

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

Der Abflußvorgang im Rhein unter der wechselnden Wasserlieferung des Stromgebietes und die Vorherbestimmung der Rheinstände

Tein, Maximilian von

1908

Die Vorausbestimmung der Rheinstände

[urn:nbn:de:bsz:31-39129](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-39129)

Die Vorausbestimmung der Rheinstände.

Die praktisch wichtigste Folgerung aus den vorstehenden Ergebnissen der Untersuchungen über die gesetzmäßigen Erscheinungen in den Abflußverhältnissen des Rheins besteht in der Vorausermittlung der Wasserstands-bewegung im Rhein an einem bestimmten Stromorte aus der ihr zeitlich entsprechenden und als bekannt vorauszusetzenden Bewegung in den oberhalb gelegenen Rhein- und Nebenflußabschnitten. Schon auf Grund der im III. Heft gegenwärtiger Veröffentlichungen *) gewonnenen Untersuchungsergebnisse war die Möglichkeit einer Vorausbestimmung mit einem dem praktischen Bedürfnisse entsprechenden zeitlichen Vorsprunge und einem noch genügenden Grade von Genauigkeit erkannt worden. Seitdem sind die Grundlagen des Rechnungsverfahrens mit Hilfe neuen Tatsachenmaterials weiter verbessert und das Verfahren selbst vereinfacht worden, auch eine den Zwecken der Prognose angepaßte Wasserstandsmeldung ist eingerichtet und die Vorausberechnung bei mehreren Rheinanschwellungen der jüngsten Zeit mit befriedigendem Erfolge durchgeführt worden. Es erscheint hierwegen angemessen, die Vorausbestimmung der Rheinstände, wie sie auf der Grundlage der Ergebnisse der Hochwasseruntersuchungen möglich wäre, im folgenden in bezug auf Einrichtung und Verfahren darzustellen.

Meldesysteme, Meldedienst. Die Vorausbestimmung der Rheinstände auf Grund der Untersuchungsergebnisse könnte für jede beliebige Pegelstelle, für welche die Beziehungen zwischen den gleichwertigen Rheinständen und ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge ermittelt worden sind, erfolgen; tatsächliche Bedürfnisse dazu bestehen indes vorwiegend nur an den großen Mittelpunkten des Rheinverkehrs, unter welchen Mannheim—Ludwigs-

*) Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet III. Heft. Berlin 1897.

hafen, Mainz, Cöln und die bedeutenden Hafenplätze an der Mündung der Ruhr gegenwärtig die wichtigsten sind. Da die Rheinhöhen unterhalb Cöln wegen der Wasserfälle des Stromes erhebliche Änderungen durch die hier noch zufließenden, verhältnismäßig kleinen Nebenflüsse nicht mehr erfahren und die Wasserstände von Duisburg-Ruhrort sich jederzeit in einfacher Art aus jenen von Cöln ableiten lassen, so wird sich die eigentliche Vorausermittlung auf die Orte Mannheim, Mainz und Cöln beschränken können. Die besonderen Verhältnisse am Rhein, namentlich der Umstand, daß wichtige Nebenflüsse, wie Neckar und Main, unweit der Stelle münden, für die eine Vorausbestimmung erwünscht ist, daß diese Nebenflüsse selbst wieder nahe ihrer Mündung noch wasserreiche Zuflüsse erhalten, demnach die Orte, welche die Wasserstandsnachrichten abzugeben haben — die Meldestellen — verhältnismäßig nahe den Empfangsstellen der Nachrichten liegen müssen, erlauben keine zentralisierte Vorausbestimmung für das Rheingebiet, ähnlich wie sie an der Seine oder in anderen Stromgebieten eingerichtet ist. Würden unter solchen Umständen die Wasserstandsmeldungen zunächst an eine entfernte Zentrale geleitet, dort die Vorausberechnung durchgeführt und das Ergebnis nun erst den Empfangsstellen mitgeteilt, so würde hierdurch ein größerer Zeitverlust entstehen und der ohnehin knappe Zeitraum zwischen der Meldung der Anschwellung und ihrem Eintreffen an der Empfangsstelle, der doch nicht viel weniger als 24 Stunden betragen sollte, noch um mehrere Stunden vermindert. Für das Rheinstromgebiet erscheint daher die Teilung in einzelne Abschnitte (Meldesysteme) zweckmäßig, die vorerst unter sich unabhängig und so eingerichtet sind, daß bei einem möglichst großen zeitlichen Vorsprunge der Wasserstandsmeldung vor dem Eintreffen der Welle, mindestens alle für die Höhenentwicklung der Anschwellung wichtigen Gewässer berücksichtigt werden können; diese Forderung hat am Neckar zu einer Einbeziehung der größeren Zuflüsse II. Ordnung in das System der Wasserstandsmeldung geführt; doch

ist damit nicht weiter gegangen worden, als es die Übersichtlichkeit des Rechnungsverfahrens noch erlaubt hat. Die Auswahl der Meldestellen hatte sich auch nach der Fortpflanzungsdauer der Anschwellungen im Rhein und den Nebenflüssen zu richten; denn die gemeldeten Wasserstände sollen, um für die Vorausberechnung nutzbar gemacht werden zu können, zusammengehörig sein.

Im Meldesystem Mannheim wurde als obere Rheinstation Maxau gewählt, da hier der Rhein seine wichtigeren Nebenflüsse aus dem Schwarzwald und den Vogesen gesammelt hat, als entsprechende Neckarstation Plochingen. Die Wahl von Plochingen wird durch das Verhalten des oberen Neckars bedingt, der bis zur Filmündung herab in kurzer Aufeinanderfolge eine größere Zahl wasserreicher Nebenflüsse aus der schwäbischen Alb aufnimmt, wodurch seine Wasserführung eine fortwährende Umgestaltung erfährt; erst von Plochingen ab kommt in die Bewegung des hier schon zum wasserreichen Flusse angewachsenen Neckar größere Beständigkeit. Plochingen liegt noch soweit von der Mündung entfernt, daß eine höhere Neckarwelle die Flußstrecke erst in 20 bis 22 Stunden durchlaufen, demnach mit der von Maxau vorrückenden Rheinwelle zusammentreffen kann. Von den Nebenflüssen des Neckars unterhalb Plochingen wurden nur die Enz, welche den Zufluß aus dem Schwarzwald darstellt, sowie Kocher und Jagst als wichtigste Zuflüsse des schwäbischen Beckens in Rechnung gezogen. Die Meldestellen an den genannten Nebenflüssen des Neckars liegen jeweils soweit aufwärts der Mündungsstellen, daß sich die Einzelwellen im Neckar annähernd begegnen können.

Im Meldesystem Mainz wurde Maxau als Rheinstation beibehalten, dagegen — mit Rücksicht auf die vereinfachte Berechnung der Einwirkung des Neckars auf den Rheinstand in Mainz—Diedesheim unterhalb der Jagstmündung für den Neckar angenommen. Infolge des langsamen Fortschreitens der hohen Rheinwelle zwischen Mannheim und Mainz bleibt auch bei der Wahl von Diedesheim als Neckarstation ein genügend großer zeitlicher Vorsprung für die Vorausberechnung gewahrt. Ein der Fortpflanzungsdauer Maxau—Mainz und Diedesheim—Mainz angemessenes Zeitintervall wurde bei dem Main durch Wahl der Meldestelle Lohr erhalten; eine besondere Berücksichtigung der Tauber, deren Anschwellungen den Mainwellen um 48 bis 60 Stunden vorausseilen, ist nur ausnahmsweise erforderlich.

Im Meldesystem Cöln war ein entsprechender zeitlicher Vorsprung der Wasserstandsmeldung und Vorausberechnung vor dem Eintreffen der Rheinwelle in Cöln nur mit Mainz als Ausgangsstation zu erzielen. Nach der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der höheren Rheinanschwellungen zwischen Mainz und der Lahn-Mosel-Mündung richtete sich andererseits die Lage der korrespondierenden Lahn- und Moselstationen, die mit Rücksicht auf passende Meldestellen nach Wetzlar und Trier zu verlegen waren. Das Verhalten der Nahe konnte durch die Aufnahme der Meldestelle Kreuznach berücksichtigt werden; gleichzeitig beobachtete Rheinstände in Mainz und Nahestände in Kreuznach treffen in Bingen annähernd

