

unmöglich. Da die Schiffsbewegungen besonders auf der Strecke zwischen Hannoversch-Münden und Minden bekannt sind, läßt sich eine kürzere Welle besser ausnutzen. Dafür kann sie häufiger angewandt werden. Die 1952 verwandten Wellen von 24stündiger Dauer reichen aus. Es ist darauf zu achten, daß der Scheitelbeginn der Welle etwa 4 bis 6 Stunden vor Abfahrt eines Talschleppzugs in der Frühe an der vereinbarten Station eintrifft. In Abb. 3 ist durch eine kräftige Staffellinie die normale Fahrzeit eingetragen. Der waagerechte Abschnitt deutet die Übernachtung (Stilliegezeit) an. Die Schleppzüge fahren etwa mit 8 km/Std. zu Tal. Man erkennt, daß die Schifffahrt, deren Lenkung in diesen kritischen Zeitspannen der Niedrigwasserperiode in einer Hand liegt, gut mit dem Ablauf auch der kürzesten und damit wirtschaftlichsten Welle fertig wird.

Abt. I Frage 1 c

Hochwasservorhersage.

Zusammenfassung: In Deutschland bedient man sich bei der Hochwasservorhersage verschiedener Methoden. An der Weser werden die zu erwartenden Hochwasserstände an Hand von Wasserstandsbezugslinien vorhergesagt. Am Rhein wird mit gutem Erfolg ein Verfahren angewandt, bei dem man von den 16 bis 24 Stunden vorher beobachteten Abflußmengen ausgeht. In beiden Fällen handelt es sich um graphische Verfahren. Ein erster Versuch, die Wasserstände auf rechnerischem Wege mittels Korrelationsrechnung vorherzusagen, befriedigt noch nicht; dieses Verfahren läßt sich aber noch weiterentwickeln.

1. Wasserstands- und Abflußvorhersagen unter Verwendung der Korrelationsrechnung

Von Dr. Wilhelm Friedrich,

Oberregierungsrat bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

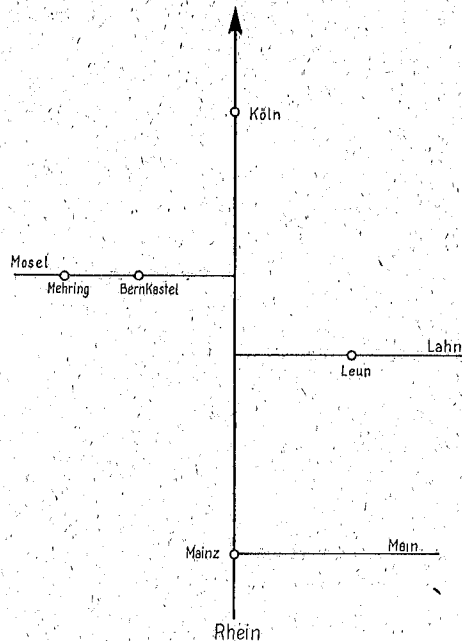
Bei der Hochwasservorhersage werden in Deutschland meist graphische Methoden angewendet. Für die Weser werden die vorauszusagenden Wasserstände aus Bezugslinienplänen entnommen (s. den Bericht von Ertmann); beim Rhein werden zu diesem Zweck auch Abflußganglinien und Summenlinien der Abflüsse verwendet (s. den Bericht von Dr. Eschweiler).

Es liegt nahe, die vorauszusagenden Wasserstände oder Abflüsse auch auf rechnerischem Wege zu ermitteln und sich dazu der Korrelationsrechnung zu bedienen. Derartige Versuche wurden in der Bundesanstalt für Gewässerkunde für den Rhein durchgeführt. Die Rechnungen, von denen nachfolgend nur die Ergebnisse angegeben werden, hatten den Zweck, festzustellen, ob es mit linearen Korrelationen möglich ist, die Wasserstandsänderungen am Rheinpegel Köln aus den Wasserstandsänderungen am Vortage am Rheinpegel Mainz, am Lahnpegel Leun und am Moselpegel Bernkastel mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Die letzteren drei Pegel wurden so ausgewählt, daß die Laufzeit bis Köln annähernd 24 Stunden beträgt. Die Lage der Pegel ist aus der schematischen Skizze ersichtlich.

Den Berechnungen liegen Korrelationsgleichungen von der folgenden Form zugrunde:

$$\Delta W_K = a \cdot \Delta W_M + b \cdot \Delta W_B + c \cdot \Delta W_L + d$$

Hierin bedeuten ΔW_K , ΔW_M , ΔW_B und ΔW_L die Wasserstandsänderungen an den Pegeln Köln (K), Mainz (M), Bernkastel (B) und Leun (L) von einer 12-Uhr-Beobachtung zur nächsten. Die Gleichung bringt zum Ausdruck, daß die Wasserstandsänderung im Laufe eines bestimmten Tages in Köln als lineare Funktion der am Vortage in Mainz, Bernkastel und Leun beobachteten Wasserstandsänderungen aufgefaßt wird. Die Beiwerte a , b , c und das konstante Glied d werden



nach den üblichen Methoden für lineare Korrelationen zwischen vier Veränderlichen berechnet, wie sie beispielsweise in dem Buch von G. Schroeder: »Die Korrelationsrechnung und ihre Anwendung in der Wasserwirtschaft« (Bielefeld 1950), beschrieben sind.

