusammengefasst werden, dass die Zeitfolge ab Waldshut daraus hervorgeht, wobei in einzelnen Fällen unvollständiger, erst mit einer Zwischenstation beginnender Beobachtungsreihen der für die Strecke von Waldshut

bis zur Zwischenstation fehlende Zeitbetrag interpoliert werden muss, worüber S. 42 Näheres sich angegeben findet. Bei einigen mit Andernach beginnenden Reihen ist auch die Interpolation nicht ausführbar, sodass die Zeitfolge nur ab Andernach abgeleitet werden kann. Das Ergebniss der Zusammenfassung findet sich in der nachstehenden Tabelle VI verzeichnet.

Tabelle VI.

Anfangsstation				Folgestationen und deren Entfernung (S) von der Anfangsstation in km																
Nach Beobachtung von			Höhe (H) am Pegel in cm	Hünigen	Rheinau	Kehl	Gambsheim	Maxau	Speyer	Mannheim	Frankenthal	Mainz	Bingen	Caub	Andernach	Bonn	Cöln	Düsseldorf	Orsoy	Emmerich
Jahr	Monat	Tag		Hünigen	Rheinau	Kehl	Gambsheim	Maxau	Speyer	Mannheim	Frankenthal	Mainz	Bingen	Caub	Andernach	Bonn	Cöln	Düsseldorf	Orsoy	Emmerich
Waldshut				65	157	189	204	257	296	320	327	393	423	440	507	547	580	636	684	743
				Zeitfolge (T) ab Waldshut in Stunden:																
1891	XI	8	148	—	—	22	—	31	—	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	III	25	150	—	—	16	—	—	—	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	XI	25	172	—	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1894	IV	27	174	—	—	22	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1893	IX	21	181	—	—	19	—	29	—	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1890	IV	19	187	—	—	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1893	VI	18	190	—	—	21	—	33	—	41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1890	IV	18	196	—	—	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	IV	23	198	—	—	19	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1893	IX	10	220	—	—	20	—	35	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	X	3	234	—	—	20	—	30	—	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	IX	21	242	—	—	22	—	35	—	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VIII	26	259	—	—	21	—	—	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1893	VI	6	262	—	—	25	—	38	—	53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1893	V	25	268	—	—	22	—	36	—	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	IX	25	272	—	—	19	—	35	—	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	IX	10	292	—	—	21	—	34	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	IX	6	328	—	—	26	—	46	—	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	VII	25	356	—	—	23	—	38	—	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VI	7	366	—	—	27	—	49	—	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1894	V	27	373	5	16	24	26	43	56	65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1891	IX	6	381	7	24	34	—	51	63	71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VI	17	408	7	25	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1892	VII	22	440	6	23	33	36	51	69	72	88	92	94	—	—	—	—	—	—	—
1888	IX	3	481	4	32	43	52	65	78	85	88	100	104	112	112	116	128	136	136	154
1890	IX	2	518	7	19	43	48	71	92	100	103	119	—	125	129	—	—	—	—	—
1887	VI	.	(571)	—	—	—	—	—	—	—	101	119	—	—	—	—	—	—	—	—
1888	X	.	(572)	—	—	—	—	—	91	100	102	126	126	132	—	—	—	—	—	—
1888	VIII	.	(584)	—	—	—	—	—	—	—	—	126	132	136	—	—	—	—	—	—
1881	IX	2	630	6	30	45	54	76	106	121	121	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1852	IX	18	634	(5)	33	—	61	84	114	132	138	174	175	—	180	—	—	—	—	—
1876	VI	12	667	4	24	54	63	84	118	126	126	168	180	—	180	204	204	204	—	228
Andernach				—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	73	129	177	236
				Zeitfolge (T) ab Andernach in Stunden:																
1889	VI	19	543	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	8	18	22	30
1887	VI	7	635	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	14	26	42
1892	I	3	696	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	20	28	46

Das Gesetz der Aenderung der Zeitfolge mit der Entfernung von der Anfangsstation und mit dem Wasserstande lässt sich auf Grund der Zahlenreihen (Tabelle VI) allein nicht genauer bestimmen; hierzu bedarf es besonderer Untersuchung, bei der zweckmässig das graphische Verfahren mitbenützt wird.

