

Die Bedeutung der Speicherbecken für die Schifffahrt auf den Wasserstraßen des Wesergebietes.

Von Hans Ertmann, Oberregierungsbaurat in Hannover.

I. Übersicht und allgemeine Bedeutung der Speicherbecken im Wesergebiet.

Mannigfache Speichervorgänge, teils natürlicher teils künstlicher Art, sind in den Kreislauf des Wassers eingeschaltet und beeinflussen den Abfließvorgang. Auch der Wasserhaushalt des Wesergebietes ist solchen Speichereinflüssen unterworfen. Zahlreiche Stauanlagen unterbrechen im gesamten Gewässernetz der Weser den stetigen oberirdischen Wasserablauf und speichern Wasser in mehr oder minder großem Umfange, überwiegend in der Zeit geringerer Wasserführung. Größere natürliche Seen sind, abgesehen vom Steinhuder Meer und vom Dümmer See im Wesergebiet nicht vorhanden. Um so mehr fallen die künstlichen Seen ins Gewicht, die in den Quellgebieten durch Talsperren gebildet werden, deren Speichervermögen das ganze Jahr hindurch wirksam ist. Im Flußtal nehmen größere und kleinere natürliche Rückstaugebiete und auch künstliche Polder bei Hochwasser erhebliche Wassermengen auf, wenn auch nur für verhältnismäßig kurze Zeit. Spezielle Hochwasserrückhaltebecken sind im Wesergebiet verschiedentlich geplant, aber noch nicht ausgeführt.

Die Steuerung aller dieser Speichervorgänge vollzieht sich in einem Rythmus, dessen Takt durch die natürlichen Gegebenheiten bzw. durch den Zweck einer künstlichen Anlage bestimmt ist, der aber in der Regel dem Rythmus des natürlichen Ablaufes entgegengesetzt ist und infolgedessen ausgleichend wirkt. Ihre Wirkungen sind jedoch sekundärer Natur und aufgelagert auf dem primären Einfluß des größten natürlichen Speichers, der den Wasserläufen in der gemäßigten Zone zur Verfügung steht, nämlich des unterirdischen Wassers, sowohl in der Form des Grundwassers als auch in dem des Boden- oder Haftwassers. Es ist zwar weitgehend dem Zugriff der Menschenhand entzogen, aber trotzdem in weitaus höherem Maße wirksam als selbst die größten künstlichen Speicherbecken. Es hat im Gegensatz z. B. zur linienwirksamen Talsperre eine ausgesprochene Flächenwirkung. In seiner Wirkungsweise kann es mit einem ausgedehnten natürlichen See verglichen werden, der auch ohne künstliche Regulierung wasserspeichernd und auf den Abfluß ausgleichend wirkt, jedoch mit dem maßgeblichen Unterschiede, daß sich die Bewegung des Wassers im Boden äußerst langsam vollzieht und die Speicherwirkung daher ganz bedeutend größer ist. Die Aufenthaltsdauer des Wassers in einem durchströmten See beträgt je nach der Größe der Oberfläche nur wenige Stunden oder höchstens einige Tage, im Boden dagegen mehrere Monate. Aufschluß über die Größe der Bodenspeicherung, die sich der direkten Messung entzieht, geben die Unter-

suchungen von Fischer über den Wasserhaushalt des Wesergebietes (s. Bes. Mitteilungen zum Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands, Band 7 Nr. 2). Danach ergibt der Verlauf der Bodenspeicherung im Gebiet der Weser bis zur Allermündung für die Jahresreihe 1896 bis 1915, abgeleitet als Summenlinie der Unterschiede zwischen dem Zufluß zum Grundwasser, also Niederschlag minus Verdunstung ($N-V$) und dem gemessenen Abfluß (A) ein größtes Ausmaß der Schwankungen von Jahr zu Jahr in Höhe von rund 150 mm. Diese Jahresperiode wird aber noch überlagert von den Schwankungen innerhalb eines Jahres, deren durchschnittliches Ausmaß sich für das genannte Gebiet aus Bild 2 zu rund 120 mm ergibt. Die maximale Inanspruchnahme des unterirdischen Wasservorrats kann somit zu rund $150 + 120 = 270$ mm angenommen werden. Bild 2 läßt auch die Größe der Verzögerung des unterirdischen Wasserablaufes erkennen. Wenn man die im Monat März sowohl bei $N-V$, als auch bei A auftretende Schwellung unberücksichtigt läßt, die offenbar von dem in diesem Monat überwiegenden Einfluß des oberirdischen Wasserablaufes herrührt, so erkennt man aus der Verlagerung der Scheitel (max und min) eine Verzögerung des unterirdischen Wasserablaufes um 2 bis 3 Monate. Daß die Verzögerung im Sommer größer ist als im Winter, erklärt sich durch die geringere Fließgeschwindigkeit infolge geringeren Grundwassergefälles. Allen diesen Untersuchungen haftet insofern noch eine gewisse Unsicherheit an, als nur die Werte von N und A gemessen sind, während die Werte von V , die sich der unmittelbaren Messung entziehen, teils nach den damals noch spärlichen Lysimetermessungen eingeschätzt, teils nach statistischen Methoden berechnet worden sind. Es ist aber zu hoffen, daß neuere Messungen und Untersuchungen (wie z. B. die Arbeiten von Dr. Natermann — Landesamt für Gewässerkunde Hannover) eine genauere Feststellung der Gebietsverdunstung und des gesamten Wasserhaushalts ermöglichen werden. Wesentliche Abänderungen sind jedoch kaum zu erwarten, da die Gebietsverdunstung im Wasserhaushalt den verhältnismäßig geringsten Schwankungen unterworfen ist.

Der über die gesamte Fläche des Einzugsgebietes sich erstreckende Bodenspeicher weist sicherlich keine völlig gleichmäßige Verteilung auf. Die Untersuchungen von Fischer ergeben zwar für die Weser von Hann-Münden bis zur Allermündung und auch für die Aller nur ganz unwesentliche Unterschiede. Es ist aber doch anzunehmen, daß die Bodenspeicherung in den Quellgebieten von der im Flachland verschieden ist. Da jedoch für die Beurteilung einer solchen Verschiedenheit ausreichende Unterlagen fehlen, soll den weiteren Betrachtungen der oben ermittelte Durchschnittswert von 270 mm zugrunde gelegt werden und die Vergleichsbasis gegenüber anderen Speicherungen bilden. Um für diese vergleichbare Werte zu erhalten, muß der nutzbare Speicherraum in Beziehung zur Größe des Einzugsgebietes gesetzt werden. Die Bedeutung einer Speicheranlage für einen beliebigen Punkt unterhalb der Speicherstelle ist der Höhe der über das Einzugsgebiet bis zu diesem Punkte gleichmäßig verteilt gedachten Wassermasse des nutzbaren Speicherinhaltes gleichzusetzen. Die nutzbare Speicherhöhe oder der Speicherwert (in mm) nimmt von der Speicherstelle abwärts mit zunehmendem Einzugsgebiet etwa in der Form einer logarithmischen Linie ab (s. Bild 4). Auf dem freien Strom ist die Ausgleichwirkung der meisten Speichervorgänge in Stauanlagen, Seen und Vorlandspeichern nur in den oberen Gebieten noch von wesentlicher Bedeutung, im übrigen auch nur dann, wenn, wie z. B. auf der Fuldstrecke Kassel—Hannover-Münden, eine Gruppe von Stauanlagen eine Betriebseinheit bilden. Der

Speicherwert dieser Gruppe beträgt zwar für die Weser bei Hannover-Münden nur noch Bruchteile eines Millimeters; trotzdem ist ihr Ausgleichsvermögen für eine begrenzte Feinregulierung der Wasserführung durchaus nicht ohne Bedeutung. Bei kanalisierten Strömen tritt die Ausgleichwirkung von Stauanlagen gegenüber der Stauwirkung in den Hintergrund.

Von größerem Einfluß auf den Abflußvorgang sind lediglich die Talsperren in den Quellgebieten, die Edertalsperre mit rund 180 hm³, die Diemeltalsperre mit rund 17 hm³, die drei Harztalsperren: die Odertalsperre mit rund 30 hm³, die Sösetalsperre mit rund 10 hm³ und die Eckertalsperre mit rund 2 hm³ für den Ausgleich nutzbaren Speicherinhalt. Nur die drei erstgenannten sind in vollem Umfange für den Ausgleich wirksam, während die Sösetalsperre etwa zur Hälfte, die Eckertalsperre nahezu ganz zur Versorgung entfernter Gebiete mit Trink- und Brauchwasser mittels Fernwasserleitungen dienen. Bild 1 gibt einen Überblick über die Lage dieser 5 Talsperren, von denen zusammen 1683 km² des 38 400 km² großen Einzugsgebietes der Weser erfaßt werden, mithin nur 4,4 v. H. Tafel I gibt eine Zusammenstellung der Speicherwerte dieser Talsperren für die Sperrstellen selbst sowie für einige Hauptpunkte und für Anfang und Ende der Schifffahrtstraßen und ermöglicht einen Vergleich untereinander und mit der Wirkung des Bodenspeichers von 270 mm. Danach steht hinsichtlich der Ausgleichwirkung die Odertalsperre an der Spitze. Ihr Speicherwert übertrifft mit 405 mm an der Sperrstelle sogar den Einfluß des Bodenspeichers. Das größte künstliche Speicherbecken des Wesergebietes, die Edertalsperre bleibt mit 125 mm an der Sperrstelle nicht unerheblich hinter der Wirkung des Grundwasserspeichers zurück. Wie schnell die Ausgleichwirkung von der Sperrstelle abwärts abnimmt, ist aus der Darstellung der Speicherwerte auf Bild 4 ersichtlich.

II. Die Bedeutung der Talsperren für die Schifffahrt.

Bild 4 gibt auch einen Gesamtüberblick über die Bedeutung der 5 Talsperren für die schiffbaren Wasserstraßen des Wesergebiets. Durch den Krieg und seine Folgen ist die Schifffbarkeit z. Z. praktisch auf die Fulda-Weser-Wasserstraße von Kassel bis Bremen beschränkt. Die obere Fulda und die Werra sind durch die Zerstörung von Schleusen und Brücken noch blockiert. Aller und Leine sind ab Celle bzw. Hannover in beschränktem Umfange schiffbar, z. Z. jedoch praktisch ohne Verkehr. Die Speicherwerte der Talsperren, die an den Sperrstellen noch ca. 100 bis 400 mm betragen, nehmen auf den schiffbaren Wasserstraßen auf folgende Werte ab:

Fulda-Weser	bei Kassel	27 mm	} im Mittel rund 15 mm
	„ Bremen	6 mm	
Leine	„ Hannover	8 mm	} im Mittel rund 7 mm
	an der Mündung	6 mm	
Aller	bei Celle	0,4 mm	} im Mittel rund 2 mm
	an der Mündung	3 mm	

Der Einfluß der Talsperren beträgt auf der Fulda-Weser-Wasserstraße bei Kassel und Hann.-Münden nur noch etwa $\frac{1}{10}$, bei Minden etwa $\frac{1}{27}$ und bei Bremen etwa $\frac{1}{45}$ des Einflusses der Grundwasserspeicherung. Diese Verhältniszahlen reden eine eindringliche Sprache, indem sie einerseits dem überragenden Wert der natürlichen Grundwasserspeicherung mit aller Deutlichkeit herausstellen und andererseits einer Überschätzung der Talsperrenwirkung entgegenreten, der man häufig genug auch in Schifffahrtskreisen begegnet. Einen drastischen Vergleich zwischen der Speicherwirkung des Boden-

vorrates und der einer Talsperre auf die Wasserführung gibt im übrigen Bild 3.

Trotzdem ist der Betrieb der Talsperren für die Schifffahrt von großer Bedeutung. Ihr besonderer Wert liegt — im Gegensatz zu dem unbeeinflussbaren Verlauf der Grundwasserspeicherung — in der Möglichkeit der Anpassung der Zuschußwasserabgabe an den jeweiligen Bedarf zur Erzielung möglichst lange anhaltender gleichmäßiger Wasserstände. Gerade diese Gleichmäßigkeit ist für die Schifffahrt, besonders im Bergverkehr mit seinen langen Fahrzeiten (von Bremen bis Kassel etwa 10 bis 14 Tage) von größter wirtschaftlicher Bedeutung hinsichtlich der Ausnutzung der möglichen Abladetiefe, die im übrigen trotz der verhältnismäßig geringen Ausgleichwirkung eine nicht unbedeutende Erhöhung erfährt. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil ist die Verlängerung der Betriebszeit und die Ueberwindung von Wasserklemmen. Schließlich sei noch auf einen weiteren allerdings wesentlich kleineren Gewinn an Betriebszeit hingewiesen, der während der Beckenfüllung durch die Verringerung der Dauer der Wasserstände über H. sch. W. erzielt wird.

Für die Schifffahrt im Wesergebiet sind z. Z. nur die Eder- und Diemeltalsperre von praktischer Bedeutung, für deren Belange sie auch in erster Linie erbaut sind. Für die Schifffahrt auf der Aller und Leine hat von den Harztalsperren nur die Odertalsperre einen gewissen Wert; ihre Bewirtschaftung ist jedoch auf die Belange der Landeskultur abgestellt, die mit den besonderen Bedürfnissen der Schifffahrt nicht immer gleichlaufen. Söse- und Eckertalsperre sind für die Schifffahrt nur von geringer Bedeutung. Der Wert des Talsperrenbetriebes für die Schifffahrt soll des näheren allein am Beispiel der Edertalsperre gezeigt werden, der gegenüber auch die Diemeltalsperre zurücktritt, die zwar ebenfalls überwiegend der Schifffahrt dient, entsprechend dem Talsperreninhalt aber nur etwa $\frac{1}{10}$ der Wirkung aufweist.

