

Geographie. Einige von ihnen haben beachtliche literarische Leistungen aufzuweisen, so der Arzt Prof. Dr. *Emilio Robledo* in Medellin, der Jurist Prof. Dr. *Guerrero* in Pasto, General *Londoño* in Bogotá u. a. Die führenden Geologen des Landes sind Deutsche, Österreicher oder Schweizer: Dr. *Hubach*, Dr. *Bürkel*, Dr. *Diezemann*, Prof. Dr. *Schaufelberger*. Mit Dr. *Hubach* unternahm ich eine gemeinsame Exkursion in der Zentralkordillere. In der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Pasto lehren seit 2 Jahren die deutschen Professoren Dr. *Schade* und *K. E. Knoth*, mit denen ich ebenfalls manche gemeinsame Exkursion im Süden des Landes unternahm. Ich habe Verbindungen zu den Völkerkundlern des Landes (*Duque Gómez*, *Reichel-Dolmatoff*, *Vélez*, *Silva Celis*), den Botanikern (*Pérez Arbeláez*, *Dugand*, *Naundorf*, *Kotschwar*), den Zoologen (*Richter*, *Staffe*), den Geophysikern (*Ramírez*), Meteorologen (*Trojer*), Historikern, praktischen Landwirten, Wirtschaftswissenschaftlern, Verkehrsfachleuten, Industriellen und Kaufleuten angeknüpft, um ein möglichst vielseitiges Bild vom geistigen und wirtschaftlichen Leben Kolumbiens zu gewinnen.

Mittelpunkt der geographisch-wissenschaftlichen Arbeit in Kolumbien sind die Akademie der Wissenschaften (Präsident Prof. *Wilches*), das Centro de Actividades Geográficas (Vors. General' *Londoño*) und die Geographische Gesellschaft (Präsident *J. M. Forrero*). Zwischen der Geogr. Gesellschaft von Kolumbien und 20 deutschen Hochschulinstituten der Geographie leitete ich einen Schriftenaustausch ein.

FLUSSBETTVERÄNDERUNGEN IN REZENTER ZEIT

Ein Beitrag zur Morphologie der Flußsohle von Flachlandflüssen am Beispiel der Elbe

H. G. Gierloff-Emden

Mit 6 Abbildungen

Recent changes in a river bed

Summary: Using the records of the Wasserstraßenamt Hamburg for the period 1940 to 1949, precise isobathic maps of a section of the lower Elbe were constructed on the basis of over 10,000 soundings. These maps were used to determine and investigate in detail the changes in the river bed over ten years for the ten kilometre long section of the Elbe near Geesthacht. The following conclusions were reached. The main current, which is used as the navigation channel, swings to and fro in its own bed. In consequence sandbanks and potholes are formed in regular sequence; they do not change from one side of the river to the other, but, retaining their arrangement with each other, move about 300 metres downstream each year. The mean depth is 2 metres; the potholes reach a depth of up to 9 metres. The extremes of very large and very small cross sections of the water, as well as the extreme depths, have declined during this period and there is a tendency towards equalization. The differences of width and depth from cross section to cross section have also declined considerably. With reference to the datum level of 1929 the Elbe has increased its capacity on this ten kilometre stretch by a quarter of a million cu. m. during these ten years. This is equivalent to an average annual erosion of 24,760 cu. m.

Über die Morphologie der Flußsohle großer Flüsse und der Veränderungen ihrer Formen ist in der geographischen Literatur nur sehr wenig vorhanden. Es mangelt vor allem an exakten Untersuchungen, wie sie bei der Wasserbautechnik üblich sind. Hier soll am Beispiel einer Strecke der Elbe eine genaue morphologische Bearbeitung versucht werden. Außerdem sollen die Methoden, die zu einer Arbeit über den Formenwandel der Flußsohle notwendig sind, dargelegt werden. Herrn Oberbaurat *Schulz* verdanke ich die Genehmigung, von der Wasserstraßendirektion Hamburg Meßergebnisse, Peilpläne, verschiedene Unterlagen des Archivs für Gewässerkunde sowie Teile des Inhalts der von mir im Auftrage der Direktion durchgeführten hydrologischen Arbeit aus dem Jahre 1950 für diesen Aufsatz verwenden zu dürfen. Ferner sind die von Prof. *H. Hensen* bei der Wasserstraßendirektion Hamburg durchgeführten hydrologischen Studien aus der Zeit vor 1940 für diese gewässerkundliche Arbeit von Bedeutung.

Für den Beschauer hat sich das Bild der Elbe oberhalb Hamburgs bei Geesthacht zwischen den km 580 und 590 in den letzten 20 Jahren kaum geändert. Die regelmäßig die Elbe befahrenden Schiffer wissen jedoch, daß sie im Laufe der Jahre immer wieder ihre Fahrtrouten haben ändern müssen, und daß die Schiffsfahrtszeichen (Ansteuerungsbaken) recht oft versetzt worden sind.

Dies hat seine Ursache in der unablässigen Verlegung der Fahrrinne. Die Gestalt der Flußsohle ist also einer schnellen Wandlung unterworfen. Obwohl es sich bei der Elbe nahe Geesthacht um einen sogenannten „regulierten“ Fluß handelt, sind die Kräfte der Erosion und die Sedimentation merklich am Werk.

Es gilt also, ihr Ausmaß und ihre Wirkungen quantitativ zu erfassen.

Das für die Untersuchung vorhandene Material umfaßt:

1. Peilpläne 1940, 1941, 1948, 1949

Wie für jede morphologische Arbeit der Landoberfläche eine genaue Höhenschichtenkarte erforderlich ist, ist für hydrologische Arbeiten immer ein Peilplan von größter Wichtigkeit (siehe Abb. 2). Aus ihm wird eine Höhenschichtenkarte der Flußsohle hergestellt, deren Genauigkeit sich natürlich nach der Dichte der Peilungen richtet.

Für die 10 km des Stromabschnittes der vorliegenden Arbeit hatten die einzelnen Peilungen einen Abstand von 10 m voneinander und die Lotreihen einen Abstand von 100 m. So waren für die zu beobachtenden 10 km des Flusses in einem Peilplan etwa 3000 genaue Tiefenangaben enthalten. Die Messungen wurden in den gleichen Punkten jedes Jahr wiederholt und zu einem neuen Peilplan zusammengestellt. Wegen der Kriegsjahre mußten die Messungen jedoch unterbrochen werden, so daß nur von den Jahren 1940, 1941, 1948 und 1949 Peilpläne vorhanden sind. Insgesamt stehen somit etwa 10 000 Meßangaben zur Verfügung.