Da sich der Betrag der Zeitfolge gleichzeitig als abhängig veränderlich von zwei Faktoren, von der durchlaufenen Stromlänge und der Wasserhöhe darstellt, so wird die partielle Aenderung nach jeder Richtung bekanntlich erhalten, indem man jeweils einem der Faktoren bestimmte konstante Werthe beilegt und die Aenderungen verfolgt, welche die Zeitbeträge erfahren, wenn nun der andere Faktor seine Werthe ändert. Graphisch lässt sich dieses Verfahren so darstellen, dass man in einem rechtwinkligen, räumlichen Koordinatensystem in der einen Richtung die Ortsentfernungen von der Anfangsstation, in der anderen die Wasserhöhen, in der dritten die an den verschiedenen Orten und bei den verschiedenen Wasserhöhen beobachteten Zeitfolgebeträge in entsprechenden Masseinheiten als Koordinaten aufträgt und sodann die durch den Schnitt zusammengehöriger Koordinaten entstehenden Punkte durch zwei Schaaen Linienzüge so verbindet, dass durch jeden Linienzug der einen Schaar das Gesetz der Aenderung der Zeitfolge eines Wasserstandes von bestimmter Höhe mit dem Wechsel des Ortes, durch jeden Linienzug der anderen Schaar aber die Aenderung der Zeitfolge eines Wasserstandes von wechselnder Höhe für ein und denselben Ort zum Ausdruck kommt.

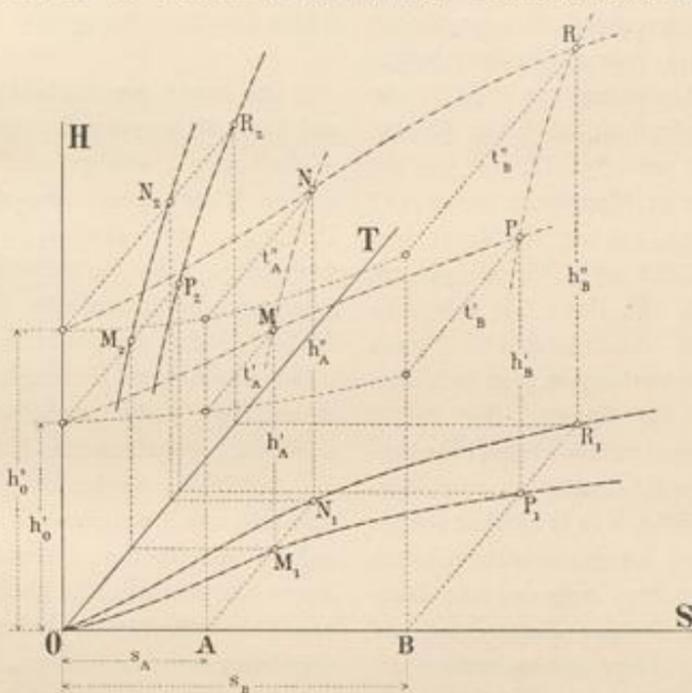
Seien beispielsweise, mit Bezug auf die nebenstehende Figur, OS, OH und OT die drei aufeinander senkrechten Koordinaten-Richtungen für die Ortsentfernungen (s), die Höhen (h) und die Zeitfolgebeträge (t) mit O als Anfangspunkt, ferner A und B zwei unmittelbar benachbarte, um s_A bzw. s_B von O entfernte Orte, h'_0 und h''_0 zwei verschiedene, zu O beobachtete Wasserhöhen, denen zu A die Höhen h'_A und h''_A , zu B die Höhen h'_B und h''_B gleichwerthig sein sollen. Die den bezeichneten Höhen und Entfernungen entsprechenden Zeitfolgebeträge seien und zwar für den Ort A bei der kleineren Höhe t'_A , bei der grösseren t''_A und ähnlich für den Ort B bei der kleineren Höhe t'_B , bei der grösseren t''_B . Durch die jeweils zusammengehörigen Werthe $s_A h'_A t'_A$, $s_A h''_A t''_A$, $s_B h'_B t'_B$, $s_B h''_B t''_B$ als Koordinaten werden die Punkte M bzw. N, P und R bestimmt. Verbindet man sodann die Punkte M und P, welche zwar verschiedenen Orten, aber gleichwerthigen Höhen an diesen entsprechen,