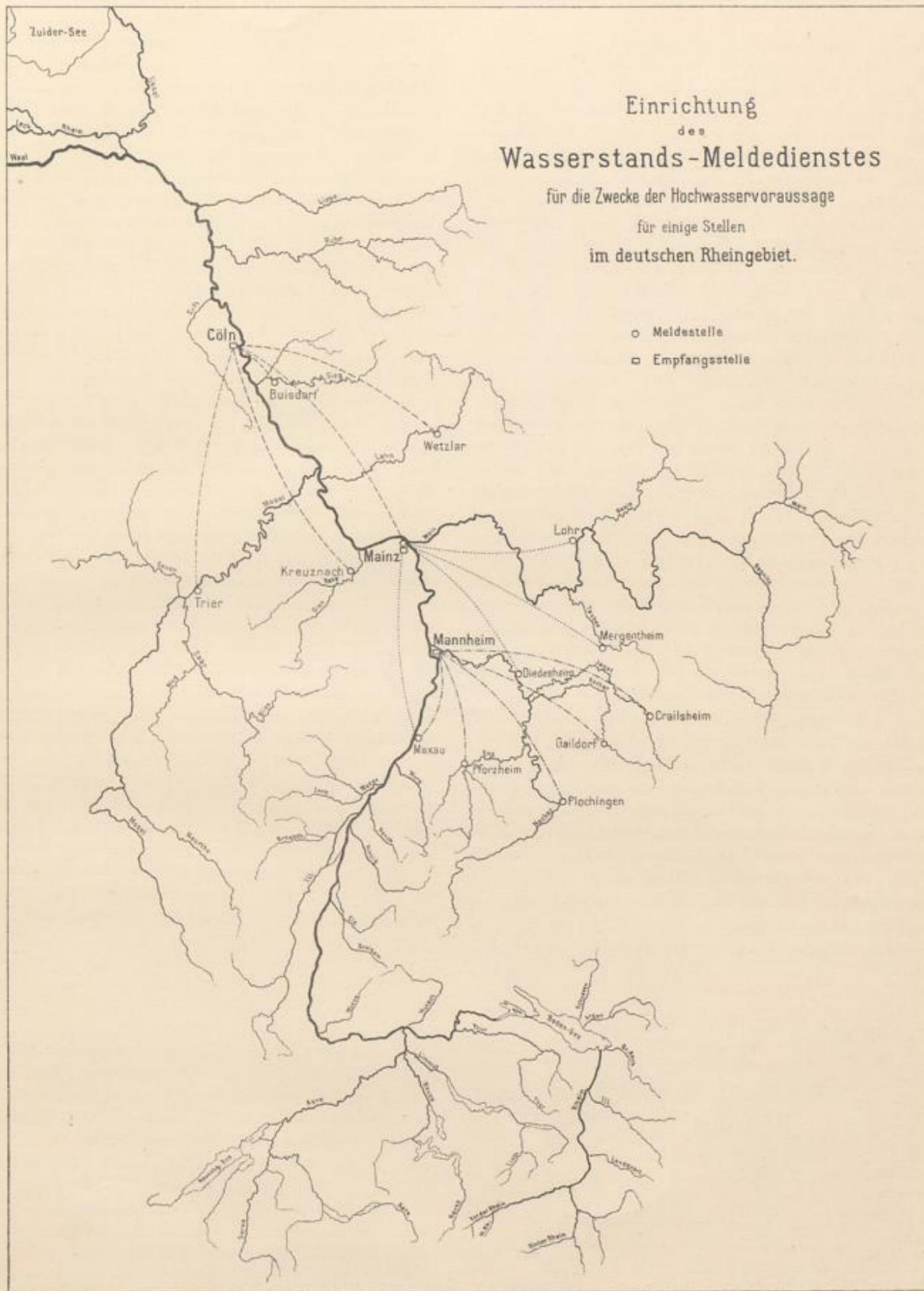
zusammen. Die Anschwellungen der Sieg haben auf den hohen Rheinstand in Cöln zwar keine größere Wirkung, da die Siegwelle meist schon 9 Stunden nach ihrem Eintritt in Buisdorf in Cöln eintrifft, also früher zur Geltung kommt, als die gleichzeitig gemeldeten Rhein-, Lahn- und Moselstände, welche das Maximum bedingen; immerhin ist das Verhalten der Sieg wegen der Nähe ihrer Mündung bei Cöln auf den Rheinstand nicht ohne Einfluß. Die Berücksichtigung der Siegstände ist dementsprechend durch die Aufnahme von Buisdorf in das Meldesystem ermöglicht.

Die hiernach gewählten Meldestellen sind für Mannheim: Maxau am Rhein, Plochingen am Neckar, Pforzheim an der Enz sowie Gaildorf für den Kocher und Crailsheim für die Jagst; für Mainz: Maxau am Rhein, Diedesheim am Neckar, und Lohr am Main; für Cöln: Mainz am Rhein, Kreuznach an der Nahe, Wetzlar an der Lahn, Trier an der Mosel und Buisdorf an der Sieg.

Die gegenseitige Lage der Melde- und der Empfangsstellen ist aus der nebenstehenden Übersichtskarte zu ersehen.

Zum Zwecke einer tunlichst raschen Mitteilung der Wasserstände an die Empfangsstellen war ein eigener Wasserstandsmeldedienst einzurichten. Es war zunächst dafür zu sorgen, daß die Meldungen stets von allen Stellen, deren Beobachtungen bei der Vorausberechnung in Betracht kommen, abgegeben werden; dies geschieht durch die Vorkehrung, daß die Empfangsstelle selbst, sobald ihr von einer oder mehreren Seiten Nachrichten über beginnendes Anschwellen der Gewässer zugehen, die noch übrigen Stellen auffordert, ebenfalls Meldungen abzugeben. Ähnlich werden von der Empfangsstelle aus die telegraphischen Meldungen wieder eingestellt, wenn die Anschwellungserscheinung im Rhein den Höhepunkt überschritten hat und eine neue nach den Witterungsverhältnissen nicht bevorsteht^{*)}. Ferner war, um die Empfangsstellen in den Stand zu setzen, den Verlauf der Wasserstandsbewegung in den einzelnen Gewässern so vollständig zu erkennen, daß Einschaltungen von Wasserständen, wie sie bei der Vorausberechnung fast immer notwendig werden, vorgenommen werden können, ohne größere Fehler befürchten zu müssen, dafür zu sorgen, daß durch die Beobachter, bei tunlichster Beschränkung der Kosten, möglichst viele Wasserstände mitgeteilt werden können; diese Forderung führte dazu, ein einfaches und leichtverständliches Chiffrierverfahren anzuwenden. Da mit dem einfachen Telegramm 10 Worte mitgeteilt werden dürfen, wovon für die Bezeichnung der Empfangsstelle 2 Worte vorbehalten bleiben müssen, so können jeweils 8 Worte oder 8 mal 5 Ziffern mitgeteilt werden. Nach dem hier angewendeten Verfahren bildet, namentlich um Irrungen bei der Abfassung der Depesche und bei ihrer Entzifferung zu vermeiden, jede Gruppe von 5 Ziffern eine

^{*)} Die Grundsätze für die Einrichtung eines Meldedienstes für die Wasserstands-Vorausbestimmung im Rhein wurden gelegentlich der Zusammenkunft der Kommissare der deutschen Rheinuferstaaten zu Waldshut im Mai 1898 nach den Vorschlägen des Vorstandes des Zentralbureaus aufgestellt.



Landesbibliothek
Karlsruhe

für sich verständliche und in sich abgeschlossene Meldung. Jeweils die ersten beiden Ziffern (Stundenzahlen) bedeuten die Eintrittszeit, gerechnet von der Mitternacht des Meldetages an, die 24 Stunden durchlaufend gezählt. Die Stundenzahlen beginnen mit der Beobachtung um 9 Uhr vormittags des Vortages und schließen mit jener um 6 Uhr früh des Meldetages; da die zu meldenden 8 Wasserstände aus dem Zeitraume der vorausgegangenen 24 Stunden stets so ausgewählt werden, daß sie außer den auf die regelmäßigen Beobachtungszeiten um 6 Uhr und 12 Uhr vor- und nachmittags fallenden Stunden die Aufzeichnungen von 3 Uhr und 9 Uhr vor- und nachmittags mit umfassen, so lauten die ersten beiden Ziffern der Zahlengruppen ein für allemal 09 12 15 18 21 24 03 06. Die folgenden 3 Ziffern jeder Gruppe bedeuten den Wasserstand in Centimeter, gerechnet vom Nullpunkte des in Betracht kommenden Pegels. Fallen eine oder mehrere der zu meldenden Beobachtungen aus, so treten, um Mißverständnisse bei der Entzifferung der Depeschen zu vermeiden, an die Stelle der fehlenden Ziffern Nullen; sind Wasserstände unter 100 zu melden, so wird die fehlende dritte Stelle ebenfalls durch Einschaltung einer Null ergänzt; bei den wohl nur selten vorkommenden Wasserständen über 1000 cm bleibt die vierte Stelle fort; der eigentliche Betrag ist aus dem Zusammenhange mit den übrigen Wasserstandszahlen zu erkennen.