III. Die Bedeutung der Edertalsperre für die Weserschifffahrt.

Die im Jahre 1914 fertig gestellte Edertalsperre ist nunmehr seit 35 Jahren im Betrieb. Ihre Hauptaufgabe ist die Zuschußwasserlieferung für die Weserschifffahrt, die vor den weiteren Zwecken: Hochwasserschutz und Energiegewinnung, den unbedingten Vorrang hat. Entsprechend den Bedürfnissen der Schifffahrt ist auch ihre Betriebsweise geregelt: Füllung in der Zeit der größeren Wasserführung, möglichst während der Vollsichtigkeit, Abgabe bei Kleinwasser. Füllungs- und Abgabezeiten sind in den einzelnen Jahren naturgemäß verschieden, entsprechend den meteorologischen Bedingungen. Im langjährigen Durchschnitt entsprechen sie aber fast genau der Einteilung des hydrologischen Jahres (s. Bild 5). Allgemeine Ziele der Bewirtschaftung sind:

1. Restlose Füllung des Beckens bis zum 1. Mai j. Js. unter Freihaltung eines Hochwasserschutzraumes von 30 hm^3 , der vom 1. Februar ab bis zum 1. Mai auf 0 eingeschränkt werden kann (s. Bild 5), und eines Raumes für das Schmelzwasser der jeweiligen Schneelage. Dieses Ziel ist auch bei weitestgehender Entleerung des Beckens im allgemeinen erreichbar. Das Speicherbecken der Edertalsperre ist verhältnismäßig klein, da der Talsperreninhalt nur rund 30 v. H. des mittleren Jahreszuflusses beträgt. Nur in besonders trockenen Wintern kann die Füllung der Sperre Schwierigkeiten bereiten und ist in einigen Jahren auch nicht voll erreicht worden. In dem außergewöhnlich trockenen Winter 1948/49 gelang die Füllung nur durch rigorose Drosselung des Abflusses unter weitgehendem Verzicht auf den Kraftgewinn am Ausgleichbecken.

2. Erhöhung des Mittelkleinwassers (MKIW = 22 m³/sec) bei Hann.-Münden im Sommer und Herbst, bisweilen auch bis in die ersten Wintermonate hinein, um 18 m³/sec auf 40 m³/sec entsprechend einem Wasserstande von 115 cm am Pegel Hann.-Münden, dem sogenannten erhöhten Mittelkleinwasser (EMKIW). Dieser Wasserstand gestattet eine Abladung der normalen Weserkähne (max Tauchtiefe 1,70 m, Leertiefgang 0,32 m) zu 46 v. H., bei der etwa die Grenze der Wirtschaftlichkeit für die Weserschiffahrt liegt. Möglich ist die Schiffahrt im beschränkten Umfange noch bei einem Wasserstande von 100 cm a. P. Hann.-Münden, der praktisch als der kleinste schiffbare Wasserstand (Kl. sch. W.) anzusprechen ist (Auslastung rund 35 v. H.). Die Grenze der Vollschiffigkeit liegt bei einem Wasserstand von 190 cm am Pegel Hann.-Münden.

Der Pegel Hann.-Münden ist maßgebend für die Oberweserschiffahrt, der Pegel Minden für die Mittelweserschiffahrt, die trotz der Wasserabgaben bei Minden für die Speisung des Mittellandkanals und bei Hoya für Bewässerungszwecke in der Regel um 20 bis 30 cm bessere Fahrwasserhältnisse vorfindet. Jeder m³/sec Zuschuß bedeutet für die Schiffahrt einen Gewinn an Abladetiefe von 1 bis 2 cm, 1 cm bei Mittelwasser, 2 cm bei Kleinwasser. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Zufuhr des Zuschußwassers von der Sperre bis zum Ende der Schiffahrtsstraße annähernd verlustfrei erfolgt. Bei früheren Versuchsbeobachtungen durch Abgabe von kurzen Probewellen wurden von der Sperre bis Hann.-Münden Verluste der Scheitelhöhe der Wellen von 25 v. H. bei 24 Stunden, von 13 v. H. bei 36 Stunden, von 6 v. H. bei 85 Stunden Wellendauer ermittelt. Man ersieht hieraus, daß die Verluste mit zunehmender Dauer der Wellen stark abnehmen: Bei Dauerabgabe, wie sie in der Schiffahrtsperiode die Regel ist, verlieren die An- und Ablaufzeiten, die eine kurze Welle stark verlängern und verflachen, ganz an Bedeutung. Eine gewisse zeitweilige Aufspeicherung von Wasser im seitlichen Grundwasserraum findet sicherlich statt; sie dürfte aber bei einer normalen Erhöhung des Flußwasserspiegels um 20 bis 30 cm durch die Zuschußabgabe bei dem verhältnismäßig starken Grundwassergefälle und bei einer Aufnahmefähigkeit des Bodens von etwa 20 bis 25 v. H. kaum ins Gewicht fallen. Auch eine nennenswerte Mehrverdunstung ist bei einer solchen kleinen Bodenspeicherung nicht zu erwarten, da das seitliche Vorland größten Teils eine Auelehmedecke aufweist, die für das Grundwasser praktisch undurchlässig ist. Im normalen Betriebe wird man daher bei Dauerabgabe ohne wesentlichen Fehler mit einer praktisch verlustfreien Zuschußwasserabgabe rechnen können. Zur Sicherheit und um unvermeidliche Schwankungen auszugleichen, wird bei der Bemessung der Abgabe zweckmäßig mit einem Betriebsfaktor von etwa 1,2 gerechnet, d. h. 20 v. H. mehr abgegeben als theoretisch erforderlich wäre. Bei nachträglichen Untersuchungen, insbesondere wenn nicht Tageswerte, sondern Monatsmittel betrachtet werden, kann dagegen die Einführung eines Verlustfaktors unterbleiben.

Diese Annahme ist auch der Darstellung auf Bild 8 zugrunde gelegt worden, die den Verlauf der Wasserstände am Pegel Hann.-Münden in Monatsmitteln während der bisherigen Betriebszeit der Edertalsperre wiedergibt und zugleich einen Überblick über die Wirkung und Verteilung der Speicherung und Zuschußwasserabgabe gibt. Die Gesamthäufigkeit von Speicherung und Zuschuß, beide für sich gesondert als Horizontalprojektion auf eine gemeinsame Vertikale ermittelt, ist auf Bild 8 rechts dargestellt. Die Umrisse dieser Darstellung sind in das Betriebsdiagramm auf Bild 9 übernommen, das in klarer und einprägsamer Weise einerseits den Erfolg

der Talsperrenbewirtschaftung widerspiegelt, andererseits auch ein gutes Kriterium für die Handhabung des Betriebes abgibt. Auf Tafel 2 sind die aus diesem Diagramm entnommenen Zahlenwerte besonders zusammengestellt.

Danach ist der im bisherigen Betriebe der Edertalsperre erzielte Gewinn für die Schifffahrt:

- a) die Verlängerung der Schifffahrtsbetriebszeit (normal 200 bis 330 Betriebstage bei 160 bis 100 cm am Pegel Hann.-Münden ohne Berücksichtigung der Eissperren) um 10 bis 46 Tage. Mittlerer Gewinn rund 6 v. H.;
- b) die Vermehrung der nutzbaren Ladetiefe (bei 190 bis 100 cm am Pegel Hann.-Münden abzüglich Leertiefgang im Mittel 0,90 m) um 0,08 m im Durchschnitt. Gewinn rund 9 v. H.

Gesamtgewinn $1,06 \times 1,09 = 1,16$, demnach 16 v. H.

Unberücksichtigt ist dabei noch ein Gewinn von ca. 1,5 Schifffahrtstagen im Jahresdurchschnitt aus der Verkürzung der Dauer der Wasserstände über H. sch. W., der durch eine besondere Auszählung der Hochwasserwellen nach Tagen ermittelt wurde. Er kann naturgemäß nur verhältnismäßig gering sein, da der Einfluß der Speicherung bei großer Wasserführung stark zurücktritt.

Eine Kritik des bisherigen Talsperrenbetriebes an Hand des Betriebsdiagrammes auf Bild 9 führt zu folgenden Feststellungen:

1. Im allgemeinen ist das gesteckte Ziel erreicht. Der Schwerpunkt der Zuschußwasserabgabe liegt genau auf der Höhe des festgelegten Zielwasserstandes 115 cm am Pegel Hann.-Münden.

2. Der Erfolg wird durch folgende Fehlerquellen beeinträchtigt:

- a) Verluste an Betriebszeit und Abladetiefe als Folge der Speicherung bei Wasserständen unter Vollschieffigkeit (190 cm a. P. Hann.-Münden), in der Regel bedingt bei geringer Wasserführung durch das Streben nach restloser Füllung des Beckens. Die Speicherung ist nach Möglichkeit auf die Zeit der Vollschieffigkeit, andernfalls auf die Zeit der Schifffahrtssperren (durch Eis- oder andere Umstände) zu beschränken.
- b) Verluste an Zuschußwasser, das bei Vollschieffigkeit abgegeben wurde, ohne Gewinn zu bringen, meist durch die Notwendigkeit der Entlastung zur Freihaltung des Hochwasserschutzraumes oder bei voller Sperre bedingt. Es wäre anzustreben, dieses Zuschußwasser den Zeiten des Bedarfes (unter 190 cm a. P. Hann.-Münden) zugute kommen zu lassen.
- c) Verschwendung an Zuschußwasser, dessen Wirkung in Trockenzeiten unter der Grenze des kleinsten schiffbaren Wasserstandes bleibt, vielfach bedingt bei sehr geringem Zufluß zum Becken durch die festgesetzte Mindestwasserabgabe. Abhilfe nur durch extreme Drosselung der Abgabe (evtl. bis Abfluß = Zufluß) möglich.

Die Bilder 6 und 7, auf denen die Bewirtschaftung der Edertalsperre für eine Reihe von Jahren aus der nunmehr 35-jährigen Betriebszeit dargestellt ist, lassen Ausmaß, Dauer und Bedeutung dieser Nachteile und Verluste für die Schifffahrt im einzelnen erkennen. Leider verbietet es der knappe Raum, diese Darstellung für die ganzen 35 Jahre zu bringen.

Die Darstellung läßt erkennen, daß die Fehler im Laufe der Zeit zurückgegangen sind, die Betriebsweise somit erfolgreicher geworden ist. Nach einer langen Periode starren Festhaltens an der anfangs festgelegten Betriebsweise hat sich in den letzten Jahren im Interesse der Förderung der Schifffahrt eine Umstellung vollzogen, allerdings zu einem gewissen Nachteil

für die Kraftwirtschaft, deren Belange aber nach der Zweckbestimmung der Talsperre hinter den Interessen der Schifffahrt zurückstehen müssen. Bild 5 zeigt den durchschnittlichen Gang der Beckenfüllung für eine längere Jahresreihe vor dem Kriege. Danach beträgt die Inanspruchnahme des Beckens im Mittel nur 103 hm^3 , also nur 55 v. H. des nutzbaren Speichervolumens von 180 hm^3 . Diese verhältnismäßig geringe Ausnutzung des Beckenvorrates war bedingt durch eine gewisse Beschränkung der Zuschußwasserabgabe im Interesse der Kraftwirtschaft und durch die starre Zielsetzung auf das EMKIW 115 cm a. P. Hann.-Münden. Nach der Betriebsanweisung soll zur Erzielung eines besseren Wirkungsgrades der Turbinen ein Beckeninhalte von 90 hm^3 erst dann unterschritten werden, wenn es die Belange der Schifffahrt erfordern. Die Anforderungen für die Schifffahrt waren aber durch die verhältnismäßig niedrige Zielsetzung begrenzt. In den Spannungszeiten der Kriegs- und Nachkriegsjahre erwies es sich im Interesse der Schifffahrt als notwendig, an die Talsperrenwirtschaft stärkere Anforderungen zu stellen. Die Möglichkeit war durchaus gegeben, da die langjährigen Betriebserfahrungen erkennen ließen, daß bei voller Ausnutzung des Beckeninhaltes erhebliche höhere Wasserstände zu erreichen waren: bei mittlerer Wasserführung etwa 150 cm, in einem mittleren Trockenjahr etwa 125 cm a. P. Hann.-Münden. Selbst in einem extremen Trockenjahr könnte immer noch der kleinste schiffbare Wasserstand von 100 cm erreicht und damit wenigstens eine beschränkte Schifffahrt durchgehalten werden. Voraussetzung ist restlose Füllung des Beckens und Entleerung bis auf den eisernen Bestand von 20 hm^3 , notfalls bis auf einen herabgesetzten eisernen Bestand von 10 hm^3 , jedoch möglichst nicht vor dem 1. November, um in wasserarmen Wintern immer noch eine kleine Reserve von 10 hm^3 zu haben. Eine Grenze von 15 hm^3 sollte jedoch möglichst nicht unterschritten werden, weil sonst die Energiegewinnung an den Hauptkraftwerken wegen mangelnden Gefälles ganz ausfällt.

Eine auch nur einigermaßen zuverlässige Voraussage für den Verlauf der Wasserführung ist selbst in großen Zügen heute noch nicht möglich. Im Interesse einer möglichst wirtschaftlichen Ausnutzung des Beckenvorrates erschien daher ein Ersatz der bisherigen starren Zielsetzung durch eine elastische Anpassung an den Wechsel der Wasserführung geboten, jedoch nicht stetig, sondern in Stufen von etwa 5 bis 10 cm und von möglichst langer Dauer, mindestens 14 Tage mit Rücksicht auf die lange Reisedauer der Bergschifffahrt. Dieses Verfahren ist bei der Bewirtschaftung der Edertalsperre erstmalig in den Jahren 1947 und 1948 systematisch durchgeführt worden und hat sich bewährt. Ein abschließendes Urteil über den Erfolg der Betriebsweise läßt sich aus diesen beiden Jahren, von denen das eine extrem trocken, das andere dagegen zeitweise sehr wasserreich war, noch nicht herleiten. Im laufenden Jahr soll auf Wunsch der Weserschifffahrt ein möglichst hoher und gleichbleibender Wasserstand solange wie möglich durchgehalten werden, selbst auf die Gefahr hin, daß eine vorzeitige Erschöpfung des Beckenvorrates eine erhebliche Beschränkung oder sogar völlige Einstellung der Weserschifffahrt erzwingt. Nach einigen Jahren wird ein Vergleich der Diagramme nach Bild 9 zeigen, welchen Gewinn die schärfere Ausnutzung des Beckeninhaltes für die Schifffahrt bedeutet.

IV. Die Bedeutung der Edertalsperre für die Kanalschifffahrt.

Für den Bau der Edertalsperre ist nicht die Weserschifffahrt ausschlaggebend gewesen, sondern die Sicherung der Schifffahrt auf dem Mittellandkanal, der bei Minden die Weser kreuzt. Hier wird durch ein Pumpwerk

dem Kanal aus der Weser das notwendige Speisewasser zugeführt, dessen maximaler Bedarf bei Vollverkehr für die Weststrecke zu $7,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ und für die Gesamtstrecke bis zur Elbe zu $15 \text{ m}^3/\text{sec}$ ermittelt worden ist. Diese Speisewasserabgabe würde für die Mittelweser eine Einbuße an Abladetiefe von 10 bis 20 cm bedeuten und, solange nicht die Kanalisierung der Mittelweser vollendet ist, bei Kleinwasser die Schifffahrt auf der Mittelweser ganz zum Erliegen bringen, wenn nicht durch zusätzliche Abgabe aus der Edertalsperre für einen Ausgleich gesorgt wird. Andererseits würde ohne diesen Talsperrenzuschuß eine Speisewasserabgabe für die Kanalschifffahrt nur bei so hohen Wasserständen möglich sein, die eine solche Anzapfung ohne Beeinträchtigung der Weserschifffahrt erlauben. Bei Kleinwasser müßte aber die Speisewasserabgabe eingeschränkt und schließlich ganz eingestellt werden, um der Weser die im Interesse nicht nur der Schifffahrt, sondern auch der Landeskultur sowie der Vorflut, Räumung und Spülung notwendige Wassermenge zu erhalten. Der Ausfall der Speisung müßte aber die Kanalschifffahrt letzten Endes ganz zum Erliegen bringen.

