

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

Gleichbleibender Abfluß - Beharrungszustand

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

allgemeinen kommen regenreiche Sommer wie 1875, 1879 und insbesondere 1882 und 1888 in der Wasserführung des Rheins weniger zur Geltung, als nasse Winter, unter denen in den letzten fünfzig Jahren namentlich jene von 1860, 1867, 1877, 1879, 1888, 1892 und 1900 hervorzuheben wären. Außergewöhnlich nasse Sommermonate haben indes zweifellos höhere Oberrheinstände zur Folge.

Der in der Wasserführung des Rheins beobachtete Gegensatz in dem Verhalten der oberen und unteren Abschnitte des Stromes besteht nicht allein im großen ganzen der Abflußbewegung; er ist in den meisten Einzelercheinungen zu bemerken und erklärt die Seltenheit der Entstehung ungewöhnlich niedriger und hoher Stände, die sich über das Gesamtstromgebiet ausbreiten. In den oberen Abschnitten — soweit der unmittelbare Einfluß der Wasserlieferung des Hochgebirges reicht — gehören, wie schon erwähnt, niedrige Wasserstände meist der kälteren Jahreszeit an während andererseits die großen Nebenflüsse aus den deutschen Mittelgebirgen die niedrigen Stände im Sommer und Herbste zeigen. Allgemeine Niederwasserstände im Rhein können daher nur in jenen selteneren Fällen eintreten, wann zur Winterzeit oder im Vorfrühling unter der Einwirkung andauernd trockener und kalter Witterung der oberflächliche Abfluß auch in den Nebenflüssen des mittleren und unteren Rheins auf ein geringes Maß herabgeht oder wenn bei sehr regenarmer Herbstwitterung in den Mittelgebirgslandschaften oder bei schon begonnenen Schneefällen in den höheren Lagen des Sammelgebietes diese Nebenflüsse ungewöhnlich wasserarm werden. Immerhin sind sehr niedrige Wasserstände im Rhein schon ihrer Natur nach zugleich ausgebreitete Erscheinungen, die jeweils einen größeren Teil des Stromgebietes gleichzeitig umfassen — um so mehr, als die sie veranlassenden Frost- oder Trockenperioden selbst in der Regel weiter ausgedehnte Gebiete gleichzeitig beherrschen. Hohe Rheinstände sind zu allen Jahreszeiten beobachtet worden, gleichwohl sind die natürlichen Bedingungen für das Auftreten höherer Wasserstände im Oberrhein günstig nur im Sommer und Herbste, im Mittel- und Niederrhein im Winter und Frühjahr. Die Ungleichzeitigkeit bewirkt auch in diesem Falle, daß große, über das gesamte Rheingebiet ausgebreitete Hochwasser selten sind.

Gleichbleibender Abfluß ist also im Rhein immerhin eine nicht häufige Erscheinung; er tritt im allgemeinen nur bei niedrigen Wasserständen ein und kann sich höchstensfalls im Oberrhein mit seinen ausgedehnten Retentionsgebieten auch noch bei höheren Ständen erhalten. Im übrigen entspricht es aber durchaus dem Wesen der Entwicklung bedeutender Abflußmassen, daß diese einem fortwährenden Wechsel unterworfen sind. Die bei weitem häufigste Form des Abflusses im Rhein bildet daher immerhin die in mäßigen Grenzen sich vollziehende Anschwellungsbewegung.

Gleichbleibender Abfluß — Beharrungszustand — stellt sich im Rhein, wie bemerkt, in der Regel nur bei

verhältnismäßig niedrigen Wasserständen ein, wenn der seiner Natur nach leichter veränderliche oberirdische Zufluß mehr und mehr versiegt und das Gewässer vorwiegend aus dem Grundwasservorrat seines Einzugsgebietes gespeist wird, also auch die Nebenflüsse niedrige Wasserstände erreicht haben. Nur die Abflüsse aus dem Hochgebirge und insbesondere aus den Alpenrandseen bilden eine Ausnahme. Die Schneefelder und Firnflächen sowohl, wie die großen Seebecken wirken ähnlich ausgleichend und verzögernd auf den Abflußvorgang im Rhein, wie die großen unterirdischen Wasseradern, welche den Strom auf seinem Laufe durch die ober- und niederrheinische Tiefebene begleiten. Daher kommt es, daß insbesondere im Oberrhein in den Sommermonaten Beharrungsstände von mehrtägiger Dauer noch bei kräftigem Mittelwasser eintreten und häufig selbst noch durch den Mittel- und Niederrhein verfolgt werden können, wo zu dieser Zeit der seitliche Zufluß in der Regel ebenfalls, jedoch auf niedrigem Stande beharrt. Am häufigsten werden im übrigen länger beharrende Wasserstände im Rhein, wie schon erwähnt, dann beobachtet, wenn im Winter, namentlich im Februar, der oberirdische Zufluß gering oder durch Frost nahezu vollständig aufgehoben ist, so daß nur die sehr gleichmäßige Speisung der Schweizer Seen und der unterirdische Grundwasserzufluß erübrigt. Dann verbleibt oft mehrere Wochen lang der Rhein auf nahezu gleicher Höhe. Die seither festgestellten Beharrungszustände im Rhein zwischen Waldshut und Emmerich finden sich in bezug auf Eintritt, Dauer und Ausbreitung in der Zahlentafel 9 zusammengestellt.

