

Während im oberen Vorhafen (Meßpunkt 5) bei allen Abflußmengen der Hebung durch die Schwallwelle nur unbedeutende Tiefen des Sunkes unter dem Ausgangswasserspiegel folgen, übertreffen im Unterwasser die dem Sunk der ersten Phase folgenden Schwallhöhen durchweg die Sunktiefen, so daß sich bei 1600 m³/s ein Unterschied zwischen tiefstem und höchstem Punkt von 41 cm ergibt. Diese, wie schon erwähnt steilen Wasserspiegelschwankungen folgen rasch aufeinander. Sie sind zwar für die Schifffahrt nicht störend, mahnen aber besonders bei der Ausfahrt aus der Kammer nach dem Unterwasser zur Vorsicht.

Bewertung der Höhen von Schwall und Sunk.

In den Abb. 1 und 4 und in der Tabelle für die beiden Phasen sind mit Absicht die Werte der Schwallspitze und der Sunktiefe, so wie sie den Abb. 2 und 3 entnommen werden können, angegeben, auch wenn sie nur kurz auftreten. Die mittleren und für die praktische Verwendung maßgebenden Höhen des Schwallrückens und des Sunktales sind kleiner als die Spitzenwerte. Der im Schreibergerät aufgenommene Verlauf von Schwingungen der Wasserspiegel wie in den Abb. 2 und 3 macht es möglich, das Verhältnis von Mittelwert zu Spitzenwert festzustellen. Es ist beim oberen Vorhafen der Mittelwert gleich dem Spitzenwert geteilt durch 1,26, im unteren Vorhafen sind die Spitzenwerte durch 1,38 zu dividieren, um die Mittelwerte zu erhalten. Dadurch wird beispielsweise der oben genannte größte Unterschied von 41 cm bei 1600 m³/s auf 30 cm reduziert. Die Unterschiede der beiden Phasen werden bei den Mittelwerten wesentlich gemildert und können von der Schifffahrt nicht mehr als störend empfunden werden.

Abt. I Frage 1 b

2. Wirksamkeit künstlicher Flutwellen der Edertalsperre auf die Weserwasserstände.

Von Dipl.-Ing. Buzengeiger,
Regierungsbaurat bei der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hannover

Zusammenfassung: Der Zuschuß aus der Edertalsperre wird normalerweise auf Dauer gegeben. Der Einsatz von Wellen kommt praktisch an der Weser nur für Talfahrt und nur kurzfristig nach vorheriger Vereinbarung zwischen dem Leiter der Schifffahrt und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung in den Zeiten in Frage, in denen kein Dauerzuschuß wegen Erschöpfung der Talsperre mehr gegeben werden kann.

Die Weser gehört zu denjenigen Strömen, aus denen für die Schifffahrt durch Regulierung im Verhältnis zur natürlichen Niedrigwassermenge und dem im ganzen gegebenen Gefälle nahezu das Äußerste herausgeholt ist. Darüber hinaus können die Niedrigwasserstände zugunsten der Schifffahrt zwischen Hannoversch-Münden km 0,0 und Bremen km 365 durch Zuschußwasserabgabe aus dem Großspeicher der 202 hm³ fassenden, 1914 erbauten Edertalsperre erhöht werden — Abb. 1 —. Der Betrieb der etwa 90 km oberhalb Hannoversch-Münden gelegenen Talsperre ist so geregelt, daß in der vollschiffigen Zeit der Weser (1,7 bis 2 m Ladetiefe) — meist im Winter — die Sperre durch die Eder, einen Nebenfluß der Fulda, gefüllt wird und Zuschußwasser bei Niedrigwasser der Weser im Sommer abgibt. Die Zuschußmenge richtet sich nach dem natürlichen Zufluß der beiden

Weserquellflüsse Werra und Fulda, wobei auf das Vorhandensein möglichst langdauernder, gleichmäßiger Wasserstände ab Hannoversch-Münden Wert gelegt wird. Diese Gleichmäßigkeit ist für die Schifffahrt, besonders im Bergverkehr (Bremen—Kassel etwa 10 bis 14 Tage) von größter wirtschaftlicher Bedeutung hinsichtlich Ausnutzung der Abladetiefe. Die Dauerabgabe von