so stellt, da der gegenseitige Abstand der Punkte als klein vorausgesetzt ist, die Neigung der geraden Verbindungslinie gegen die auf der T Richtung senkrechten Ebene SOH das Aenderungsgesetz von t in der Zwischenstrecke zwischen M und P vor und analog die Neigung der Verbindungslinie N mit R gegen die Ebene SOH das Aenderungsgesetz von t in der Zwischenstrecke von N und R. Jede von h'_0 verschiedene Höhe liefert eine andere Verbindungslinie oder — bei grösserer Zahl der in Betracht kommenden Stationen einen anderen Linienzug. Verbindet man andererseits den Punkt M mit N, also zwei Punkte verschiedener Rheinhöhen an ein und demselben Orte A, so stellt die Neigung dieser Linie gegen die Ebene SOH das Aenderungsgesetz von t vor, sobald die Rheinhöhe an dem gleichen Orte zwischen den Werthen h'_A und h''_A oder, da diese Höhen zu h'_0 und h''_0 gleichwerthig sind, zwischen den letztgenannten Höhen variiert. Aehnlich stellt die Neigung der Linie PR das Aenderungsgesetz von t in B bei einer Variation der Höhen zwischen h'_B und h''_B , bzw. ebenfalls zwischen h'_0 und h''_0 vor. Die zweite Schaar von Verbindungslinien liefert daher eine graphische Darstellung der Variation des Zeitfolgebetrages an den Folgestationen im Falle, dass die Höhen an der Ausgangsstation sich ändern.

Die erste Linienschaar lässt sich, wie aus der Figur hervorgeht, in dem ebenen Koordinatennetz SOT darstellen, dessen Abscissen die Längen s, dessen Ordinaten die Zeitbeträge t bedeuten, wobei die Längentheilung für

sämtliche Linien gemeinschaftlich ist; die andere Linienschaar in dem ebenen Koordinatennetz HOT mit den Zeitbeträgen t als Abscissen, den Höhen h als Ordinaten wobei die gemeinschaftliche Höhentheilung die Rheinstände an der Ausgangsstation zur Darstellung bringt.

Auf der beigegebenen Tafel III sind nun die in Tabelle VI zusammengestellten Zeitfolgebeträge hinsichtlich der Aenderung nach den vorstehend bezeichneten beiden Richtungen graphisch dargestellt. Die Hauptfigur der Tafel behandelt den Wechsel der Zeitfolge gleichwerthiger Rheinstände mit der Entfernung des Beobachtungsortes von Waldshut. Als Abscissen sind die Entfernungen der in Betracht kommenden Rheinstationen — von Waldshut als Ausgangsort — im Verhältnisse 1 km = 0,5 mm aufgetragen und in den erhaltenen Theilpunkten normal zur ersten Richtung als Ordinaten die für jede Station berechneten Zeitbeträge, wobei 1 Stunde durch 1 mm Länge zur Darstellung gelangt. Die durch Abscissen und Ordinaten derart festgelegten