In selteneren Fällen kann der Beharrungszustand im Rhein auch dadurch erhalten bleiben, daß die unter anderen Umständen erfolgende langsame Abnahme der Abflußmenge durch geringe Regenfälle wieder aufgehoben wird. Die Einzeluntersuchungen für das Maingebiet wie für das Einzugsgebiet der Mosel haben festgestellt, daß bei niedrigen Wasserständen in der kälteren Jahreszeit 1 mm täglicher Regenschauer, in der wärmeren 2,5 bis 3 mm ausreichen, um die Abflußmenge andauernd auf der gleichen Höhe zu erhalten. Ähnliche Regenschauer werden daher auch für den übrigen außeralpinen Teil des Rheingebietes wohl genügen, den täglichen Wasserverlust zu decken und den Strom auf gleicher Höhe zu erhalten.

Allgemeine Beharrungszustände im Rhein treffen, wie aus der Zahlentafel 9 hervorgeht, in den meisten Fällen in die wärmere Jahreszeit, sobald der mehr gleichmäßige Zufluß zum Rhein aus dem Hochgebirge vorherrscht und der stärker wechselnde der Mittelgebirgsflüsse auf ein geringes Maß zurückgegangen ist; indes dürfen auch dann die Grenzen für die noch zulässig erachteten Wasserstandsschwankungen nicht zu enge gezogen werden; bei den hier ausgewählten Beharrungsständen wurden 5 bis 6 cm Höhenwechsel innerhalb einer mindestens 7tägigen Dauer noch zugelassen. Am Oberrhein erreichen die Beharrungszustände im Abflußvorgange des Rheins selten

eine größere Höhe als Mittelwasser, am Unterrhein wird die Niederwasserhöhe in der Regel nicht überschritten.

Zur Ermittlung der Bedeutung des Grundwasserzuflusses für die Beharrungsstände in den sehr durchlässigen Stromstrecken des Oberrheins wurden für zahlreiche, der Zahlentafel 9 entnommene längerdauernde Beharrungsstände von Höhen zwischen 100 und 340 cm Wht. die zugehörigen Abflüßmengen zu Waldshut und Maxau festgestellt; sie ergeben für den unteren Stromort einen Mengenüberschuß, der, wie aus der nachstehenden Übersicht hervorgeht, bei den kleinsten Beharrungsständen von 100 cm Wht. zu 146 cbm, bei den größten von 340 cm Wht. zu 79 cbm ermittelt ist; dieser

Waldshut:		Maxau:		Mengenüberschuß für Maxau:
100 cm	200 cbm	254 cm	346 cbm	146 cbm
124 >	300 >	275 >	428 >	128 >
147 >	400 >	293 >	509 >	109 >
176 >	500 >	314 >	600 >	100 >
192 >	600 >	334 >	692 >	92 >
213 >	700 >	355 >	788 >	88 >
234 >	800 >	374 >	886 >	86 >
253 >	900 >	393 >	983 >	83 >
272 >	1000 >	413 >	1082 >	82 >
290 >	1100 >	432 >	1181 >	81 >
308 >	1200 >	450 >	1280 >	80 >
324 >	1300 >	467 >	1380 >	80 >
340 >	1400 >	484 >	1479 >	79 >

Mengenüberschuß rührt teils von den Nebenflüssen des Rheins in der genannten Stromstrecke, teils von dem Grundwasserzuflusse her; er wird in Wirklichkeit wegen des Verlustes durch Verdunstung wohl etwas größer sein. Der oberirdische Zufluß muß sich während der Dauer der Beharrungsstände des Rheins notwendig selbst in einem Beharrungsstande befinden; dieser kann aber bei den Schwarzwald-Vogesenflüssen nur zur Zeit von Niederwasserständen eintreten. Als Wasserzufluß während solcher niedriger Beharrungsstände werden angegeben für das rechtseitige Abflußgebiet^{*)} zwischen Aare und Wiese 3.9 cbm, für die Wiese 4.0 cbm, für das Gebiet zwischen Wiese und Elz 2.1 cbm, für die Elz und das durch den Leopoldskanal entwässernde Gebiet 7.6 cbm, für die Kinzig 7.9 cbm, für das Abflußgebiet zwischen der Kinzig und Alb (ohne Murg) 7.4 cbm, schließlich für die Murg 6.0 cbm, zusammen 38.9 cbm; für das linksseitige Gebiet^{**)} und zwar insoweit dasselbe durch die Ill entwässert wird, 15 cbm und für die Restfläche 18.3 cbm, zusammen 33.3 cbm. Bei niedrigen Beharrungsständen können also von den Nebenflüssen des Rheins insgesamt nur gegen 70 cbm zu dem Mengenüberschuß in Maxau geliefert werden. Bei den sehr niedrigen Wasserständen von etwa 100 cm Wht. empfängt der Rhein daher 70 bis 80 cbm aus dem Grundwasserstrom; bei höheren Rheinständen aber wird unter sonst gleichen Ver-