2. Bakenverzeichnisse 1942 — 1947

Die praktischen Erfahrungen der Schifffahrt 1942 bis 1947 ließen auf die Lage der geeignetsten Fahrrinne schließen. Nach diesen Erkenntnissen wurden dann in den Jahren, in denen keine Peilungen durch-

Peilplan der Elbe von 1949

Ausschnitt von km 587,2 bis km 588,4

arabische Ziffern: Angaben der geloteten Tiefen in Dezimetern

römische Ziffern: Bezeichnung der Tiefenlinien in Metern

----- 1,4 m-Tiefenlinie

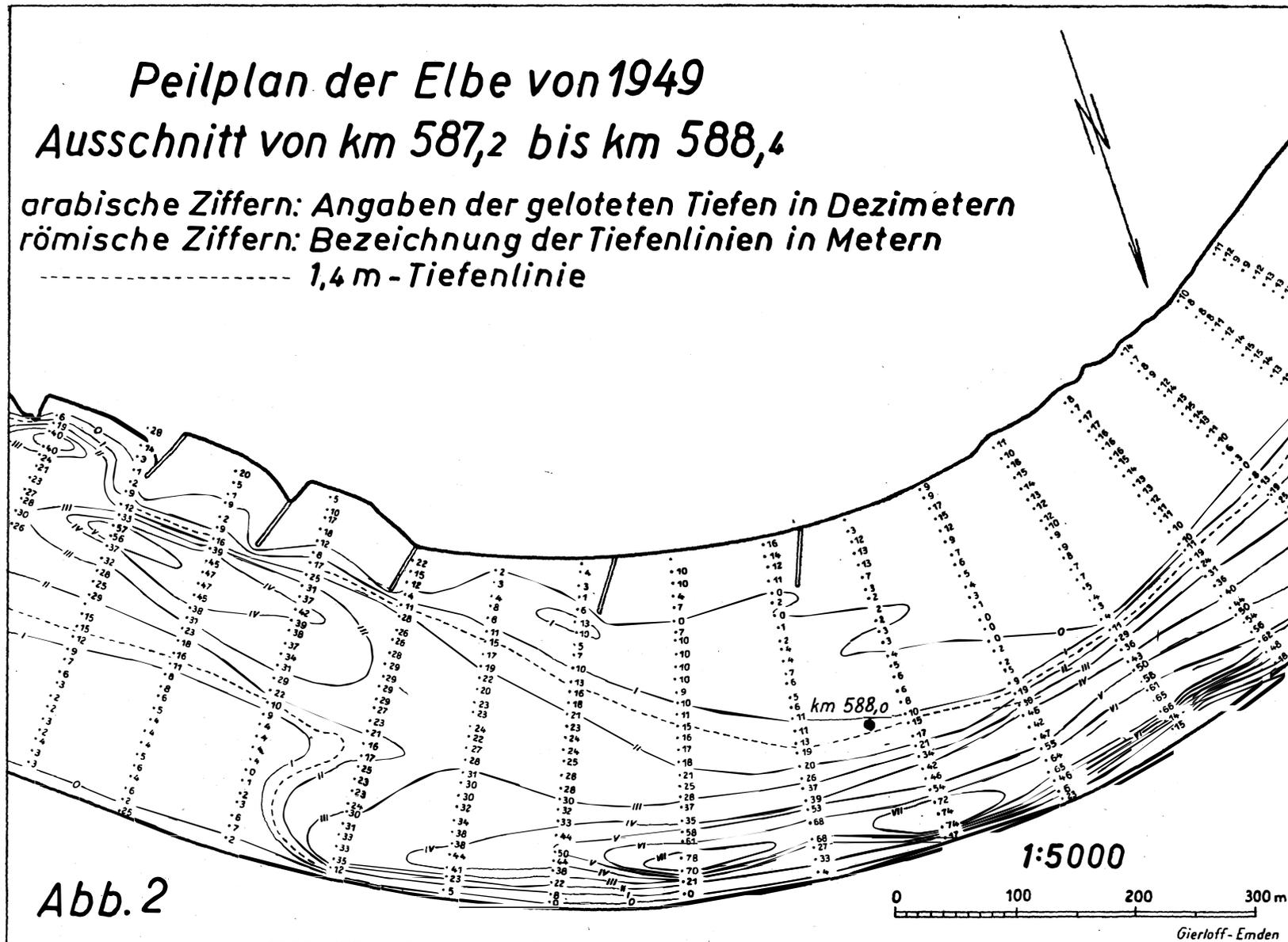


Abb. 2

1:5000

0 100 200 300 m

Gierloff-Emden

geführt werden konnten, die Schiffsfahrtszeichen gesetzt. Die Bakenverzeichnisse enthalten nun die Positionen der Ansteuerungsmarken in den einzelnen Jahren. Aus diesen Verzeichnissen kann heute auf die jeweilige Lage des Talweges als Verbindungslinie aller tiefsten Punkte im Fluß rückgeschlossen werden.

3. Der Regelwasserstand von 1929 (genannt RW 1929) ist eine für jeden Punkt des Stromabschnittes bestimmte Spiegelhöhe, die bei den Stromregulierungsarbeiten errechnet wurde und als Bezugsniveau dient. Der RW 1929 soll ein Wasserstand sein, dessen Höhe zu allen Zeiten des Jahres nicht unterschritten wird.

Beschreibung des Flußbettes

Die Abmessungen.

Die Elbe hat von km 580 bis km 590 eine mittlere Breite von etwa 220 m, das Gefälle beträgt 2,40 m auf 10 km, d. h. 0,25 Promille, und die mittlere Tiefe beträgt etwa 2 m. Die mittlere Fließgeschwindigkeit erreicht etwa 65 cm/sec.

Der Querschnitt.

