

# **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**

Mittelgebirgsflüsse

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

der drei Seen lassen sich aus der vorausgehenden Abbildung ersehen<sup>\*)</sup>).

In der unteren Aare (am Pegel zu Döttingen) sind bemerkenswerte Anschwellungen im Laufe der neueren Zeit beobachtet:

1852 IX. 18. 470 cm	1888 X. 4. 375 cm
1874 VII. 31. 405 "	1896 III. 10. 395 "
1876 VI. 12. 450 "	1896 VIII. 13. 370 "
1878 VI. 5. 420 "	1897 IX. 7. 392 "
1881 IX. 2. 444 "	1901 IV. 10. 400 "

Die meisten treffen zeitlich mit solchen des Schweizer Rheins zusammen; es sind mit wenigen Ausnahmen Anschwellungen aus der wärmeren Jahreszeit.

Die Zulaufzeiten der Hochwasserwellen der oberen Aare von Bern bis zur Mündung erreichen durchschnittlich gegen 10 Stunden; die Scheitelbildung im Unterlaufe des Flusses wird aber in den meisten Fällen durch die schon 6 Stunden früher hier eintreffenden Wellen aus der Reuß und Limmat und zuweilen durch jene der Großen Emme bedingt. Hierwegen tritt der Höhepunkt der Flutbewegung in der Aare bei Döttingen, ungeachtet aller verzögernden Umstände, fast gleichzeitig mit jener des Rheins bei Kadelburg ein.

Das Stärkeverhältnis der beiden großen Hochgebirgsflüsse kann in jedem einzelnen Falle mit Hilfe der nachstehend für je einen Centimeter Wasserstandszunahme ermittelten Vergrößerung der Abflußmenge gefunden werden. Da die Zunahme natürlich selbst wieder mit dem Wasserstande wächst, so sind die Beträge für entsprechende Höhenstufen abgeleitet. Es erreicht:

im Rhein zu Kadelburg	in der Aare zu Döttingen
zw. 110—150 cm die Zunahme 2 cbm,	zw. 100—120 cm d. Z. 2 cbm
» 151—180 » » » 2,5 »	» 121—140 » » » 2,5 »
» 181—220 » » » 3 »	» 141—160 » » » 3 »
» 221—250 » » » 3,5 »	» 161—180 » » » 3,5 »
» 251—280 » » » 4 »	» 181—215 » » » 4 »
» 281—330 » » » 4,5 »	» 216—245 » » » 4,5 »
» 331—370 » » » 5 »	» 246—290 » » » 5 »
» 371—410 » » » 5,5 »	» 291—330 » » » 5,5 »
» 411—450 » » » 6 »	» 331—370 » » » 6 »
» 451—490 » » » 6,5 »	» 371—410 » » » 6,5 »
» 491—530 » » » 7 »	» 411—450 » » » 7 »

Hieraus läßt sich gegebenen Falles feststellen, welche Wirkung das Steigen des einen und das gleichzeitige Fallen des anderen Gewässers oder die gleichartige Bewegung der beiden auf die Abflußmenge und damit auf den Wasserstand an ihrer Vereinigungsstelle ausüben muß.

**Mittelgebirgsflüsse.** Nach der Vereinigung von Rhein und Aare bei Waldshut fließen dem Rhein in wachsendem Maße Gewässer zu, deren Einzugsgebiete Abflußbedingungen unterliegen, die von jenen des Hochgebirges oder der diesem vorgelagerten Vorberge und Hochebenen wesentlich verschieden sind. Anfänglich sind es freilich

<sup>\*)</sup> Unter Benützung der »Hauptergebnisse der Schweizerischen hydro-metrischen Beobachtungen für das Jahr 1890. Bern 1897« zusammengestellt.

— zunächst infolge der Einschnürung des Stromgebietes zwischen den Quellen der Donau und des nach der Rhone abströmenden Doubs und dann wegen der verhältnismäßig nahe der Rinne des Rheins auf den beiderseitigen Randgebirgen der oberrheinischen Tiefebene verlaufenden Wasserscheiden gegen Neckar und Mosel — nur kleine Gewässer, namentlich von den Süd- und Westabhängen des Schwarzwaldes und dem Ostabhänge der Vogesen, wobei die Zuflüsse auf der linken Stromseite, größtenteils durch die Ill gesammelt, dem Rhein zugeführt werden; doch gleicht hier der ungewöhnliche Wasserreichtum, insbesondere der rechtsseitigen Gebietsabschnitte, die geringe Flächenzunahme teilweise aus. Unweit des Nordendes vom Schwarzwald mündet sodann der Neckar, als erster größerer Mittelgebirgsfluß; er reicht mit seinen Quellgebieten wieder weit nach Süden, nahe an das Alpenvorland heran. In verhältnismäßig schneller Folge ergießen sich hierauf die bedeutenden Nebenflüsse Main, Nahe, Lahn und Mosel in den Rhein, diesem die Abflüsse der weitläufigen Gebirgslandschaften zwischen dem Fichtelgebirge und Frankenjura im Osten und dem lothringischen Stufenlande sowie den Ardennen im Westen zuführend. Auch unterhalb der Mosel empfängt der Rhein noch einige größere Gewässer, wie namentlich die Sieg und die Ruhr aus den Mittelgebirgen; die Lippe gehört schon dem niederdeutschen Tieflande an.

Die Hauptregenzeit fällt in den Mittelgebirgslandschaften entweder wie in den Alpen in die Sommermonate Juni bis August oder die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge zeigt, namentlich in den schon vom Seeklima beeinflussten Gebietsteilen, mehrere Maxima mit einem Höchstbetrage im Oktober, gegen den das sommerliche Maximum aber meist nicht viel zurückbleibt; auch steht, wie aus der beigegebenen Übersichtskarte der Niederschlagsverteilung im Rheingebiete hervorgeht, die Regenmenge in einzelnen Abschnitten — besonders auf der Westseite der Vogesen und des Schwarzwaldes — jener der Alpenlandschaften kaum nach. Allein von den oft massenhaften Niederschlägen geht in der wärmeren Jahreszeit ein erheblicher Teil wieder unmittelbar oder durch Vermittlung der Pflanzen an die Lufthülle zurück, ein anderer Teil dringt in den Boden ein und gelangt meist viel später durch Grundwasser und Quellen nach den offenen Gerinnen, wird auch dauernd im Boden gebunden, so daß für den oberirdischen Abfluß, namentlich im Hochsommer, nur ein verhältnismäßig geringer Betrag erübrigt. Hierwegen treffen in den genannten Gebieten gerade in die Periode bedeutender Regenfälle mäßige Abflußmengen, in die kühlere Jahreszeit mit ihren meist geringen Niederschlägen aber höhere Wasserstände, insbesondere bei teilweisem oder völligem Schneeabgang. In den Mittelgebirgslandschaften findet der Schneeabgang gewöhnlich im Vorfrühling statt, zumeist begleitet von warmen Regen bei andauernden westlichen oder südwestlichen Winden; er veranlaßt die fast regelmäßig wiederkehrenden rasch verlaufenden Frühjahrsanschwellungen. Auch während des Winters geht der Schnee — oft wiederholt — teilweise oder völlig ab. Hiedurch, sowie wegen der in der kühleren Jahreszeit geringen Verdunstung, wegen des zuweilen ge-

frorenen Bodens und der unbedeutenden Wasseraufnahme durch die Pflanzen führen selbst nicht erhebliche Regenfälle Anschwellungen herbei, wodurch die Gewässer des Mittelgebirgs eine unruhige Bewegung und einen im allgemeinen höheren Wasserstand einnehmen zu einer Zeit, in der sich die Abflüsse der Hochgebirgsgebiete fast andauernd im Beharrungszustande befinden.