hältnissen dieser Zufluß geringer. Der Strom staut dann das Grundwasser zurück, das nur langsam dem Rhein wieder zufließt. Schließlich bei Wasserständen über der mittleren Sommerhöhe, die vom Grundwasserstand nicht mehr erreicht wird, gibt der Rhein wohl Wasser an seine durchlässigen Ufer ab. Das angegebene Höhen- und Mengen-Verhältnis besteht nur für den in keiner Hinsicht ungewöhnlichen Abfluß. Vorausgegangene stärkere Niederschläge von längerer Dauer veranlassen in Maxau einen höheren, anhaltend trockene Witterung oder starker Frost einen niedrigeren zugehörigen Beharrungsstand. Im ersten Falle wird der oberirdische Zufluß reichlicher als bei niedrigen Beharrungsständen; es wächst auch der Sicker- und Grundwasserzufluß zum Rhein. Im anderen Falle treten Wasserklemmen im oberirdischen Zuflusse ein oder es bleibt überhaupt nur die mäßige Grundwasserspeisung bestehen.

Im Unterrhein werden bei niedrigen Wasserständen 175 cbm mehr abgeführt, als durch den Rhein unterhalb der Moselmündung zufließen; von dieser Mehrung treffen auf die Nebenflüsse in der Zwischenstrecke nur 35 cbm, so daß etwa 140 cbm unterirdisch zufließen^{*)}.

Gleichhohe Beharrungsstände an einem bestimmten Stromorte aus verschiedenen Zeitabschnitten zeigen fast nie völlig übereinstimmende Höhen an den Folgestationen, namentlich wegen des wechselnden Wasserreichtums des Bodens in den verschiedenen Jahreszeiten sowie infolge der Umgestaltung der teilweise beweglichen Stromsohle des Rheins, die sich bei den niedrigen Beharrungsständen natürlich mehr geltend machen muß, als bei den mittleren und großen Rheinhöhen. Wie durch gelegentliche frühere Untersuchungen im Maingebiet^{**)} festgestellt wurde und wie auch für andere Einzugsgebiete nachgewiesen ist, ändert sich im Laufe des Jahres der Feuchtigkeitszustand des Bodens von der wärmeren zur kälteren Jahreszeit ganz bedeutend. Die oft ausgiebigen Niederschläge im Herbst haben einen verhältnismäßig geringen oberflächlichen Abfluß zur Folge; ein größerer Teil des Regenwassers wird in dem, während der Sommermonate mehr oder minder ausgetrockneten Boden aufgenommen, vorübergehend zurückgehalten und nur langsam wieder abgegeben. Der Grundwasserstand beginnt dann im allgemeinen zuzunehmen und erreicht sein Höchstmaß meist mit dem Eintritt des Frühlings. Gewässer im leichter durchlässigen Gelände, wie der Oberrhein zwischen Basel und Bingen und der Niederrhein zwischen Bonn und Emmerich, welche, wie oben ausgeführt, an dem Grundwasserabfluß teilnehmen, erhalten, wenn sonst die Bedingungen dazu gegeben sind, in der Zeit des vermehrten Grundwassers mehr aus diesem Vorrate, so daß längerdauernde Beharrungsstände in der kühleren, jedoch frostfreien Jahreszeit an den unteren Stromorten immer größere Höhen erreichen, als gleiche Beharrungsstände in den Sommer- oder den ersten Herbstmonaten.

^{*)} Beiträge zur Hydrographie des Großherzogtums Baden. VIII. Heft. Karlsruhe.

^{**)} Nach dem Rheinstromwerk auf Grund der Darstellung der hydrographischen Verhältnisse des Ill-Rheingebiets in Elsass-Lothringen.

^{*)} Nach den Feststellungen der lgl. Rheinstrombauverwaltung zu Coblenz.

^{**)} Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet. VI. Heft. Berlin 1901.

Gleichwie aber die einzelnen Jahreszeiten schon eine erkennbare Wirkung auf das Abflußverhältnis bei den gerade hierfür empfindlichen Beharrungszuständen auszuüben vermögen, so macht sich der Einfluß trockener und nasser Jahrgänge oder ganzer Reihen von Jahren noch weit mehr geltend. Es genügt hier, auf die Häufung ungewöhnlich niedriger Beharrungszustände in den Zeiträumen zwischen 1855 und 1870 sowie 1890—1905 hinzuweisen, welche als ausgezeichnete Trockenzeiten im Rheingebiete während des letzten Jahrhunderts bekannt geworden sind.

Wesentlich, besonders für die Höhenbeziehungen der niedrigen beharrenden Rheinstände ist namentlich auch der Wechsel in der Höhenlage der Stromsohle, welcher in einzelnen Abschnitten des Rheines bedeutende Beträge erreicht hat und bei einem Vergleiche der Rheinhöhen aus früherer und neuerer Zeit wohl zu berücksichtigen ist.