Die Edertalsperre bringt somit den notwendigen Ausgleich zwischen den sich hier überschneidenden Interessen der Kanalschifffahrt und der Weserschifffahrt. Durch die Fertigstellung der Mittelweserkanalisierung wird die Lage grundlegend geändert werden. Der Talsperrenzuschuß wird für die Oberweser dann zwar noch weiterhin benötigt, für die Mittelweser und den Kanal aber entbehrlich und kann zur Befriedigung anderer Interessen (Landeskultur, Wasserversorgung, Reinhaltung und Energiegewinnung) eingesetzt werden.

Im bisherigen Betriebe des Mittellandkanals hat sich die Speisung des Kanals für die Weser nahezu unbemerkt vollzogen. Jeder entnommene m^3/sec Speisewasser bedeutet zwar für die Weser bei Minden eine Minderung der Abladetiefe um 1 bis 2 cm. Bisher ist aber der Bedarf an Speisewasser auch nach Fertigstellung der Oststrecke noch nicht so groß geworden, daß im Interesse der Mittelweser ein erhöhter Talsperrenzuschuß erforderlich wurde. Der Bedarf an Zuschußwasser konnte bisher, von den später noch zu erörternden Ausnahmefällen abgesehen, stets nach den Erfordernissen der Oberweser bemessen werden, da die natürliche größere Fahrwassertiefe auf der Mittelweser die durch die Speisewasserabgabe bedingte Einbuße an Abladetiefe ausglich. Wird aber der maximale Speisewasserbedarf für den Kanal schon vor Vollendung der Mittelweserkanalisierung erreicht, so wird bei Kleinwasser eine Erhöhung des Talsperrenzuschusses für die Mittelweser nicht zu umgehen sein.

Die Bedeutung der Edertalsperre für die Kanalschifffahrt wurde durch die Kriegereignisse besonders eindringlich herausgestellt. Die Zerstörung der Edertalsperre durch den Bombenangriff im Mai 1943 hatte zur Folge, daß die Zuschußwasserabgabe im Sommer 1943 ganz aussetzte und in den folgenden 3 Jahren nur stufenweise gesteigert werden konnte, bis 1947 der Vollbetrieb wieder möglich war (s. Bild 7). Dieser Ausfall an Zuschußwasser, der für die Weserschifffahrt einen erheblichen Verlust bedeutete, war für die Kanalschifffahrt nur deswegen tragbar, weil 1943 die Speisewasserversorgung auf die zeitweise stillgelegte Weserschifffahrt keine Rücksicht zu nehmen brauchte, während 1944 eine reichliche Wasserführung aufwies. 1945 ruhte die Schifffahrt nahezu völlig und kam erst 1946 zögernd wieder in Gang.

Eine völlige Umwälzung der Talsperrenwirtschaft, die deren Bedeutung für die Kanalschifffahrt, aber auch die Grenzen ihrer Möglichkeit besonders eindringlich zu Tage treten ließ, brachte die Zerstörung der Kanalüber-

führung bei Minden im April 1945. Da deren Wiederherstellung eine längere Bauzeit erforderte, mußte die Kanalschiffahrt mittels der Abstiegschleusen über eine ca. 2 km lange Weserstrecke geleitet werden. Die Durchführung unter der Brücke erfolgte, solange die Weser noch durch die Brückentrümmer blockiert war, mittels eines zu diesem Zwecke angelegten Umflutkanals. Bezüglich der Einzelheiten sei auf den Aufsatz von Möhlmann verwiesen.

Diese Lage stellte sowohl an die Schiffahrt als auch an die Talsperrenwirtschaft außergewöhnliche Anforderungen. Die Kanalschiffahrt wurde von den jeweiligen Wasserständen der Weser abhängig und mußte entsprechend ableichtern. Kahnraummangel und die beschränkte Leistungsfähigkeit der Krananlagen setzten der Leichterung gewisse Grenzen. Die in der Weserdurchfahrt eingesetzten Schlepper erforderten eine verhältnismäßig große Fahrwassertiefe. Die Zuschußwasserabgabe mußte daher erheblich gesteigert werden, um das hochgespannte Wasserstandsziel in der Weserdurchfahrt zu erreichen. Eine normale Dauerabgabe hätte aber bei diesen Anforderungen eine frühzeitige Erschöpfung des Talsperrenvorrats zur Folge gehabt. Zur Sicherung der notwendigen Fahrwassertiefe für die ganze Schiffahrtsperiode blieb als einziger Ausweg die Auflösung der Dauerabgabe in einzelne Wellen, meist 2 bis 3 in der Woche. Die Länge der Wellen wurde so bemessen, daß sie beim Eintreffen in Minden nur für eine bestimmte Betriebszeit (meist von 8 bis 16 Uhr) die festgesetzte Tauchtiefe in der Weserdurchfahrt sicherten. Dabei war die Umformung der Wellen, die von der Sperre in annähernd rechteckiger Form abgelassen wurden, in die Trapez- und Dreiecksform mit starken Ausrundungen und die dadurch bedingte Verringerung der Scheitelhöhe zu berücksichtigen. Der Verlauf einer solchen Welle von der Sperre bis nach Minden ist auf Bild 10 dargestellt. Die Abhängigkeit der Laufzeit der Wellen (im Mittel etwa 60 bis 70 Stunden) von der jeweiligen Wasserführung erschwerte die Aufstellung eines exakten Wellenfahrplans. Besondere Aufmerksamkeit mußte der Durchführung der Wellen durch die zahlreichen Staustufen, insbesondere auf der Strecke Kassel—Hann.-Münden mit ihren unhandlichen Nadelwehren gewidmet werden. Trotzdem ist es mit Hilfe eines intensiven Beobachtungs- und Meldedienstes gelungen, durch Abgabe von 27 Wellen, die im Durchschnitt 5 bis 6 hm³ Wasser benötigten, die Kanalschiffahrt während des ganzen Jahres 1946 aufrecht zu erhalten, wenn auch die Beschränkung der Betriebszeit auf 2 bis 3 Tage in der Woche sehr erschwerend war. Von großem Nachteil war die Wellenabgabe allerdings für die damals noch geringe Weserschiffahrt, insbesondere für die Bergschiffahrt, die in den Wellentälern nur unzureichende Fahrwassertiefen vorfand. Die Erfahrungen des Jahres 1946 haben gezeigt, daß eine Abgabe in Wellenform keine wirtschaftliche Maßnahme darstellt und auf außergewöhnlich gelagerte Fälle beschränkt bleiben muß. Dem verhältnismäßig geringen Gewinn an Mehrabladetiefe im Vergleich zur Dauerabgabe, ca. 15 cm (s. Bild 10), steht ein bei so kleinen Wellen nicht unerheblicher unwirtschaftlicher Verbrauch an Wasser für die nicht nutzbaren An- und Ablaufzeiten gegenüber. Die nutzbare Betriebszeit (15 Stunden) beträgt nur etwa $\frac{1}{5}$ der Gesamtlänge der Welle (72 Stunden). Aus diesem Grunde wurde im Jahre 1947 mit Rücksicht auf die nunmehr auflebende Weserschiffahrt die Wellenabgabe aufgegeben, zumal auch durch die Räumung der Brückendurchfahrt für die Kanalschiffahrt eine wesentliche Verbesserung erzielt war, die eine weit bessere Auslastung der Kanalschiffe gestattete. Der Übergang von der streng punktorientierten Zuschußwasserabgabe, die insofern noch beibehalten

wurde, als die Regelung des Zuschusses zunächst noch auf dem Knotenpunkt Minden abgestellt bleiben mußte, zur regulären linienorientierten Zuschußwasserabgabe konnte wenigstens eingeleitet werden.

Auch das Jahr 1947 stellte an die Wasserwirtschaft der Edertalsperre wieder außergewöhnliche Anforderungen ganz besonderer Art. Schon frühzeitig erforderte der durch die außerordentliche Trockenheit bedingte Rückgang der Wasserführung große Zuschüsse und erzwang Sparmaßnahmen. Der Versuch, Wasserversparnisse durch Abgabe von Hohlwellen zu erzielen, wurde als unwirtschaftlich und für die Weserschiffahrt nachteilig aufgegeben. Sehr vorteilhaft erwies sich dagegen die Heranziehung der westlichen Kanalhaltung, die ein Fassungsvermögen von rund $0,3 \text{ hm}^3$ besitzt, zur Speicherung und Abgabe von Zusatzwellen während der täglichen Hauptbetriebszeit. Hierdurch wurde eine wesentliche Einschränkung des durchlaufenden Grundzuschusses aus der Talsperre möglich. Die Speicherung vollzog sich durch verstärktes Aufpumpen von Weserwasser in den Kanal in den Zeiten der Schiffsfahrtsruhe nachts und an Sonntagen. Die Abgabe erfolgte am Tage konzentriert auf kurz bemessene Hauptbetriebszeiten. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens liegt in dem Fehlen einer langen Laufzeit — das Pumpwerk, das auch die Abgabe besorgt, liegt nur 250 m von der Weserdurchfahrt entfernt — und in der Ausschaltung der Wellenumformung, also nahezu verlustfreier Ausnutzung. Nachteilig sind lediglich sowohl für die Kanalschiffahrt als auch für die Weserschiffahrt die unvermeidlichen Wasserstandsschwankungen infolge des täglichen Wechsels zwischen Aufpumpen und Abgeben, die sich noch auf erhebliche Entfernungen bemerkbar machten. Auch ist die bei starker Abgabe im Kanal eintretende Strömung für die Schifffahrt bedenklich und setzt diesem Verfahren gewisse Grenzen. Es wird im allgemeinen auf außergewöhnliche Notstände beschränkt bleiben müssen, die eine Inkaufnahme dieser Nachteile rechtfertigen. Im vorliegenden Falle hatte das Verfahren einen vollen Erfolg. Die Abgabe aus dem Kanal erzielte eine zusätzliche Aufhöhung der Weserwasserstände von 10 cm im Mittel und 15 bis 20 cm in den Spitzen. Diese mittlere Aufhöhung von 10 cm entspricht einer mittleren Zuschußwassermenge von etwa $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ und bedeutet für die Edertalsperre eine Ersparnis an Zuschußwasser von rund 25 hm^3 im Monat. Aber auch dieser zusätzliche Zuschuß reichte bei der katastrophalen Dürre im September nicht mehr aus, um die notwendige Tauchtiefe bis zum Anschluß an die Winterperiode zu sichern. Dies wurde erst durch eine weitere außerordentliche Maßnahme, die Errichtung einer schwimmenden Stauanlage kurz unterhalb der Weserdurchfahrt im vollen Umfange möglich (vgl. den Aufsatz von Möhlmann). Wie stark dabei der Anteil des Schiffstaues an der insgesamt erzielten Aufhöhung der Wasserstände in der Durchfahrt überwiegt, ergibt folgende Aufstellung:

Aufhöhung durch

1. Grundzuschuß aus der Edertalsperre	5 cm = 12,5 v. H.
2. Zusatzwelle aus dem Kanal	10 cm = 25,0 v. H.
3. Wirkung des Schiffstaues	25 cm = 62,5 v. H.

Gesamtaufhöhung 40 cm

Um die gleichen Leistungen der zusätzlichen Maßnahmen durch Talsperrenzuschuß zu erzielen, würde man bei einem Verhältnis von $1 \text{ cm} = 1 \text{ m}^3/\text{sec}$ und bei einer Abgabezeit von ca. 6 Monaten folgende Speichermengen benötigen:

statt des Kanalzuschusses	rund	150 hm ³
„ „ Schiffsstaus	„	375 hm ³
	Zusammen	rund 525 hm ³

Diese Maßnahmen haben somit die Wirkung von 2 bis 3 Talsperren von der Größe der Edeltalsperre ersetzt. Allerdings war diese Wirkung ausschließlich auf den Punkt Minden beschränkt, während sich die Talsperrenwirkung auf die Linie der gesamten Wasserstraße erstreckt. Dehnt man diesen Vergleich noch weiter auf die Fläche, also auf den Grundwasserspeicher aus, der bei Minden bei einem Einzugsgebiet von 19 304 km² und einer Speicherhöhe von 270 mm einen Fassungsraum von rund 5200 hm³ aufweist, so wird man sich nur allzu deutlich der Grenzen aller künstlichen Speicher- und Staumaßnahmen bewußt, da trotz äußerster Anstrengung doch nur höchstens $\frac{1}{10}$ der Bodenspeicherung erreicht werden konnte. Trotzdem darf man mit Genugtuung auf die erfolgreiche Lösung der ungewöhnlichen Aufgaben, die die Jahre 1946 und 1947 der Schiffahrt und der Talsperrenwirtschaft stellten, zurückblicken.

Im Jahre 1948 blieb die Regelung der Zuschußwasserabgabe grundsätzlich die gleiche wie im Jahre 1947, die Wasserführung war jedoch günstig. Eine Hochwasserwelle im Juli füllte sogar — erstmalig im 35jährigen Betriebe der Edeltalsperre — das schon kräftig angezapfte Becken nochmals bis zur Krone und gestattete im Herbst für die nun schon lebhafter gewordene Schiffahrt auf dem Kanal und auf der Weser einen besonders reichlichen Zuschuß, der der Kanalschiffahrt große Erleichterung und der Weserschiffahrt einen beachtlichen Gewinn an Abladetiefe und Betriebsdauer brachte.

Im Februar 1949 wurde die Kanalüberführung bei Minden wieder dem Betrieb übergeben. Die Zuschußwasserabgabe wird seitdem wieder lediglich nach den Bedürfnissen der Weserschiffahrt geregelt.