Die telegraphischen Mitteilungen der Wasserstände finden in den Frühstunden zwischen 7 und 8 Uhr statt, doch nur während größerer Anschwellungen des Rheins. Für Zeiträume lebhafter Wasserstandsbewegung, während welcher telegraphische Meldungen wegen zu geringer Höhen der Wasserstände nicht abgegeben werden, erfolgen die Benachrichtigungen mittels Postkarten, im übrigen in der gleichen Art, wie die telegraphische Meldung; ihre Absendung richtet sich nach den Postbeförderungsverhältnissen. Die Karten sollen der Empfangsstelle ebenfalls in den Frühstunden zugehen.

Der Meldedienst befindet sich seit etwa zehn Jahren zunächst für die Empfangsstellen Mainz und Köln im Gang und hat eine wesentliche Änderung bisher nicht erfahren.

Das Verfahren bei der Vorausbestimmung der Rheinhöhen an den Empfangsstellen aus den gemeldeten Wasserständen entspricht im allgemeinen dem Gange bei der Ableitung jener Wasserstandszunahme, die ein bestimmter Rheinstand durch einen mit ihm korrespondierenden Nebenflußstand erfährt, wenn die beiden Einzelstände bekannt sind. Jenes Verfahren ist eingehend in dem III. Hefte der Ergebnisse der Hochwasseruntersuchungen im deutschen Rheingebiet (S. 67 und 68) behandelt worden; im vorliegenden Falle war es nur den besonderen Verhältnissen in den einzelnen Stromabschnitten anzupassen. Im wesentlichen war für jede Empfangsstelle zu ermitteln, welchen Anteil Oberrhein und Nebenfluß je für sich an der schließlichen Rheinhöhe, also in Mannheim, Mainz

und Köln haben; für Mannheim kam hierwegen der Neckar, für Mainz Neckar und Main, für Köln Nahe, Lahn, Mosel und Sieg als wichtigere Zuflüsse neben dem Rhein in Betracht. Sodann war festzustellen, in welchem Größenverhältnis die gefundenen Anteile zu den sie veranlassenden Oberrhein- und Nebenfluß-Wasserständen stehen; denn mit Hilfe der erhaltenen Verhältniszahlen lassen sich umgekehrt zu den gegebenenfalls gemeldeten Oberrhein- und Nebenflußständen ihre entsprechenden Anteile an der Wasserstandsbewegung des Rheins bei der Empfangsstelle im voraus berechnen. Bei der Ermittlung der genannten Verhältniszahlen wurden im allgemeinen die schon früher abgeleiteten Höhenverhältnisse sowie die inzwischen genauer festgestellten Fortpflanzungszeiten der Rheinwellen, welche in der Zahlentafel 14 verzeichnet sind, benutzt. Die Bestimmung der Einflußgrenzen der Nebengewässer wurde teilweise neu vorgenommen, soweit genügende Wassermengenangaben des Rheins und seiner größeren Nebenflüsse vorgelegen haben. Als Grenzwert wurde jener Nebenflußstand betrachtet, bei welchem keine größeren Wasserstandswechsel im Rhein als höchstens 5 cm veranlaßt werden können. Es wurde also die sekundliche Abflußmenge je eines 5 cm hohen Wasserquerschnittes des Rheins bei den verschiedenen Rheinständen festgestellt, und jener Nebenflußstand ermittelt, bei welchem diese Mindestmenge gerade noch geliefert wird. Die so erhaltenen Werte entsprechen jedenfalls besser den tatsächlichen Verhältnissen, als die früher auf Grund vergleichender Wasserstände nur schwierig nachweisbaren Grenzwerte.

Die Verhältniszahlen φ zwischen den Nebenflußhöhen h und den durch sie veranlaßten Erhöhungen e der Rheinstände H waren ebenfalls neu abzuleiten, wenigstens in dem Umfange, wie sie bei der schließlichen Berechnung der Tabellen zur Vorausbestimmung der Rheinstände verwendet worden sind. Wegen des jetzt viel umfangreicheren Beobachtungsmaterials war es möglich die Abhängigkeit der Werte $\varphi = \frac{e}{h}$ sowohl von der Rheinhöhe H als von der Nebenflußhöhe h darzustellen und damit dem tatsächlichen Änderungsgesetze näherzukommen.

Für die Vorausbestimmung der Rheinhöhen zu Mannheim*) wurden als Meldestationen, die unter den gegebenen Verhältnissen den größten zeitlichen Vorsprung der gemeldeten Wasserstände vor den vorausberechneten ermöglichen würden, Maxau am Rhein, Plochingen am oberen Neckar, Pforzheim an der Enz, sowie Gaildorf am Kocher und Crailsheim an der Jagst bezeichnet. Indes ergaben versuchsweise Ermittlungen alsbald, daß auf dem sonst gewählten Wege der Zergliederung der im Rhein bei Mannheim wirksam werdenden Neckarwellen in die Anteile des oberen Neckars, der Enz, des Kochers und der Jagst mit Hilfe »gleichwertiger Wasserstände«

*) Hier und im folgenden ist immer der Wasserstand des Rheins zu Mannheim an der Neckarmündung verstanden, da der Rheinpegel zu Mannheim im Rückstauereich des Neckars steht.

— um die Einzelbeteiligung jedes dieser Gewässer an der Rheinerhöhung zu erhalten — keine solchen Beziehungen zu gewinnen waren, auf die eine Vorausbestimmung sich hätte gründen lassen. Wie leicht erklärlich rührt dies daher, daß bei der ungemein lebhaften Bewegung der Gewässer des oberen Neckargebietes in den Anschwellungsperioden tatsächlich zusammengehörende Wasserstände kaum festzustellen sind, hauptsächlich wohl auch daher, daß die Meldestellen Plochingen, Pforzheim, Gaildorf und Crailsheim doch verhältnismäßig weit flußaufwärts liegen und für das Gesamtverhalten der entsprechenden Gewässer und ihre Einwirkung auf den Rheinstand nur mehr im großen ganzen maßgebende Beobachtungen liefern.

Hierwegen war weiter zu untersuchen, ob nicht zwischen den Abflußmengen, welche bei bestimmten Wasserständen zu Plochingen usw. vom oberen Neckargebiet, vom Enz-, Kocher- und Jagstgebiete abfließen und zusammen die Wassermenge in Diedesheim ergeben, und jenen Einzelwasserständen selbst noch ein genügend einfacher Zusammenhang bestehe, um die Abflußmenge in Diedesheim aus diesen ermitteln zu können. Vor allem kam es darauf an, die Abflußmengen zu kennen, welche das ganze Einzugsgebiet oberhalb Diedesheim mit zusammen 12610 qkm Fläche bei bestimmten Wasserhöhen zu Plochingen, Pforzheim, Gaildorf und Crailsheim an den Neckar liefert; da dieses Gebiet außer den Einzugsflächen des oberen Neckars, der Enz, des Kochers und der Jagst noch 2570 qkm Flächenabschnitte umfaßt, die unmittelbar nach dem mittleren und unteren Neckar entwässern, so waren diese Abschnitte jenen vier Gebieten nach Maßgabe der gleichartigen Höhen- und Niederschlagsverhältnisse zuzuteilen, wodurch sich ergab:

	eigentliche Gebietsfläche:	zuge teilter Abschnitt:	Gesamt- Fläche:	Flächen- Zunahme:
für den ob. Neckar	4000 qkm	—	4000 qkm	1 : 1.0
» die Enz-Nagold	2220 »	730 qkm	2950 »	1 : 1.3
» den Kocher	1990 »	1280 »	3270 »	1 : 1.6
» die Jagst	1830 »	560 »	2390 »	1 : 1.3

Die Abflußmengen von den eigentlichen Gebietsflächen fanden sich aus den Wassermengenmessungen und anderen Feststellungen für den oberen Neckar bei Plochingen, für die Enz bei Besigheim, den Kocher bei Neuenstadt und die Jagst bei Möckmühl^{*)}; sie waren in dem oben bestimmten Verhältnisse der Flächenzunahme zu vermehren, um den Abfluß von den Gesamtflächen zu geben und sodann mit Hilfe der gleichwertigen Höhen auf die Wasserstände an den oberen Stationen (Meldestellen) zu beziehen, um den gewünschten Zusammenhang zwischen jenen Ständen und dem Gesamtabflusse herzustellen. Die schließlich gefundenen Beziehungen waren:

Neckarstand zu Plochingen	Abfluß vom oberen Neckargebiet	Enzstand zu Pforzheim	Abfluß vom Enzgebiet
bei 127 cm ^{**})	34 cbm	90 cm	12 cbm
» 131 »	29 »	104 »	20 »
» 281 »	210 »	305 »	(715 »)
» 513 »	(1200 »)		

^{*)} Nach den Verwaltungsberichten der Kgl. Württ. Ministerialabteilung für den Straßen- und Wasserbau für 1893—1895 u. ff.

^{**}) Bezogen auf die neue Teilung.