Beachtenswert erscheint eine Darstellung des Querschnittes ohne Überhöhung (Abb. 1). Aus dem Verhältnis der Breite zur Tiefe wird deutlich, daß der Wasserkörper des Flusses einem Wasserfilm vergleichbar ist; denn die Breite ist über 100mal größer als die Tiefe. Das sind ganz andere hydrologische Verhältnisse als bei Flachlandsbächen, die bei einer mittleren Breite von 4—7 m eine Tiefe von durchschnittlich 30—60 cm haben. Hier übersteigt das Ausmaß der Breite das der Tiefe nur selten über das 10fache. Infolge der sehr verschiedenen Dimensionen und hydrologischen Ver-

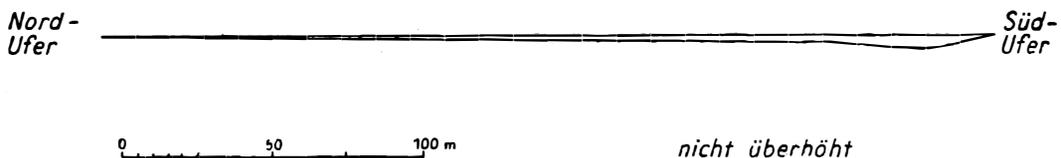
zeigen eine verhältnismäßig schmale Rinne mit Tiefen von 4—8 m und einen breiten, flachen Teil mit Tiefen von 40 cm bis 1,50 m. Der Querschnitt läuft zum Rand hin an der Uferböschung aus, das heißt, daß weite Flächen, die sich dem Beschauer als breiter Strom darbieten, kaum von Wasser bedeckt sind. Der Längsschnitt im Talweg.

Unter Talweg soll in diesem Falle die Verbindungslinie der tiefsten Punkte der aufeinander folgenden Querschnitte verstanden werden. Er pendelt im eigentlichen Strombett flußabwärts meist in weiten Schlingen von einer Flußseite zur anderen. Ungefähr dieser Weg wird von der Schifffahrt als Fahrrinne benutzt. Für den Schiffsverkehr wird nämlich unter Talweg der „für die Schifffahrt günstigste unter Ausnutzung der Tiefen in den Kolkstrecken in Betracht kommende Weg“ verstanden. Die „Talwege“ beider Definitionen fallen nicht immer ganz zusammen. Für beide Erklärungen aber gilt, daß die Tiefe sehr wechselt. Ihre Werte liegen zwischen 1,80 m und 8 m (vgl. Abb. 4). Die flachen Schwellen befinden sich immer in der Mitte des Strombettes, während die größeren Tiefen stets randlich liegen.

Die Sohlenformen.

Eine aus dem Peilplan hergestellte Tiefenkarte zeigt 1. als Vollform die Sandbänke und 2. als Hohlformen die Kolke und die Übergänge, die beide zusammen die langgestreckte Fahrrinne bilden (Abb. 2). Die Sandbänke liegen abwechselnd an der linken und rechten Seite des Flusses. Das Wasser hat über ihnen Tiefen von 20—40 cm, bezogen auf RW 1929. Die Kolke sind immer randlich zwischen den aufeinander folgenden Sandbänken

Abb. 1 Querschnitt der Elbe bei km 587,3 im Jahre 1949



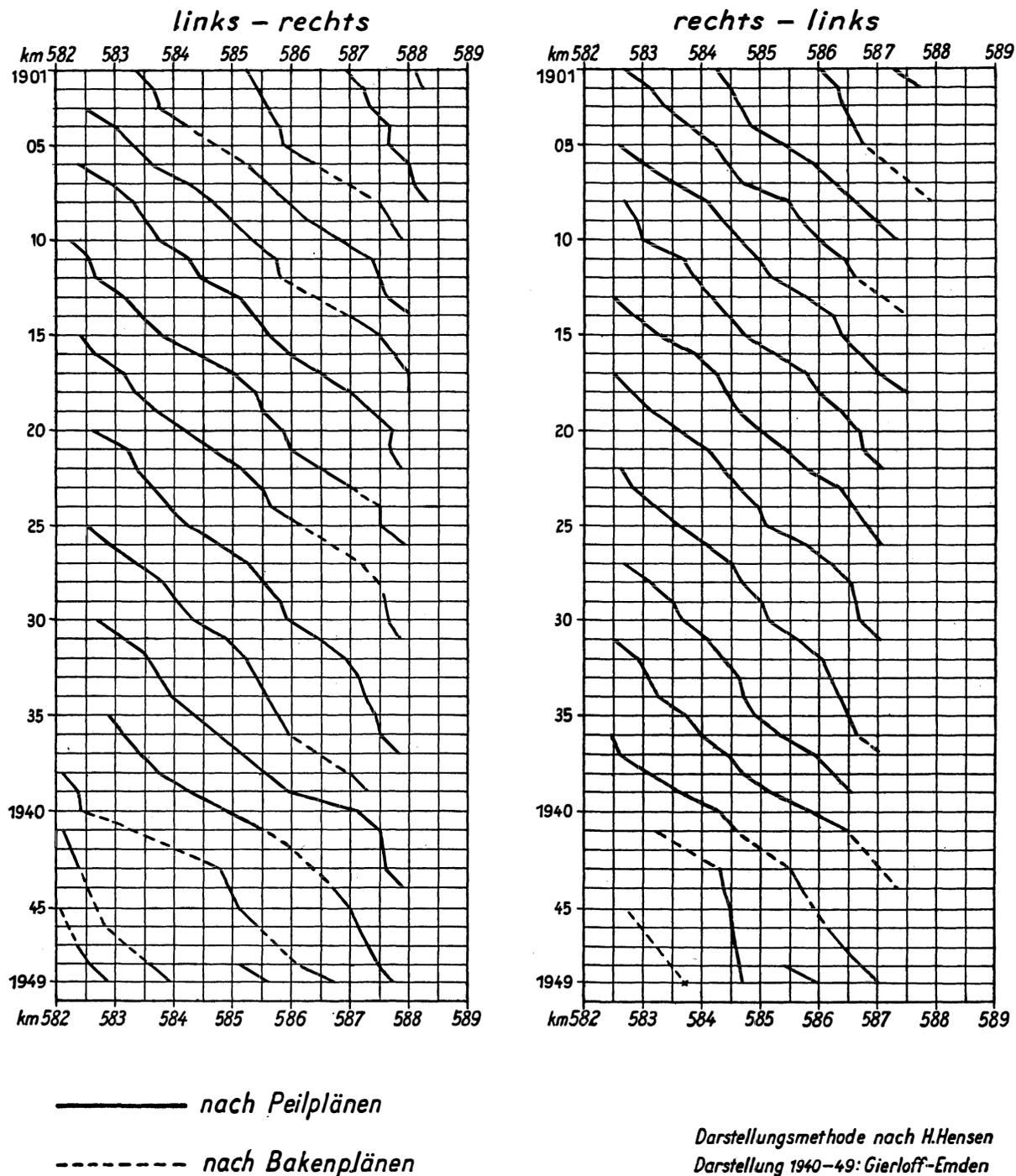
hältnisse sind auch die Formen der Sohlen von großen Flüssen sehr unterschiedlich von denen der Bäche. Bei der verhältnismäßig großen Breite herrschen nicht mehr für alle Punkte des Querschnittes die gleichen Strömungsverhältnisse. Stromgeschwindigkeit und Ablagerung, d. h. also Erosion und Akkumulation, sind vielmehr von Punkt zu Punkt sehr verschieden. Das zeigte sich bei allen Messungen, die mit Geschwindigkeitsmeßflügel und Sandfalle durchgeführt wurden, und an denen ich einige Male selbst teilgenommen habe. Dementsprechend zeigt sich in fast allen Querschnitten, daß der errechnete Wert der mittleren Tiefe wenig über die Sohlenform aussagt. Die meisten Querschnitte