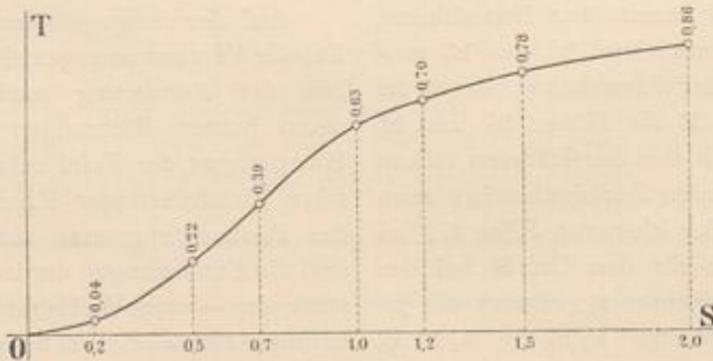
Punkte sind sodann nach Massgabe ihrer Gleichwerthigkeit geradlinig verbunden. Dadurch entsteht eine Schaar von doppelt (*s*-förmig) gekrümmten Linienzügen; denn der Zeituwachs für die Einheit der Weglänge ist im oberen Theile des Stromlaufes und zwar bis gegen Altbreisach verhältnissmässig gering, wächst aber von da ab — infolge der Profilvergrösserung und der gleichzeitigen Gefällabnahme bedeutend und nimmt erst unterhalb der Neckar-Mainmündung wegen der bei Bingen eintretenden Profileinschränkung und Gefällsteigerung wieder ab, um unterhalb Cöln wahrscheinlich auf's Neue zuzunehmen; indes lässt sich vorerst nur der Verlauf der Linienzüge für die Stromstrecke bis zur Moselmündung genügend sicher festlegen. Die nicht von Waldshut, sondern erst von einer der Folgestationen ab verfügbaren Reihen gleichwerthiger Rheinstände sind, ihrer Höhe entsprechend, an einer passenden Anschlussstation eingeschaltet, sofern eine Interpolation möglich gewesen ist. So schliesst der Linienzug, darstellend den zeitlichen Verlauf des bei Maxau 798 cm hohen Wellenscheitels von 1852 IX, daselbst an den Linienzug von 1876 VI an, der in Maxau 795 cm erreicht hat; so 1889 VI mit 543 cm in Andernach daselbst an 1852 IX mit 555 cm And., ferner 1888 X mit 744 cm in Mannheim an 1890 IX mit 742 cm Mhm., 1888 VIII mit 368 cm in Mainz hier an 1888 X mit 360 cm Mz, endlich 1887 VI mit 357 cm Mainz an 1890 IX mit 355 cm Mz; dabei ist der erstgenannte Linienzug über die Anschlussstelle Maxau hinaus rückwärts bis Gamsheim verlängert, der in Mannheim angeknüpfte, rückwärts bis Speyer, der zuletzt erwähnte, in Mainz angeschlossene, rückwärts bis Frankenthal. Bei zwei besonders hohen Rheinständen zu Andernach, für welche gleichwerthige Höhen zu Waldshut seither noch nicht beobachtet sind, ist ein Anschluss nicht möglich gewesen; die verbindenden Linienzüge befinden sich daher ausser Zusammenhang mit der übrigen Darstellung und geben nur die Zunahme der Zeitfolge ab Andernach an.

Die Nebenfigur auf Tafel III betrifft die Variation der Zeitfolge mit dem Wasserstand, indes nur an den 3 Stationen Kehl, Maxau und Mannheim, für die vorerst allein genügendes Beobachtungsmaterial zu einer derartig diffizilen Untersuchung vorhanden ist. Die Theilung in senkrechter Richtung soll die Skala des Pegels zu Waldshut (10 cm = 1 mm) darstellen. Die nach Maassgabe von Tabelle VI zu den verschiedenen Wasserhöhen Waldshut gefundenen Zeitbeträge für die Aufeinanderfolge der gleichwerthigen Stände in Kehl, Maxau und Mannheim sind — 1 Stunde = 1 mm Länge — in den betreffenden Theilpunkten normal auf die Höhenskala, also horizontal, aufgetragen. Die hierdurch für jede der drei Stationen festgelegte und gemäss ihrer Zusammengehörigkeit durch

punktirte Linien verbundene Punktreihe stellt den Wechsel des Zeitbetrages mit der Veränderung des Rheinstandes zu Waldshut dar. Durch Eintrag der beiden Zeitfolge werthe, für Beginn und für Abschluss der Scheitelbildung wird gleichzeitig die Dauer des Beharrungsstandes ersichtlich. Die 3 Diagramme verlaufen bis zur Höhe von etwa 550 cm Wht., welche 700 cm Mx. entspricht, ziemlich stetig; bei weiterem Wachsen des Rheinstandes beginnt allenthalben die Ausuferung, die sich durch eine beträchtliche Verzögerung im zeitlichen Eintreffen gleichwerthiger Rheinhöhen bemerkbar macht — um so erheblicher, je weiter die Rheinwelle von Kehl gegen Mannheim vorrückt. Indes liegen für gleichwerthige Rheinhöhen von 600 cm Wht und darüber bis jetzt noch keine einwandfreien Beobachtungen des zeitlichen Verlaufes vor, da die beiden grossen Oberrheinanschwellungen (von 1852 IX und 1876 VI, die höher als 550 cm Wht gewesen sind) in ihrem zeitlichen Verlauf nicht unerheblich durch Deichbrüche gestört worden sind.