Einer der niederschlagsreichsten Abschnitte des außeralpinen Rheingebietes ist das Einzugsgebiet der Schwarzwald-Vogesenflüsse. Gemeint sind hier in der Hauptsache nur jene Gewässer, die vom Süd- und Westabhange des Schwarzwaldes und vom Ostabhange der Vogesen sowie von den nördlichen Ausläufern dieser Gebirge dem Rhein zufließen. In dem umschriebenen Gebiete trifft die Hauptregenzeit in den Juni oder Juli; größere Regenmengen fallen im März und Oktober, wobei diese an das Hauptmaximum heranreichen können. In den Vogesen wie in den höheren Lagen des Schwarzwaldes bleiben fast überall die Sommerregen hinter den Niederschlagsmengen des Frühjahrs und Herbstes zurück. Als mittlere Niederschlagshöhen haben sich aus den Beobachtungen von 40 Stationen des ganzen betrachteten Gebietes ergeben:

im Januar . . . 85 mm	im Juli . . . 128 mm
> Februar . . . 85 >	> August . . . 84 >
> März . . . 93 >	> September . . . 98 >
> April . . . 91 >	> Oktober . . . 118 >
> Mai . . . 89 >	> November . . . 75 >
> Juni . . . 112 >	> Dezember . . . 111 >

Die täglichen Regenhöhen können gegen 100 mm erreichen; in außerordentlichen Fällen, wie 1896 III weit mehr, wenn auch auf enger umgrenzter Fläche. In den drei Tagen stärkster Überregnung, am 7., 8. und 9. März 1896 sind in den hochgelegenen Quellgebieten der Wehra, Wiese und Dreisam sowie der Kinzig, Rench und Murg Regensummen von 250 mm und darüber festgestellt worden; in den Vogesen haben sie ebenfalls an einigen Stellen 200 mm überschritten. Auf den nach Westen gerichteten Seiten der oberrheinischen Randgebirge nehmen die Niederschläge von der Höhe zur Tiefe rasch ab; in der Rheinebene fallen durchschnittlich nur 50 bis 70 % der Regenmenge der Hochfläche.

Die jährliche Niederschlagsmenge in den Einzugsgebieten der Schwarzwald- und der Vogesengewässer erreicht gegen 20 Milliarden Kubikmeter; hieran sind der Juli mit nahezu 11 %, Oktober mit 10 %, Juni und Dezember mit 9 % beteiligt, während auf November etwa 6 % entfallen. Entsprechend der physischen Beschaffenheit ihrer Einzugsflächen, die zu den bestbewaldeten des Rheingebietes gezählt werden, ist die Durchfeuchtung des Bodens fast immer reichlich und demnach der abfließende Teil des Niederschlages meist bedeutend; nur bei strengem Frost oder längere Zeit anhaltender hoher Wärme wird der Abfluß gering. Die abfließende Menge hat im Mittel der Jahre 1891 bis 1900 in der kälteren Jahreszeit bis zu 90 % des Niederschlages er-

reicht, wobei übrigens wegen der beträchtlichen Schneeanhäufungen ein genauer Vergleich des Wasserzuges und -abganges schwierig wird; im Hochsommer sind etwa 42 bis 43 % der Regenmenge abgelaufen; diese Verhältniszahlen bleiben hinter den für die Zuflüsse des Rheins aus dem Alpenvorlande gefundenen kaum zurück. Wie hiernach leicht verständlich, müssen insbesondere die aus den Gebieten der Schwarzwaldgewässer dem Rhein zufließenden Wassermassen in der Regel ansehnlich sein. Da tatsächliche Messungen der Wassermengen nur für kleine und mittlere Wasserstände vorhanden sind, wurde versucht, die Wassermengen, welche dem Rhein zwischen der Aare und dem Neckar beiderseits zufließen, aus dem Unterschiede der Rheinabflüßmengen von Waldshut—Basel und Basel—Mannheim herzuleiten, wobei der Grundwasserzufluß freilich nicht besonders ausgeschieden wurde. Nach dem Durchschnitte der Jahre 1891 bis 1900 haben sich dementsprechend als sekundliche Zuflußmengen zum Rhein (in abgerundeten Zahlen) ergeben:

	zwischen Waldshut und Basel	zwischen Basel und Mannheim		zwischen Waldshut und Basel	zwischen Basel und Mannheim
im Januar . . .	30 cbm	420 cbm	im Juli . . .	90 cbm	170 cbm
> Februar . . .	30 >	410 >	> August . . .	60 >	190 >
> März . . .	30 >	350 >	> September . . .	20 >	230 >
> April . . .	40 >	310 >	> Oktober . . .	20 >	270 >
> Mai . . .	60 >	200 >	> November . . .	10 >	300 >
> Juni . . .	100 >	170 >	> Dezember . . .	30 >	290 >

Die Abflüsse des südlichen Schwarzwaldes nehmen hiernach noch erkennbar an dem sommerlichen Maximum der Nebenflüsse des Rheins aus der Schweiz teil, während der Abfluß von den Westabhängen des Schwarzwaldes und den Ostabhängen der Vogesen den Höchstbetrag im Januar und den kleinsten Wert im Juli erreicht, demnach sich den Abflußverhältnissen der übrigen Mittelgebirgsflüsse nähert. Bei mittleren Wasserständen führen Wiese 7 cbm, Elz und Dreisam 15 cbm, Kinzig 14 cbm, Rench 4 cbm, Murg 9 cbm, Ill 23 cbm und die Moder 7 cbm in der Sekunde.

Im Einzugsgebiete des Neckars erscheint der November als der niederschlagsärmste Monat; die größten Regenmengen fallen im Juni; die jahreszeitlichen Unterschiede sind indes nicht erheblich; auf die Wintermonate entfallen 22 %, auf die Sommermonate 30 % der Niederschlagsmenge des Jahres; Frühjahr und Herbst erhalten fast gleichviel. Die mittlere Niederschlagshöhe des Gebietes erreicht rd. 720 mm; ihr entspricht eine Regenmenge von etwa 12 Milliarden Kubikmeter, davon auf Juni und Juli allein 2660 Millionen treffen. Die bedeutendsten Regenfälle gehören der wärmeren Jahreszeit an; die größten innerhalb 24 Stunden gefallenen Regen haben gegen 100 mm Höhe erreicht. Die dem höheren Gebirge, namentlich der Ostabdachung des Schwarzwaldes und der Rauhen Alb zugehörigen Abschnitte des Neckargebietes sind meist stärker überregnet als das schwäbische Becken im Mittellaufe des Neckars und im Kocher-Jagstgebiete. Im Schwarzwalde steigen die mittleren jährlichen Regenhöhen bis gegen 1600 mm, in der Alb sowie in den Waldgebieten zwischen Kocher und Jagst auf

900 mm an; es sind dies die auch nach der Oberflächen-gestalt und -Beschaffenheit bemerkenswerten Bestandteile des Neckarsgebietes mit stärkstem Abflusse. Von der Gesamtniederschlagsmenge des Neckargebietes fließen bei Heidelberg im Jahresdurchschnitt 31 % ab, verhältnismäßig am meisten, fast 67 % im Februar zur Zeit nicht bedeutender Niederschläge, am wenigsten — etwa 14 % — im Juli. Im Januar, Februar und März fließen im Mittel 59 %, im Juli, August und September nur 15 % ab; vom Juni bis Oktober bleibt die abfließende Menge unter 20 % der Niederschlagsmenge<sup>\*)</sup>. Im Einklange mit der hohen Abflußzahl ist auch die tatsächliche Abflußmenge im Februar am größten; sie erreicht 513 Millionen Kubikmeter; dagegen führt der Neckar am wenigsten Wasser im August (148 Millionen Kubikmeter); ein kleineres Maximum tritt im Oktober infolge der erheblichen Zunahme der Niederschläge in jenem Monate ein. Die mittlere jährliche Abflußmenge ist zu 3620 Millionen Kubikmeter ermittelt.