Kocherstand zu Gaildorf	Abfluß vom Kochergebiet	Jagststand zu Crailsheim	Abfluß vom Jagstgebiet
bei 25 cm	8 cbm	98 cm	7 cbm
» 42 »	13 »	101 »	7 »
» 48 »	16 »	122 »	12 »
» 72 »	24 »	130 »	13 »
» 113 »	50 »	188 »	70 »
» 476 »	(1290 »)	321 »	254 »

Die vorstehend verzeichneten Höhen und zugehörigen Mengen wurden hierauf in bekannter Art in Koordinatenform aufgetragen und die entstandenen Punktreihen durch vier vermittelnde stetige Linien ersetzt, so daß zu beliebigen Höhen an den Meldestellen die entsprechenden Mengen entnommen werden können. Da es sich bei den folgenden Feststellungen indessen weniger um die von den Teilgebieten abfließenden als um die in Diedesheim ankommenden Wassermassen handelt, so waren die Summen der Abflußmengen der vier Gewässer jeweils auf die schließliche Menge zu Diedesheim auszugleichen; dies geschah unter Benützung zahlreicher korrespondierender Wasserstände an den vier Meldestellen und zu Diedesheim, wobei anstatt der Wasserstände die oben ermittelten — vorläufigen — Abflußmengen eingesetzt und der Fehlbetrag gegenüber dem Abflusse zu Diedesheim im Verhältnisse der Größen jener Teilmengen an diesen selbst ausgeglichen wurde. Die so erhaltenen berichtigten Abflußmengen nehmen jedoch nur bis zur Überflutungshöhe, welche für den oberen Neckar bei 330 cm zu Plochingen, für den Kocher bei 250 cm zu Gaildorf und für die Jagst bei 200 cm zu Crailsheim liegt, in der gefundenen regelmäßigen Art zu. Für die überflutenden Wassermassen, welche viel langsamer abfließen, als die im Flußgerinne sich fortbewegenden, bestehen andere Beziehungen zwischen den Wasserständen und zugehörigen Abflußmengen; sie wurden weiter wie folgt ermittelt: Aus den verfügbaren Wasserstandszeichnungen an den 4 Meldestellen und zu Diedesheim wurden die genauer bestimmbaren zusammengehörigen Wasserstände sowohl aus Zeitabschnitten beharrenden als wechselnden Abflusses — im letzteren Falle unter Berücksichtigung der mittleren Zulaufzeiten von 12 Stunden für Plochingen—Diedesheim und von 15 Stunden für die übrigen Flußstrecken — ausgewählt und die den Wasserständen entsprechenden berichtigten Abflußmengen eingesetzt. Im Falle keines der Gewässer seine Ufer überschritten hatte, mußte nach dem Vorausgehenden die Summe der vier Teilmengen der Abflußmenge zu Diedesheim gleichkommen. Sobald jedoch eines oder mehrere der Gewässer über die Ufer getreten waren, war in Diedesheim eine größere Abflußmenge zu bemerken, als die bordvollen Gerinne sie abführen konnten; der Mehrabfluß zu Diedesheim stand dann nur mit der überflutenden Menge im Zusammenhang. Zur genaueren Feststellung der genannten Verhältnisse wurden zunächst jene Fälle ausgewählt, bei welchen — was seither am häufigsten beobachtet worden war — nur der Kocher seine Ufer überschritten hatte, die übrigen Gewässer nicht. Die ermittelten Überstauungshöhen des Kochers, also die Mehrbeträge über 250 cm zu Gaildorf und die 15 Stunden später beobachteten Mehrabflüsse zu

Diedesheim ergeben nach der Zahlentafel 17 folgenden Zusammenhang: Es entspricht

einer mittleren Überstaunungs- höhe des Kochers zu Gaildorf	ein durchschnittlicher Mehr- abfluß zu Diedesheim
von 50 cm Gaildorf	von 60 cbm
> 100 < <	> 140 >
> 150 > >	> 210 >
> 200 > >	> 290 >

Nach der nun gegebenen Möglichkeit, den Anteil des Kochers an dem Mehrabflusse zu Diedesheim für sich zu bestimmen, konnte unter Benützung der ebenfalls nicht seltenen Fälle gleichzeitiger Fluterscheinungen im Kocher und in der Jagst durch Ausscheidung des ersteren der Anteil in der Jagst bestimmt werden. Es fanden sich

bei einer mittleren Überstaunungshöhe der Jagst	ein durchschnittlicher Mehrabfluß zu Diedesheim
von 50 cm Crailsheim	von 70 cbm
> 100 > >	> 200 >
> 150 > >	> 340 >

Schließlich konnte, da in dem Enz-Nagoldgebiete größere Wassermengen überhaupt nicht zurückgehalten werden, durch Ausschneiden von Kocher und Jagst noch der Anteil des oberen Neckar an dem Mehrabflusse in Diedesheim festgestellt werden; die gefundenen Mittelzahlen sind

bei 50 cm zu Plochingen	110 cbm zu Diedesheim
> 100 > >	250 > >

Mittels der erhaltenen Beziehungen zwischen den Abflußhöhen und Mengen für überflutende Wasserstände konnten nun auch das schon erwähnte Diagramm zwischen den Wasserständen zu Plochingen und den zugehörigen Abflußmengen vom oberen Neckargebiete nach Diedesheim und ebenso die entsprechenden Diagramme für das Kocher- und Jagstgebiet in Bezug auf jene größeren Höhen ergänzt werden; damit war aber zugleich die Grundlage gewonnen für die Vorausbestimmung der Abflußmenge zu Diedesheim aus den 12 bzw. 15 Stunden früher beobachteten Ständen des oberen Neckars, der Enz sowie des Kochers und der Jagst.

Der weitere Gang des Verfahrens, um aus korrespondierenden Wasserständen zu Diedesheim und Maxau die schließliche Rheinhöhe für Mannheim abzuleiten, entspricht dem schon im allgemeinen angedeuteten Wege der Zergliederung der Rheinwelle Mannheim in ihre beiden Komponenten Oberrhein und Neckar mittels der gleichwertigen Rheinstände Maxau-Mannheim. Für zahlreiche Anschwellungserscheinungen des Rheins bei Mannheim aus dem Zeitraume seit 1886 wurden die Anteile des Neckars an diesen ermittelt, innerhalb jeder der Anschwellungsperioden mehrere Rheinstände ausgewählt, die zugehörigen Neckarstände auf Grund der Zulaufzeiten Diedesheim-Mündung bestimmt und schließlich die Verhältniszahl zwischen Rheinerhöhung zu Mannheim und Neckarhöhe abgeleitet.

Bei der Bestimmung der korrespondierenden Neckarstände kamen als Mindesteinflußhöhen des Neckars in Abzug:

bei Rheinständen zwischen

250—300 cm Maxau	50— 52 cm Diedesheim
300—350 > >	52— 56 > >
350—400 > >	56— 62 > >
400—450 > >	62— 70 > >
450—500 > >	70— 79 > >
500—550 > >	79— 90 > >
550—600 > >	90—101 > >
600—650 > >	101—110 > >
650—700 > >	110—117 > >
700—750 > >	117—123 > >
750—800 > >	123—129 > >
800—850 > >	129—132 > >

Die gefundenen Verhältniszahlen wurden nach Stufenwerten von je 25 cm zusammengefaßt und die nicht bedeutenden Unstetigkeiten in der Aufeinanderfolge der Einzelwerte durch das graphische Ausgleichsverfahren beseitigt, so daß die nachstehende stetige Zahlenfolge erhalten wurde:

Verhältniszahlen für den Neckar (bezogen auf Mannheim):

bei einem	bei einem Rheinstand in Maxau von								
	350 bis 400	400 bis 450	450 bis 500	500 bis 550	550 bis 600	600 bis 650	650 bis 700	700 bis 750	
Neckarstand in Diedesheim von	650— 600	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36	0.34	0.32	0.27
	600— 550	0.44	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.28
	550— 500	0.45	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.33	0.29
	500— 450	0.46	0.45	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.30
	450— 400	0.48	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.35	0.31
	400— 350	0.50	0.48	0.45	0.43	0.40	0.38	0.36	0.32
	350— 300	0.54	0.51	0.47	0.45	0.42	0.39	0.37	0.33
	300— 250	0.60	0.56	0.52	0.47	0.45	0.41	0.39	0.35

Die Verhältniszahlen nehmen sowohl mit wachsender Rheinhöhe als Neckarhöhe im allgemeinen langsam ab; eine Wiederrücknahme scheint erst bei größeren Neckarhöhen, als sie hier in Betracht gezogen wurden, einzutreten.

Da die schließliche Rheinhöhe zu Mannheim gleich ist der Summe aus der zu Maxau gleichwertigen Höhe in Mannheim (Rheinanteil) und dem Produkte aus der wirksamen Neckarhöhe in die entsprechende Verhältniszahl (Neckaranteil), so konnte die Berechnung der Rheinstände an der Neckarmündung nun in allen Fällen erfolgen, die innerhalb der Grenzen der bis jetzt vorhandenen genaueren Aufzeichnungen liegen.