V. Ausblick auf die künftige Entwicklung der Talsperrenwirtschaft.

Die Erkenntnis der Grenzen der bisherigen Talsperrenwirtschaft legt die Frage nach einer Vermehrung des Stauraumes nahe. Wenn man dieses Problem nur unter dem Gesichtswinkel der Schiffahrt betrachtet, so wird die Antwort lauten:

1. Eine Vermehrung des Stauraumes durch Erweiterung der vorhandenen oder Anlage neuer Talsperren würde der Schiffahrt auf dem freien Strom zweifellos in gewissen Grenzen Vorteile bringen, wenn sie überwiegend in ihrem Interesse erfolgt. Es ist jedoch kaum anzunehmen, daß der erhebliche Aufwand für eine solche Stauraumvermehrung von der Schiffahrt allein getragen werden kann. Die Forderung der übrigen Nutznießer einer solchen Stauraumvermehrung sind aber den Schiffahrtsinteressen vielfach entgegengesetzt, wie z. B. eine Vermehrung des Hochwasserschutzraumes für die Landeskultur, eine Steigerung der Energieerzeugung oder die Fernleitung von Trink- und Brauchwasser. Für die derzeitige Schiffahrt im Wesergebiet ergeben sich daher in dieser Richtung nur sehr begrenzte Aussichten.

2. Für die Speisung des Mittellandkanals wird eine Heranziehung vermehrten Talsperrenraumes, sei es im Weserquellgebiet oder im Harzgebiet, wie sie früher in Erwägung gezogen wurde, künftig nicht mehr in Betracht kommen, sobald die Mittelweserkanalisation von Bremen bis Minden, deren begonnene Durchführung durch den Krieg leider unterbrochen wurde, vollendet ist, da sie den Speisewasserbedarf des Kanals jederzeit sicherstellen wird, ohne daß es überhaupt noch eines Talsperrenzuschusses bedarf. Der Termin der Fertigstellung der Mittelweserkanalisation ist somit für die Frage des Bedarfes an vermehrtem Talsperrenzuschuß für die Kanal-

speisung, der auf andere Weise nicht gedeckt werden kann, von ausschlaggebender Bedeutung. Ein Zwang zur Bereitstellung zusätzlichen Talsperrenraumes zur Kanalspeisung wird aber voraussichtlich nur dann gegeben sein, wenn der Maximalbedarf an Speisewasser tatsächlich die seinerzeit errechnete Größe von $15 \text{ m}^3/\text{sec}$ erreicht und bereits vor Vollendung der Mittelweserkanalisation eintritt, und wenn die Zuschußwasserlieferung aus dem vorhandenen Talsperrenraum zur vollen Deckung nicht mehr ausreicht, ohne die Interessen der Weserschifffahrt und sonstige Belange am Strom ernstlich zu gefährden.

3. Für das Endziel des Ausbaues der Wasserstraßen im Wesergebiet, insbesondere für einen künftigen Großschiffahrtsweg Weser-Main sind die notwendigen Voraussetzungen auch durch noch so weitgehende Stauraumvermehrung nicht erreichbar. Denn auch der voll ausgeglichene Weserwasserstand, der im übrigen praktisch gar nicht erreichbar wäre, würde im freien Strom noch unter der jetzigen Vollsichtigkeit bleiben und eine Abladung auf nur etwa 1,50 m sicherstellen, eine für eine Großschiffahrtsstraße kaum wirtschaftliche Ausnutzung. Die Kanalisation der gesamten Strecke wird nicht zu umgehen sein. Gegenüber der Ausgleichwirkung der Talsperren, die den Vorzug der großen Reichweite hat, wird die konzentrierte Stauwirkung durch Kanalisation der Schifffahrt den größeren und wirtschaftlicheren Erfolg bringen. Die Kanalisation der gesamten Weser, sowie der Fulda oder der Werra wird für die geplante Weser-Main-Verbindung Voraussetzung bleiben müssen. Ein Bedarf an Talsperrenzuschußwasser für die Schifffahrt würde dann nicht mehr bestehen. Für die künftige Talsperrenwirtschaft könnten in diesem Falle die Belange der Landeskultur, Energieversorgung, Wasserversorgung und Reinhaltung in erster Linie maßgebend sein.

	Einzugs- gebiet km ²	Speicherhöhen in mm					Zu- sam- men
		Eder	Diemel	Ecker	Oder	Söse	
Nutzbarer Speicherraum Mio m ³	—	180	17	2	30	10	—
Einzugsgebiet an der Sperrstelle km ²	—	1440	104	19	74	46	—
Nutzbare Speicherhöhe an der Sperrstelle in mm	—	125	164	105	405	218	—
Fulda bei Kassel	6666	27	—	—	—	—	27
" " Hann.-Münden	6955	26	—	—	—	—	26
Weser bei Hann.-Münden	12460	14	—	—	—	—	14
" " Karlshafen ob. Diemel	13080	14	—	—	—	—	14
" " " unt. "	14825	12	1	—	—	—	13
" " Minden	19304	9	1	—	—	—	10
" " Allermündung ob.	22311	8	1	—	—	—	9
" " " unt.	37905	5	0,5	—	—	—	5
" " Hemelingen-Bremen	38400	5	0,5	0,1	0,8	0,3	6
Aller bei Celle	4494	—	—	0,4	—	—	0,4
" " Leinemündung ob.	7221	—	—	0,3	—	—	0,3
" " " unt.	13733	—	—	0,2	2	1	3
" " Mündung in die Weser	15594	—	—	0,1	2	1	3
Leine bei Hannover	5330	—	—	—	6	2	8
" " Mündung in die Aller	6512	—	—	—	4,5	1,5	6

Tafel 1. Zusammenstellung der nutzbaren Speicherhöhen der 5 Talsperren.
(Speicherwerte)

A. Gewinn an Betriebszeit

bei einer Auslastung von = cm a. P. Hann.-Müden	100 190	89 175	76 160	67 145	57 130	46 115	35 100	% cm
Gewinn durch Zuschuß in 35 Jahren	6	5	15	28	24	56	33	Monat
" im Jahresdurchschnitt	0,17	0,14	0,48	0,80	0,69	1,60	0,94	"
Verlust durch Speicherung in 35 Jahren	12	7	5	5	-	3	2	"
" im Jahresdurchschnitt	0,34	0,20	0,14	0,14	-	0,09	0,06	"
Gewinnüberschuß im Jahresdurchschnitt			0,34 10	0,66 20	0,69 21	1,51 46	0,88 27	Monat Tage
Verlustüberschuß im Jahresdurchschnitt	0,17 5	0,06 2						Monat Tage
Durchschnittliche Betriebszeit unter H.sch.W. ohne Berücksichtigung der Eissperren	140	175	200	235	270	285	330	"
Gewinn an Betriebszeit in %			5	8,5	6	16	8	%
Verlust an " in %	3,5	1						%
Durchschnittlicher Gewinn an Betriebszeit								10 % 5 % 0 % - 5 %

B. Gewinn an Abladetiefe
bei Wasserständen von 100 - 190 cm a.P. Hann.-Müden

	cm	cm	cm x Monat
Gewinn in 35 Jahren			2330
" im Durchschnitt in 235 Betriebsmonaten		10	
" " " " 175 Zuschußmonaten	13		
Verlust in 35 Jahren			480
" im Durchschnitt in 235 Betriebsmonaten		2	
" " " " in 60 Speichermonaten	8		
Gewinnüberschuß in 35 Jahren			1850
" im Durchschnitt in 235 Betriebsmonaten		8	
Mittlere nutzbare Abladetiefe abzüglich Leertiefgang		90 cm	
Durchschnittlicher Gewinn an Abladetiefe in %		~ 9 %	
Gesamtgewinn an Betriebszeit (5,8%) und Abladetiefe (6,7%)	1,06 x 1,09 = 1,16		
Gesamtgewinn: ~ 16%			

Tafel 2. Betriebsergebnisse der Edertalsperre 1914-1948.
Gewinn für die Schifffahrt.

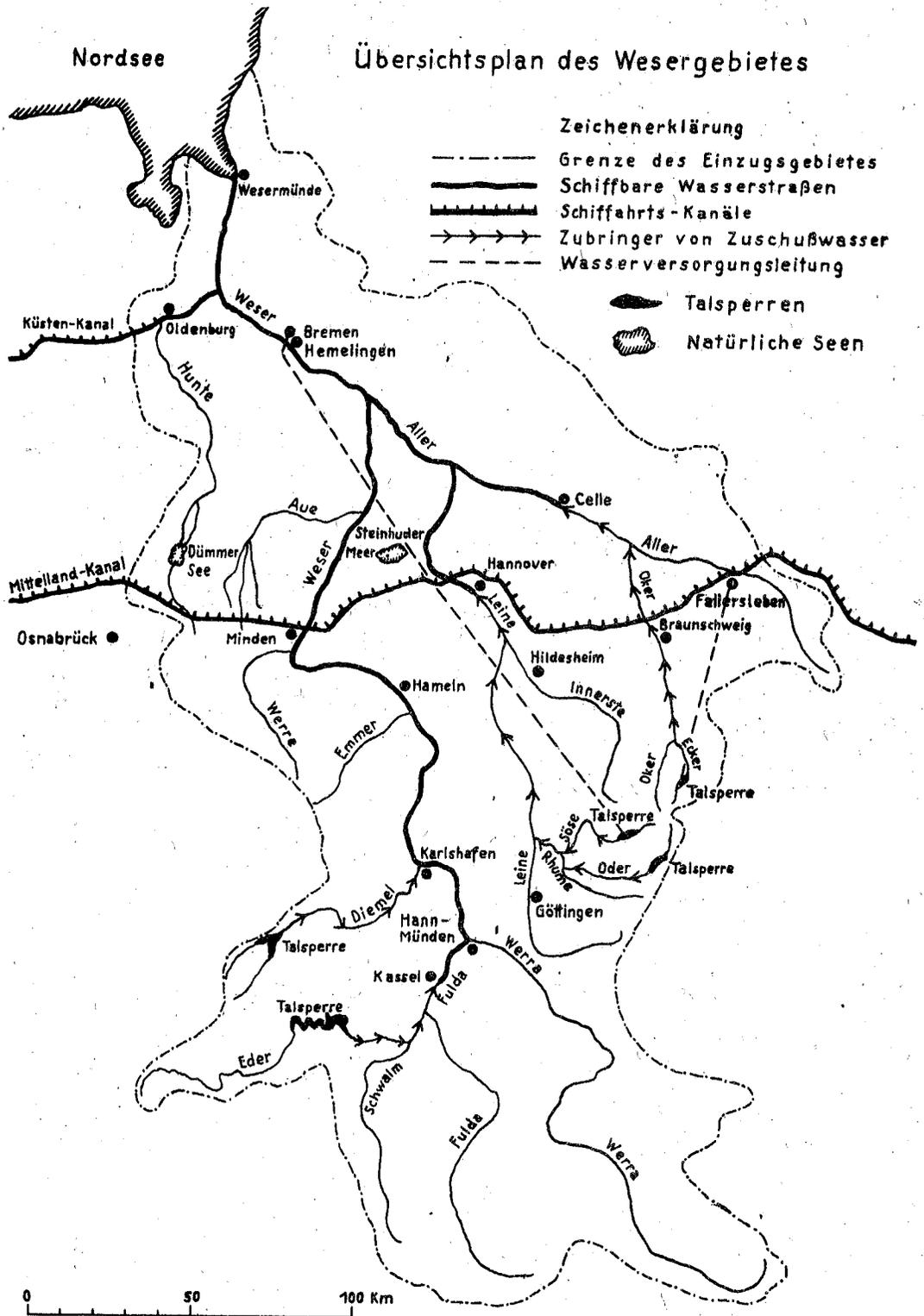


Abb. 1. Übersichtsplan des Wesergebietes.

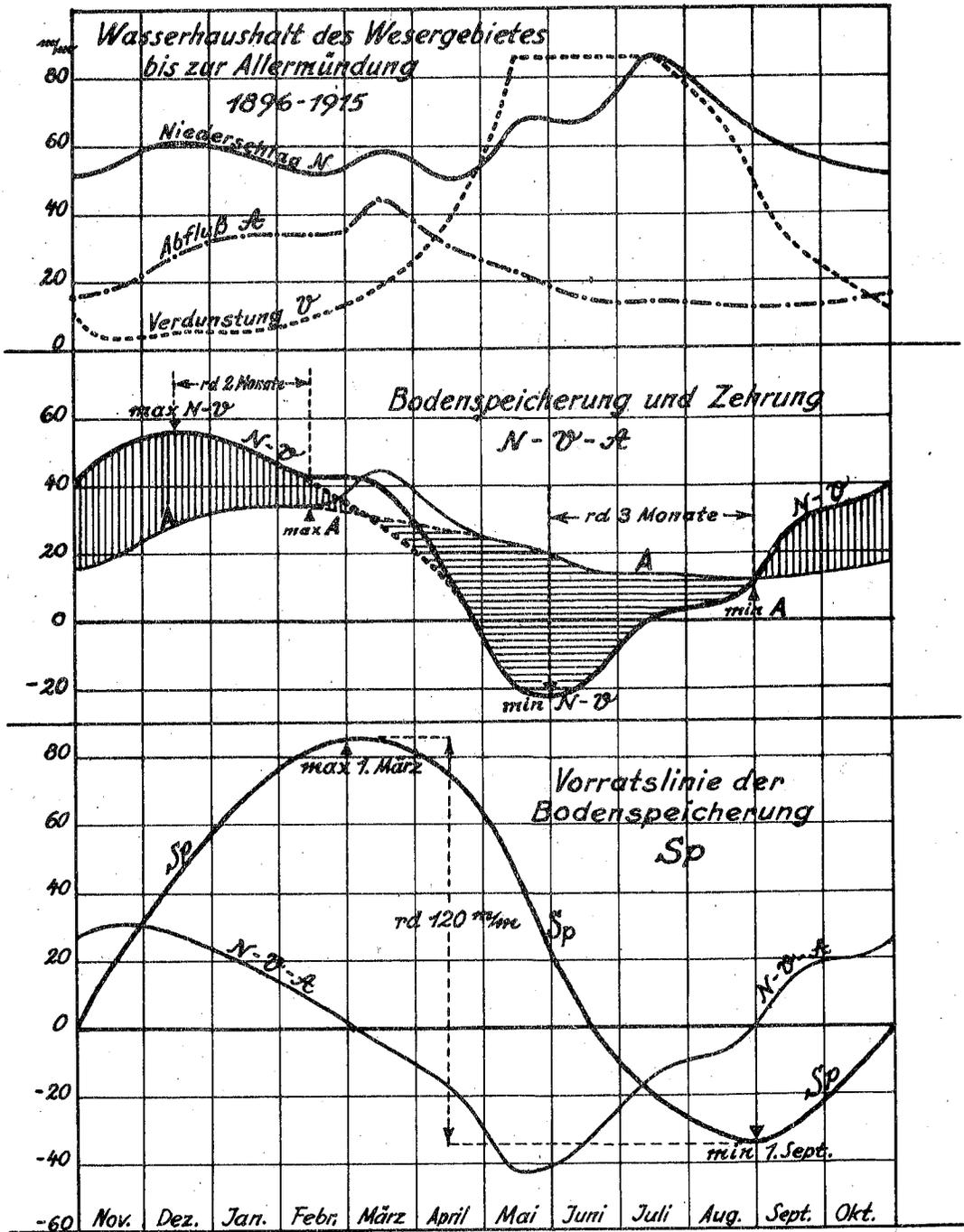


Abb. 2. Wasserhaushalt des Wesergebietes.