Die Abflußmenge des Neckars, entsprechend dem aus langjährigen Beobachtungen abgeleiteten Mittelwasser zu Diedesheim wird zu 110 cbm in der Sekunde angegeben; doch bewegt sich die Wasserführung des Flusses, selbst in seinem Unterlaufe, innerhalb ziemlich weiter Grenzen; sie geht bei niedrigen Beharrungsständen auf etwa 40 cbm herab und wird andererseits für die großen Hochwasserstände auf etwa 3000 cbm angegeben. Die für die außerordentlichen Hochwasserhöhen von 1824 X. berechnete Höchstabflußmenge von 4800 cbm ist zweifellos zu groß; sie steht mit den Abflußverhältnissen des Neckargebietes kaum mehr im Einklange.

Das Maingebiet empfängt die geringsten Niederschlagsmengen im Februar, in seinem unteren nordwestlichen Teile erst im April, die größten Regenmengen in der südlichen Hälfte im Juni, in der nördlichen im Juli. Die Monate Oktober, Dezember und März zeigen sekundäre Maxima des Niederschlages. Von der Niederschlagsmenge des Jahres fallen 20 % im Winter als geringster und 34 % im Sommer als höchster Betrag. Auf das Maingebiet oberhalb Miltenberg treffen jährlich im Mittel etwa 13,7 Milliarden Kubikmeter; die durchschnittliche Regenhöhe des Flußgebietes ist zu 660 mm ermittelt. Die stärksten Regenfälle treten fast ausschließlich im Gefolge von Gewittererscheinungen ein; als Höchstbeträge gelten, von ungewöhnlichen Verhältnissen abgesehen, 60 bis 70 mm Regenhöhe in 24 Stunden.

Von der großen Regenmenge im Juli fließen nur 13 % ab, selbst im Oktober erst 20 %; dann nimmt der Abfluß stärker zu. Zwischen Januar und März liegt die abflußreichste Zeit mit durchschnittlich 58 %; im März allein fließen 64 % der Niederschlagsmenge ab; in diesen Zeitraum fallen die großen Mainanschwellungen. Zwischen April und Mai findet rascher Rückgang der Abflußmenge statt, die im Mai nur mehr 23 % des Niederschlages beträgt.

<sup>\*)</sup> Auf Grund neuer Feststellungen nach den Beobachtungen von 1891 bis einschl. 1900.

Der zu Miltenberg beobachteten größten sekundlichen Abflußmenge — Mittelwert aus 1886–1897 — im März von 244 cbm steht eine geringste von 72 cbm im August und September gegenüber; doch geht die Wasserführung des Mains bei sehr niedrigen Mainständen bis auf 50 cbm herab, erreicht bei beginnender Überflutung 850 bis 900 cbm und bei den großen Hochwassern 2500 cbm, in ganz seltenen Fällen wohl auch 3000 cbm. Die mittlere Abflußhöhe liegt im Main zu Miltenberg bei etwa 150 cm; die diesem Wasserstand entsprechende Abflußmenge erreicht 120 bis 130 cbm.

In den zur Nahe entwässernden Gebietsabschnitten fällt am meisten Regen im Juli, am wenigsten gewöhnlich im April, auch Februar und November sind als niederschlagsarm zu betrachten. Im Hunsrück steigt die Jahressumme des Niederschlages bis 900 mm, stellenweise selbst bis 1000 mm an. Der tiefer liegende nordöstliche Teil des Flußgebietes fällt in das regenarme rheinhessische Hügelland und das Mainzer Becken, in welchen die Jahresmenge unter 500 mm zurückbleibt. Die Gebiete der südwärts aus der Pfalz zufließenden Gewässer empfangen durchschnittlich 600 bis 700 mm Regen im Jahre. Die Höchstwerte des täglichen Regenfalles treffen auf die Monate Juli, August und Dezember; sie haben in Birkenfeld 60 mm überschritten.

Im jahreszeitlichen Verlaufe des Abflusses zeigt die Nahe vollkommen das Verhalten der Mittelgebirgsflüsse: niedrige Stände in der wärmeren, höhere in der kälteren Jahreshälfte; am meisten fließt im Januar ab, die Zeit der Niederstände fällt in den Hochsommer. Vom Minimum im September steigt der Wasserstand verhältnismäßig rasch an, erreicht im Februar das Höchstmaß und geht im Laufe des Frühlings wieder ziemlich schnell zurück. Der mittlere Stand liegt bei etwa 330 cm Kreuznach, der durchschnittlich niedrigste bei 280 cm, während als Hochwasserbeginn ein Wasserstand von 530 cm gilt. Die seither beobachteten Grenzen der Wasserstandsbeziehung sind zwischen 251 cm als niedrigstem (1876 VIII) und 690 cm als höchstem (1882 XI) eingeschlossen; die Schwankung umfaßt hierwegen rd. 440 cm. Die Wassermengen, welche die Nahe dem Rhein zuführt, werden für die niedrigen Wasserstände auf 20 cbm, für die mittleren auf rd. 50 cbm angegeben. Die größte sekundliche Hochwassermenge soll 1260 cbm betragen haben; sie würde einem Abflusse von 0,30 cbm von jedem Quadratkilometer des Einzugsgebietes entsprechen.

Im Lahngebiete trifft von der jährlichen Gesamtmenge des Niederschlages der Höchstbetrag von etwa 12 % auf den Juli, der kleinste Wert von kaum 6 % auf April. In den Sommer- und ersten Herbstmonaten fallen gegen  $\frac{2}{3}$  der ganzen Regenmenge des Jahres. Die bedeutendsten Niederschlagsmassen empfängt der Südosten und Nordwesten des Gebietes, wo im Taunus und Westerwald die Jahressumme bis zu 800 mm ansteigt; der größere, mittlere Teil des Gebietes erhält nicht über 650 mm. Das obere Flußtal zwischen Marburg und Gießen liegt größtenteils im Regenschatten des

Taunus und erhält nur gegen 600 mm. Die höchsten Tagesmaxima haben zu Marburg im Hochsommer rd. 50 mm erreicht.

Die jahreszeitliche Bewegung des Wasserstandes zeigt niedrige Stände zwischen Mai und Oktober mit einem Minimum im September; dann Zunahme bis zum Dezember, Maximum im Februar und rasche Abnahme vom März zum Mai. Die häufigen Sommeranschwellungen veranlassen in den Durchschnittswerten der höchsten Monatsstände und zwar in dem regenreichen Juni ein zweites Maximum, das aber wegen des geringen sommerlichen Abflusses sogar unter den entsprechenden Wasserständen des niederschlagsarmen April zurückbleibt. Der mittlere Lahnstand liegt zwischen 140 und 150 cm am Pegel zu Gießen oder Diez, der durchschnittliche Niedrigwasserstand zwischen 70 und 80 cm, die Hochwassergrenze bei etwa 450 cm. Als niedrigste Stände gelten 58 cm Gießen (1859 VIII und 1883 IX) sowie 60 cm Diez (1874 IX), als höchste 525 cm Gießen (1879 I) und 678 cm Diez (1882 XI). Dem mittleren niedrigsten Jahresstand entspricht eine sekundliche Wasserführung der Lahn von nur etwa 8 cbm, dem Mittelwasser (140 bis 150 cm) etwa 40 cbm. Die Abflußmenge bei dem außerordentlichen Hochwasser vom März 1845 bei 711 cm Diez ist zu 750 cbm bestimmt worden; ihr würde ein gleichmäßiger sekundlicher Abfluß von 0,14 cbm von jedem Quadratkilometer des Einzugsgebietes entsprechen.