Die Höhenänderung der Stromsohle des Rheins läßt sich für weiter zurückliegende Zeitabschnitte mangels gleichzeitiger Längen- und Querschnittsaufnahmen sowie Wassermengenmessungen nur mittelbar, aus dem Verhalten der Wasserstände, erkennen; in diesem Verhalten kommt aber zugleich der Einfluß des mehr und minder großen Wasserreichthums des betrachteten Zeitabschnittes zum Ausdruck; der letztere ist daher möglichst auszuschalten, wenn die Einwirkung der Höhenänderung der Stromsohle allein ersichtlich werden soll. Es waren somit zunächst Zeitabschnitte (Regelzeiten) festzustellen, die weder als ungewöhnlich naß noch als trocken zu betrachten sind, und sodann die Höhenänderungen der Rheinstände in solchen Abschnitten zu ermitteln. Ein bestimmter Zeitraum ist bekanntlich dann als Regelzeit aufzufassen, wenn er sich nicht oder nur wenig von dem langjährigen Mittel des Niederschlags entfernt. Nach den Untersuchungen von Hellmann^{*)} liefern erst Beobachtungsreihen von 40jähriger und längerer Dauer genügend sichere Vergleichswerte. Auf solche beschränkt, verbleiben für das Rheingebiet die Beobachtungen von 20 Orten, die über das ganze Stromgebiet verteilt liegen und in der Zahlentafel 10 genannt werden. Die Niederschlagsmittelzahlen von je 5 aufeinander folgenden Jahren^{**)} jeden Beobachtungsortes wurden hierauf in Hundertteilen des langjährigen Mittels ausgedrückt, aus den erhaltenen Prozentwerten Durchschnittszahlen für das ganze Rheingebiet gebildet und die Ergebnisse in den nebenstehenden Figuren graphisch dargestellt, wobei 100% die Nulllinie bezeichnen, während die größeren Verhältniszahlen zu nassen, die kleineren zu trockenen Zeiträumen entsprechen. Die Niederschlagsverteilung kann auf Grund der wenigen Stationen nur qualitativ dargestellt werden; doch genügt dies für den vorliegenden Zweck. Die einzelnen Gebiets- teile sind annähernd im Verhältnisse ihrer Größenanteile

^{*)} Hellmann G. Die Niederschläge in den norddeutschen Stromgebieten. Berlin 1906.

^{**)} Durch die fünfjährigen Mittelzahlen sollen Unstimmigkeiten, welche einzelnen Jahren etwa anhaften, wieder ausgeglichen werden.

durch Stationen vertreten, so daß das arithmetische Mittel der Beobachtungen jener Stationen annähernd dem Durchschnittswerte für das Rheingebiet entsprechen kann; nur für das Jahrzehnt 1881—1885 dürfte, wegen der eigentümlichen Niederschlagsverteilung im Jahre 1882, diese Voraussetzung nicht in gleicher Art zutreffen. Den Übergang zwischen jeder Nässe- und Trockenperiode bilden natürlich Zeiträume, welche nach keiner Richtung ein ungewöhnliches Verhalten zeigen; diese sind daher auch in bezug auf den Wasserabfluß als Regelzeiten aufzufassen, die weder zu hohe noch zu niedrige Wasserstände veranlassen können. Als solche Regelzeiten sind die in den Diagrammen mit kleinen Ringen bezeichneten Zeitpunkte zu betrachten; Wechsel in den Wasserstandsverhältnissen zu diesen Zeiten sind daher nur auf Höhenänderungen der Stromsohle zurückzuführen.

Am zuverlässigsten könnte der Wechsel in dem Wasserfangungsvermögen bestimmter Stromquerschnitte zu verschiedenen Zeiten bekanntlich durch den Vergleich der Höhen in lange dauernden Beharrungszuständen nachgewiesen werden; solche Beharrungszustände sind aber ziemlich selten, auch fallen sie meist nur in die kühle Jahreszeit zwischen Oktober und März. Gewissermaßen als Ersatz für die Beharrungsstände wurden hier die niedrigsten Monatsstände, welche selbst zu einem Teil jene Beharrungsstände bilden, gewählt; sie ermöglichen, alle Jahreszeiten gleichmäßig zu berücksichtigen. Die Gruppierung zu 5jährigen Mitteln geschah für die nämlichen Zeiträume, wie bei den Niederschlägen. Die gefundenen Wasserstandsmittel wurden in angemessenem Höhenverhältnisse dargestellt. In jedem der Diagramme wurden hierauf jene Stellen bezeichnet und unter sich verbunden, die den Regelzeiten entsprechen; die erhaltenen Verbindungslinien zeigen dann unmittelbar den Wechsel in der Höhenlage der Stromsohle. In dem Zeitraum nach 1890 liegen die Niederschlagsmittel sämtlich unter den langjährigen Durchschnittswerten. Regelzeiten sind nicht mehr eingetreten, so daß sich für die Feststellung der Sohlenbewegung Schnittpunkte nicht ergeben. Immerhin läßt sich aus dem Verhältnisse der Amplituden der Niederschlags- und Wasserstandsdiagramme in den vorausgegangenen Zeitabschnitten folgern, daß die Linie, welche die Bewegungsrichtung der Sohle nach 1890 andeuten soll, in allen Teilen über dem Diagramm der Niederwasserstände bleiben muß, in dem Jahrzehnt 1896—1900, welches der Regelzeit am nächsten kommt, sich jenen Diagrammen aber am meisten nähert. Der mutmaßliche Verlauf der Linie ist für den Zeitraum nach 1890 punktiert eingetragen. Der Verlauf der Verbindungslinie läßt auf die folgenden Änderungen der Stromsohle schließen:

Zu Waldshut ist die Rheinsohle zwischen den Jahren 1820 und 1860 um etwa 15 cm herabgegangen, steigt indes seit 1870 langsam wieder auf und hat gegenwärtig ungefähr die Höhe erreicht, welche sie anfangs des vorigen Jahrhunderts eingenommen hatte. Die Sohlen- erhöhung trifft zeitlich mit der Juragewässer- und der Aarekorrektur zusammen, bei welcher bekanntlich große

Erd- und Geröllmassen durch die Aare abgeführt werden mußten; sie sind wohl teilweise in dem Rheinbette zur Ablagerung gekommen.