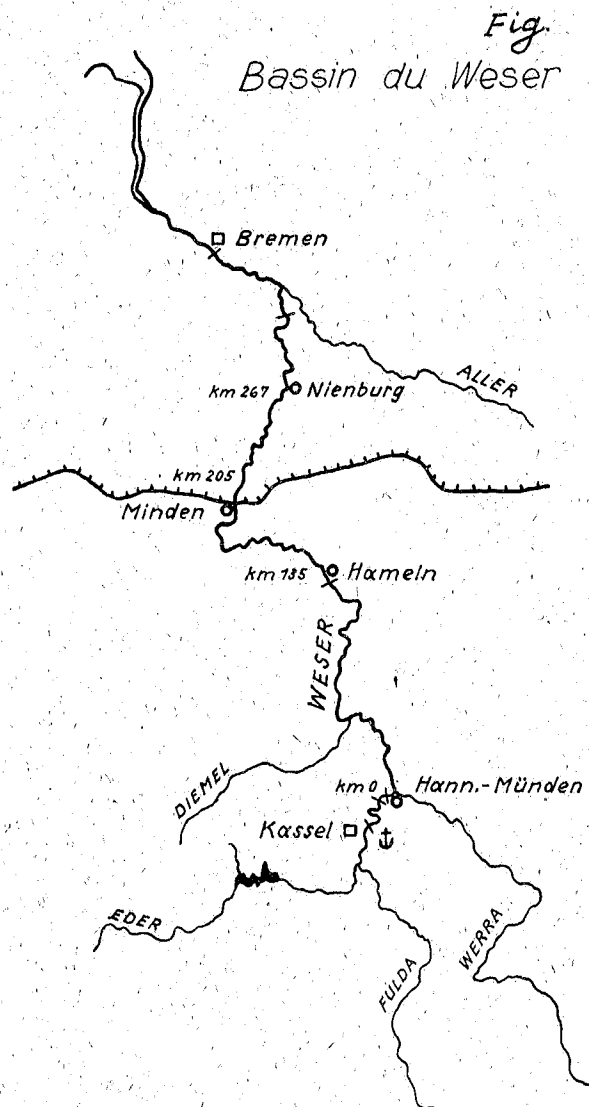


Abb. 1. Wesergebiet.

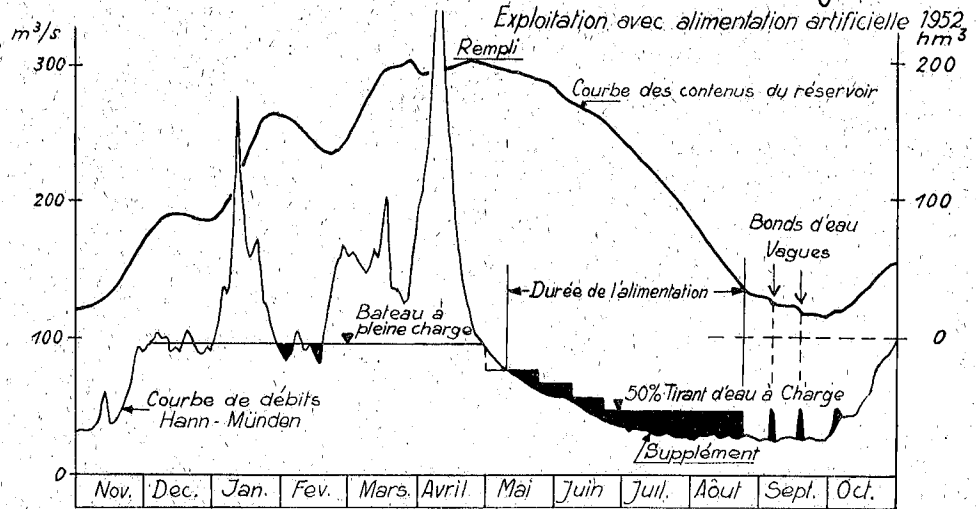
Zuschußwasser bildet daher die Regel, wobei bei Niedrigwasser ein Wasserstand von 1,25 m am Pegel Hannoversch-Münden = 1,0 m Abladetiefe = 50% Kahnraumausnutzung nicht unterschritten wird. Auch bei Wasserständen zwischen natürlicher Vollschiffigkeit (1,9 m am Pegel) und 1,25 m wird in neuerer Zeit

Zuschuß so gegeben, daß wenigstens 14 Tage lang ein stetiger Wasserstand vorhanden ist. In trockenen Jahren reicht aber der Speicherinhalt der Talsperre nicht aus, um den Pegelstand von 1,25 m bis zum natürlichen Anstieg der Wasserstände im Herbst zu halten. In solchen Zeiten wurde bisher die Schifffahrt praktisch lahmgelegt.