Das Verfahren zur Vorausbestimmung der Rheinhöhen zu Mainz gründet sich vor allem auf die zu Maxau und Mainz sowie zu Frankenthal und Mainz gleichwertigen Rheinstände und ihre zeitliche Aufeinanderfolge. Mittels jener Zahlenwerte waren die Anteile festzustellen, welche der Oberrhein zu Maxau, sodann der Zuwachs des Rheinstandes zwischen Maxau und Frankenthal und jener zwischen Frankenthal und Mainz je für sich an der Wasserstands bewegung in Mainz haben. Die erwähnten Anteile bestimmen der Reihe nach das Maß der Erhöhung des Rheinstandes in Mainz durch den Oberrhein, den Neckar und den Main; sie waren unter Benützung der sämtlichen seit 1886 genauer beobachteten Anschwellungen, von welchen auch Aufzeichnungen über die gleichzeitigen Bewegungen im Neckar und Main vorgelegen haben, abzuleiten.

Weiter waren mit Hilfe der Zulaufzeiten der Neckarwellen von Diedesheim bis Frankenthal und der Mainwellen von Lohr bis Mainz jene Wasserstände des Neckars und Mains festzustellen, die mit bestimmten Rheinerhöhungen zu Mainz in ursächlichem Zusammenhang stehen.

Die Grenzen für die beginnende Einwirkung des Neckars auf die Wasserstands bewegung im Rhein an der Neckarmündung (Frankenthal) sind schon Seite 45 angegeben worden. Für den Main ergab die gleichartige Untersuchung:

Bei 200 cm Mainz (= 500 cm Frkth.) beginnt d. Einw. bei e. Zuflusse v. 24 cbm = 50 cm Miltenbg.

250	570	27	= 54
300	650	29	= 58
350	720	32	= 64
400	860	35	= 69
450	1010	37	= 72

es entsprechen daher den nachstehenden Rheinhöhen (Frankenthal) als Grenzwerte die beigefügten mittleren Mainhöhen (Lohr):

150-200 cm Frth. 78 cm Lohr	500-550 cm Frth. 88 cm Lohr
200-250 " " 79 " "	550-600 " " 91 " "
250-300 " " 80 " "	600-650 " " 93 " "
300-350 " " 82 " "	650-700 " " 96 " "
350-400 " " 83 " "	700-750 " " 99 " "
400-450 " " 85 " "	750-800 " " 102 " "
450-500 " " 86 " "	800-850 " " 104 " "

Nach Abzug der genannten Grenzwerte erübrigen jene Resthöhen zu Diedesheim und Lohr, welche mit den schon festgestellten Rheinerhöhungen zu Mainz in ursächlichem Zusammenhang stehen. Die Verhältniszahlen zwischen den Erhöhungen und den zugehörigen Nebenflußhöhen, deren Herleitung aus der Zahlentafel 19 hervorgeht, wurden auch für Mainz, wie für Mannheim, gruppenweise und zwar in Höhenstufen von 50 zu 50 cm zusammengefaßt und die berechneten Mittelwerte jeder Stufe mit Hilfe graphischen Verfahrens in eine stetige Zahlenfolge verwandelt. Die schließlich zur Berechnung der Rheinstände Mainz erhaltenen Verhältniszahlen sind für den Neckar:

bei einem	bei einem Rheinstande in Maxau von										
	250-300	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	600-650	650-700	700-750	750-800
Neckarstände in Diedesheim von	700-750	0.28	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24	0.23	0.22	0.20	0.13
	650-700	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.20	0.14
	600-650	0.32	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.21	0.14
	550-600	0.33	0.31	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.22	0.14
	500-550	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23	0.15
	450-500	0.35	0.33	0.31	0.30	0.29	0.27	0.25	0.24	0.23	0.15
	400-450	0.36	0.34	0.32	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23	0.15
	350-400	0.38	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.25	0.24	0.16
	300-350	0.41	0.38	0.36	0.34	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.16
	250-300	0.45	0.42	0.40	0.38	0.34	0.31	0.30	0.27	0.25	0.17
	200-250	0.50	0.48	0.45	0.42	0.38	0.34	0.32	0.30	0.27	0.17
	150-200	0.53	0.51	0.48	0.44	0.40	0.37	0.34	0.32	0.29	0.19

und ähnlich für den Main:

bei einem	bei einem Rheinstande in Frankenthal von										
	300-350	350-400	400-450	450-500	500-550	550-600	600-650	650-700	700-750	750-800	800-850
Mainstände in Lohr von	600-650						0.22	0.21	0.20	0.19	0.19
	550-600					0.23	0.22	0.22	0.20	0.19	0.19
	500-550					0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.20
	450-500			0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21
	400-450	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21
	350-400	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23	0.21
	300-350	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26	0.25	0.24	0.24	0.22
	250-300	0.30	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24	0.23
	200-250	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24
	150-200	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.27	0.26	0.25	0.25	0.24

Wie leicht erklärlich, kommt die Zunahme des Rheinstandes weit stärker als die der gleichzeitigen Nebenflußhöhen in der Größe der Verhältniszahlen zur Geltung; indes veranlassen doch auch die Wechsel in den Neckarständen ansehnliche Unterschiede.

Die Rheinhöhe zu Mainz selbst ergibt sich nach dem Vorausgehenden nun aus der Summe des Anteils des Oberrheins, d. i. dem mit der Rheinhöhe Maxau gleichwertigen Rheinstande Mainz, ferner des Anteils des Neckars, d. i. dem Produkte aus der mit dem Rheinstande Maxau korrespondierenden wirksamen Neckarhöhe Diedesheim in die entsprechende Neckar-Verhältniszahl und

schließlich des Anteils des Mains als dem Produkte aus der mit dem Rheinstande Maxau korrespondierenden wirksamen Mainhöhe Lohr in die zugehörige Main-Verhältniszahl.

Das Verfahren zur Vorausberechnung der Rheinhöhe in Cöln geht von dem Rheinstande in Mainz aus unter Berücksichtigung der mit diesem zusammentreffenden Wasserstände der Nahe, der Lahn, der Mosel und der Sieg. Die ganze Rheinstrecke zwischen Mainz und Cöln wurde dementsprechend in drei Abschnitte zerlegt, von denen der oberste Mainz—Kaub die Zunahme der Rheinwelle zu Mainz durch die Nebenflüsse zwischen Mainz und Kaub, vertreten durch die Nahe, darstellt; der folgende Kaub—Andernach die entsprechende Vergrößerung der Rheinwelle durch alle Zuflüsse zwischen diesen beiden Stromorten, hauptsächlich aber durch die Lahn und Mosel zeigt, während der Abschnitt zwischen Andernach und Cöln die Erhöhung der Rheinwelle durch die hier mündenden Gewässer, namentlich durch die Sieg gibt.

Die Erhöhung des Rheinstandes durch die Nahe, wurde, der größeren Zuverlässigkeit in der Bestimmung wegen, zunächst für den naheliegenden Stromort Kaub ermittelt. Die aus früheren und neueren Beobachtungen abgeleiteten Verhältniszahlen zwischen jener Erhöhung und dem ursächlich damit in Verbindung stehenden wirksamen Nahestande ergaben einen nur wenig wechselnden, um einen Mittelwert von 0.29 schwankenden Betrag, der jedoch für sehr hohe Nahestände nicht mehr völlig zutrifft. Die Feststellung des Anteils der Nahe an dem Rheinstande in Cöln erfolgte sodann auf Grund der bekannten Höhenbeziehungen zwischen den gleichwertigen Rheinständen Mainz, Kaub und Cöln und der Dauer ihres zeitlichen Fortschreitens durch Übertragen der gefundenen Erhöhung auf Cöln in der nachstehenden Art:

Gemeldeter Rheinstand zu Mainz	350 cm		
Hierzu gleichwertiger Rheinstand zu	<table> <tr> <td>Kaub 453 ></td> </tr> <tr> <td>Cöln 441 ></td> </tr> </table>	Kaub 453 >	Cöln 441 >
Kaub 453 >			
Cöln 441 >			
Gemeldeter Nahestand zu Kreuznach	500 cm		
Einflußgrenze der Nahe bei 350 cm zu Mainz	378 >		
Demnach wirksame Nahehöhe zu Kreuznach	122 cm		

Die Erhöhung des Rheins zu Kaub beträgt daher $122 \times 0.29 = 35$ cm, der erhöhte Rheinstand in Kaub demnach $453 + 35 = 488$ cm, der hierzu gleichwertige Rheinstand in Cöln 474 cm, die Erhöhung in Cöln durch die Nebenflüsse zwischen Mainz und Kaub somit $474 - 441 = 33$ cm.