Bei Basel ist die Stromsohle seit Beginn der Wasserstandszeichnungen in einer Eintiefung begriffen, die zwar nicht völlig gleichmäßig fortschreitet, jedoch im Durchschnitte gegen 0,7 cm im Jahre ausmacht; sie dauert bis zur Gegenwart an. Die Stromsohle lag im Jahre 1821 um rd. 60 cm, im Jahre 1871 um rd. 20 cm höher als 1905.

Kehl. Nach einer bei Kehl zwischen den Jahren 1820 und 1840 festgestellten kräftigen Eintiefung der Rheinsohle um 45 cm folgte eine wesentlich geringere, ziemlich gleichmäßige Sohlensenkung, die — noch weiter verlangsamt — bis in die jüngste Zeit andauert. Sie hat zwischen 1840 und 1890 rd. 80 cm betragen; die Rheinsohle liegt hier gegenwärtig 130 cm tiefer als um die Mitte der 1820er Jahre.

Zu Maxau kommt zunächst der gewaltige Eingriff in die natürlichen Stromzustände zwischen 1816 und 1830 durch ein rasches Sinken der Rheinsohle (zwischen 1816 und 1825 um fast 80 cm) zur Erscheinung. Nach 1825 erfolgt die Eintiefung mehr und mehr verlangsamt; sie ist bis 1840 insgesamt auf 110 cm, bis 1875 auf rd. 150 cm angewachsen. Seit Ende der 1870er Jahre ist die Stromsohle indes in einer langsamen Hebung begriffen, die bisher, also seit etwa 30 Jahren, gegen 25 cm erreicht hat und anscheinend noch nicht zum Abschlusse gekommen ist.

Bei Mannheim ist — abgesehen von dem Zeitraum vor 1826, für den indessen nur ungenügende Niederschlagsaufzeichnungen vorhanden sind — eine andauernde Eintiefung der Rheinsohle zu bemerken, die bis zur Mitte der 1860er Jahre verhältnismäßig langsam, von da ab bis zum Beginne der 1890er Jahre ungewöhnlich rasch fortgeschritten ist. Die Sohlensenkung hat innerhalb der 40 Jahre — von 1826 bis 1866 — rd. 30 cm umfaßt, ist in weiteren 20 Jahren — zwischen 1866 und 1885 — auf rd. 90 cm angewachsen und hat bis 1905 insgesamt 120 cm betragen. In den Zeitraum nach 1866 fallen umfangreiche Kiesentnahmen für Bauzwecke, die indes seit mehreren Jahren eingestellt sind.

Worms. Die Bewegung der Rheinsohle äußert sich hier in einer seit Beginn der Wasserstandszeichnungen vorhandenen kräftigen aber langsam abnehmenden Eintiefung, die zwischen 1865 und 1875 zum vorläufigen Abschlusse gekommen war. Von 1875 bis 1890 ist eine unbedeutende Hebung zu beobachten; seitdem geht die Stromsohle wieder, wenn auch nur wenig, herab. Die Tieferbettung hat zwischen 1820 und 1840 rd. 30 cm, bis 1860 weitere 25 cm, bis 1875 etwa 5 cm erreicht. Gegenwärtig liegt die Rheinsohle kaum 10 cm tiefer, als vor 30 Jahren.

In Mainz war die Rheinsohle seit den 1830er Jahren in einer allmählichen Erhöhung begriffen, welche bis um die Mitte der 1860er Jahre auf etwa 20 cm angewachsen war. Von jenem Zeitpunkte ab ist ein langsames Wiedereintiefen des Strombettes zu bemerken, das bis zum Beginne der 1880er Jahre nur geringe, dann jedoch schnellere Fortschritte gemacht hat und selbst noch in der Gegenwart fortbesteht. In Folge davon hat das

Rheinbett um das Jahr 1900 die Höhenlage von 1830 wieder eingenommen.

Für Bingen liegen erst seit dem Jahre 1830 Wasserstandszeichnungen vor. Die Bewegungen der Rheinsohle sind hier geringfügig; bis anfangs der 1860er Jahre ist fast keine Höhenänderung nachweisbar; bis 1865 geht die Sohle um 5 cm, bis 1870 um weitere 5 cm herab. Die Folgezeit ergibt nach einer vorübergehenden Hebung um 5 cm, die 1880 zum Abschlusse kommt, wieder eine langsame Tieferbettung des Rheins; sie hat jedoch seit 1830 den Betrag von 15 cm sicher nicht überschritten und wird hauptsächlich auf die Wirkung künstlicher Eingriffe zurückzuführen sein.

In Coblenz umfaßt der Wechsel in der Höhenlage der Stromsohle seit 1820 kaum 15 bis 20 cm.