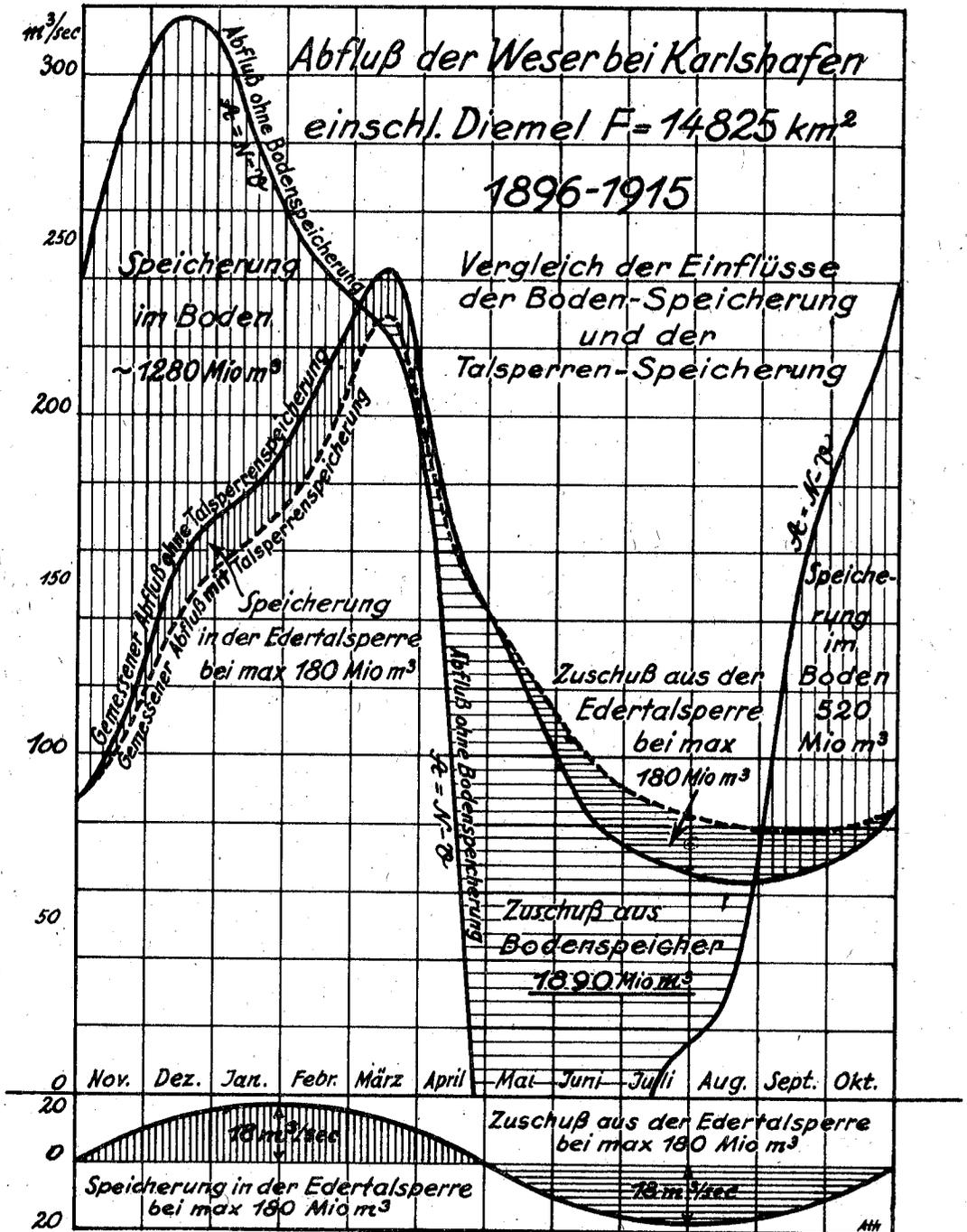
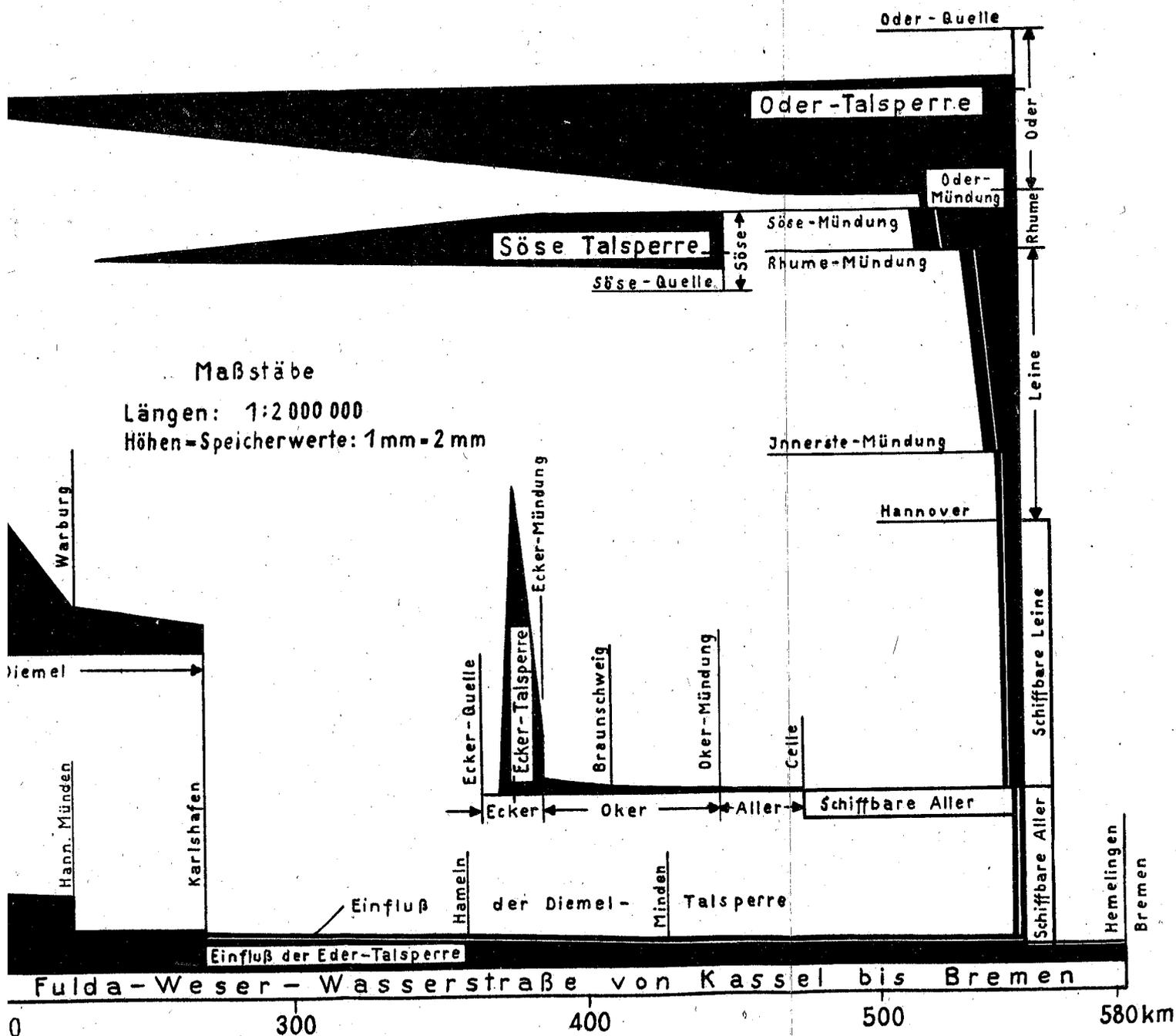


Abb. 3. Einfluß der Boden- und Talsperrenspeicherung auf den Abfluß der Weser.

Speicherwerte der Talsperren (mm) Schiffahrtsstraßen des Wesergebietes und ihre Zubringer



Speicherwerte der Talsperren für die Schiffahrtsstraßen des
Wesergebietes und ihre Zubringer.

Speicherwerte der Talsperren für die Schifffahrtsstraßen des Wesergebietes

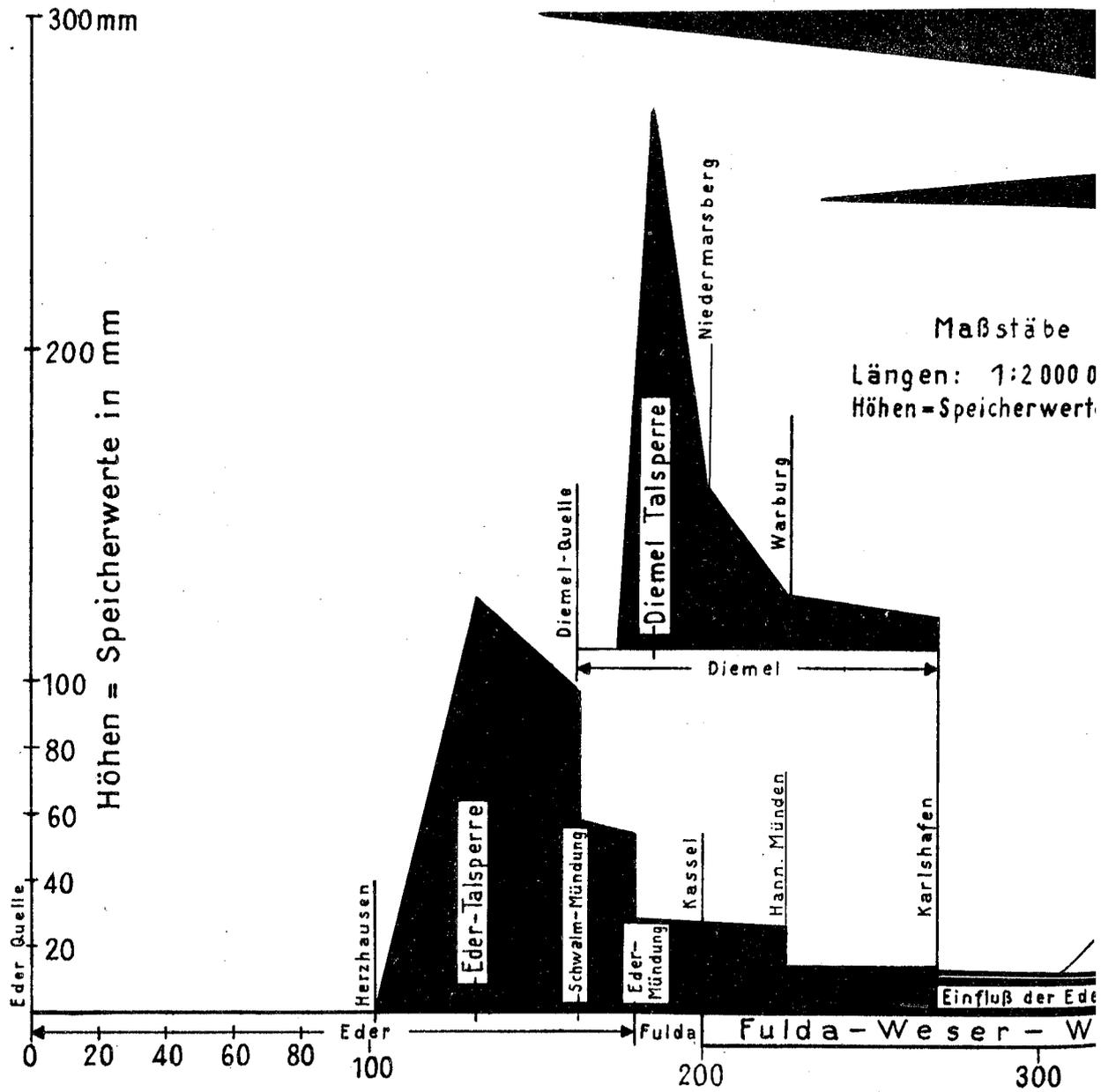


Abb. 4. Speicherwerte der Talsperren für ()
Wesergebietes und ihre Z

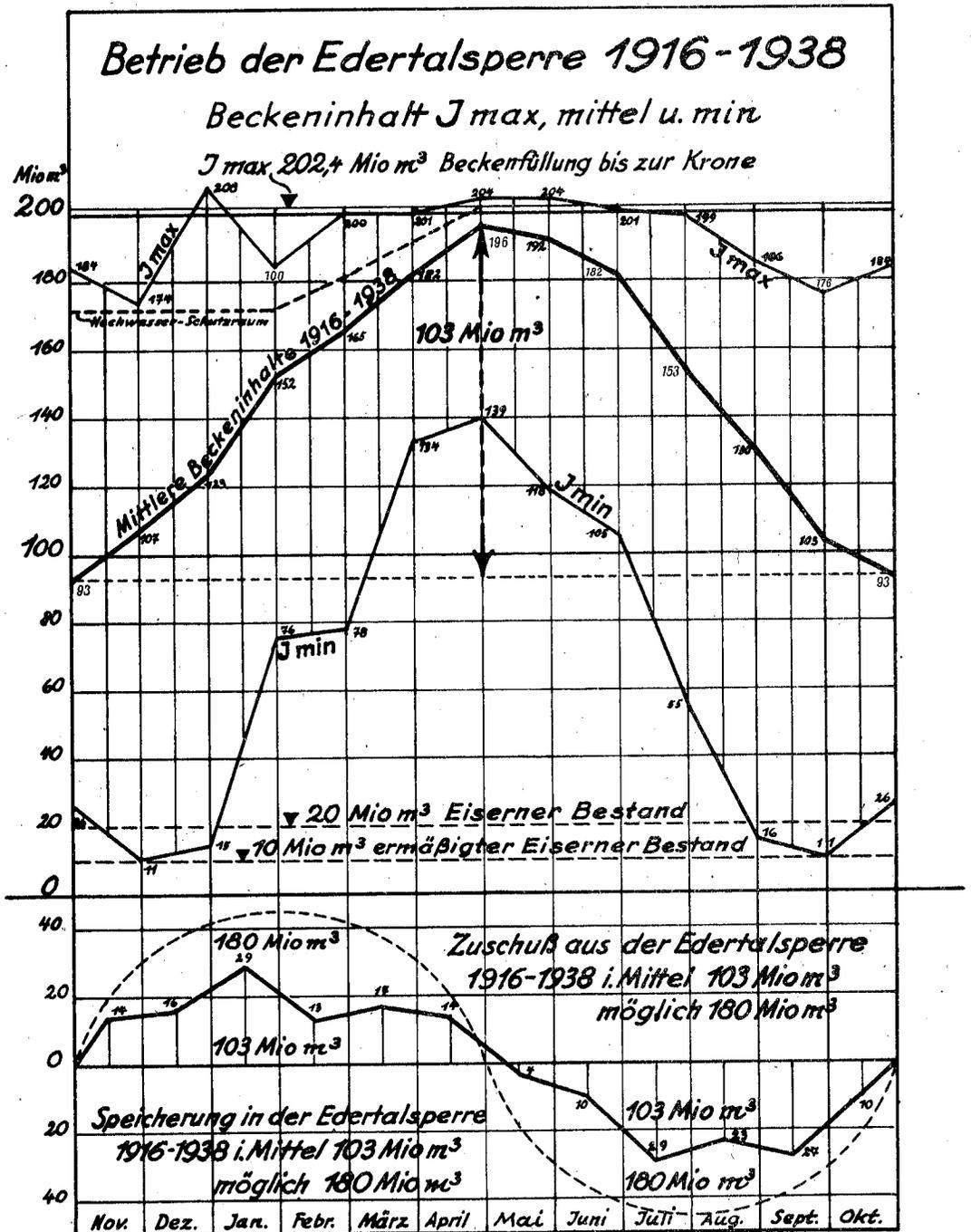


Abb. 5. Betrieb der Edertalsperre 1916-1938. Speicherung und Zuschuß.

