

Die Grundwasserverhältnisse in den Marschgebieten an der Unterweser zwischen Ochtum und Hunte

Von F. Walther

Gliederung:

I. Einleitung	61
II. Die Veränderungen der Wasserstände in der Unterweser als Folge des Ausbaues	62
III. Der Zusammenhang zwischen Flußwasserständen und Grundwasserständen	67
IV. Die Entwässerungsverhältnisse im Marschgebiet von der Ochtum bis zur Hunte	68
V. Die Veränderungen der Grundwasserstände im Gebiet der unteren Ochtum	71
VI. Die Veränderungen der Grundwasserstände in Stedingen	74
VII. Die Umstellung der Entwässerung in Stedingen durch Verbesserung des Sielzuges und Bau von Schöpfwerken	80
VIII. Zusammenfassung	83
Schriftenverzeichnis	84

I. Einleitung

Für die tief gelegenen Marschgebiete an der deutschen Nordseeküste und im Tidebereich der Strommündungen ist neben einem ausreichenden Deichschutz das Vorhandensein einer guten Entwässerung die Voraussetzung für eine möglichst günstige landwirtschaftliche Nutzung. Große Flächen der Marschgebiete liegen tiefer als das mittlere Tidehochwasser (MThw), d. h. sie würden ohne Deichschutz bei mehr als der Hälfte aller Tiden überflutet werden oder der Wasserstand in den Gräben würde so hoch, daß eine landwirtschaftliche Nutzung nicht möglich wäre.

Diese Gebiete können nur durch Siele oder, in zunehmendem Maße, durch Schöpfwerke ausreichend entwässert werden. Schon geringe Schwankungen des Grundwasserstandes können für die Nutzung von Bedeutung sein.

Im Wasserkreislauf gehen vom gesamten Niederschlag (für das deutsche Küstengebiet 700 bis 800 mm Niederschlagshöhe jährlich) etwa die Hälfte als Boden-, Oberflächen- und Pflanzenverdunstung in die Atmosphäre zurück, etwa 37—38% fließen den Oberflächengewässern und nur etwa 12,5% dem Grundwasser zu.

Die Aufnahmefähigkeit des Untergrundes ist je nach seiner Struktur sehr verschieden. Sie reicht von den undurchlässigen Gesteinsschichten über die unter Druck oder durch chemische Vorgänge verdichteten und undurchlässigen Tonschichten bis zu stark durchlässigen groben Sand- und Kiesschichten und sehr aufnahmefähigen Torfschichten. Wo der Untergrund genügend durchlässig ist, kann Grundwasser aufgenommen werden. Das Grundwasser kann steigen oder fallen und sich auch in horizontaler Richtung bewegen, d. h. fließen. Wo Wasser fließt, muß Gefälle vorhanden sein. Es ist auch bekannt, daß je nach der vorhandenen Bodenschichtung der Grundwasserspiegel ein Gefälle aufweisen kann und somit im Untergrund auch ein Abfluß von Grundwasser in die Vorfluter (oder auch umgekehrt ein Zustrom von Wasser aus den Vorflutern zum Grundwasser) eintreten kann.

Ein solcher Austausch zwischen Grundwasser und Flußwasser ist, abgesehen von der klimabhängigen und daher wechselnden Zufuhr der Niederschlagsmengen zum Grundwasser, von den wechselnden Wasserständen in den Flüssen selbst abhängig. Hierbei ist wichtig, wie groß

die Änderung der Wasserstände in den Flüssen ist und ob sich der Wechsel in längeren oder kürzeren Zeiträumen vollzieht.

Als Folge der seit 1887 ausgeführten Fahrwasserverbesserungen der Unterweser ist eine gewisse Beeinflussung der Grundwasserstände in den an die Unterweser grenzenden Ufergebieten eingetreten. Die Entwicklung der Grundwasserstände ist seit Jahrzehnten durch umfangreiche Grundwasserbeobachtungen verfolgt worden (GWINNER [4]). Außerdem sind eine größere Anzahl hydrogeologischer, bodenkundlicher und pflanzensoziologischer Gutachten (vgl. Schriftums-Verzeichnis) erstattet worden, in denen zu den von den Interessenten befürchteten landwirtschaftlichen Schäden infolge Senkung des Grundwasserstandes Stellung genommen wird.