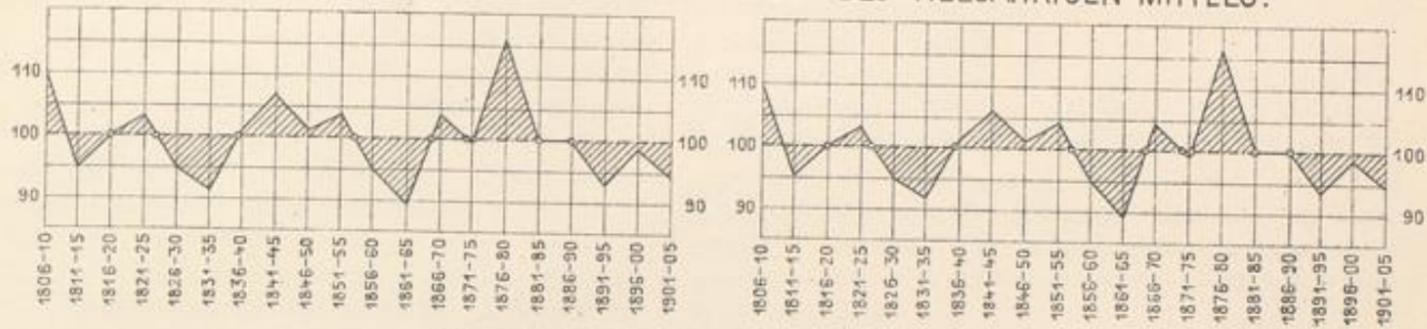
Zu Köln ist der anfänglichen, zwischen 1820 und 1840 eingetretenen Vertiefung der Rheinsohle um 5 cm in den nächsten 20 Jahren eine ungefähr ebensoviel betragende Aufhöhung gefolgt, dann bis in die Mitte der 1870er Jahre wieder eine Sohlensenkung, in den nächsten 10 Jahren eine Hebung, der bis gegen 1900 eine etwas stärkere Senkung als früher gefolgt ist. In den letzten Jahren scheint die Stromsohle bei Köln wieder in der Aufhöhung begriffen zu sein. Im Durchschnitt ist seit 1820 eine langsam fortschreitende Eintiefung, die indes bis jetzt nicht viel über 15 cm erreicht haben dürfte, zu bemerken.

Ruhrort. Zwischen 1820 und 1870 ist eine regelmäßig fortschreitende Senkung der Rheinsohle von zusammen 60 cm festgestellt; von der Mitte der 1870er Jahre ab vollzieht sich diese Bewegung viel langsamer; sie hat von 1875 bis in die neueste Zeit weitere 10 cm betragen. Das Strombett ist unterhalb Ruhrort in seinen oberen Schichten in leicht bewegliches Gelände eingeschnitten, so daß die abschwemmende Tätigkeit des fließenden Wassers hier mit Erfolg zur Wirkung kommen konnte.

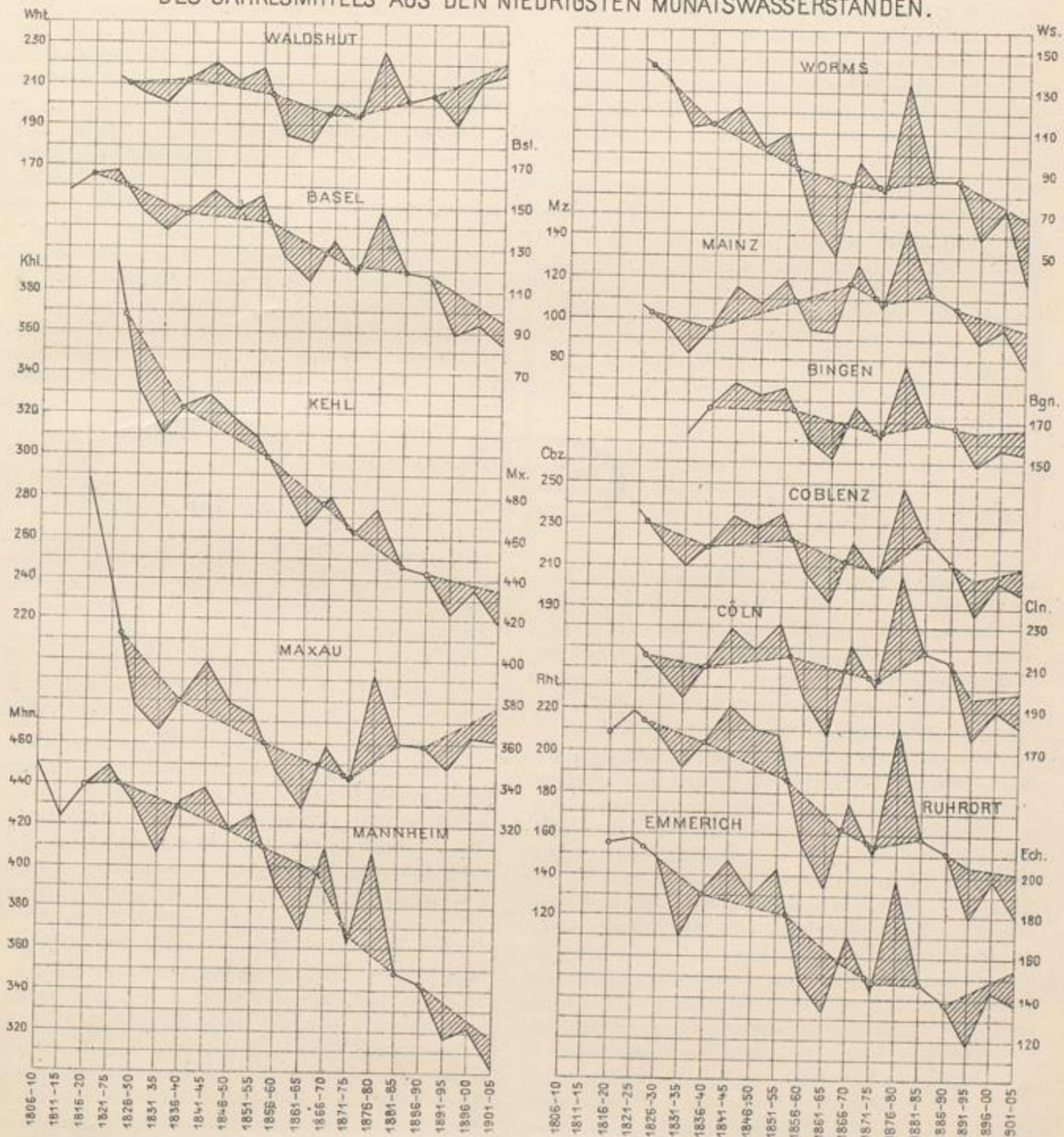
In Emmerich zeigt die Stromsohle eine ähnliche Bewegung, wie bei Ruhrort. Die Eintiefung ist von 1820 bis 1875 auf rd. 70 cm angewachsen; seitdem sind die Höhenänderungen geringfügig und deuten gegenwärtig eher auf eine Hebung als auf eine weitere Senkung des Rheinbettes hin.