Bei der Bestimmung der Anteile der Lahn und Mosel an den Rheinständen zu Cöln aus der Erhöhung der Wasserstände zwischen Kaub und Andernach, wurde davon ausgegangen, daß die beiden Gewässer an jener Erhöhung in einem Verhältnisse beteiligt sind, das durch frühere Untersuchungen über diesen Gegenstand wie folgt ermittelt worden ist:

	Verhältniszahl f. d.			Verhältniszahl f. d.	
	Lahn	Mosel		Lahn	Mosel
bei 100 cm Kaub	0.15	0.37	bei 450 cm Kaub	0.12	0.29
* 150 * * *	0.14	0.36	* 500 * * *	0.12	0.28
* 200 * * *	0.14	0.34	* 550 * * *	0.12	0.28
* 250 * * *	0.13	0.33	* 600 * * *	0.12	0.27
* 300 * * *	0.13	0.31	* 650 * * *	0.11	0.27
* 350 * * *	0.12	0.30	* 700 * * *	0.11	0.27
* 400 * * *	0.12	0.29	* 750 * * *	0.11	0.26

Die Änderung der Verhältniszahlen mit wechselnden Lahn- und Moselständen erwies sich nicht so belangreich, um weiter berücksichtigt werden zu müssen.

Die Verhältniszahlen könnten natürlich weit einfacher und zuverlässiger aus den korrespondierenden Abflußmengen des Rheins, der Lahn und der Mosel abgeleitet werden; doch sind die bis jetzt bekannten Abflußmengen, insbesondere bei dem Rhein zu Kaub und zu Andernach und bei der Lahn zu Wetzlar noch zu spärlich, um genauere Ergebnisse erwarten zu lassen.

Die aus den oben angegebenen Verhältniszahlen abgeleiteten Anteile der Lahn und der Mosel an dem Rheinstand zu Andernach wurden schließlich mittels der gleichwertigen Höhenverhältnisse auf Cöln übertragen und damit die Beziehung zwischen den gemeldeten Höhen zu Wetzlar und Trier und den ermittelten Teilerhöhungen des Rheinstandes zu Cöln hergestellt.

Das Verfahren bei der Bestimmung des Anteils der Sieg an der Rheinhöhe zu Cöln war jenem der Nahe entsprechend, doch insofern einfacher, als Cöln selbst Unterstromstation für die Sieg ist, also eine nachträgliche Übertragung der Erhöhung auf Cöln entbehrlich wurde. Als Verhältniszahl zwischen der Rheinerhöhung und der wirksamen Sieghöhe ist der schon früher abgeleitete mittlere Wert von 0.44 im allgemeinen beibehalten worden*).

Das an sich etwas umständliche Rechnungsverfahren, welches natürlich mit der Zahl der im Endergebnis zu berücksichtigenden Nebenflüsse immer zeitraubender sich gestaltet, ist hier bis auf unbedeutende Zwischenrechnungen eingeschränkt worden. Die in Mannheim, Mainz und Cöln zu erwartenden Rheinhöhen wurden nämlich für alle praktisch möglichen Höhenverhältnisse der Rhein- und Nebenfluß-Wasserstände im voraus berechnet und so zusammengestellt, daß aus den gemeldeten Höhen die zu erwartenden entweder unmittelbar oder auf Grund eines einfachen Schaltverfahrens gefunden werden können. Auszugsweise sind die genannten Zahlentafeln unter Nr. 21 bis 27 hier mitgeteilt.

Für das Meldesystem Mannheim waren drei Zahlentafeln aufzustellen: eine zur Entnahme der korrespondierenden Eintrittszeiten (Stundenzahlen), eine zweite zur Bestimmung der Neckarstände zu Diedesheim aus den Wasserständen des oberen Neckars, der Enz, des Kochers und der Jagst und eine dritte zur Ermittlung der schließlichen Höhen zu Mannheim aus den Rheinhöhen zu

*) Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet III. Heft.

Maxau und den aus der zweiten Tabelle entnommenen Neckarhöhen zu Diedesheim.

Die Einrichtung der Zeittabelle (Nr. 21) geht davon aus, daß die gemeldeten Rheinhöhen in Maxau auf die Stunden 09, 12, 15, 18, 21, 24, 03, 06 fallen; sie gibt die mit denselben korrespondierenden Stundenzahlen für Mannheim, Plochingen, Pforzheim, Gaildorf und Crailsheim unter Berücksichtigung der mit wechselnden Wasserständen veränderlichen Fortpflanzungsdauer der Anschwellungen im Rhein und Neckar; nur für die Neckarstrecke Plochingen—Diedesheim wurde ein gleichbleibender Zeitunterschied von 12 Stunden, für die Enz-, Kocher- und Jagststrecke ein ebensolcher von 15 Stunden mangels genauerer Zeitbestimmungen zugrunde gelegt. Um zu jedem der 8 gemeldeten Wasserstände in Maxau sogleich die Eintrittszeit der damit am oberen Neckar und an den Nebenflüssen korrespondierenden Wasserstände entnehmen zu können, sind diese Eintrittszeiten für die verschiedenen Rhein- und Neckarhöhen in angemessenen Stufen berechnet und in einzelnen Feldern zusammengestellt worden. Die Unterscheidung nach Neckarständen (Diedesheim) konnte nur im allgemeinen erfolgen und zwar nach niedrigen Wasserständen, nach Neckarständen zwischen Niederwasser- und Uferhöhe, nach überflutenden Neckarständen, da die genaueren Neckarhöhen zu Diedesheim in Mannheim zu spät bekannt würden, um für die Vorausberechnung noch verwendet werden zu können.

Die Zahlentafel zur Entnahme der Neckarhöhen Diedesheim bei bekannten Wasserständen zu Plochingen, Pforzheim, Gaildorf und Crailsheim (Nr. 22) besteht aus zwei Abteilungen: die eine gibt zu den nach Stufen von 10 cm fortschreitenden Höhenzahlen für Plochingen, Pforzheim, Gaildorf und Crailsheim die zugehörigen, in Diedesheim zur Geltung kommenden Wassermengen der entsprechenden Gewässer, die andere zu bestimmten Abflußmengen Diedesheim den Neckarstand daselbst. Mit der Summenzahl der 4 aus der ersten Abteilung entnommenen Einzelmengen, kann aus der zweiten Abteilung der korrespondierende Neckarstand zu Diedesheim erhalten werden.

Die dritte Zahlentafel, welche zur Entnahme der schließlichen Rheinhöhen Mannheim aus den Rheinhöhen Maxau und den gefundenen Neckarständen Diedesheim dient, hat zwei Eingänge: Die Wasserstände zu Maxau zwischen 350 und 740 cm Höhe in Stufen von 10 zu 10 cm stehen in den beiderseitigen Vertikalspalten, die Neckarstände zu Diedesheim zwischen 250 und 650 cm am Kopfe der Tabelle. Im Kreuzungspunkte der durch bestimmte Höhen Maxau und Diedesheim bezeichneten Spalten und Reihen befindet sich der gesuchte Rheinstand Mannheim (Neckarmündung). Die inzwischenliegenden, nicht unmittelbar in die Tafel aufgenommenen Werte können durch einfaches Schaltverfahren gefunden werden.

Der Gebrauch der Tabellen geht aus dem nachstehenden, ausführlich wiedergegebenen Falle einer Vorausbestimmung der Rheinhöhe zu Mannheim bei vorliegenden telegraphischen Meldungen aus Maxau, Plochingen, Pforzheim, Gaildorf und Crailsheim hervor:

I. Eingekommene Meldungen vom 6. Dezember 1900 früh 8 Uhr:

aus Maxau:	09286	12298	15313	18329
	21355	24379	03397	06419
» Plochingen:	09133	12168	15193	18283
	21338	24383	03383	06383
» Pforzheim:	09125	12129	15139	18148
(Altst. Brücke)	21155	24162	03168	06175
» Gaildorf:	09134	12180	15250	18316
	21372	24428	03456	06478
» Crailsheim:	09177	12184	15188	18193
	21258	24320	03345	06353

Die Neckarstände zu Diedesheim liegen zwischen 300 und 600 cm.

II. Die Vorausbestimmung soll für den zuletzt gemeldeten Rheinstand zu Maxau vom 6. 6 a mit 419 cm geschehen.

1. Feststellung der Eintrittszeiten der korrespondierenden Wasserstände nach der Zeittafel:

für Maxau	zw. 350 u. 500 cm	$\left\{ \begin{array}{l} 06 = 6.6 \text{ a Maxau entsprechen} \\ 01 = 7.1 \text{ a in Mannheim} \\ 01 = 6.1 \text{ a in Plochingen} \\ 22 = 5.10 \text{ p in } \left\{ \begin{array}{l} \text{Pforzheim} \\ \text{Gaildorf} \\ \text{Crailsheim} \end{array} \right. \end{array} \right.$
» Diedesheim	» 300 u. 600 cm	

2. Den gefundenen Eintrittszeiten gehören nach den obigen Meldungen zu:

in Plochingen	6.1 a	383 rd. 380 cm = 400 cbm
» Pforzheim	5.10 p	157 rd. 160 cm = 80 »
» Gaildorf		391 » 390 » = 360 »
» Crailsheim		278 » 280 » = 230 »
		zusammen 1070 cbm

1070 cbm entsprechen 555 cm zu Diedesheim.