In der vorliegenden Ausarbeitung wird die Entwicklung der Grundwasser- und Entwässerungsverhältnisse für das Gebiet der unteren Ochtum und von Stedingen geschildert.

II. Die Veränderungen der Wasserstände in der Unterweser als Folge des Ausbaues

Das Fahrwasser der Unterweser ist seit dem Jahre 1887 stufenweise für den Verkehr der laufend an Größe zunehmenden Seeschiffe ausgebaut worden. Die erste „Korrektion“ von FRANZIUS ermöglichte den Verkehr von Seeschiffen bis zu 5 m Tiefgang. Heute können Seeschiffe mit 8,7 m Tiefgang (und bei guten Tiden bis 9,60 m Tiefgang) bis Bremen verkehren.

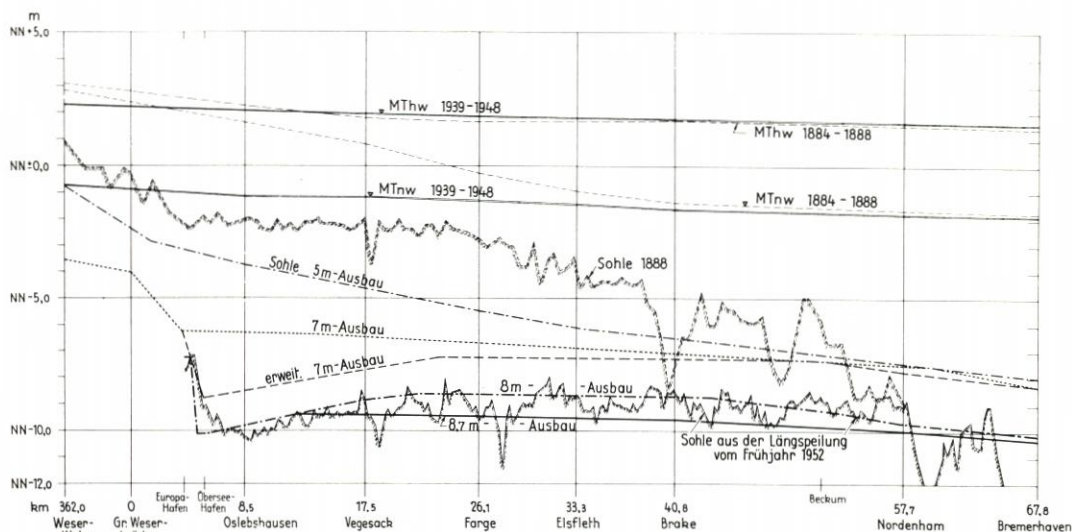


Abb. 1. Längsschnitt der Unterweser mit Lage der Flußsohle

Durch diese Ausbaumaßnahmen sind das Flußbett der Unterweser und als Folge davon auch die Tideverhältnisse wesentlich verändert worden. Der Längsschnitt der Unterweser (Abb. 1) zeigt die großen Veränderungen in der Sohlentiefe. Vom ursprünglichen Zustand bis heute ist, namentlich im oberen Abschnitt der Unterweser, eine Vertiefung der Sohlentiefe von 6—8 m eingetreten. Hand in Hand damit ging auch eine gewisse Verbreiterung des Flußbettes.

Dies hatte zur Folge, daß der Flut das Eindringen erleichtert wurde. Die Tidehübe vergrößerten sich wesentlich (bei Bremen von 0,20 auf 3,2 m), während sie sich bei Bremerhaven nur geringfügig geändert haben. Diese Vergrößerung des Thb macht sich in der Hauptsache durch eine Absenkung des Tnw bemerkbar, die seit 1887 bei Bremen mehr als 3 m beträgt.