Die vorerwähnten Einzelercheinungen in der Bewegung der Rheinsohle zusammenfassend kann gefolgert werden, daß seit Beginn der verlässlichen Wasserstandszeichnungen der Strom zwischen Waldshut und Emmerich im allgemeinen in einer langsam fortschreitenden natürlichen Eintiefung begriffen ist, die je nach der Beschaffenheit des Bettes und des Stromgefälles verschieden groß gewesen ist, in der Gegend von Basel etwa 30 cm, bei Mainz 10 cm, bei Köln 10 bis 15 cm kaum überschritten hat. Neben der natürlichen Eintiefung haben indes durch künstliche Eingriffe in die Stromzustände veranlaßt, stellenweise bedeutende Bewegungen der Rheinsohle stattgefunden, wodurch die natürliche Eintiefung zeitweilig oder andauernd verstärkt, aufgehoben oder selbst in eine Hebung übergeführt wurde. So läßt sich wie bemerkt, bei Waldshut die Wirkung der

FÜNFJÄHRIGE DURCHSCHNITTSWERTE
DES NIEDERSCHLAGES IN HUNDERTTEILEN DES VIELJÄHRIGEN MITTELS.



FÜNFJÄHRIGE DURCHSCHNITTSWERTE
DES JAHRESMITTELS AUS DEN NIEDRIGSTEN MONATSWASSERSTÄNDEN.



Landesbibliothek
Karlsruhe

Geschiebeablagerung durch die Aare infolge der Juragewässerkorrektur vom Beginn der 1870er Jahre an erkennen. In dem Rheinlaufe zwischen Basel und Mannheim ist der zu verschiedener Zeit einsetzende Eingriff durch die Oberrheinkorrektur bemerkbar. Bei Basel selbst scheint die natürliche Eintiefung — durch Gefällsteigerung infolge rückschreitender Erosion in der unterhalb anschließenden Stromstrecke — seither noch eine Verstärkung erfahren zu haben. Stromabwärts zeigt sich Erosionswirkung indes nur bis unweit des Kaiserstuhles; denn bei Altbreisach ist weit eher eine Abschwächung als eine Vermehrung der natürlichen Sohlensenkung feststellbar. Unterhalb des Kaiserstuhles, bei Rheinau, ist auf die seit den 1840er Jahren erfolgte rasche Eintiefung mit Beginn der 1870er Jahre eine ebenso kräftige Hebung des Strombettes eingetreten, die in der Gegenwart noch andauert und auf das Vorrücken von Kiesmassen aus den oberhalb gelegenen Stromabschnitten hindeutet. Zwischen Plittersdorf und Philippsburg läßt sich jeweils nach dem Abschlusse der im Gefolge der Stromkorrektur eingetretenen mehr und minder starken Sohlensenkung eine längere Zeit andauernde Ruhelage der mittleren Rheinsohle erkennen; seit Mitte der 1880er Jahre jedoch ist die Sohle — zunächst zwischen Plittersdorf und Maxau — in einer deutlich merkbaren Hebung begriffen. Bei Philippsburg dauert der Ruhezustand auch gegenwärtig noch an, ebenso bei Speyer, wo indes die Senkungsbebewegungen viel später, nämlich erst gegen Ende der 1880er Jahre zu einem Stillstande gekommen sind.