3. Der Rheinstand zu Mannheim aus 419 cm Maxau und 555 cm Diedesheim findet sich aus der 3. Zahlentafel zu 554 cm; er tritt (wie unter 1. schon bestimmt wurde) am 7. 1 a in Mannheim ein.

Für das Meldesystem Mainz wurde eine Tabelle der Stundenzahlen und eine solche der Höhenzahlen aufgestellt. Aus der erstgenannten sind die zu den Eintrittszeiten (Stundenzahlen) 09, 12, 15, 18, 21, 24, 03, 06 in Maxau korrespondierenden Stundenzahlen zu Mainz, Diedesheim und Lohr zu entnehmen.

Die Einrichtung der Stundentafel ist ähnlich jener für Mannheim, doch konnten hier die Abstufungen der Neckarhöhen (Diedesheim) genauer abgegrenzt werden, da diese Wasserstände nach Mainz gemeldet werden. Um zugleich berücksichtigen zu können, daß die Stundenzahlen für Lohr von den Höhen des Mains abhängen, wurden die Mainhöhen Lohr in drei Abstufungen eingeführt.

Die Höhentafel für Mainz besteht aus zwei Teilen: im ersten bilden den seitlichen Eingang die Rheinstände Maxau zwischen 350 und 750 cm in Stufen von 10 zu 10 cm, den Kopf der Tabellen dagegen die Neckarhöhen Diedesheim von 250 bis 650 cm in ebensolchen Stufen.

Am Schnittpunkte der, bestimmten Rhein- und Neckarständen entsprechenden Reihen und Spalten ist der Oberrhein- und Neckaranteil an dem Rheinstande in Mainz zu entnehmen. Die dem ersten Teile der Tabelle entweder unmittelbar entnommene oder in bekannter Art eingeschaltete Höhe bildet sodann den seitlichen Eingangswert für die zweite Abteilung der Höhentafel, während im Kopfe dieser die Mainstände zu Lohr zwischen 250 und 650 cm verzeichnet sind. Aus der zweiten Abteilung folgt dementsprechend der Anteil des Mains an der Rheinhöhe zu Mainz. Die Summe der aus den beiden Abteilungen erhaltenen Höhen liefert daher den Rheinstand zu Mainz. Wie für Mannheim, so folgt auch hier eine nach vorliegenden telegraphischen Meldungen aus Maxau, Diedesheim und Lohr durchgeführte Vorausbestimmung der zugehörigen Rheinhöhe Mainz, um hieran die Benützungsweise der Zahlentafeln zu zeigen.

I. Eingekommene Meldungen vom 6. Februar 1897, früh 8 Uhr:

aus Maxau:	09 628	12 637	15 644	18 650
	21 659	24 666	03 672	06 679
aus Diedesheim:	09 409	12 397	15 389	18 379
	21 367	24 355	03 344	06 336
aus Lohr:	09 353	12 363	15 377	18 393
	21 408	24 430	03 441	06 452

II. Vorausbestimmung des Rheinstandes zu Mainz: Nach den vorliegenden Meldungen bewegt sich der Rheinstand zu Maxau zwischen 630 und 680 cm, der Neckarstand zu Diedesheim zwischen 400 und 300 cm; zusammengehörige Stundenzahlen sind demnach auf Grund der Zeittafel für die Eintrittszeiten 09, 12, 15 und 18 in Maxau zu finden; 18 bietet den größten Vorsprung für die Vorausbestimmung.

Die Rheinhöhe in der 18. Stunde (= 5. Februar 6 p) beträgt in Maxau 650 cm; ihr entsprechen 06 (= 6. Febr. 6 a) in Diedesheim mit 336 cm und — weil die Mainhöhen zu Lohr zwischen 350 und 450 cm liegen — 05 (= 6. Febr. 5 a) in Lohr mit 448 cm (eingeschaltet).

Aus der Höhentafel findet sich demnach:
für 650 cm Maxau und 336 cm Diedesheim 340 cm Mainz
» 340 » Mainz und 448 » Lohr 79 » »

Daher zusammen 419 cm Mainz
und zwar 41 Stunden später als Maxau, also am 7. Febr. 11 Uhr vormittags.

Für das Meldesystem Cöln wurde ebenfalls eine Stundentafel und eine Höhentafel ausgearbeitet, deren äußere Einrichtung im allgemeinen der Tabelle für Mainz entspricht, mit jenen Abänderungen, welche die größere Zahl der Meldestellen hier erforderlich machten. Ausgehend von den Stundenzahlen 09, 12, 15, 18, 21, 24, 03, 06 zu Mainz, sind die damit korrespondierenden Stundenzahlen zu Cöln, Kreuznach, Wetzlar, Trier und Buisdorf und zwar für verschiedene Rheinhöhen Mainz — in den aufeinanderfolgenden Spalten und überdies für

wechselnde Moselstände Trier — in den wagrechten Abteilungen verzeichnet.

Die Höhentafel gibt in ihrer ersten Abteilung zunächst die auf Grund der Rheinhöhen Mainz (zwischen 200 und 590 cm) als vorderen Eingang und der Moselhöhen Trier (zwischen 210 und 680 cm) als oberen Eingang — in Stufenwerten von je 10 cm unterschieden — den Anteil des Rheins bei Mainz und der Mosel an der Rheinhöhe zu Cöln; in ihrer zweiten, dritten und vierten Abteilung die Anteile von Nahe, Lahn und Sieg an jener Höhe; bei diesen letzteren bezieht sich der vordere Tabelleneingang wieder auf die Rheinhöhen zu Mainz, die indeß nur in Stufen von 30 zu 30 cm erscheinen, während die Einteilung des oberen Einganges der Tabelle die drei Nebenflußhöhen betrifft, für diese gemeinschaftlich ist und wie bei der Mosel in Stufenwerten von 10 zu 10 cm fortschreitet. Durch Zusammenzählen des aus der ersten Abteilung gefundenen Rhein-Mosel-Anteils und der entsprechenden übrigen Anteile findet sich unmittelbar der Rheinstand in Cöln.

Die Art der Vorausbestimmung kann aus dem nachstehenden Einzelfalle, welcher dem seither gesammelten Beobachtungsmaterial entnommen ist, ersehen werden.

I. Eingekommene Meldungen vom 12. März 1896, früh 8 Uhr:

aus Mainz:	09 393	12 398	15 404	18 409
	21 415	24 421	03 424	06 427
aus Trier:	09 547	12 550	15 548	18 540
	21 536	24 530	03 527	06 523
aus Kreuznach: Nahestand am 10. März 436 cm, am 11. 412 cm				
aus Wetzlar:	09 384	12 378	15 370	18 362
	21 358	24 358	03 000	06 000
aus Buisdorf: Siegstand am 11. März 8 a 242 cm, 12 a 235 cm 4 p 230 cm, 8 p 228 cm				

II. Vorausbestimmung des Rheinstandes zu Cöln:

Der Rheinstand zu Mainz liegt zwischen 400 und 450 cm, der Moselstand zu Trier zwischen 500 und 550 cm; zusammengehörige Wasserstände sind demnach — von Buisdorf abgesehen — nur für die Stundenzahlen 24, 03 und 06 Mainz zu finden; 06 bietet den größten zeitlichen Vorsprung für die Vorausbestimmung.

06 = 12. März 6 a in Mainz entspricht $\left\{ \begin{array}{l} 22 = 11. \text{ März } 10 \text{ p in Trier} \\ 05 = 12. \text{ } \text{ } 5 \text{ a in Kreuznach} \\ 17 = 11. \text{ } \text{ } 5 \text{ p in Wetzlar} \\ 01 = 13. \text{ } \text{ } 1 \text{ a in Buisdorf} \end{array} \right.$

Der Rheinstand zu Cöln tritt 30 Stunden nach dem zugehörigen Stande in Mainz ein, demnach am 13. März 6 Uhr vormittags.

Die den ermittelten zusammengehörigen Stundenzahlen entsprechenden Wasserstände sind nach den eingekommenen Meldungen:

12. März 6 a in Mainz	427 cm
11. » 10 p » Trier	534 »
12. » 5 a » Kreuznach rd.	390 »
11. » 5 p » Wetzlar	364 »
13. » 1 a » Buisdorf rd.	200 »

Daher folgt aus den vier Abteilungen der Höhentafel:

Rhein-Mosel-Anteil bei	427 cm Mainz und	534 cm Trier	698 cm
Nahe-Anteil	427	390	Kreuznach 0
Lahn-Anteil	427	364	Wetzlar 29
Sieg-Anteil	427	200	Büsdorf 11

Der voraussichtliche Rheinstand in Köln: 738 cm

am 13. März 6 Uhr vormittags.