Im Moselgebiete erscheinen als regenreichste Jahreszeiten für den oberen Abschnitt der Herbst, für den mittleren und unteren der Sommer, was bei der verhältnismäßig geringen Flächenausdehnung wohl auf den Einfluß der Bodenerhebung zurückzuführen ist. Das Gesamtgebiet empfängt eine mittlere jährliche Niederschlagsmenge von 21,5 Milliarden Kubikmeter — bis Trier 18,5 Milliarden — mit 2170 Millionen Kubikmeter größter Menge im Oktober und 1150 Millionen Kubikmeter kleinster Menge im April; nur im untersten Abschnitte des Moselgebietes fällt am meisten Regen im Juli, am wenigsten im Februar und November. Abgesehen von einzelnen Hochstationen in den Vogesen übersteigt die größte tägliche Höhe des Niederschlages in den gebirgigen Teilen des Gebietes selten 100 mm, in den westlichen Abschnitten der Stufenlandschaften 50 bis 60 mm, in den östlichen 70 bis 80 mm und im rheinischen Schiefergebirge gegen 60 mm.

Der verhältnismäßige Abfluß erreicht im Moselgebiete (bis Trier) den Höchstbetrag im Januar mit 83 % der Niederschlagsmenge; er nimmt sodann anfänglich langsam, zwischen März und Mai rasch ab bis zum Mindestbetrage im Juli von 12 %. Die geringe Wasserführung dauert bis September; erst mit Herbstbeginn wächst der Abfluß wieder. Die Abflußmenge im Januar verhält sich zu jener im Juli wie 5,2 : 1. Den genannten Verhältnissen entsprechend, zeigt die Mosel in der wärmeren Jahreszeit meist niedrige Wasserstände, selten durch Anschwellungen unterbrochen, im Winter und Frühjahr vorherrschend stärkere Wasserführung, den

niedrigsten Wasserstand im August, vom September bis zum Dezember rasches Steigen, das Maximum im Januar, ein wesentliches Fallen des Wasserstandes aber erst vom März an. Die Sommerhochwasser kommen in den langjährigen Mittelwerten der höchsten Wasserstände fast nicht mehr zur Geltung. Die mittlere jährliche Abflußmenge erreicht (bei Trier) 6960 Millionen Kubikmeter; davon kommt in den Wintermonaten reichlich  $\frac{1}{3}$ , in der Sommerzeit nahezu die Hälfte aus der Saar. Dem mittleren Wasserstände der Mosel zu Trier von 110 cm entspricht die Abflußmenge von rd. 220 cbm in der Sekunde, dem niedrigsten Stande die Menge von etwa 90 cbm; bei dem höchsten seither beobachteten eisfreien Hochwasser der Mosel sind zu Trier annähernd 4500 cbm (0,166 cbm von jedem Quadratkilometer der Einzugsfläche) abgeflossen.

Die größeren Gewässer, welche der Rhein unterhalb der Mosel noch empfängt, erhalten ihre Zuflüsse teils aus den regenreichen Abschnitten des Sauerlandes, wo die jährliche Niederschlagshöhe bis auf 1200 mm anwächst, teils aus der niederschlagsarmen Kölner Tieflandbucht und dem Becken von Münster mit 600 bis 700 mm Regenhöhe im Jahre. Von der Gesamtregenmenge treffen als Höchstbetrag 11 bis 12 % auf die Sommermonate Juni und Juli und nicht ganz 5 % auf April als Minimum. Etwa  $\frac{1}{3}$  der Regenmenge des Jahres fällt im Sommer; Herbst, Winter und Frühling nehmen der Reihe nach in geringerem Maße teil; der Niederschlag im Frühjahr erreicht kaum mehr  $\frac{1}{5}$  der Jahressumme. Als Höchstwerte des täglichen Regenfalles sind an einzelnen Orten 60 bis 70 mm festgestellt. Die ungewöhnlich hohen Beträge fallen meist in die wärmere Jahreszeit; während sie aber dann zu größeren Hochständen gewöhnlich nicht führen, waren sie im November 1890 Veranlassung zu außerordentlichen Fluterscheinungen in der Sieg, Ruhr und Lippe geworden.

Der jahreszeitliche Gang der mittleren Abflußbewegung zeigt ein Minimum der Wasserstände im August und September und einen Höchstbetrag im Februar; ähnlich verhalten sich auch die niedrigsten Wasserstände. Die mittleren monatlichen Höchstwerte erreichen unter dem Einflusse der nicht seltenen winterlichen Anschwellungen ihr Maximum schon im Dezember oder Januar. Die Zunahme der Wasserstände vom Herbst zum Winter erfolgt wesentlich schneller, als die Wiederabnahme im Frühjahr zu den Niederständen der wärmeren Jahreszeit. Äußerst niedrige Wasserstände sind namentlich in der Ruhr und Lippe während der Jahre 1857, 1858, 1868 und 1885 eingetreten; anderseits sind durch die schon erwähnten Hochwassererscheinungen im November 1890 die bis dahin festgestellten Höchststände übertroffen worden.

Die Wasserführung der Gewässer unterhalb der Moselmündung ist nur zeitweise belangreich. Die Sieg soll bei gewöhnlichen Hochwasserständen etwa 400 cbm, bei dem außerordentlichen Hochwasser von 1890 XI gegen 1000 cbm abgeführt haben; bei der Ruhr wird die Höchstmenge der Fluterscheinung von 1808 IV auf

1650 cbm angegeben; hier fließen durchschnittlich von dem Quadratkilometer 0,37 cbm ab.

Bei den drei bedeutendsten Mittelgebirgszuflüssen des Rheins zeigt sich, wie aus der folgenden Gegenüberstellung der Monatsabflußzahlen hervorgeht, große Übereinstimmung in dem verhältnismäßigen Abflusse. Von je 100 cbm Regenmenge sind abgelaufen\*) im

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
im Neckar (zu Heidelberg)	51	67	59	42	31	20	14	15	16	19	27	30
im Main (zu Miltenberg)	54	55	64	45	23	15	13	15	17	20	30	33
in der Mosel (zu Trier)	83	73	63	44	31	17	12	15	18	25	48	53

Nur in den Wintermonaten ergeben sich größere Unterschiede. Aus dem Einzugsgebiete der Mosel fließt in der kälteren Jahreszeit wesentlich mehr ab, als aus den beiden rechtsrheinischen Gebieten, während in den Frühlings- und Sommermonaten wieder mehr gleichartige Verhältnisse bestehen. Insgesamt ist, wie der Jahresdurchschnitt ergibt, das Moselgebiet wesentlich abflußreicher, als das Neckar- und Maingebiet, da die mittlere jährliche Regenhöhe im Neckargebiete 717 mm, im Maingebiete 658 mm und im Moselgebiete 761 mm erreicht und der größeren Regenhöhe der größere verhältnismäßige Abfluß entspricht.

Bei den Mittelgebirgsflüssen werden länger dauernde Beharrungszustände im Abflusse nur bei niedrigen Wasserständen beobachtet. Die meist geringe Beständigkeit der oberirdischen Speisung und der Mangel an natürlichen Sammelbecken, welche den Abfluß regeln könnten, beschränken die Möglichkeit des Bestehens von Beharrungszuständen im Abflusse fast ausschließlich auf jene Zeiträume, innerhalb welcher die Wasserläufe aus dem Grundwasservorräte gespeist werden.

Für die Schwarzwald-Vogesenflüsse ist der Hochsommer die Zeit des beharrenden Wasserstandes. Der sekundliche Abfluß bei solchen Wasserständen erreicht:

- in der Wiese 4,0 cbm
- » » Elz und Dreisam 7,6 cbm
- » » Kinzig 7,9 cbm
- » » Rench 1,5 cbm
- » » Murg 6,0 cbm
- » » Ill 15,0 cbm.