einer Stromseite gelegen und erreichen meist in der Nähe von Flußkrümmungen die größten Tiefen. Von einer Kolkstrecke zur nächsten auf der anderen Flußseite befindlichen führt die Hauptströmung über die schwellenartigen Übergänge. Diese sind flach, ihre Tiefen messen immer zwischen 1,50 m und 2,30 m (nur in einem Falle 2,80 m), bezogen auf RW 1929.

Die Böschungsverhältnisse der Sohlenformen.

Maximale Gefälle treten bei den Kolken auf. Hier betragen die Böschungswinkel zur steilen Seite zum nahen Flußufer hin in der Querschnittsrichtung von 9

Abb. 3 Wanderung der Übergänge in der Elbe 1901 - 1949



bis zu 16 Grad, zur Mitte des Flusses hin von 3 bis zu 5 Grad. Die Böschungen sind stets konvex, das Gefälle wird zum tiefsten Punkte hin immer stärker. In der Längsrichtung des Flusses ergeben sich zu den tiefen

Kolken Gefällewinkel bis zu 2½ Grad. Die Sandbänke fallen quer zur Stromrichtung mit einem Böschungswinkel von 1 bis 2 Grad ab, und ihre Böschungen haben stromauf und stromab bis zu 1 Grad Gefälle.

Die Veränderungen des Strombettes von 1941—1949

Die Wanderung der Übergänge

Bei einer Untersuchung über die Sandwanderung in der Elbe stellte *H. Hensen*¹⁾ fest, daß die Sandbänke in geschlossener Form flußabwärts wandern. Ihre Lage zueinander bleibt nahezu unverändert. Die Übergänge sind dieser Versetzung stromabwärts mit unterworfen. Fast das ganze Formenbild der Sohle macht also eine geschlossene Wanderung talwärts mit. Nur einige Kolke liegen dauernd fest an derselben Stelle, was durch die hydrologisch bedingte Bildung an Flußkrümmungen begründet ist. Auf diesen Ergebnissen *Hensens* fußend, konnte ich eine Beobachtung der weiteren Entwicklung durchführen.

Mit Hilfe der Peilpläne 1940, 1941, 1948, 1949 und der Bakenverzeichnisse von 1942—1947 wurde die Lage der Übergänge bestimmt und an das von *Hensen* für die Jahre 1901—1940 hergestellte Diagramm angeschlossen (Abb. 3). Oben auf der Abszisse ist die Strecke des Flusses von km 582 bis km 589 aufgetragen. Alle Stellen, an denen sich im Jahre 1901 ein Übergang von der linken zur rechten Stromseite befand, wurden durch einen Punkt markiert. Auf der Ordinate des Diagramms wurden in Abständen von je 0,5 cm die Jahreszahlen von 1901 bis 1940 aufgetragen und in Höhe jeder Jahreszahl wurde eine Parallele zur Abszisse gezogen. Nachdem die Lage der Übergänge für 1902 eingetragen war, wurden diese Punkte mit denen des Jahres 1901 durch eine Linie verbunden. Es ist zu bemerken, daß die Übergänge sich 1902 gegenüber dem Vorjahre um durchschnittlich 300 m flußabwärts verschoben hatten. Für die Übergänge von rechts nach links wurde in Abb. 3 eine entsprechende Zeichnung angefertigt. Die fertigen Diagramme zeigen im ganzen ein geschlossenes und gleichmäßiges Bild, woraus zu erkennen ist, daß es sich beim Abwärtswandern der Übergangsstellen um einen regelmäßigen, kontinuierlichen Formenwandel der Flußsohle handelt.

In dem von mir untersuchten Zeitabschnitt von 1940 bis 1949 hat sich bei den Übergängen von der rechten zur linken Stromseite eine bemerkenswerte Änderung zwischen km 584 und 585 zugetragen. Der im Jahre 1943 bei km 584,4 gelegene Übergang begann sich von 1943 an mehr und mehr festzulegen. Es erfolgte bis 1947 nur mehr eine ganz langsame Verschiebung um etwa 80—100 m pro Jahr flußabwärts. Durch das ungestörte Abwandern des folgenden Überganges bei km 585 im Jahre 1943 vergrößerte sich der Abstand zwischen beiden immer mehr. 1948 entstand bei km 585,4 ein neuer Übergang, während der bei km 584,7 sich auch in den folgenden Jahren bis 1949 erhielt und auch an der gleichen Stelle festlag. Das bedeutet, daß auch die zugehörige Sandbank bei km 584 am linken Ufer der Elbe seit 1943 praktisch an der gleichen Stelle liegt. Diese Sandbank gab also das regelmäßig anfallende Geschiebe in einzelnen Wellen wieder ab, so daß durch das Abwandern einer solchen großen Sandwelle im Fahrwasser unterhalb eine neue Bank und ein neuer Übergang entstanden.

In Übereinstimmung mit diesen Vorgängen zeigte sich bei den Übergängen von der linken zur rechten Stromseite im Jahre 1948 bei km 585 das Auftreten eines neuen Überganges, der bis 1949 schon um 450 m flußabwärts gewandert war.