Das durch den Verlauf der verschiedenen Diagramme auf Tafel III anschaulich gemachte Gesetz der Veränderlichkeit der Zeitfolge nach den mehrfach bezeichneten beiden Richtungen lässt sich auch, wenigstens in dem Umfange, wie Gestalt und Stetigkeit der einzelnen Linienzüge eine Substitution einfacher ebener Kurven gestatten, in analytische Form übertragen, so dass die Zeitfolge dann als Funktion von Stromlänge und Wasserstand durch eine Gleichung ausgedrückt erscheint. Es ist zu dem Ende zunächst die Gleichung einer doppelt (*s*-förmig) gekrümmten Kurve, welche dem Diagramm des zeitlichen Verlaufes eines gleichwerthigen Wellenscheitels von bestimmter Höhe ähnlich ist, aufzustellen und zu untersuchen, ob und, zutreffenden Falles, wie aus dieser Kurvenform alle übrigen, den zeitlichen Verlauf der verschiedenen hohen Scheitel darstellenden Linienzüge abgeleitet werden können.

Die *s*-förmig gekrümmte Kurve lässt sich im Allgemeinen durch eine logarithmische Gleichung darstellen, die, weil die Kurve durch den Koordinatennullpunkt geht, von der Form $t = 1 - e^{-s^2}$ sein wird, worin *s*, als unabhängig Veränderliche, die von der Welle zurückgelegte Weglänge und *t*, als abhängig Veränderliche, die Zeitdauer bezeichnet, welche während des Vorrückens der Welle auf dem Wege *s* verstreicht. *e* bedeutet wie immer die Basis der natürlichen Logarithmen. Für einige Werthe von *s* zwischen 0 und 2,0 ergeben sich die mit Hilfe der obigen Gleichung abgeleiteten, in der nebenstehenden Figur zusammengestellten und durch einen kontinuierlichen Linienzug verbundenen Werthe von *t*. Da zeigt sich, dass der zwischen *s* = 0 und *s* = 1,5 ein-



geschlossene Kurvenabschnitt — proportional vergrößert — ziemlich genau dem Verlauf jenes Linienzuges auf Tafel III entspricht, der die Zeitfolge einer Rheinwelle von der Höhe 550 cm Wht zwischen den Stationen Waldshut und Coblenz — richtiger Caub — darstellt, sodass, um die Gleichung jenes Linienzuges aus der oben mitgetheilten logarithmischen Gleichung herzuleiten, nur erübrigt, durch Einführung eines konstanten Faktors den Längen- und Zeiteinheiten Rechnung zu tragen, in welchen der Linienzug zur Darstellung gebracht ist.

Wie bemerkt, entspricht dem Werth $s = 1,5$ die Stromlänge Waldshut-Caub, d. h. rund 440 km, oder, in dem für die Darstellung auf Tafel III gewählten Massstab, eine Länge von 220 mm. Die Einheit ist also 146 Millimeter; sie bezeichnet als Abscisse 292 Kilometer Weglänge bezw. als Ordinate 146 Stunden Zeitdauer.

Die Gleichung wird daher lauten

$$\frac{T}{146} = 1 - e^{-\left(\frac{S}{292}\right)^2}$$

oder: $T = 146 (1 - e^{-0,00001173 S^2})$;

sie gibt in dieser Form selbstverständlich nur den Zeitfolgebetrag für einen Rheinstand von der Höhe 550 cm Wht.

Diese genannte Höhe aber entspricht einer bordvollen Anfüllung des Stromes, bezeichnet also zugleich die obere Grenze, für welche eine stetige Beziehung zwischen der Fortpflanzungsdauer der Welle und der von ihr zurückgelegten Weglänge überhaupt noch erwartet werden darf; denn bei noch grösseren Höhen wird die complicirte Gestaltung der Abflussquerschnitte des Inundationsgebietes die Grösse der Zeitfolge unregelmässig beeinflussen.