Die sämtlichen Gewässer zwischen Waldshut und Maxau führen bei sehr niedrigen Wasserständen links 33 cbm, rechts 39 cbm, zusammen 72 cbm dem Rhein zu.

Im Neckar treten Beharrungszustände gewöhnlich im September und Oktober ein, zuweilen auch während der Sommermonate; sie haben in der kühleren Jahreszeit

\*) Für das Neckargebiet auf Grund neuer Feststellungen mit Hilfe der 10jährigen Beobachtungen von 1891 bis 1900; für das Main- und Moselgebiet nach den Untersuchungsergebnissen im VI. und VII. Hefte der gegenwärtigen Veröffentlichungen.

eine größere Beständigkeit und können dann eine Dauer von 3 bis 4 Monaten erreichen. Indes zeigt auch im Hochsommer und Herbst der Neckar zuweilen wochenlang annähernd gleichbleibende Höhen. Die bemerkenswertesten seither beobachteten niedrigsten Beharrungszustände waren zu Diedesheim:

1858 I	60 cm	1874 XI	54 cm
1864 XII	42 >	1882 II	68 >
1865 X	45 >	1884 VIII	55 >
1868 IX	54 >	1885 IX	56 >
1871 XII	51 >		

Der Neckar führt in solchen Fällen zu Diedesheim durchschnittlich 30 bis 35 cbm Wasser, zu welchem unter gewöhnlichen Umständen der obere Neckar gegen 40%, die Enz 30%, der Kocher 20% und die Jagst rd. 10% beisteuern. In der angegebenen Verteilung erscheint neben der Gebietsgröße vorzugsweise der Wasserreichtum der einzelnen Abschnitte; er ist bei dem oberen Neckar und bei der Enz in der Regel wesentlich bedeutender als bei dem Kocher und bei der Jagst.

Im Main treten beharrende Wasserstände auf, sobald der oberirdische Abfluß eingeschränkt ist, die meisten der kleinen Gerinne mit sehr wechselndem Abflusse trocken liegen und der Fluß vorwiegend aus dem Grundwasser seines Einzugsgebietes gespeist wird. Der Main steht dann in seinem oberen Laufe auf etwa 20 cm Höhe zu Lichtenfels, im unteren auf 80 bis 90 cm zu Miltenberg, während die Regnitz 20 bis 25 cm zu Bamberg aufweist. Die Unterhaltung eines solchen Beharrungszustandes im Abflusse erfordert in der wärmeren Jahreszeit täglich 2 bis 2,5 mm, im Winter nicht viel mehr als 1 mm Regen; es findet dann ein regelmäßiger Ausgleich von Wasserzugang und Wasserabgang statt. Derart niedrige Beharrungszustände treten im Main fast in jedem Jahre, zuweilen sogar mehrmals in einem Jahre, am häufigsten im Hochsommer Juli und August ein, nicht selten auch in der kühlen Jahreszeit Januar und Februar, dann aber in der Regel nur, wenn der oberirdische Abfluß durch Frostwetter größtenteils aufgehoben ist. Eine ungewöhnliche Häufung sehr niedriger Beharrungszustände zeigen insbesondere die beiden Jahrzehnte zwischen 1850 und 1860 sowie 1890 und 1900. Die Wassermengen, welche der Main bei den niedrigen Beharrungszuständen zum Rhein liefert, betragen oft wochenlang nur 40 bis 50 cbm.

In der Nahe bestehen beharrende Wasserstände gewöhnlich zwischen Juli und Oktober; sie halten sich meistens in den Grenzen von 250 cm Höhe zu Kreuznach in den wärmeren und 280 cm in den kühleren Monaten; solche von größerer Höhe als 290 cm sind seither nicht beobachtet. Im allgemeinen führt die Nahe dem Rhein während der Beharrungszustände kaum mehr als 18—20 cbm Wasser zu.

Bei der Lahn treten Beharrungszustände im Abflusse von längerer Dauer ähnlich wie bei dem Main vorwiegend im Spätsommer und Herbst ein. In der oberen Lahn zu Gießen sind 60 cm in der wärmeren, 65—70 cm in der

kälteren Jahreszeit, in der unteren Lahnstrecke bei Diez 60—65 cm in der wärmeren und 80—90 cm in der kälteren Jahreszeit als ein Abflußzustand zu beobachten, der sich längere Zeit erhalten kann. Die entsprechenden Abflußmengen erreichen nach den neueren Messungen — unterhalb Diez — zwischen 12 und 20 cbm in der Sekunde.

Gleichbleibender Abfluß von längerer Dauer kann auch in der Mosel nur bei verhältnismäßig geringen Wassermengen, die bei Trier zwischen 60 und 80 cbm in der Sekunde sich bewegen, bestehen. Die Höhe des durch seine Stetigkeit deutlich gekennzeichneten Niederstandes, nämlich 30 bis 40 cm Trier in der wärmeren und rd. 80 cm in der kühleren Jahreszeit, hängt hierbei von dem augenblicklichen Wasservorrat des Bodens ab, der im Winter und Frühjahr bedeutender als im Sommer und Herbst ist. Von den Beharrungsständen in der Mosel treffen 91 % auf die wärmere Jahreshälfte Mai bis Oktober, wiewohl in diesen Zeitabschnitt gerade die größten Regenmengen fallen; solche Beharrungsstände können mehrere Wochen bestehen; sie werden im Winter schon durch eine mittlere tägliche Regenhöhe von 1 mm, im Sommer von 2—3 mm unterhalten.

Die Nebenflüsse des Rheins nach seinem Eintritt in das Tiefland zeigen in den Sommer- und Herbstmonaten, dann aber oft viele Wochen lang, beharrende Wasserstände bei geringen Abflußmengen, welche in der Sieg nicht über 10 cbm betragen, in der Ruhr gewöhnlich zwischen 15 und 25 cbm und in der Lippe zwischen 10 und 15 cbm schwanken.

Die größeren, nicht periodischen Anschwellungen in den Nebenflüssen des Rheins aus den Mittelgebirgen entstehen fast immer infolge von raschem, durch warme Regen beschleunigten Schneeabgang über gefrorenem oder stark durchtränktem Boden, selten durch längere Zeit andauernde bedeutende Regenfälle, die aber nur ausnahmsweise ein größeres Gebiet gleichzeitig betreffen. Gleichwohl haben, wie die Entstehung der ungeheueren Flutwellen im Neckar und in der Mosel von 1824 X—XI beweisen, auch gewaltige Regenfälle ohne bemerkenswerten Schneeabgang, wenn sie in der kühleren, also abflußreicheren Jahreszeit aufgetreten sind, zu außergewöhnlich hohen Wasserständen geführt. Im Neckar treffen noch etwa  $\frac{1}{5}$  aller größeren Anschwellungen auf die wärmere Jahreshälfte; in den nördlicher und westlicher liegenden Gebieten werden mit der Annäherung an die See die Anschwellungen im Sommer immer seltener; in den Nebenflüssen des Rheins aus dem niederdeutschen Tieflande kommen nur mehr Winterhochwasser vor. Der verhältnismäßige Abfluß im Verlaufe der Anschwellungserscheinungen ist natürlich äußerst wechselnd, nimmt, wie leicht erklärlich, mit dem Anwachsen der Stärke der Überregnung selbst zu, so daß, da dann auch die Luft meist sehr feucht und die Verdunstung gering wird, bei längerdauernder starker Überregnung nahezu die Gesamtregenmenge oberirdisch abfließt.

In den Nebenflüssen des Rheins aus dem Schwarzwald und den Vogesen entstehen Anschwellungen meist infolge der fast regelmäßigen Spätjahrsregen; sie sind jedoch selten belangreich; größere Hochwassererscheinungen treten gewöhnlich nur dann auf, wenn — wie in den Jahren 1833—34, 1836, 1849, 1850, 1862, 1867, 1877, 1882 — über gesättigtem oder hartgefrorenem Boden bei plötzlich einfallendem Tauwetter mit stärkerem, anhaltenden Regen eine namhafte Schneelage abgeht, ausnahmsweise auch, wie 1896, durch 3 bis 4 Tage andauernde, äußerst starke Überregnung.