8-3

Nr. 8
Abb. 6

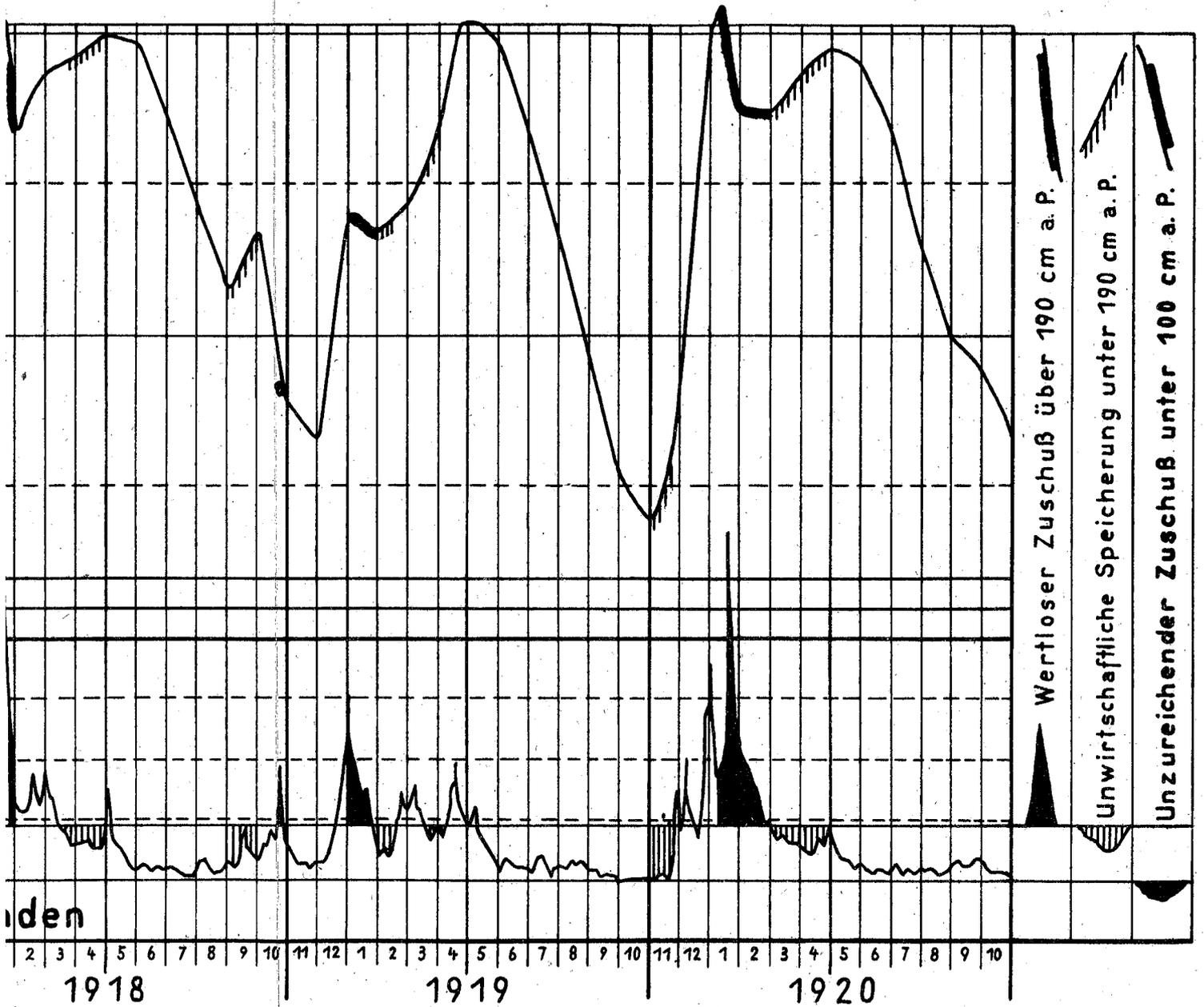


Bild 6

en.

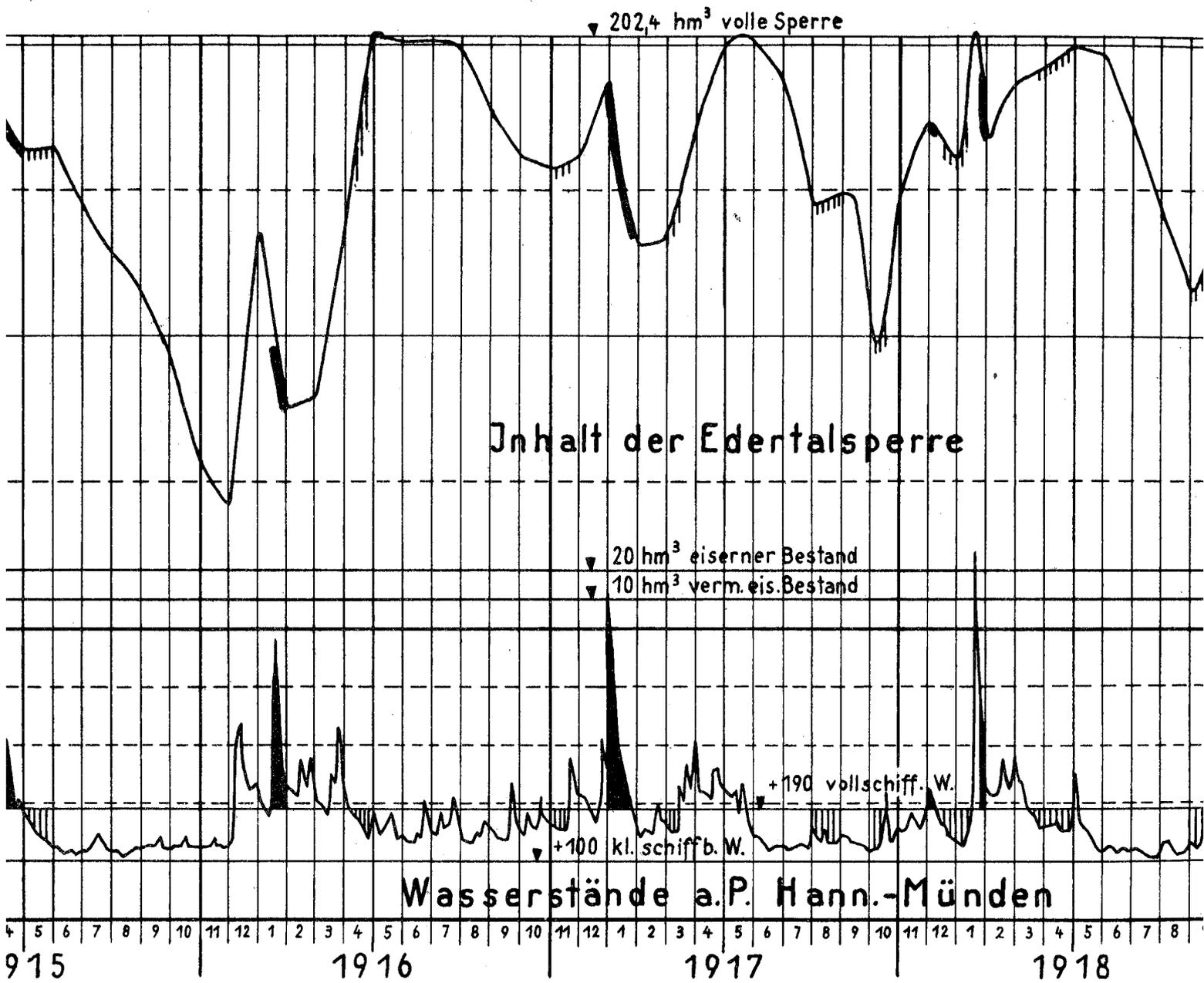
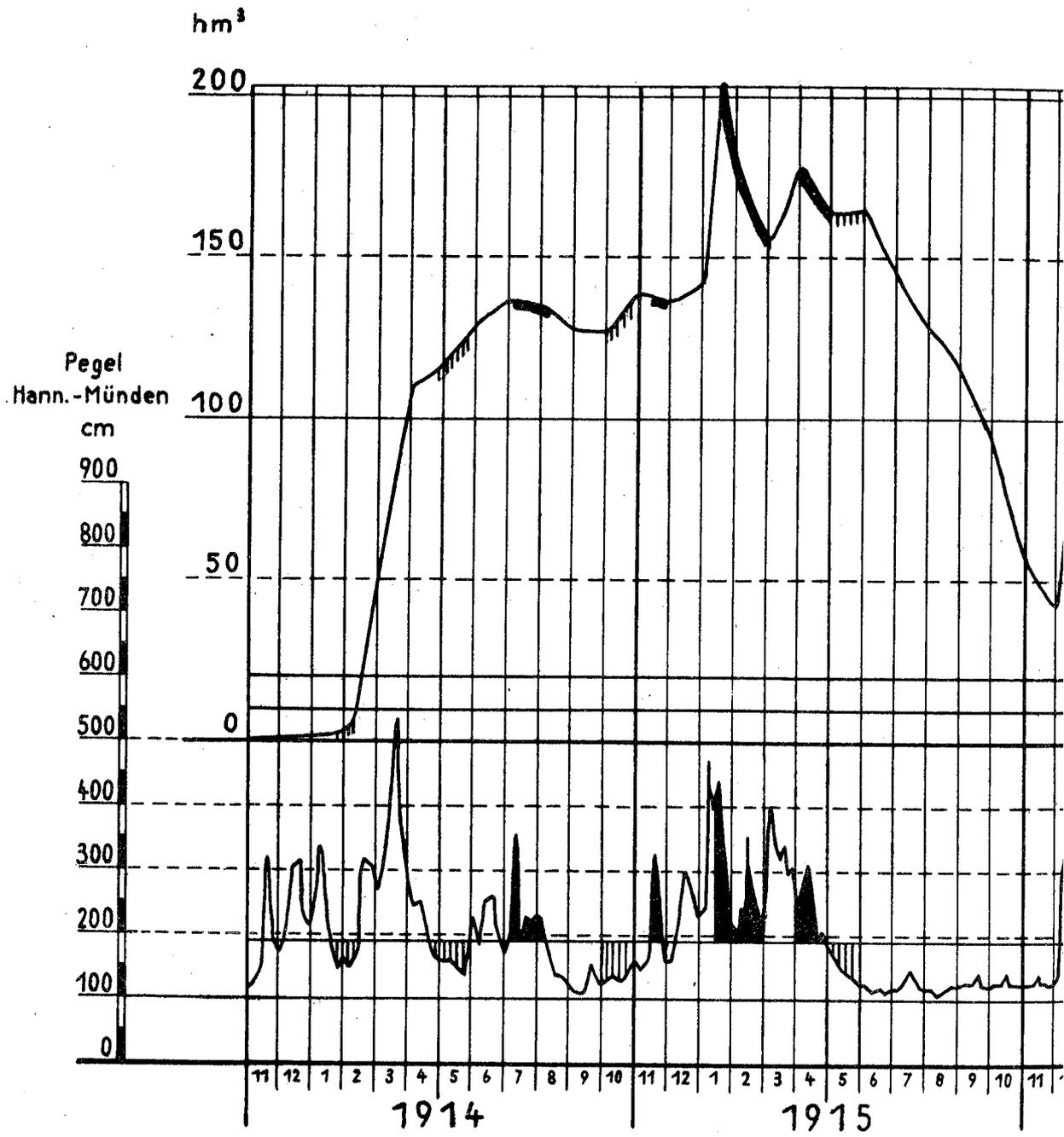


Abb. 6 u. 7. Betrieb der Edertalsperre 1914—1948.
Talsperreninhalt und Wasserstände bei Hann.-Münden.