Eine untere Höhengrenze, für welche das zeitliche Vorrücken — wenigstens bis zur Neckarmündung — bisher zuverlässig festgestellt werden konnte, ist anderseits bei etwa 200 cm Wht anzunehmen.

Aus dem Vergleiche der verschiedenen auf Tafel III verzeichneten, die Zeitfolge gleichwerthiger Rheinstände darstellenden Linienzüge geht nun hervor, dass, wenn für irgend einen Stromort zwischen Waldshut und Mannheim die Dauer des zeitlichen Fortschrittes einer Wellenhöhe von 550 cm Wht gleich T gesetzt wird, die Zeitdauer einer Wellenhöhe von 450 cm Wht $0,75 T$, jene einer Höhe von 200 cm Wht nur $0,40 T$ beträgt, und dass die angegebenen Verhältnisszahlen, soweit nachweisbar, auch für die Stromstrecke zwischen Mannheim und Caub annähernd Giltigkeit behalten.

Die Zeitfolge t einer bestimmten Wasserhöhe h an irgend einem Stromort zwischen Waldshut und Caub, kann daher allgemein durch $t = a \cdot T$ ausgedrückt werden, wenn T diese Zeitfolge für eine Wellenhöhe

$H = 550$ cm Wht bedeutet und a eine von der Wasserhöhe abhängige Verhältnisszahl vorstellt, die zwischen 1 und 0,4 variirt. a ist aber, wie aus den drei schon angegebenen, zusammengehörigen Werthen von t und h sowie aus der obigen Figur hervorgeht, dem Höhenunterschiede $H - h$ nicht einfach proportional, sondern steht zu demselben in einer Beziehung, die, wie eine Annäherungsrechnung ergibt, sich allgemein durch die Relation

$$a = \alpha + \beta (H - h) + \gamma (H - h)^2$$

darstellen lässt; die Konstanten $\alpha \beta \gamma$ dieser Gleichung berechnen sich aus den drei zusammengehörigen Werthen zu

$$\alpha = 1 \quad \beta = -0,0028 \quad \gamma = 0,000003;$$

sodass, wenn nun auch für H sein Werth 550 eingesetzt wird, t sich schliesslich darstellt durch

$$t = [1 - 0,0028 (550 - h) + 0,000003 (550 - h)^2] \cdot T.$$

Die gewonnenen Ergebnisse zusammenfassend, stellt sich nunmehr die Zeitfolge t der zu einer bestimmten Rheinhöhe h in Waldshut gleichwerthigen Höhe an einer s km unterhalb Waldshut gelegenen Rheinstation dar als Funktion der Entfernung s und der Höhe des Wasserstandes h und kann ausgedrückt werden durch:

$$t = 146 (1 - 0,0028 [550 - h] + 0,000003 [550 - h]^2) [1 - e^{-0,00001173 s^2}]$$

worin die Werthe für h in cm, für s in km einzusetzen sind, während sich t in Stunden ausgedrückt ergibt. Wie schon bemerkt, hat die durch die obige Gleichung ausgedrückte Beziehung zwischen t , h und s nur innerhalb der Stromstrecke Waldshut-Caub und zwar für Wasserstände zwischen 200 und 550 cm Wht Giltigkeit.

In der folgenden Tabelle VII finden sich die für einige Hauptpegelstellen sowie für

mehrere Höhenlagen berechneten Zeitbeträge t zusammengestellt,

Tabelle VII.

Station	Entfernung s von Waldshut km	Rheinhöhe h zu Waldshut in cm:				
		200	300	400	500	550
Zeitfolge ab Waldshut in Stunden:						
Waldshut .	0	—	—	5	6	7
Hünigen .	65	—	—	5	6	7
Kehl . .	188	18	24	32	43	50
Maxau . .	257	29	38	51	68	79
Mannheim	320	37	50	66	89	102
Mainz . .	393	45	59	79	106	122
Caub . .	440	48	64	85	114	131

auch sind diese Zeitbeträge in die Hauptfigur auf Tafel III eingetragen und daselbst durch kontinuierliche Kurven verbunden.