Das Steigen beginnt bei der geringen Durchlässigkeit des Gebietes und der ansehnlichen Geländeneigung gewöhnlich bald nach Regenbeginn; im Sommer dagegen oder bei mächtiger Schneelage können die ersten, selbst ausgiebigen Regenfälle ohne namhafte Wirkung auf den Abfluß bleiben. Der Verlauf der Anschwellungen ist meistens außerordentlich rasch; der höchste Stand tritt im Unterlaufe der Flüsse innerhalb der ersten 24 Stunden des Ansteigens, selten schon nach wenigen Stunden oder später als nach zwei Tagen ein. Bemerkenswert sind in dieser Hinsicht insbesondere die Abflußverhältnisse bei der Rench, wo die oft sehr ausgiebigen Regenfälle im Ursprungsgebiete (Kniebis) schon nach wenigen Stunden raschen Anschwellens einen Hochwasserstand veranlassen können. Bei der Ill tritt der Hochstand gewöhnlich erst 2 bis 2 $\frac{1}{2}$  Tage nach Beginn des Steigens in Straßburg ein; da die ungemein lebhaften Anschwellungen der Breusch bis dahin meistens abgelaufen sind, erreichen die Illhochwasser selten schädliche Höhen. Überdies werden schon bei Erstein gegen 200 cbm der Hochwassermenge durch den Kraftkanal dem Rhein zugeführt.

Als bedeutendste Hochwasser der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erscheinen fast ausnahmslos nur solche aus der kühleren Jahreszeit — namentlich aus den Monaten Dezember bis März. Die dabei bisher bekannt gewordenen größten Abflußmengen werden in runden Zahlen angegeben\*):

bei der Wiese	zu 500 cbm	
» » Elz	» 550 »	
» » Dreisam	» 260 »	
» » Kinzig	» 1200 »	
» » Rench	» 300 »	
» » Murg	» 700 »	
» » Ill	» 450 »	(oberhalb des Ill-Hochwasserkanales).

Die genannten Höchstmengen sind jedoch bisher keineswegs gleichzeitig zur Geltung gekommen — selbst nicht 1896 Ill, als in den meisten der Schwarzwaldflüsse der bis dahin bekannte Höchstabfluß überschritten worden ist; namentlich bei den Anschwellungen der wärmeren Jahreszeit bleiben die Höchstabflußmengen gewöhnlich wesentlich hinter den angegebenen zurück.

Der Rückgang der Anschwellungserscheinungen geht rasch von statten, so daß die Hochwasserdauer an einer

\*) Beiträge zur Hydrographie des Gr. Baden. VIII. Heft. Karlsruhe 1893.

Stelle des unteren Laufes nur 1 bis 4 Tage, längs des ganzen Flußlaufes selten über 8 Tage umfaßt. Insbesondere in der Kinzig treten die Anschwellungen nicht immer im ganzen Flusse gleichzeitig und mit gleicher Stärke auf.

Die Zulaufzeiten der Schwarzwald-Vogesenflüsse können nach den genaueren Aufzeichnungen, welche seit 1886 über deren Verlauf gesammelt worden sind, für die Flußstrecken zwischen den angegebenen Beobachtungsstellen und der Mündung in den Rhein angenommen werden:

bei der Kinzig zwischen Schwaibach und der Mündung 6—12 Stunden  
 „ „ Ill „ Kogenheim „ „ „ 12—30 „  
 „ „ Murg „ Weisenbach „ „ „ 6 „

Im allgemeinen trifft bei annähernd gleichzeitig erfolgtem Anstoße zur Anschwellungsbewegung der Wellenscheitel der Wiese 2 bis 3 Stunden vor jenem der Murg und 5 bis 6 Stunden vor dem Kinzigscheitel an der Mündung ein. Die Murgwelle erreicht den Rhein etwa 3 Stunden vor der Kinzig.

Im Neckar erscheinen entweder oberer Neckar und Enz-Nagold für sich oder in Verbindung mit den Gewässern des schwäbischen Beckens, dem Kocher und der Jagst, an den Anschwellungsbewegungen vorwiegend beteiligt. Bei Anschwellungen im Gefolge allgemeiner Überregnungen, durch welche natürlich die niederschlagsreicheren Abschnitte des Neckargebietes im Schwarzwald und auf der Alb hauptsächlich betroffen werden, während die in das schwäbische Becken fallenden, größtenteils im Regenschatten des Schwarzwaldes befindlichen Gebietsabschnitte weniger Wasserzugang erhalten, werden die Abflußmassen aus dem Oberlaufe des Neckar in der Regel vorherrschen. Bei den Hochwassererscheinungen, veranlaßt durch Witterungsumschlag mit Tauwetter und Schneeabgang dagegen können recht wohl auch Kocher und Jagst gleichzeitig hervorragend mitbeteiligt sein; in solchen Fällen ist die Flutbewegung dann eine mehr allgemeine, wenn auch wegen des meist ungleichzeitigen Zusammentreffens der Einzelwellen, die Hochwassererscheinung im Unterlaufe des Flusses keineswegs notwendig mächtiger wird, als bei den starken Überregnungen.

Die Abflußverhältnisse im oberen Neckar bedingen, daß die Anschwellung in der Regel am gleichen Tage, wie die Überregnung einsetzt und daß das Steigen fast gleichzeitig längs des ganzen Neckarlaufes bis herab nach Plochingen beginnt. Der Höchststand kommt meist erst 24 Stunden nach den stärksten Niederschlägen, dann aber ebenfalls fast gleichzeitig zustande. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Enz und Nagold, dem Kocher und der Jagst. Hierwegen ist ein tatsächliches Vorrücken der Anschwellungen nur selten zu bemerken. Die Scheitelbildung tritt im Unterlaufe der Gewässer häufig schon ein, während die Welle aus dem oberen Flußabschnitte erst im Anwachsen begriffen ist. Die aus einigen genau beobachteten Anschwellungserscheinungen, bei welchen nach Lage der Umstände eine wirkliche Fortschrittsdauer festzustellen war, abgeleiteten mittleren Zulaufzeiten sind:

für den Neckar:		für die Enz:	
Oberndorf—Horb . . .	3,0 Stdn.	Pforzheim—Enzweihingen	6,0 Stdn.
Horb—Tübingen . . .	3,5 „	Enzweihingen—Besigheim	4,0 „
Tübingen—Plochingen .	3,5 „	Besigheim—Diedesheim .	5,5 „
Plochingen—Besigheim .	6,0 „	für den Kocher:	
Besigheim—Heilbronn .	7,5 „	Gaibdorf—Neuenstadt .	10,0 „
Heilbronn—Diedesheim .	3,0 „	Neuenstadt—Mündung .	1,5 „
		Mündung—Diedesheim .	2,5 „
Diedesheim—	350 cm 12 Stdn.	für die Jagst:	
Neckarmündg.	400 „ 11 „	Crailsheim—Möckmühl .	11,0 „
bei Wasserstdn.	700 „ 10 „	Möckmühl—Mündung .	2,5 „
zu Diedesheim	800 „ 12 „	Mündung—Diedesheim .	2,0 „
bis zu	850 „ 14 „		

Die Neckarwelle schreitet hiernach von Plochingen bis Diedesheim durchschnittlich in 11,5 bis 12 Stunden, die Enzwelle von Pforzheim bis Diedesheim in 15 Stunden, die Kocherwelle in 14 Stunden, die Jagstwelle in 15 Stunden bis Diedesheim vor. Neckaranschwellungen unter der Überflutungshöhe legen in der unteren Flußstrecke — von Diedesheim bis zur Mündung — durchschnittlich 8,3 km in der Stunde, hohe, überflutende Neckarwellen 5,5 km in der Stunde zurück.