Im oberen Teil der Flußstrecke begannen die Übergänge wieder nach dem gewohnten Rhythmus ein- und weiterhin abwärts zu wandern, so daß bei km 582 alle 5 Jahre das gleiche Formenbild auftrat. Die Übergänge oberhalb und unterhalb der großen Linkskrümmung des Stromes bis km 588 lagen wie in allen Jahren vorher fest.

Nach Betrachtung des gesamten Materials bietet sich ein interessanter Vergleich an: So wie ein mäandrierender Fluß durch das Abwärtswandern seiner Schlingen die eigenen Steilwände eines von ihm geschaffenen Engtales aufzehrt und schließlich in Wiesenmäandern auf dem Boden des zu weit gewordenen Tales dahinfließt, so bewirkt der pendelnde tiefe Talweg im Flußbett das Entstehen und die Wanderung der Übergänge und Sandbänke.

Veränderungen im Längsschnitt des Talweges.

Vom Talweg als der für die Schifffahrt in Betracht kommenden Fahrrinne wurden nach den Peilplänen graphische Darstellungen hergestellt. Als Bezugshorizont der Tiefen der Peilpläne diente der Spiegel des RW 1929. Abb. 4 zeigt die Talwegaufnahmen der Jahre 1941, 1948 und 1949, zu denen der schematische Grundriß der Flußstrecke mit der Lage der Übergänge in Beziehung gesetzt ist. Danach wurde in den Jahren 1948—49 die geforderte Minimaltiefe von RW 1929 minus 1,40 m nicht in dem Maß durch zu flache Übergänge unterbrochen wie im Jahre 1941. Eine absolute Verbesserung des Talweges ist jedoch daraus nicht abzulesen, da sich inzwischen auch die Wasserstände mit abgesenkt haben und über die Bedeutung des RW 1929 für die gegenwärtigen hydrologischen Verhältnisse noch Untersuchungen im Gange sind.

Jedoch kann festgestellt werden, daß der Talweg 1949 nicht mehr so große Tiefenschwankungen aufwies wie in den früheren Jahren; denn auch die extremen Tiefen der Kolkstrecken haben sich verringert.

Für die Jahre von 1941 bis 1949 ist eine ausgleichende Tendenz des Sohlenlängsprofils zu vermerken.

Quantitative Veränderungen des Flußbettes

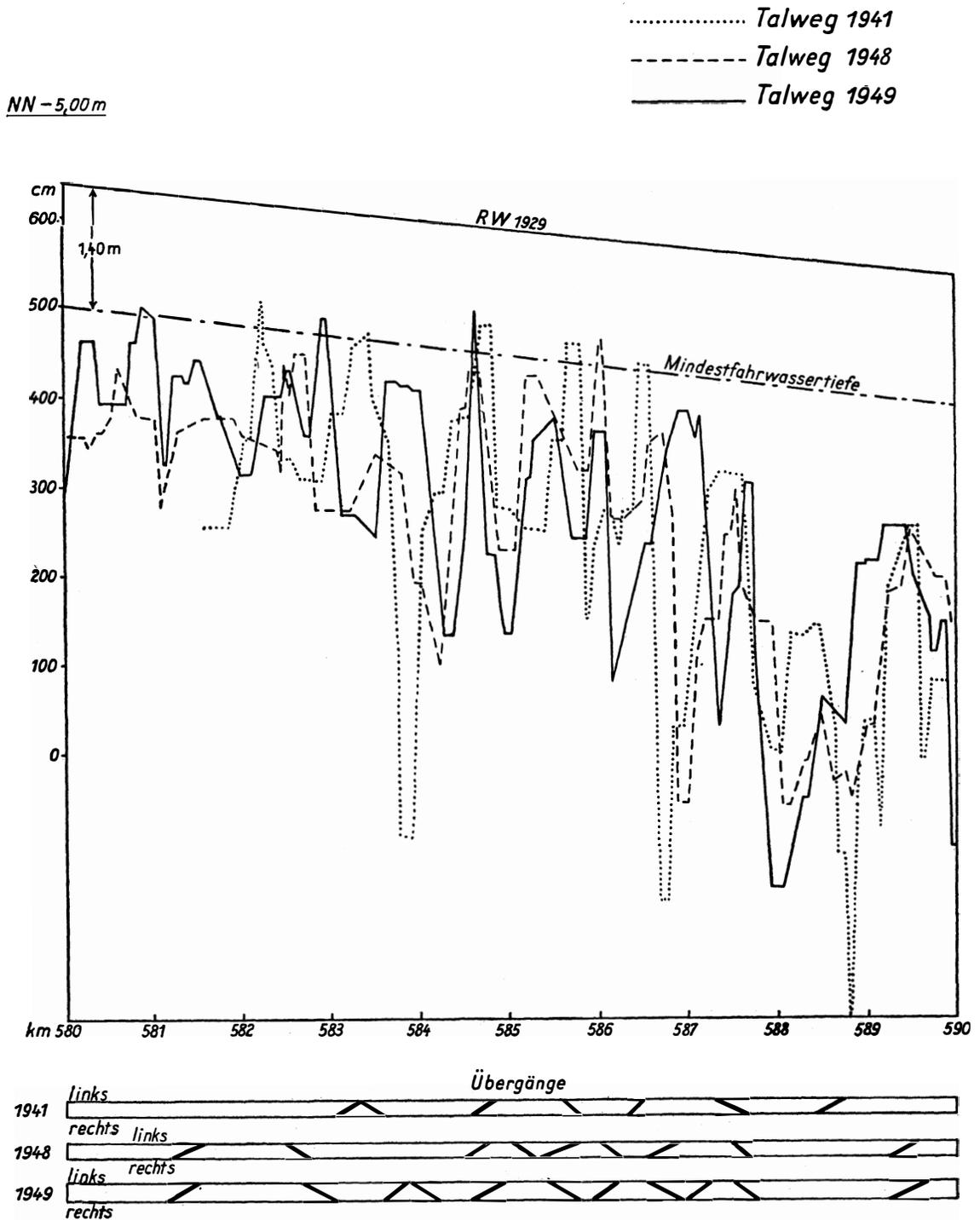
(Breite, mittlere Tiefe, Volumen des Wasserkörpers)

Zur Untersuchung der Veränderungen sind Breite, Tiefe und Fläche jedes Querschnittes zueinander in Beziehung zu setzen. Zu diesem Zweck wurde eine graphische Darstellung hergestellt. Die Breite ist unmittelbar aus den Plänen zu entnehmen und wurde für jeden Punkt der Flußstrecke in Abb. 5 als Ordinatenwert eingetragen. Gemessen wird die Breite des RW-Bettes, sie wird also durch die 0-m-Linie des RW-Standes begrenzt.