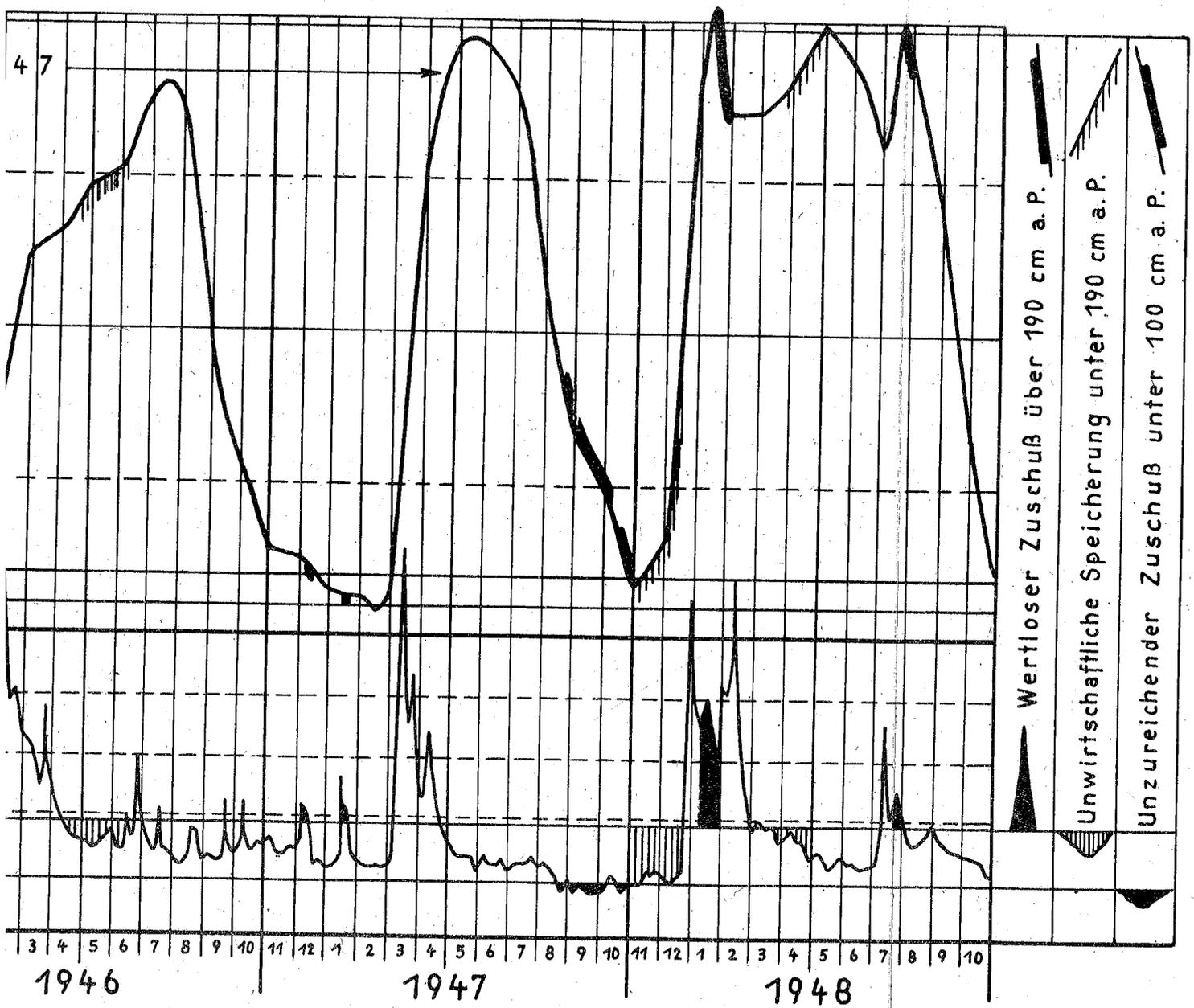
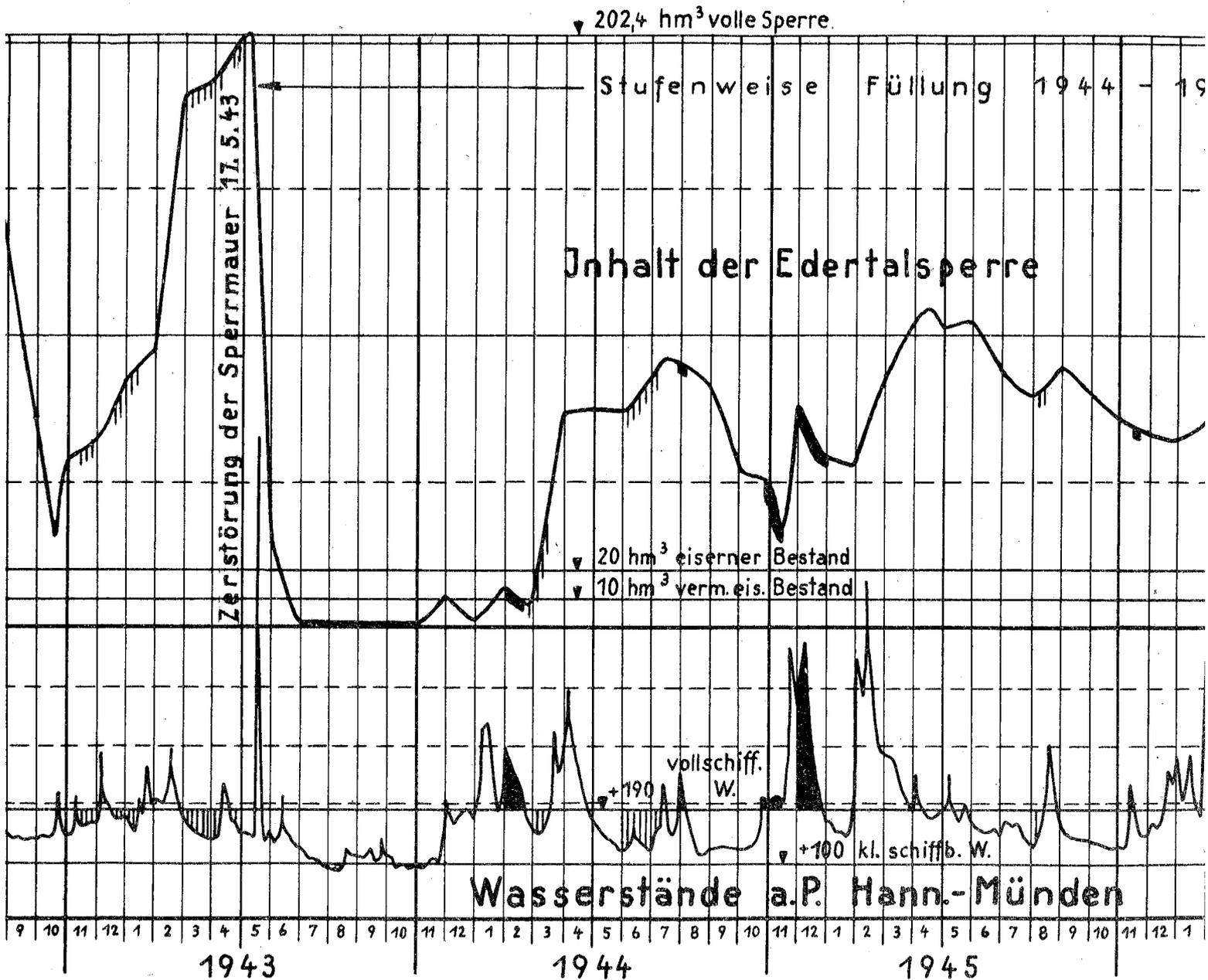
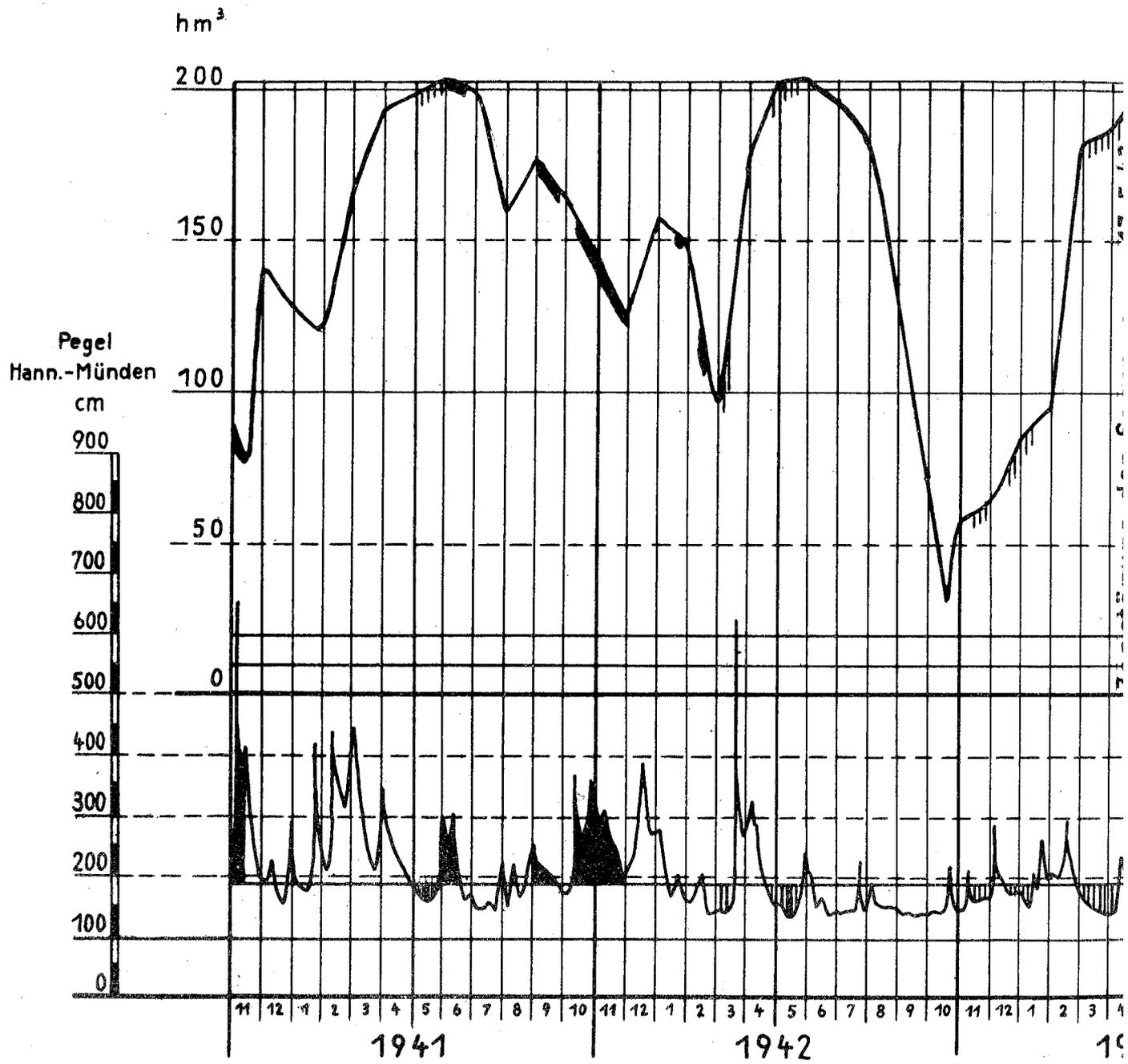
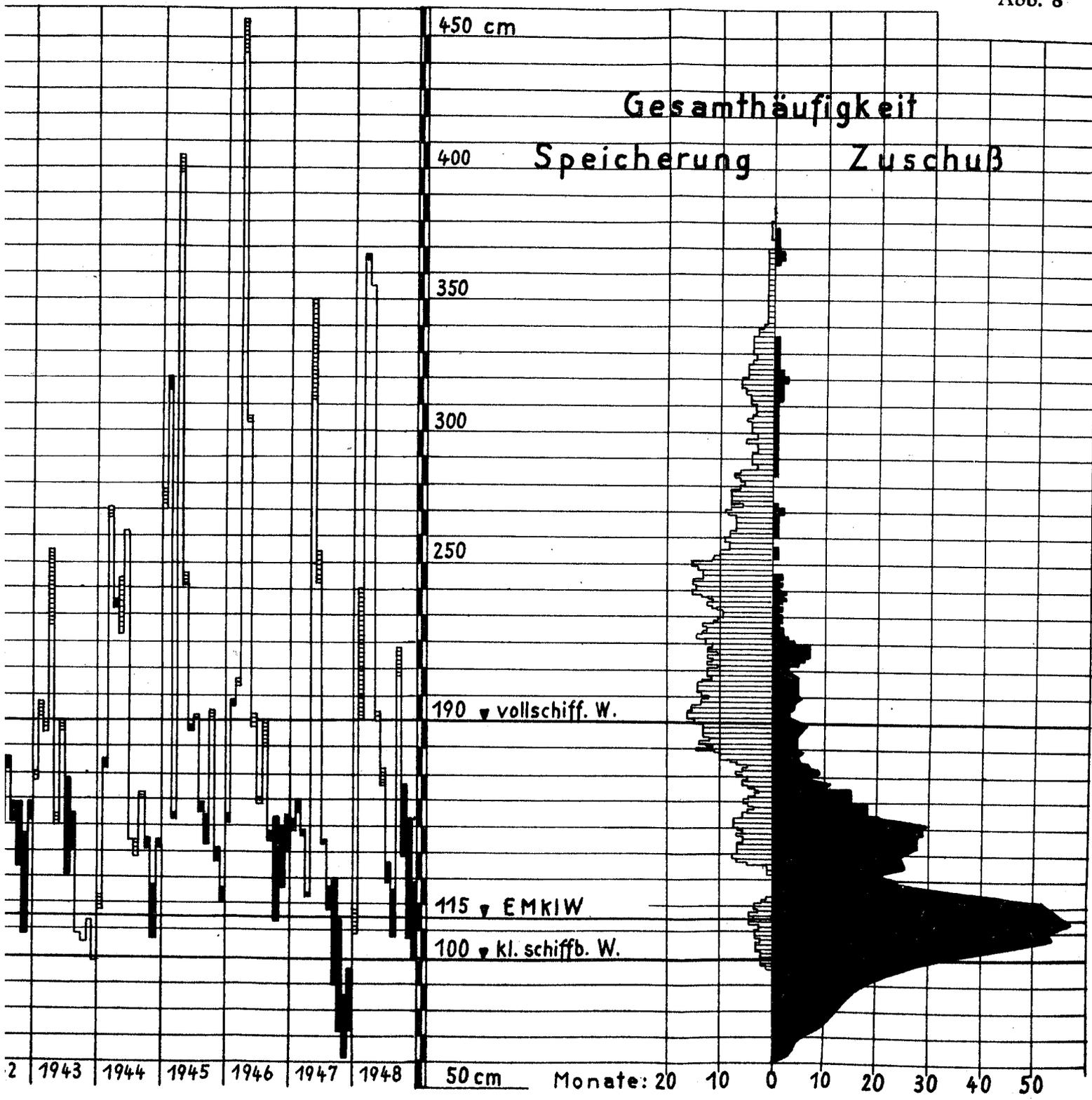