In der Rheinstrecke zwischen der Neckar- und Mainmündung waren die Wechsel in der Höhenlage der Stromsohle nur geringfügig; die höchste Lage hat hier das Rheinbett um die Mitte der 1850er Jahre erreicht, seitdem findet eine schwache Eintiefung statt. Die gleiche Bewegung wiederholt sich — etwas kräftiger — bei Mainz selbst, wo der Höchststand aber später, nämlich zwischen 1865 und 1870 festgestellt ist. Seit 1886 findet ein allmähliches Herabgehen der Stromsohle auch bei Mainz statt; die mittlere Gesamtbewegung in der rheinhessischen und in der Rheingau-Strecke hat indes 20 cm kaum betragen.

Bei Bingen sowohl als in dem ganzen Stromabschnitte innerhalb des rheinischen Schiefergebirges sind die festgestellten, im einzelnen nicht erheblichen Sohlenänderungen durch künstliche Eintiefung entstanden. Selbst noch bei Cöln ist die Rheinsohle in einer nur geringen — seit 1890 etwas kräftigeren — Senkungsbebewegung begriffen; die stärkere Bewegung in den letzten Jahren ist ebenfalls wohl nur auf künstliche Einwirkung innerhalb der Stromstrecke zwischen Cöln und Düsseldorf zurückzuführen.

In der Niederrheinstrecke zwischen Ruhrort und Emmerich hat sich die Stromsohle, seit Beobachtungen über die Abflußerscheinungen vorliegen, in einem allmählich und äußerst regelmäßig fortschreitenden Eintiefungsprozeß befunden, der aber mit Beginn der 1890er Jahre zu einem Stillstande gekommen sein dürfte. Bei Ruhrort und Wesel sind seit 1890 größere Höhenänderungen der Sohle kaum eingetreten, bei Emmerich ist

jedoch eine langsame Hebung des Strombettes in der neuesten Zeit wahrscheinlich.

Um die Ergebnisse der obigen Feststellungen für die Vergleichung niedriger Beharrungsstände weiter auseinanderliegender Zeiträume leichter benützlich zu machen, wurden die Abweichungen der verschiedenen Höhenlagen der Stromsohle von der mittleren Höhe des Jahrfünfts 1856—1860 berechnet und in der Zahlentafel 11 zusammengestellt, wobei mit + die Hebungen, mit — die Senkungen bezeichnet sind.

Auf höhere Wasserstände sind die Verbesserungen natürlich nicht ohne weiteres übertragbar, da, wie leicht erklärlich, der Einfluß der Sohlenverschiebung mit dem wachsenden Wasserstande erheblich geringer wird. Bei Basel, wo die seitliche Begrenzung des Abflußprofils des Rheins im Laufe des vorigen Jahrhunderts nur unwesentliche Änderungen und die Sohle nur Vertiefungen erlitten haben konnte, sind die nachstehenden Reduktionswerte gefunden. Gegenüber dem Zustande von 1816 beträgt die

Senkung bei:	100 cm	200 cm	300 cm	400 cm	500 cm	600 cm Basel
zwischen:						
1821—1825	5 cm	3 cm	3 cm	2 cm	2 cm	2 cm
1831—1835	14 "	9 "	7 "	6 "	4 "	4 "
1841—1845	22 "	15 "	12 "	10 "	7 "	6 "
1851—1855	30 "	20 "	16 "	13 "	10 "	8 "
1861—1865	38 "	26 "	20 "	16 "	12 "	10 "
1871—1875	46 "	32 "	25 "	20 "	15 "	13 "
1881—1885	53 "	35 "	28 "	22 "	17 "	14 "
1891—1895	63 "	43 "	34 "	27 "	20 "	17 "
1901—1905	71 "	48 "	38 "	30 "	23 "	20 "

Von dem Hochwasserstand von 1852 zu Basel, welcher über 600 cm erreicht hatte, sind daher, wenn er mit Wasserständen der jüngsten Zeit verglichen werden soll, nach der obigen Zusammenstellung $20 - 8 = 12$ cm in Abzug zu bringen, um der Einwirkung der Sohlensenkung in der Zwischenzeit Rechnung zu tragen.

Im allgemeinen ist aus den vorstehend für Basel gewonnenen Werten zu entnehmen, daß bei mittleren Rheinständen kaum $\frac{2}{3}$ des Betrages der Sohlensenkung als Wasserstandsänderung in Rechnung kommen kann. Gleichwohl sind selbst diese verminderten Werte in den Stromstrecken mit sehr bewegter Sohle noch zu groß, um vernachlässigt werden zu dürfen. In der Zahlentafel 12 wurden daher für die wichtigeren Stromorte und für die 50jährige Reihe 1851—1900 jene Mittelhöhen sowie die an denselben anzubringenden Korrekturwerte jeweils für fünfjährige Gruppen zusammengestellt und die verbesserten Mittelzahlen berechnet. Da bei der Ableitung der Korrekturwerte eine bestimmte Lage der Rheinsohle vorausgesetzt werden mußte, so wurde im vorliegenden Falle auf den Zustand des Strombettes zwischen 1886 und 1890 Bezug genommen, weil dieses Jahrfünft einen weder ungewöhnlich nassen noch trockenen Zeitraum umfaßt.