Da für jeden der 85 ausgeloteten Querschnitte etwa 20 Tiefenwerte im Peilplan eingetragen waren, konnte die mittlere Tiefe jedes Querschnittes durch Mittelbildung errechnet werden. Diese Werte t_m wurden ebenfalls in die graphische Darstellung der Breiten als Ordinatenwerte eingetragen und durch einen punktierten Linienzug miteinander verbunden.

¹⁾ *H. Hensen*, Verlauf der Sandwanderung in der Elbe von km 582—590. Die Bautechnik, Heft 10—12, 1943.

Abb.4 Talwegaufnahmen der Elbe von km 580 - 590



Das Produkt aus der wirklichen Breite mit der mittleren Tiefe eines Querschnittes ergibt den Flächeninhalt *F*. Auch dieser wurde in die Darstellung mit aufgenommen.

Es gehören in der Abb. 5 also zu jedem Punkt der Flußstrecke drei Ordinatenwerte: 1. die wirkliche Breite, 2. die mittlere Tiefe und 3. der Flächeninhalt des Querschnittes.

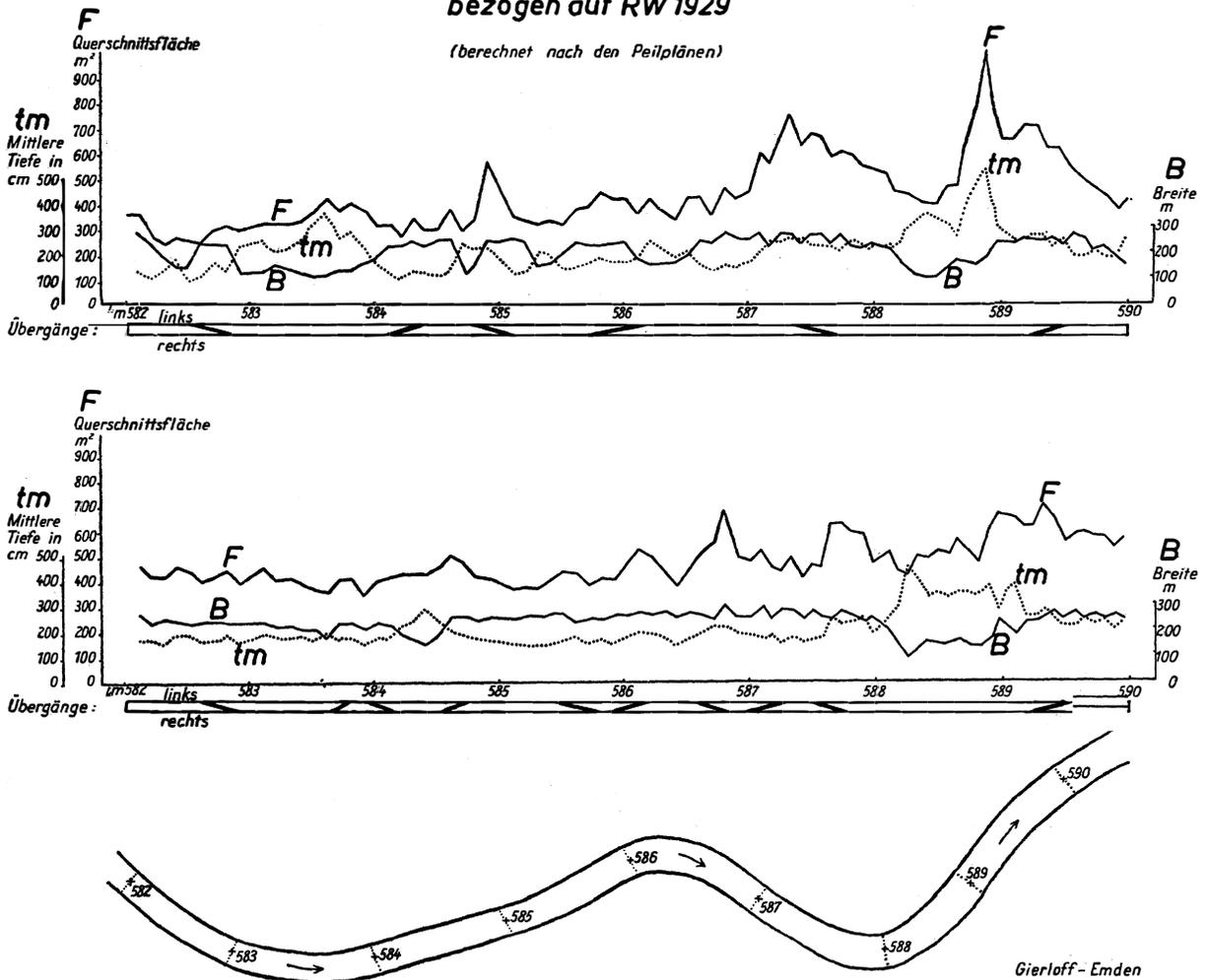
Eine schematische Darstellung der Lage der Übergänge von gleichem Längenmaßstab der Abszisse vervollständigt die Zeichnung. Das vorhandene Material erlaubte eine Konstruktion der Darstellung für die Jahre 1940, 1941, 1948 und 1949, von denen hier die Bilder der Jahre 1940 und 1949 stark verkleinert wiedergegeben sind. Die Grundrißform der Elbe von km 582 bis 590 wurde annähernd genau in dem Längenmaßstab der Abszissen wiedergegeben, so daß auch die Form des Stromes für die Beurteilung der Veränderungen der Dimensionen mit in Betracht gezogen werden konnte.

Die Flächeninhalte und Breiten von 1940 und 1941 waren einander ziemlich ähnlich wie diejenigen der Jahre 1948 und 1949.

So kann hier die Auswertung am Beispiel des Vergleichs der Diagramme von 1940 und 1949 besprochen werden. Für die untersuchte Strecke gilt, daß die Schwankung der Werte von Querschnitt zu Querschnitt im Laufe der Jahre bedeutend geringer geworden ist. Die Extremwerte ganz großer und ganz kleiner Flächen sowie sehr geringer Breiten sind viel schwächer geworden. Der Wasserkörper ist ausgeglichener geworden. Auch die Kurve der mittleren Tiefe ist bedeutend gleichmäßiger geworden, die Werte ändern sich von Querschnitt zu Querschnitt nicht so stark wie in den Jahren 1940/41.