Einen anschaulichen Vergleich des früheren und des jetzigen Zustandes der Tideverhältnisse bei mittleren Tiden zeigt Abbildung 2 für 5 Pegel. Hierbei ist zu beachten, daß die Ab-

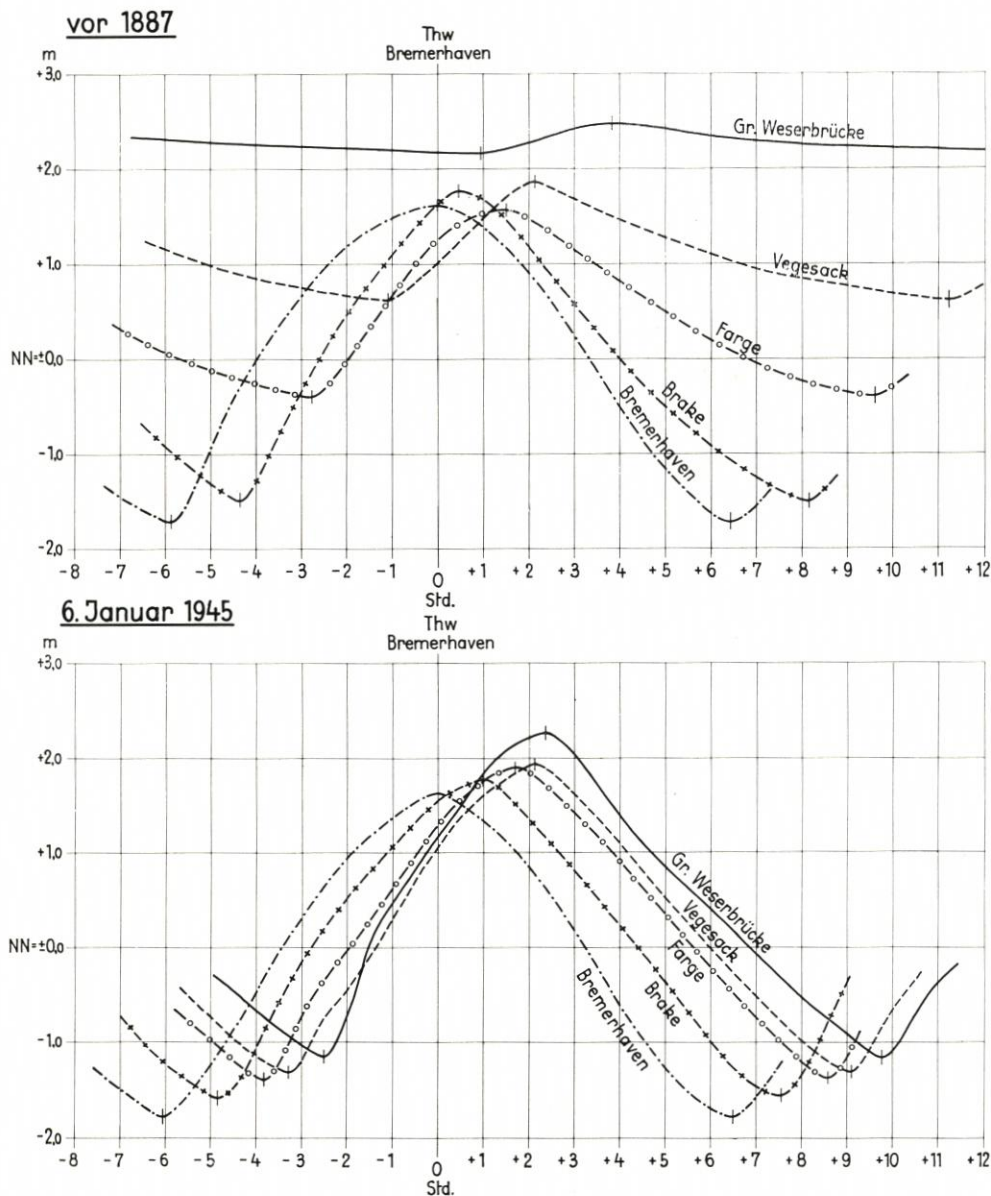


Abb. 2. Tidekurven der Unterweser (1887 und 1945)

senkungen des Tnw in dem hier besonders interessierenden Raum Vegesack—Farge schon wesentlich geringer gewesen sind als in Bremen selbst.