Die Belegung der Weserschifffahrt in den letzten Jahren führte zu Überlegungen, wie man den Verkehr über die Zeit der Wasserklemme wenigstens

Barrage de l'Eder et Echelle Hann-Münden

Fig. 2



Barrage de l'Eder et Echelle Hann.-Münden	Edertalsperre und Pegel Hann.-Münden
Exploitation avec alimentation artificielle	Zuschußbetrieb
Rempli	voll
Courbe des contenus du réservoir	Speicherinhaltslinie
Bonds d'eau Vagues	Wellen
Durée de l'alimentation	Dauerzuschuß
Bateau à pleine charge	vollschiffig
Courbe de débits Hann.-Münden	Abflußganglinie Hann.-Münden
50% Tirant d'eau à Charge	50% Ladetiefe
Supplément	Zuschuß

Abb. 2. Zuschußbetrieb 1952.

vorübergehend aufrechterhalten könnte. Dies ist möglich durch Wellenabgaben. Das Abflußjahr 1952, dessen Pegelganglinie Hannoversch-Münden und Sperreninhaltslinie aus Abb. 2 hervorgeht, kann als Charakteristikum für beste Wassernutzung für die Weserschifffahrt angesehen werden: Natürliche Vollschiffigkeit bis zum April, dann bis Juni staffelförmiger und bis Ende August gleichmäßiger Dauerzuschuß. Der Speicherinhalt war in dieser Zeit bis auf 30 hm³ = 15% des Sperreninhalts abgesunken; der Zuschuß mußte daher eingestellt werden. In der nachfolgenden Periode ohne Zuschuß wurden im September 2 Wellen für 1,1 m Abladetiefe über 24 Stunden abgegeben, wodurch mehrere Schleppzüge, deren Kähne vorher leer an die Stationen gebracht waren, nun beladen nach Bremen abschwimmen konnten. Das Verfahren hat sich bewährt und fand in der

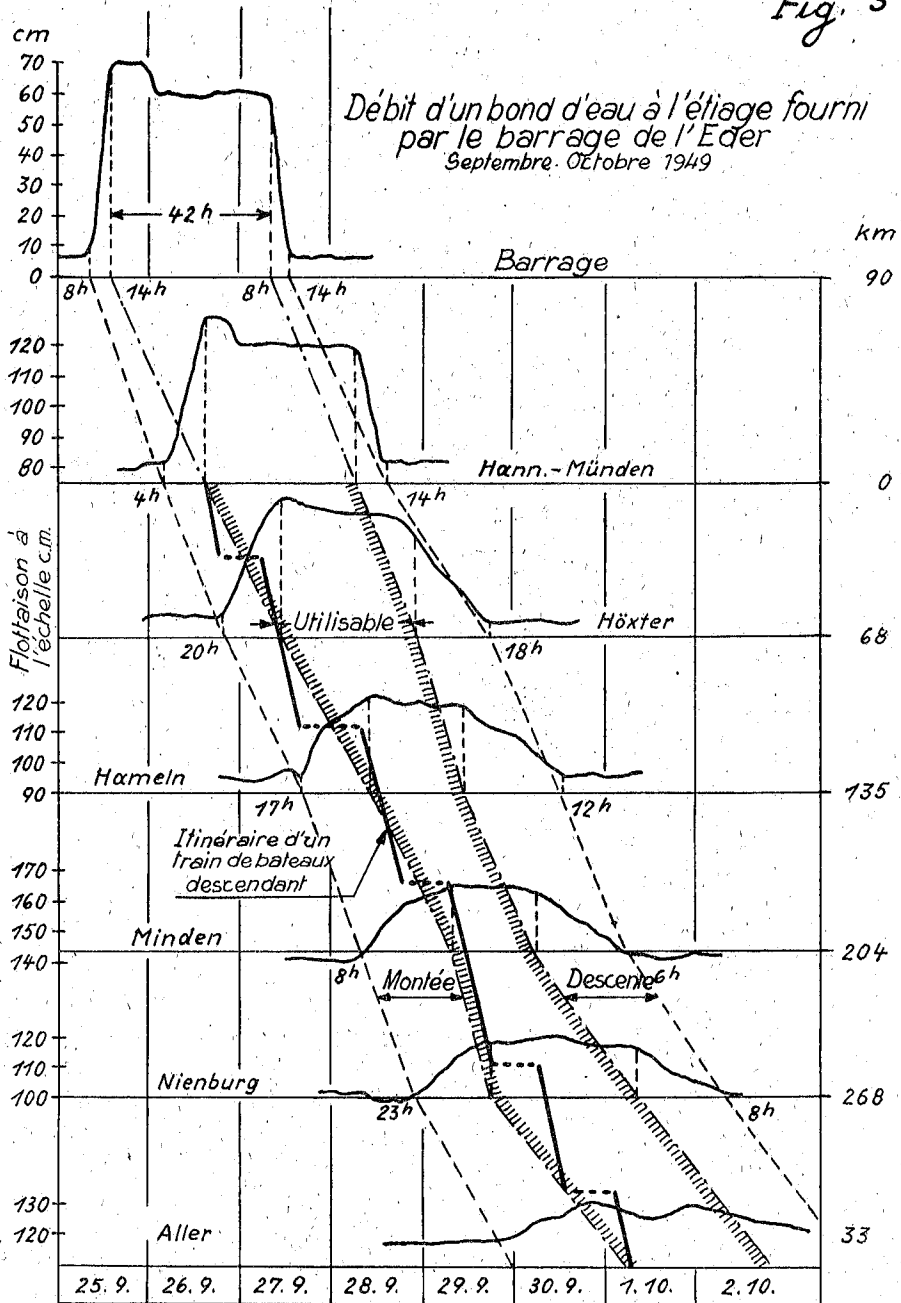
Schiffahrt Anklang. Es bleibt aber wegen möglichst wirtschaftlicher Ausnutzung des Wasservorrats nur in der geschilderten Form auf einen Talverkehr mit Schlepper oder Selbstfahrer beschränkt.