Integriert man die Kurven der mittleren Tiefen von 1941 und 1949 graphisch, so ergibt sich als zunächst merkwürdig erscheinendes Resultat, daß die Summe der Ordinatenwerte des Jahres 1941 größer ist als die des Jahres 1949. Das heißt, daß die mittlere Tiefe des

Abb. 5 Querschnittsflächen, Breiten, mittl. Tiefen und Lage der Übergänge der Elbe bei Geesthacht km 582-589 in den Jahren 1940 und 1949 bezogen auf RW 1929



ganzen Abschnitts im Laufe der 10 Jahre geringer geworden ist, und zwar im Mittel 6 cm pro Querschnitt. Die Elbe hätte demnach ihr Bett nicht erodiert, sondern aufgeschüttet. Das ist aber nicht der Fall! Denn der größere Wert der mittleren Tiefe von 1940 ist durch das Eingehen der großen Extremwerte der tiefen Kolkstrecken in die Mittelbildung bedingt. Die Kolke sind bis 1949 flacher geworden, was auch aus der Talwegaufnahme hervorging. Dafür sind aber die Tiefen auf dem großen flachen Teil der Querschnitte größer geworden. Eine Vergrößerung der mittleren Breite, die aus den Diagrammen zu entnehmen ist, bedeutet ja auch, daß der Strom in Ufernähe gewisse Bereiche in das Regelwasserbett mit einbezogen hat, also tiefer gelegt hat. Es muß an dieser Stelle noch einmal bemerkt werden, daß der Fluß meistens ein umfangreicheres Strombett ausfüllt als bei Regelwasserstand, der für alle Messungen als Bezugshorizont diente.

Einzelne Veränderungen der Sohlenmorphologie

Bei der Wanderung der Übergänge konnte das Festliegen des Überganges rechts-links bei km 584,5 festgestellt werden. Die Auswirkung ist hier zu bemerken. Während bei diesem Querschnitt noch 1940 die mittlere Tiefe gering und die Breite groß war, entwickelte sich mit dem Festlegen des Überganges eine größere mittlere Tiefe und eine etwas geringere Bettbreite bei einer Vergrößerung des Querschnitt-Flächeninhaltes. Aus der Erfahrung ist bestätigt, daß festliegende Übergänge größere Tiefen aufweisen als schnell wandernde. Bei km 584,4 ist wegen der Lage des Überganges keine Kolkstrecke vorhanden gewesen und t_m also nicht durch Extremwerte beeinflusst.

Auf der Strecke von km 585—586 traten 1948 zwei neue wandernde Übergänge auf. Eine Vergrößerung des Querschnittes bei einer Verringerung der durchschnittlichen Tiefe und Vergrößerung der Breite war die Folge.

Es ergibt sich also:

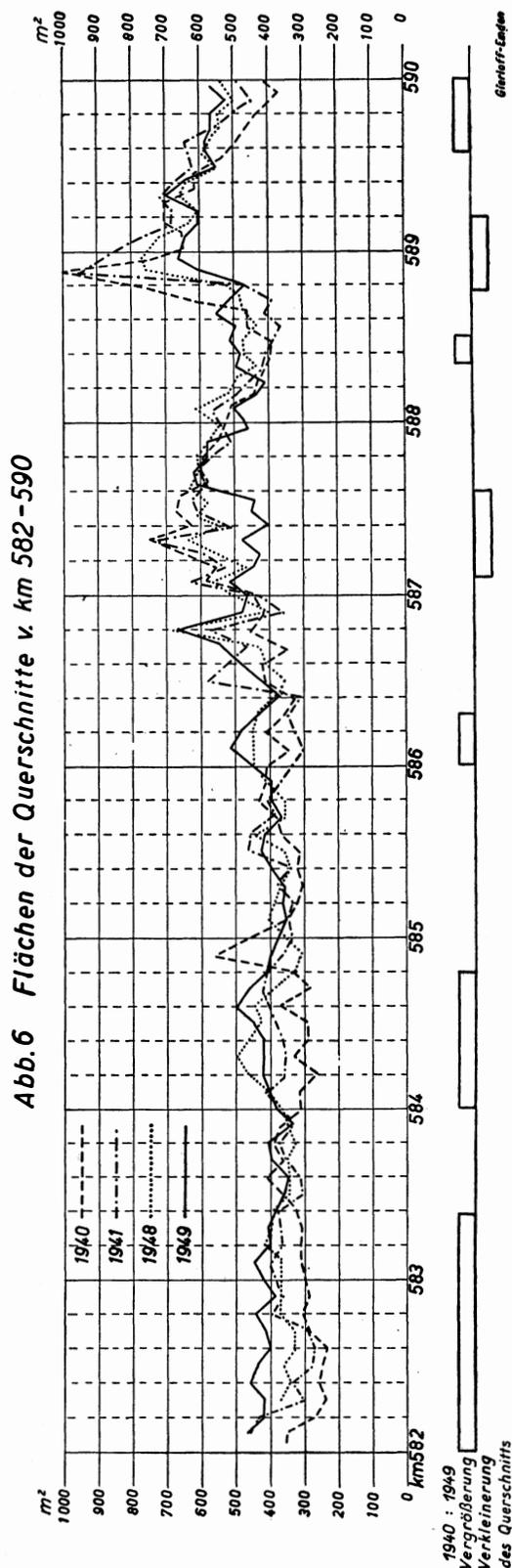
1. Bei km 584 Vergrößerung der Querschnittsfläche durch Vergrößerung der mittleren Tiefe bei Festlegung des Überganges,
2. von km 585—586 Vergrößerung der Querschnittsfläche durch Vergrößerung der mittleren Breite bei Neuentstehung zweier wandernder Übergänge.

Nahe km 587 ist der unruhige Verlauf der Kurven in allen Jahren ausgeprägt. Es handelt sich hier um den Abschnitt des Auslaufes nach der großen Rechtskrümmung der Elbe, wie aus der Skizze ersichtlich ist. Die starken Extremwerte im Auslauf der Linkskrümmung des Stromes bei km 588,4 haben sich weitgehend verringert.