Als bedeutende Anschwellungen mit Eintritt einer allgemeinen Überflutung sind solche von 450 cm bei Heilbronn zu betrachten. Überschwemmungsgebiete in größerer Ausdehnung bestehen zwischen Rottenburg und Tübingen, Plochingen und Cannstatt, Heilbronn und Jagstfeld; auch im Kocher- und Jagstgebiete. Die Überflutungshöhe liegt für den oberen Neckar bei 330 cm Plochingen, für die Enz bei 190 cm Pforzheim, für den Kocher bei 250 cm Gaibdorf und für die Jagst bei 200 cm Crailsheim. Die bei bordvollem Gerinne abgeführten Wassermassen wurden ermittelt zu 290 cbm im oberen Neckargebiete, 150 cbm im Enzgebiete, 170 cbm im Kocher- und 80 cbm im Jagstgebiete.

Die Gleichzeitigkeit der Entstehung der Anschwellungen in den einzelnen Gebietsabschnitten bewirkt, daß die im oberen Neckar sich bildenden Wellen in der Regel vom Niederstande aus ziemlich stetig anwachsen und nach kurzdauernder Scheitelbildung in gleicher Art abnehmen. Ähnlich entstehen auch in der Enz, im Kocher und in der Jagst nach einmaliger stärkerer Überregnung meistens Anschwellungen mit einem Scheitel. Die Vereinigung aller dieser Wellen im Neckar erfolgt indes nur zeitweise derart, daß auch hier eine Scheitelbildung hervorgeht. Bei Annahme eines gleichgroßen Abflusses von der Flächeneinheit ergibt sich zwar für die Hauptmasse des abfließenden Wassers, die namentlich aus dem oberen Neckar und der Enz herabkommt und um die 16. Stunde nach dem stärksten Regenfalle in Diedesheim eintreffen müßte, nur ein Scheitel; allein die Regenverteilung bewirkt nicht selten, daß namentlich die fast 6 Stunden früher aus dem Kocher und der Jagst und noch teilweise aus dem unteren Enzgebiet gelieferte Wassermenge dem späteren Abflusse gleichkommen oder ihn sogar überreffen kann, daß somit entweder ein Doppelscheitel entsteht oder das Anschwellungsmaximum im unteren Neckar schon etwa 12 Stunden nach der Hauptüberregnung eintritt. Unterhalb der Jagstmündung verlaufen die Anschwellungen ohne bemerkenswerte Unterbrechung bis Mannheim; hier wird indes das Eintreffen der Neckar-

scheitel an der Mündung durch das gleichzeitige Verhalten des Rheinstandes mit bedingt und der genaue zeitliche Verlauf der Anschwellungen nur durch besondere Untersuchung des Zeitpunktes gefunden, wann die stärkste Erhöhung der Rheinwelle durch den Neckar stattfindet.

Im Main entstehen die Anschwellungen in den oberen und unteren Gebietsabschnitten fast gleichzeitig, da Witterungsumschlag und Überregnung sich meist von Süden und Südwesten her über das ganze Einzugsgebiet von der Tauber bis zum Obermain verbreiten. Der Eintritt der Anschwellungsbewegung erfolgt schon bald nach Regenbeginn; doch verstreichen gewöhnlich 1 bis 2 Tage nach der stärksten Überregnung, bis der Höhepunkt im Wasserstande eintritt. Zur Entstehung größerer, die Hochwassergrenze überschreitender Anschwellungen sind Regenfälle erforderlich, die im Winter durchschnittlich 10 bis 15 mm, im Sommer 25 bis 30 mm täglichen Niederschlag liefern. Bei gefrorenem Boden oder bei gleichzeitigem Schneeabgang haben schon 5 mm mittlerer Regenhöhe bedeutende Anschwellungen veranlaßt. Zufolge der Gliederung des Flußsystems in zwei Gruppen von größeren Nebenflüssen — getrennt durch eine verhältnismäßig lange Strecke ohne wesentlichen Wasserzugang — entstehen daher im oberen und unteren Mainlaufe zu annähernd der nämlichen Zeit in den meisten Fällen zwei Anschwellungen, von denen die erste, aus Saale und Tauber hervorgegangen, oft schon an der Mainmündung ankommt, während die Flutwelle vom Obermain und der Regnitz noch weit oben unterwegs ist und etwa 48 bis 60 Stunden später in Mainz eintrifft. Die Hochwassererscheinungen treten demzufolge im Main fast immer in der ganzen Länge des Flusses gleichzeitig auf und die Einwirkung der Nebenflüsse macht sich gewöhnlich nur in einer zeitlichen Verschiebung des Höchststandes geltend. Sehr häufig veranlaßt die vom Obermain und der Regnitz herabkommende Welle die Haupterhebung, während die vorausgehenden Anschwellungen aus der Saale und Tauber entweder selbständige Scheitel bilden oder mit dem Obermainscheitel zusammentreffen. Je nach der Regenverteilung wird die eine oder andere Art des Zusammentreffens gegeben sein; nur in seltenen Fällen, wenn die Einzugsgebiete von Saale und Tauber etwa 2 Tage später als die oberen Abschnitte des Maingebietes überregnet werden, ist eine wesentliche Erhöhung des Obermainscheitels durch die unteren Nebenflüsse zu erwarten. Die Zulaufzeiten der Mainanschwellungen sind eingehend ermittelt worden; sie betragen für die Obermainwellen von ihrer Vereinigung mit der Regnitz bis Würzburg gegen 35 Stunden, bis zur Taubermündung 54 Stunden und bis zur Mainmündung 87 Stunden.<sup>\*)</sup> Die Anschwellungserscheinungen entfallen im Main zumeist (90 %) auf die kältere Jahreszeit — 13 % sind im Dezember, 21 % im Januar, 28 % im Februar und 20 % im März abgelaufen. Während der eigentlichen Sommermonate

<sup>\*)</sup> Genauere Angaben finden sich im VI. Hefte der Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet. Berlin 1901.

sind seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen nur 2 größere Anschwellungen eingetreten. Die Dauer der Überflutung erreicht im oberen Maingebiete 2 bis 6 Tage, in der Maiebene unterhalb Aschaffenburg dagegen 6 bis 12 Tage. Als höchste eisfreie Anschwellungen des Mains im letzten Jahrhundert werden die beiden Fluterscheinungen von 1845 III und 1882 XI bezeichnet; die größte sekundliche Abflußmenge, welche der Fluß bei diesen Hochwassererscheinungen geführt hat, sind bei Frankfurt zu rund 2600 cbm ermittelt worden. Bei gewöhnlichen Hochwasserständen (etwa 550 cm Miltenberg) überschreitet die Abflußmenge des Mains dagegen selten 1800 cbm.

Anschwellungen treten in der Nahe wie in den übrigen Mittelgebirgsflüssen vorwiegend in der kälteren Jahreszeit, namentlich in den eigentlichen Wintermonaten ein, gleichwohl sind außergewöhnliche Hochwasser schon inmitten des Sommers abgelaufen. Starke Regenfälle oder rascher Abgang der im gebirgigen Teile des Einzugsgebietes zeitweise lagernden ungewöhnlich großen Schneemassen führen oft in wenigen Stunden gewaltige Flutwellen herbei. Das bedeutendste bisher festgestellte Hochwasser ist am 23. Januar 1890 mit einem Höchststande von 695 cm zu Kreuznach eingetreten. Der gleichzeitige Höchstabfluß kann zu rund 1300 cbm angenommen werden; indes hatte der Hochstand im November 1882 eine fast gleiche Höhe (690 cm) erreicht. Bei dem starken Gefälle des Flusses und dem meist hohen Ufergelände, welches ausgedehnte Überflutungen nicht zuläßt, ist der Gesamtverlauf der Anschwellungen gewöhnlich äußerst kurz; die Dauer der hohen Wasserstände hat seither selten über 24 Stunden betragen. Die größeren Naheanschwellungen legen die Flußstrecke von Kreuznach bis zur Mündung in 5 bis 6 Stunden zurück.