In Abbildung 3 ist dargestellt, wie sich die geschilderten Veränderungen der Tideverhältnisse seit 1880 im zeitlichen Ablauf vollzogen haben. Es sind hier die übergreifenden 5jährigen Mittelwerte aufgetragen. Die Darstellung zeigt eine verhältnismäßig geringe Veränderung der MThw und das stufenweise Absinken der MTnw. Hierbei ist der Einfluß der einzelnen Ausbaustufen z. T. sehr gut erkennbar. Eine Veränderung der MThb zeigt ein ähnliches Bild. Seit etwa 1930 (Beendigung des 8-m-Ausbaues) sind die Tidenhübe in Bremen fast ebenso groß wie in Bremerhaven und haben sich nur wenig verändert.

Es ist auch erkennbar, daß die Absenkungen des Tnw im Stromabschnitt oberhalb der Huntemündung vor dem Jahre 1920 (d. h. vor dem 8-m-Ausbau der Unterweser) wesentlich größer gewesen sind als von 1920 bis heute. Diese Zusammenhänge werden noch besonders

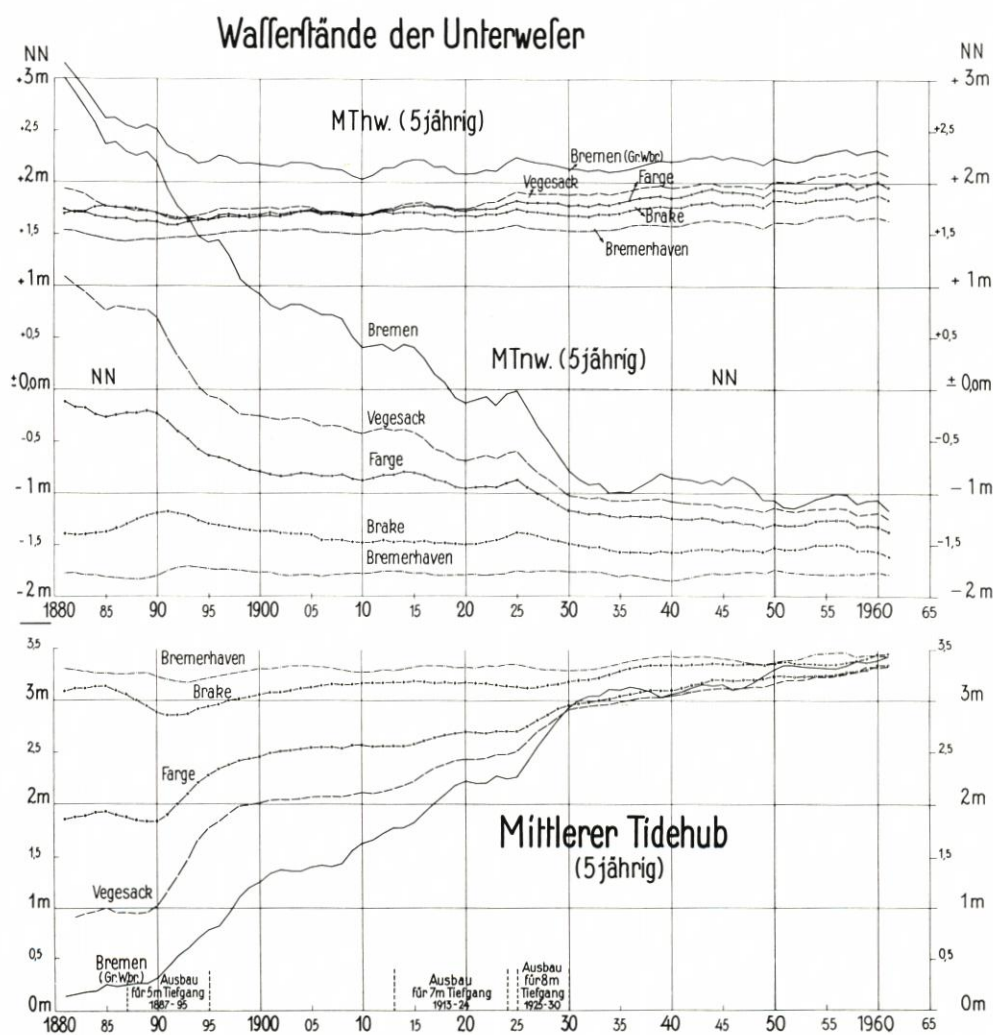


Abb. 3. Wasserstände der Unterweser und mittlere Tidehübe (5jährig) von 1880 bis 1961