In Abb. 6 sind die Querschnittskurven von 1940, 1941, 1948 und 1949 zusammen dargestellt. Daraus können die Abschnitte erkannt werden, bei denen sich eine stetige Veränderung entwickelt hat. Solche Strecken sind im darunterliegenden Schema kenntlich gemacht.

Rückblick auf die Untersuchung

Die Ergebnisse meiner Arbeit sind in einer Tabelle zahlenmäßig zusammengestellt. Besonders bemerkenswert ist wohl, daß die Elbe in den 10 Jahren ihren



Wasserkörper unter RW 1929 durch Ausräumung um $\frac{1}{4}$ Millionen cbm vergrößert hat.

Da die von oberhalb in den Stromabschnitt zufließende Wassermenge nicht zugenommen hat, entsprach der berechnete Spiegel des RW-Standes von 1929, der nicht vom wirklichen Wasserstand unterschritten werden sollte, nicht mehr seiner Bestimmung. Aus diesem Grunde wurde eine Neuberechnung eines Bezugs-horizontes notwendig, die von der Wasserstraßen-direktion im Jahre 1949 mit einem RW 1949 erfolgt ist.

Zur genauen morphologischen Untersuchung eines Strombettes muß natürlich eine große Zahl von Messungen vorliegen, die von einer Person so wenig durchgeführt werden können wie die Beobachtungen zur Synopsis in der Meteorologie. Aus dem bereits an vielen Stellen vorhandenen Material sollte es jedoch möglich sein, verschiedene genaue Untersuchungen durchzuführen, um so zum Fortschritt der quantitativen Morphologie beizutragen.

Anderungen des Bettes der Elbe von km 582—590 von 1940—1949
(bezogen auf den Spiegel des Regelwasserstandes von 1929)

	1940	1941	1948	1949
Σ der Querschnitte	85	85	82	85
Σ aller Querschnittsflächen in m ²	37 761 m	39 092	38 797	40 358
mittlere Querschnittsfläche in m ²	444	459,8	473,1	474,2
Σ aller Breiten in m	17 765	18 245	18 745	19 545
mittlere Breite in m	208,9	214,6	228,5	229,9
mittlere Tiefe in m	2,12	2,14	2,07	2,06
Volumen des Wasserkörpers unter R W 1929 in m ³	3 546 000	3 678 400	3 784 800	3 793 600

Vergrößerung des mittleren Querschnitts 30 m²
Mittl. jährl. Vergr. d. mittl. Querschnitts 3 m²
Veränderung der mittleren Tiefe 6 cm flacher
Mittl. jährl. Veränderung d. mittl. Tiefe 0,6 cm flacher

Vergrößerung der mittleren Breite 21 m
Mittl. jährl. Vergrößerung d. mittl. Breite 2,1 m
Vergrößerung des Wasserkörpers 247 600 m³
Mittl. jährl. Vergrößerung d. Wasserkörpers 24 760 m³

ZUR HYDROLOGIE DER SAHARA

Nach dem Werk von *Jean Dubief*

Karl Suter

Mit einer Abbildung

Als Frucht jahrelanger Arbeit legt uns *Jean Dubief* seinen vom Gouvernement Général de l'Algérie herausgegebenen «Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara» vor, ein Werk von 457 Seiten, das durch seinen Gedankenreichtum und seine unvoreingenommene Stellungnahme zu allen einschlägigen Problemen besticht. Auf Grund zahlreicher eigener und fremder Beobachtungen, die bis 1850 zurückreichen, räumt der Autor mit manch einer Ansicht, die über die Sahara besteht, auf. Es sei im folgenden versucht, die wichtigsten Ergebnisse und Gedanken aus diesem richtungweisenden Werk wiederzugeben.

Wie man weiß, besitzt die Sahara im Nil und Dra (Südmorokko) die einzigen ständig fließenden Flüsse. Sie beide entspringen aber außerhalb der Wüste und erhalten in dieser selber keine Zuflüsse; sie sind somit, auf die Sahara bezogen, allochthon. Alle übrigen der Wüste endemisch angehörenden Flüsse sind in ihrer Wasserführung höchst veränderlich. Ihre Betten, die Wadis, liegen die meiste Zeit völlig ausgetrocknet da. Ihre Wasser können, falls sie in bedeutender Menge auftreten, weite Laufstrecken zurücklegen. So haben die Untersuchungen an 51 Wadis Laufängen von 40 bis 810 km ergeben. Unter diesen Trockentälern finden sich nicht weniger als 33 mit einer solchen von mindestens 200 km. An der Spitze steht mit 810 km die an

der marokkanisch-algerischen Grenze dahinziehende und ihre Wasser im Großen Atlas und im Sahara-Atlas sammelnde Saoura, die ihre Fluten schon bis Tassafout im Touat wälzte. Sie ist der bedeutendste unter den eigentlichen Saharaflüssen. Ihr folgen die Daoura Südmorokkos mit 600 km Lauflänge (Endpunkt bei Hassi ben Zohra) und der Djedi Südalgeriens mit 500 km (Endpunkt im Schott Melrhir). Die Hälfte, nämlich 16 von den 33 großen Wadis liegen im saharischen Zentralmassiv Hoggar-Tibesti. In der geographischen Literatur sind häufig als bedeutende Wüstenflüsse der Igharghar, der von der Nordabdachung des Hoggar herkommt, und der Tafassasset, der auf der Südabdachung des Ajjer entspringt, mit besonderem Nachdruck erwähnt. Zu Unrecht; hat doch der Igharghar, dessen Tal 1300 km lang ist, nur eine maximale Laufstrecke von 270 km, also eines Fünftels seiner Tallänge, und der Tafassasset sogar bloß eine solche von 150 km, d. h. eines Zehntels seines 1500 km langen Tales. Andere Wasserläufe indessen sind in ihrer Bedeutung bis dahin eher unterschätzt worden, so z. B. die Mya mit einer Laufstrecke von 400 km und der In Sokki mit einer solchen von 280 km. Diese beiden Flüsse entspringen im Tadmaït, einer ausgedehnten Hochfläche, der man im allgemeinen, wohl zu Unrecht, äußerster Trockenheit zuschrieb.

Was die Häufigkeit des Wasserfließens anbelangt, so erreicht sie in der nördlichen Sahara ihre größten Werte, nämlich durchschnittlich sechs Flutmonate pro Jahr, d. h. Monate, wo ein oder mehrere Wasserabflüsse beobachtet werden. Das ist der Fall für den Guir, Djedi und die Wadis des zentralen und östlichen