In der Lahn stellen sich die höheren Anschwellungserscheinungen nach den bisher vorliegenden Aufzeichnungen fast nur in der kälteren Jahreszeit ein; die gewöhnliche Veranlassung ist dann auch hier rascher Abgang einer mehr und minder mächtigen Schneedecke über gefrorenem oder durchtränktem Boden. Der Eintritt des Hochstandes erfolgt in den bei weitem meisten Fällen in der unteren Flußstrecke — unter der Einwirkung der Dill — fast gleichzeitig und wohl selbst früher, als in der oberen; im allgemeinen kann angenommen werden, daß der höchste Wasserstand hier 24 bis 36 Stunden nach dem Eintreten der starken Überregnung erreicht wird. Die größten, bisher aufgezeichneten Hochwassererscheinungen in der Lahn sind in der oberen Flußstrecke im Januar 1879, in der unteren im Januar 1841 aufgetreten. Die gleichzeitigen Höchststände haben in Gießen 470 cm, in Diez über 700 cm erreicht. Die größte Abflußmenge — bei einem Lahnstand, der etwa 50 cm unter dem Hochwasser von 1841 geblieben ist —, hat 750 cbm betragen. Die Abflußmenge bei den größten Fluterscheinungen bleibt daher in der Lahn — ungeachtet des ausgedehnten Einzugsgebietes — nicht unerheblich hinter dem Höchstabflusse der Nahe zurück. Die umfangreichen Überflutungsgebiete im Oberlaufe der

Lahn ermöglichen, daß hier größere Wassermengen auf längere Zeit zurückgehalten werden können; ebenso trägt das meist ungleichzeitige Eintreffen der Lahn- und Dillhochwasser wesentlich zur Abschwächung der Anschwellungen in der unteren Lahn bei.

Die Anschwellungen in der Mosel sind meistens — in 90% aller seither beobachteten Fälle — Hochwasser der kälteren Jahreszeit und auf den Abgang größerer Schneemassen bei Überregnungen zurückzuführen; durch Regenfälle ohne Schneeabgang sind nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen nur ausnahmsweise Hochwasser in der Mosel entstanden. Von den größeren Anschwellungen treffen mehr als 25% in den Januar, im August dagegen hatte die Mosel in keinem Falle einen höheren Wasserstand. Namentlich die obere Mosel und die Meurthe sowie die Saar zeigen häufige Anschwellungen. Bei der Nachbarschaft der Ursprungsgebiete jener Gewässer erfolgt der Anstoß zur Anschwellungsbewegung fast immer gleichzeitig, wenn auch in wechselnder Stärke. Das Anschwellen beginnt in der oberen Mosel und Meurthe etwa einen Tag nach den ersten kräftigen Regenfällen, der Höchststand tritt 1 bis 2 Tage nach der stärksten Überregnung ein; ähnlich entsteht auch der Scheitel der Saaranschwellung zu Saargemünd 1 bis 2 Tage nach dem Regenmaximum.

Die Anschwellungen aus der oberen Mosel und Meurthe erreichen die Sauer-Saarmündung nach durchschnittlich 36 Stunden; die Saarwelle gelangt von Saargemünd aus schon nach 16 Stunden dahin. Die zeitliche Aufeinanderfolge im Eintreffen der Anschwellungen aus Mosel und Saar ist zwar im allgemeinen nur wenig verschieden, dagegen sind die Wellenhöhen je nach der Regenverteilung einem großen Wechsel unterworfen; entweder bildet die gewöhnlich vorseilende Saarwelle oder die nachfolgende Moselwelle die Haupthebung. In selteneren Fällen sind beide gleich mächtig; es entsteht ein mehrfacher Scheitel oder es wird durch das Fallen der vorausgehenden und das Steigen der nachfolgenden Welle ein oft 36 bis 48 Stunden über Hochwasserhöhe — 450 bis 500 cm bei Trier, 500 bis 550 cm bei Cochem — verbleibender Wellenberg gebildet.

Bei der meist hohen Lage der Ufer in der unteren Mosel treten Überflutungen hier in kaum bemerkenswerter Ausdehnung auf; dagegen bilden die breiten und tiefliegenden Flußtäler an der mittleren Mosel, an der Meurthe, Seille und Orne stellenweise größere Überschwemmungsgebiete, die eine namhafte Wasserzurückhaltung und merkbare Abschwächung der Hochwasserwellen bewirken. An der Anschwellungshöhe der unteren Mosel ist die Saar in den meisten Fällen wesentlich beteiligt. Durch besondere Untersuchungen ist fest-

gestellt, daß ein Steigen der Saar (bei Saarburg im Rhld.) um 100 cm eine Hebung der Mosel zu Trier um 50 bis 60 cm veranlaßt, falls der Moselstand unter 200 cm Trier bleibt, dagegen um 40 bis 50 cm bei Moselhöhen zwischen 200 und 400 cm Trier\*).

Die Fortpflanzung der Moselwellen von der Saarmündung zum Rhein erfolgt regelmäßig, nur hier und da durch gleichzeitig entstehende und darum meist vorseilende Anschwellungen der wasserreichen Bäche aus dem Hunsrück und der Eifel verstärkt. Im Durchschnitte legt der Scheitel der Moselwelle den Weg von Trier bis zur Mündung bei Moselständen von

300 bis 335 cm	in 22 Stunden		
335 > 375	> > 21	>	
375 > 425	> > 20	>	
425 > 550	> > 19	>	
550 > 590	> > 20	>	zurück.

Die Mosel führt schon bei Anschwellungen, welche die Uferhöhe gerade erreichen, eine sekundliche Abflußmenge von etwa 2200 cbm dem Rhein zu. Bei der Hochwassererscheinung vom Oktober 1824, die ungefähr den Höhepunkt der durch Überregnung des Gesamtgebietes hervorgerufenen Abflußbewegung darstellt, ist eine sekundliche Höchstmenge von 3800 bis 4000 cbm ermittelt.

In den größeren Nebenflüssen des Rheins nach seinem Austritte in das niederdeutsche Tiefland treten Anschwellungserscheinungen fast ausschließlich in der kälteren Jahreszeit und zwar meistens unvermittelt auf und nehmen bei der Sieg und Ruhr in der Regel einen raschen Verlauf. Die Hochwasserwelle legt bei der Sieg 6 km, bei der Ruhr 7 bis 8 km in der Stunde zurück. Bei der Lippe ist des wesentlich geringeren Gefälles und der bedeutenden Ausbreitung der Anschwellungen wegen der Ablauf langsamer; der Scheitel der Lippehochwasser rückt nur wenig mehr als 3 km in der Stunde vor. Die höchste seither festgestellte Sieganschwellung ist am 24. November 1894 in Buisdorf eingetreten, hat 380 cm Höhe erreicht und eine sekundliche Höchstmenge von etwa 1000 cbm ergeben. Um jene Zeit sind auch in der Ruhr und Lippe die größten Anschwellungen seit verläßliche Aufzeichnungen vorliegen eingetreten. Eine mächtige Flutwelle hat die Ruhr am 25. November in Mülheim auf 669 cm Höhe, eine ebenfalls außerordentliche Anschwellung am nämlichen Tage auch die Lippe auf 680 cm in Dorsten gehoben.

\*) VII. Heft der Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet. Berlin 1905.