Bild 7







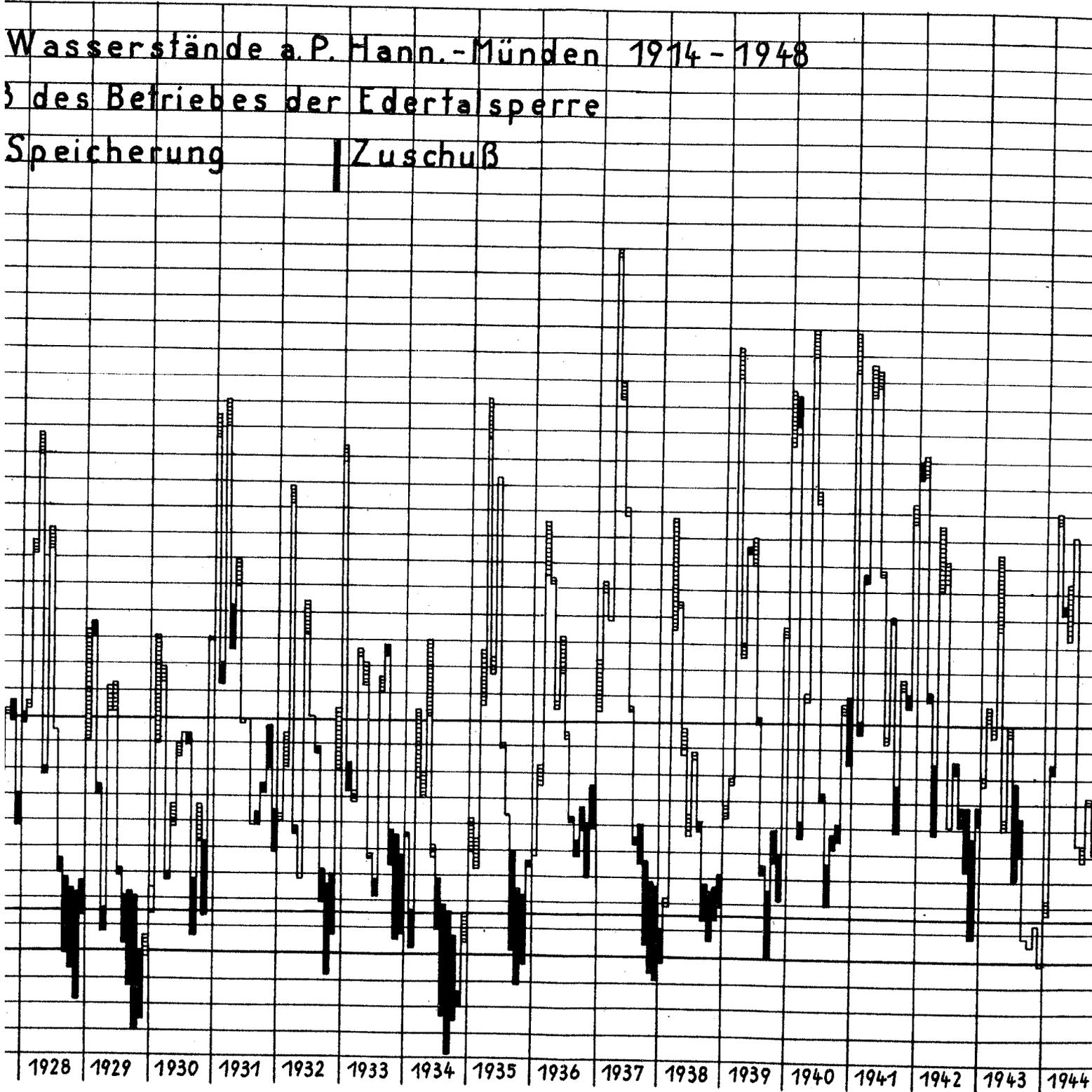
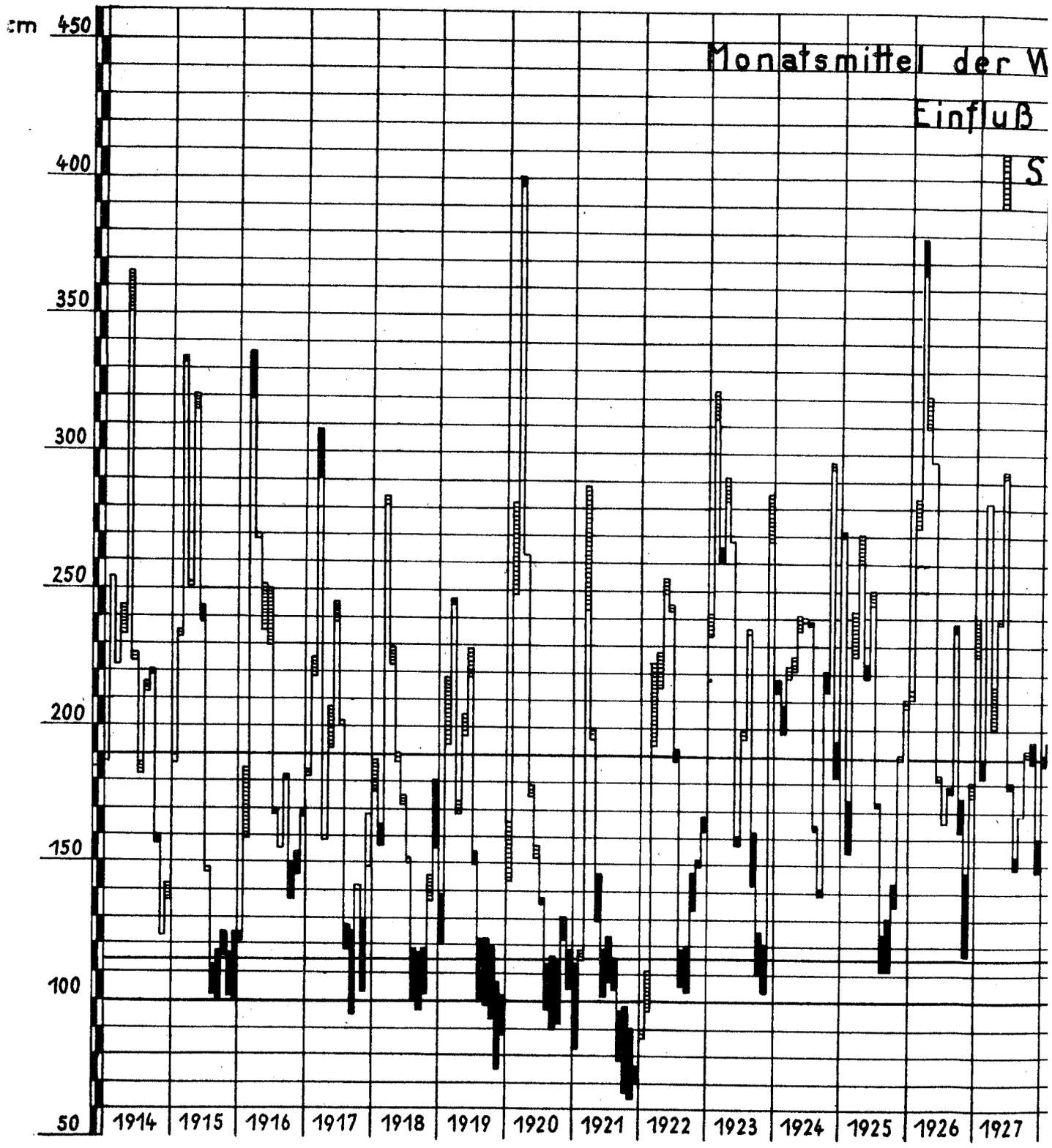


Abb. 8. Einfluß von Speicherung und Zuschuß der Edertalsperre auf die Wasserstände der Weser bei Hann.-Münden. Gesamthäufigkeit von Speicherung und Zuschuß.



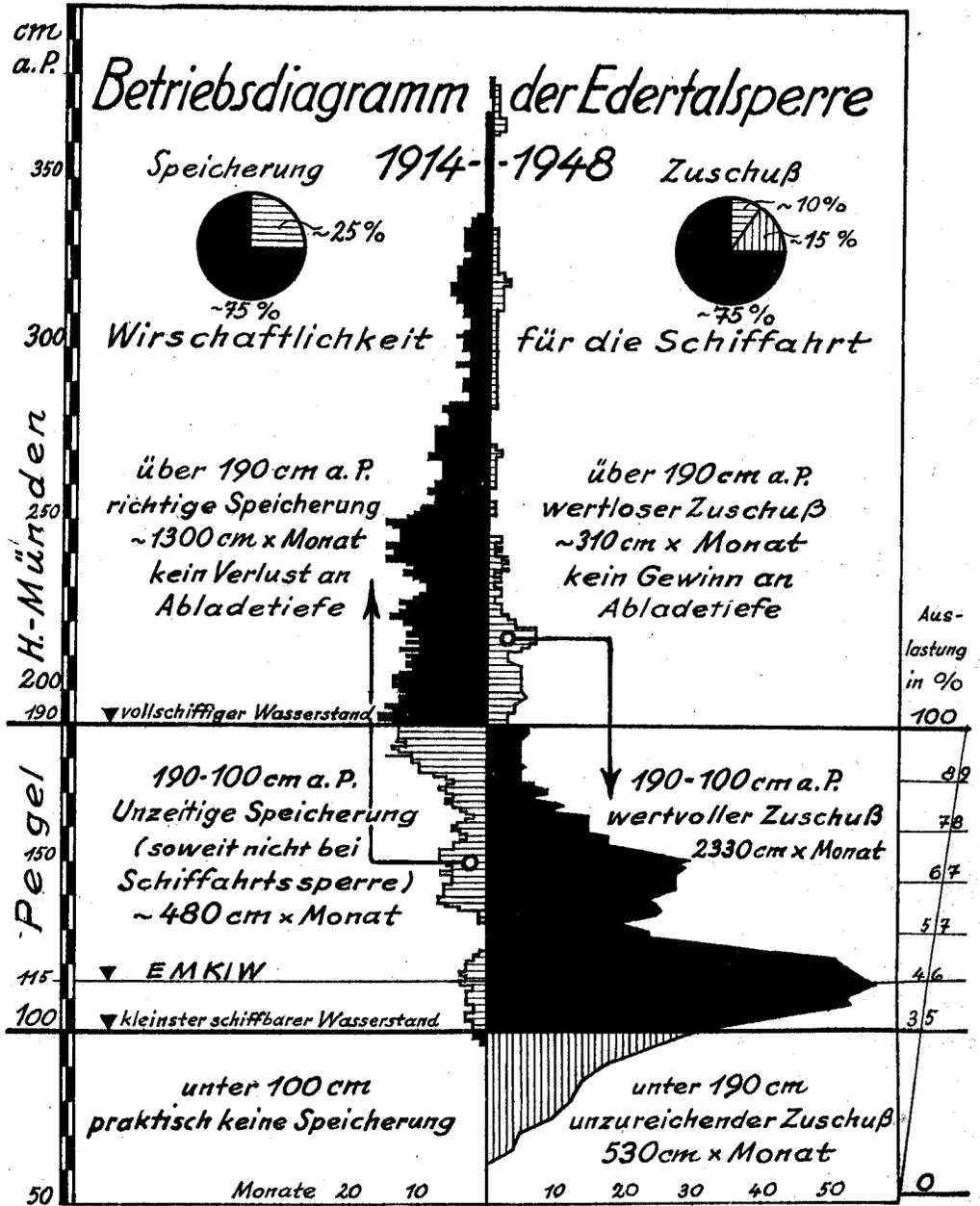


Abb. 9. Betriebsdiagramm der Edertalsperre.

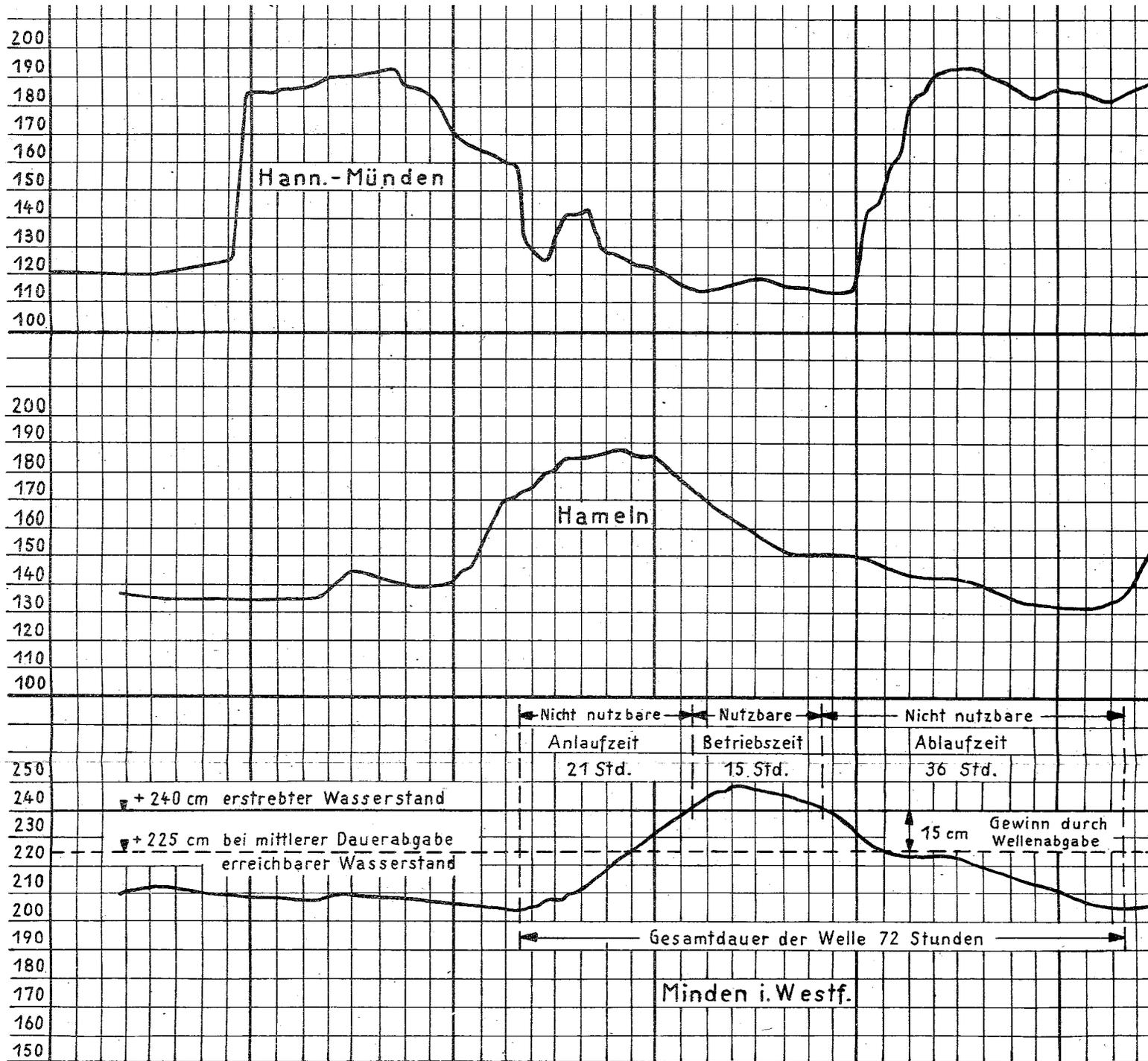


Abb. 10. Zuschußwasserabgabe in Wellenform.