Fehlerquellen und allmähliche Verbesserung der Ergebnisse. Die Wasserstandsbeobachtungen und die daraus abgeleiteten Höhen- und Zeitdiagramme als fehlerfrei vorausgesetzt, ergeben sich für das Verfahren der Wasserstandsvorausbestimmung gleichwohl verschiedene Fehlerquellen, die sich aus praktischen Gründen nicht beseitigen lassen. Bekanntlich münden — außer den größeren Gewässern, deren Beobachtungen der Vorausberechnung zugrunde gelegt sind — eine bedeutende Zahl kleinerer Fließchen und Bäche in den Rhein, die insgesamt ein Einzugsgebiet von stattlicher Größe entwässern und, da Nachrichten über ihre Wasserstandsbeziehung bis jetzt fehlen, in den Zahlenwerten bei der Vorausberechnung nur in dem Umfange berücksichtigt werden konnten, als sie ihre gewöhnliche Wasserführung nicht erheblich überschreiten. Da indes jene kleinen Gewässer doch gelegentlich eine größere — selten wohl auch eine kleinere — Wasserführung, als die durchschnittliche zeigen, so kommt hierdurch eine Unsicherheit in die Vorausbestimmung, die umso bedeutender ausfällt, je größer und regenreicher die Einzugsgebiete jener nicht unmittelbar benannten Gewässer sind. Eine weitere Fehlerquelle liegt in der für die Wasserstandsbeobachtungen gewählten Zeiteinheit. Bei lebhaften Gewässern, auch bei dem Oberrhein und Neckar, sind Höhenänderungen bis zu 20 cm innerhalb einer Stunde beobachtet und die nur nach ganzen Stunden fortschreitende Berechnung der Fortpflanzungsdauer kann hierwegen zu größeren Differenzen in der Höhenbestimmung der zusammengehörigen Wasserstände führen, welche ebenfalls das Ergebnis der Vorausberechnung fehlerhaft beeinflussen können. Eine andere und nicht die unwichtigste Fehlerursache ist in dem Umstande zu suchen, daß der Einfluß der verschiedenen Jahreszeiten und der damit verknüpften wechselnden Zustände der Luft und des Bodens in dem Höhenverhältnisse der Wasserstände nicht genauer berücksichtigt ist. Die Tabellen können zu große Werte liefern, wenn der Hochwassererscheinung, wie dies nicht selten vorkommt, eine länger dauernde Periode verhältnismäßig trockener Witterung vorangeht; zu kleine Werte, wenn der Boden stark durchtränkt oder gefroren ist. Soweit die kleinen, nicht besonders benannten Gewässer dabei in Frage kommen, ist schon auf diese ungewöhnlichen Verhältnisse hingewiesen.

Während die erste Fehlerquelle wohl kaum jemals zu beseitigen sein wird, ist anzunehmen, daß mit der künftigen genaueren Feststellung der Zulaufzeiten auf Grund umfangreicherer Registrieraufzeichnungen, als sie

bis jetzt vorliegen, die derzeit noch bestehende Unsicherheit in der Bestimmung zusammengehöriger Wasserstände im Rhein und in den Nebenflüssen mehr und mehr eingeschränkt werden kann. Ferner steht zu erwarten, daß sich mit der Vermehrung des Tatsachenmaterials der Einfluß der Verdunstung und Versickerung auf die Wasserstandsverhältnisse sicherer als bisher bestimmen lassen wird, so daß an den für die gewöhnlichen Abflußbedingungen berechneten Tabellenwerten eine Verbesserung wegen sehr trockenem oder sehr feuchtem Zustande des Bodens angebracht werden kann. Die ziffermäßige Feststellung der letztgenannten Einflüsse erfordert ein äußerst umfangreiches Tatsachenmaterial, welches aus den verfügbaren, immer erst verhältnismäßig kurzen Reihen noch nicht entnommen werden kann.

Störungen im regelmäßigen Abflusse, wie sie durch Eisstopfungen oder infolge von Deichbrüchen eintreten können, lassen sich naturgemäß nicht voraussehen; sie kommen bei der Vorausberechnung daher nicht in Frage. Es wäre zwar keineswegs schwierig, die durch Deichbruch an einer bestimmten Stelle bei einem bestimmten Rheinstande zu erwartende Entlastung des Stromes im voraus festzustellen, allein eine rechtzeitige Berücksichtigung der außergewöhnlichen Wasserstandsänderung bei der Vorausberechnung wird wohl nur selten möglich werden.

Schon bei der Besprechung der Einteilung der Meldesysteme wurde hervorgehoben, daß die besonderen Verhältnisse am Rhein eine mehrere Tage vorgreifende und gleichzeitig sichere Wasserstands-Vorausbestimmung nicht gestatten. Nun ist für Köln wohl die Möglichkeit gegeben, durch Benützung der vorausberechneten Rheinstände Mainz, also durch Anschluß an das Nachbarsystem, hinsichtlich der Rheinwelle einen weiteren zeitlichen Vorsprung von 36 bis 48 Stunden zu gewinnen, ferner durch Einbeziehung von Jouy-aux-Arches und Saargemünd in den Meldedienst auch den voraussichtlichen Wasserstand der Mosel zu Trier bis zu 36 Stunden vor Eintritt wenigstens näherungsweise zu erhalten.^{*)} Dadurch wäre für Köln zunächst eine vorläufige Wasserstandsvorausmeldung, wenn auch ohne genauere Berücksichtigung der Nahe, Lahn und Sieg mit etwa 3tägigem Zeitvorsprunge durchführbar, der dann am nächsten oder übernächsten Tage die endgültige Vorausbestimmung der inzwischen tatsächlich beobachteten Wasserstände zu Mainz und Trier folgen könnte.

Für Mainz bietet der Zusammenschluß mit dem Meldesystem Mannheim im Hinblick auf den Rhein keinen Vorsprung, da das Meldesystem Mainz ohnehin schon an Maxau als obere Rheinstation anknüpft; ein weiterer zeitlicher Vorsprung aus der Verbindung beider Systeme würde sich nur bei dem Neckar ergeben. Immerhin wäre auch für Mainz die um etwa 12 Stunden frühzeitigere Kenntnis der Neckarstände zu Diedesheim nicht ohne Belang. Die gleichzeitige entsprechende Aus-

^{*)} Die Grundlagen für die Vorausberechnung der Moselstände zu Trier auf Grund der Wasserstände von Jouy und Saargemünd finden sich in dem VII. Heft der gegenwärtigen Veröffentlichungen.

dehnung des Meldesystems mainaufwärts bis Würzburg oder Viereih Schwierigkeiten kaum begegnen.

Innerhalb des Meldesystems Mannheim erscheint der Versuch, einen wesentlich größeren zeitlichen Vorsprung der Wasserstands-Vorausbestimmung als 24 Stunden vor dem tatsächlichen Eintreffen der Wasserwelle auf Grund von Wasserstandsmeldungen zu erzielen, bei der verhältnismäßig geringen Längenausdehnung des Neckarlaufes aussichtslos. Hier könnte nur eine vorläufige Ermittlung des zu erwartenden Wasserstandes aus den gefallen Regenmengen im Neckargebiete den zeitlichen Vorsprung um einen und selbst zwei Tage vergrößern. Bei der immerhin namhaften Zahl von Regenstationen, welche zur Bestimmung der Regenverteilung im Neckargebiete erforderlich wäre, würde die Einrichtung eines zweckentsprechenden Benachrichtigungssystems bei den gegenwärtigen Verkehrsmitteln zwar nicht allzu schwierig sein, aber namhafte Kosten verursachen. Nachdem schon bei gelegentlichen Untersuchungen für das Main- und Moselgebiet sich herausgestellt hat, daß zwischen den

Regen- und Abflußhöhen im Verlaufe von Anschwellungen Beziehungen am sichersten dann stattfinden, wenn beide Höhen ihr Maximum erreichen, so wurden ähnliche Ermittlungen auch für das Neckargebiet oberhalb Heidelberg auf Grund der Beobachtungen von etwa 40 Stationen bei zahlreichen Anschwellungen der zwei letzten Jahrzehnte durchgeführt; sie haben ergeben daß

eine mittlere Regenhöhe von	bei trockenem Boden	bei nassem oder gefrorenem Boden
	eine Anschwellungshöhe in Heidelberg von:	
10 mm	90 cm	180 cm
20 "	120 "	280 "
30 "	150 "	370 "
40 "	190 "	450 "
	als untere Grenze	als obere Grenze

veranlaßt. Die obere Grenze wird meist im Januar und Februar erreicht, die untere im Juli und August; die Anschwellungen in der kälteren Jahreszeit gehen indes nur ausnahmsweise bis an die untere Grenze, die der warmen bisher in keinem Falle bis an die obere Grenze.