Die Proberechnungen wurden, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht, für Sommer (Versuche 1 und 2) und Winter (Versuche 3, 4 und 5) sowie für verschiedene Wasserstandsbereiche durchgeführt. Diesen Proberechnungen sind bei den Versuchen 1 bis 4 40 Fälle aus den Abflußjahren 1937 bis 1940 zugrunde gelegt, bei denen am Pegel Köln die Wasserstandsänderung von einer Mittagsbeobachtung zur nächsten 10 cm und mehr betrug. Bei dem Versuch Nr. 5 wurde nicht mit Wasserstands-, sondern mit Abflußänderungen (30 Fälle) gerechnet; das Rechenverfahren ist sonst das gleiche. Die Ergebnisse sind in den Spalten 6 und 7 enthalten, und zwar geben die Zahlen in Spalte 6 an, um wieviel Zentimeter im Durchschnitt aller Fälle der vorausgesagte Wasserstand von dem wirklich eingetretenen abgewichen ist. In Spalte 7 sind auch noch die äußersten Werte der Abweichungen angegeben.

Im Sommer lassen sich, solange der Rhein nicht ausgefuhrt ist, die Wasserstände am Pegel Köln mit dem angegebenen Verfahren mit einem durchschnittlichen Fehler von nur 4 bis 5 cm für die nächsten 24 Stunden voraussagen. Auch die extremen Fehler halten sich noch in mäßigen Grenzen.

Bei der höheren Wasserführung im Winter, und diese Fälle interessieren für den vorliegenden Zweck der Hochwasservorhersage in erster Linie, fallen leider die Versuche (4 und 5) sehr viel ungünstiger aus. Zwar betragen im Mittel aus 40 bzw. 30 Fällen die durchschnittlichen Abweichungen nur 11 bzw. 12 cm, aber in einzelnen Fällen steigen sie bis fast 80 cm.

Daß Abweichungen und Fehlprognosen von einem derartigen Ausmaß vorkommen, hat seinen Grund in der angewandten Methode. Die Korrelationsgleichungen ergeben als vorauszusagenden Wasserstand oder Abfluß einen Wert, der dem mittleren Verhalten entspricht. Liegen aber besondere Verhältnisse vor, weicht z. B. die Laufzeit der Welle aus Mosel und Lahn von der normalen stärker ab, oder ist die regionale Verteilung der Niederschläge ungewöhnlich, so entstehen zwangsläufig größere Abweichungen vom durchschnittlichen Verhalten, was in starken Unterschieden zwischen berechneten und wirklich eingetretenen Wasserständen zum Ausdruck kommt. Die graphischen Methoden haben dagegen den großen Vorteil, daß diese »besonderen Verhältnisse« berücksichtigt werden und größere Fehler bei der Vorhersage vermieden werden können.

Für die vorliegende Untersuchung standen als Berechnungsunterlagen nur Daten zur Verfügung, die in den »Jahrbüchern für die Gewässerkunde des Deutschen Reiches« veröffentlicht sind. Mit den im Jahrbuch nicht veröffentlichten Nebenbeobachtungen wird sich zweifellos die Treffsicherheit der Vorhersagen noch wesentlich erhöhen lassen. Wenn der erste Versuch, die Wasserstands- und Abflußänderungen auf Grund korrelativer Beziehungen zu berechnen, auch noch nicht zu befriedigenden Ergebnissen geführt hat, so dürfte es sich trotzdem lohnen, an der Vervollkommnung dieses Vorhersageverfahrens weiterzuarbeiten.

Abt. I Frage 1 c

2. Hochwasservorhersage am Rhein

Von Dr.-Ing. Eschweiler,

Oberregierungsbaurat bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

Sobald am Rhein der Hochwassermeldedienst mit der Herausgabe von »Wobs«-Telegrammen (Wasserobservationstelegrammen) und Rundfunknachrichten anlauft, müssen gleichzeitig unzählige fernmündliche Anrufe von Behörden und Firmen beantwortet und zudem Abflußmessungen vorbereitet und durchgeführt werden. Die hydrologischen Dienststellen sind dadurch gezwungen, zuverlässige Kräfte nach draußen zu schicken und im Büro teils mit Aushilfskräften den Hochwassermeldedienst durchzuführen, bei dem ein- oder zweimal täglich Wasserstandsvorhersage bekanntgegeben wird.

Man muß sich darüber klar sein, daß alle Methoden, die längere Berechnungen erfordern und die sich auf Meldungen stützen, die unregelmäßig eingehen oder erst mühsam herangeholt werden müssen, in der Praxis wertlos sind. Auf Grund der Untersuchungen, die die Rheinstrombauverwaltung in Koblenz an Hand einer ganzen Reihe von Hochwassern über die zweckmäßigste Methode der Vorher-