Kleinere Wellenabgaben sind in früherer Zeit zum Flottmachen festgefahrener Kähne angewandt worden. Frühere Untersuchungen mit Wellen zeigten, daß die Abflußmenge bzw. die Wasserstandserhöhung von 100% an der Talsperre auf 77% bei Hannoversch-Münden und auf 46% bei Minden abnimmt. Da die natürliche Fahrtiefe aber flußabwärts zunimmt, gleicht sich dies für eine durchgehende Abladetiefe ungefähr aus. Praktisch ist das Wellenverfahren in einem Sonderfall 1946 angewandt worden. Eine durchgehende Schiffahrt auf der Weser war damals wegen der kriegszerstörten Brücken nicht möglich. Die Wellen hatten lediglich die Aufgabe, für etwa 8 Betriebsstunden am Tage in Minden die Kanalschiffahrt, welche infolge der ebenfalls zerstörten Kanalbrücke des Mittellandkanals über 2 km Weserstrecke umgeleitet werden mußte, aufrechtzuerhalten. Für die Weserschiffahrt selbst wurde im Trockenjahr 1949, nachdem die laufende Zuschußabgabe eingestellt war, erstmals eine Welle von 42 Stunden Dauer gegeben, wodurch 6 Schleppzüge nach Bremen abgefertigt werden konnten. Der Wellenverlauf wurde besonders eingehend beobachtet und dient als Unterlage für gleich oder ähnlich gelagerte Wellen bei Niedrigwasser. In Abb. 3 ist auf der Ordinate die Lauflänge der Welle, auf der Abszisse die Dauer sowie an einigen Pegelstellen die jeweilige Wellenganglinie aufgetragen. Charakteristische Werte gehen aus folgender Zusammenstellung hervor:

	Talsp.	Hann.- Münden	Höxter	Hameln	Minden	Nienburg	Aller- mündung
km	0	90,0	158,0	225	293	358	421
Laufzeit ab Talsperre in Stunden (h) ;	Anfang	20	36	56	70	84	107
	Ende	24	51	70	86	113	140
Mittl. Wellengeschwindigkeit in km/Stunde		4,1	3,2	3,3	4,5	3,1	2,7
Mittl. Fließgeschwindigkeit bei NW in km/Stunde		2,4	2,4	2,3	2,3	2,1	2,0
Gesamtdauer der Welle in Stunden	54	57	68	67	68	80	92
Dauer der Wellennutzbarkeit in Stunden	42	38	35	25	23	36	32
Dauer des Anlaufs in Stunden	6	10	15	16	23	20	27
Dauer des Ablaufs in Stunden	6	8	20	25	22	24	28
Wellenhöhe in cm	60	35	30	25	20	18	14
Abladetiefe vor während der Welle in cm		65	70	75	90	97	100
		100	100	100	110	115	120

Bei einem Vergleich der Werte zeigt sich, daß durchaus keine Stetigkeit vorliegt. Die Abnahme der Wellengeschwindigkeit im Bereich von Höxter und Hameln ist auf die stark wechselnden Gefälle und die Staustufe Hameln zurückzuführen. Dieser Stau bewirkt auch eine Verflachung des An- und Ablaufs sowie eine merkliche Einschränkung der nutzbaren Wellendauer, was sich bis Minden bemerkbar macht. Die erwähnte Welle von 1949 mit 30 m³/s Zuschuß erforderte über 5 hm³ aus der Sperre, eine Menge, die bei dem geringen Restinhalt stark ins Gewicht fällt. Eine mehrfache Wiederholung solch langer Wellen ist daher

Fig. 3



Débit d'un bond d'eau à l'étiage fourni par le barrage de l'Eder
 Barrage
 Flottaison à l'échelle cm
 Utilisable
 Itinéraire d'un train de bateaux descendant
 Montée
 Descente

Abgabe einer Welle bei NW aus der Edertalsperre
 Talsperre
 Pegelstand cm nutzbar
 Fahrplan eines Schleppzuges zu Tal
 Anlauf
 Ablauf

Abb. 3. Abgabe einer Welle bei NW aus der Edertalsperre.

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.