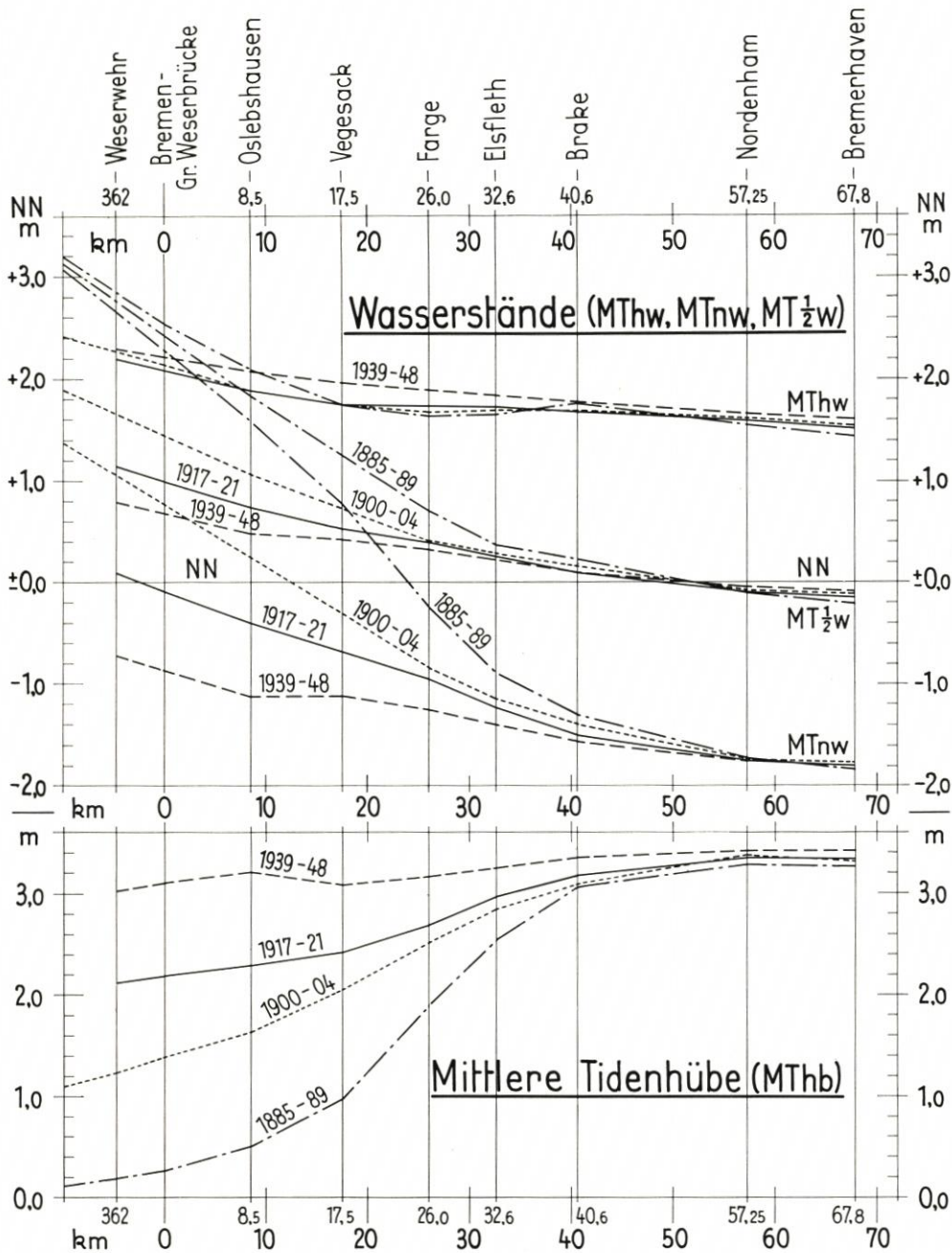


Abb. 4. Mittelwerte der Wasserstände und Tidenhöhe in der Unterweser für verschiedene Jahresgruppen seit 1885

verdeutlicht durch die Abbildung 4, in der für verschiedene Jahresgruppen seit 1885 im Längsschnitt der Unterweser die MThw, MTnw, $T^{1/2}w$ und MThb eingetragen sind. Das $T^{1/2}w$ ist für die Ausbildung der Grundwasserstände von besonderer Bedeutung; daher sind in Abbil-

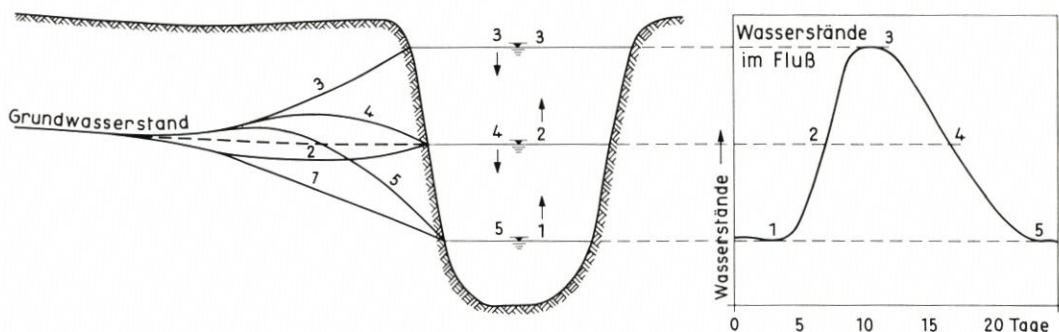
dung 4 auch die $MT^{1/2w}$ eingetragen. Da die $MThw$ nur wenig verändert sind, beträgt die Absenkung der $MT^{1/2w}$ weniger als die Hälfte der Absenkung der $MTnw$.

Im einzelnen ergeben sich folgende Werte für die Absenkung der Wasserstände (in cm) seit Beginn der Unterweserkorrektion:

Zeitraum:	Pegel							
	Gr. Weserbrücke		Vege sack		Farge		Elsfleth	
	$MTnw$	$MT^{1/2w}$	$MTnw$	$MT^{1/2w}$	$MTnw$	$MT^{1/2w}$	$MTnw$	$MT^{1/2w}$
1886/90—1917/21	233	138	147	74	64	28	33	13
1917/21—1951/55	102	44	49	10	35	8	19	1
Zusammen:	335	182	196	84	99	36	52	14

Man erkennt, daß die für Stedingen in Betracht kommenden Absenkungen der $MT^{1/2w}$ der Weser in Vege sack und Farge nur 84 bzw. 36 cm betragen haben. Von diesen Werten liegt der weitaus größte Anteil vor 1920.

Fluß im Binnenland:



Tidefluß (Elbe bei Cuxhaven):

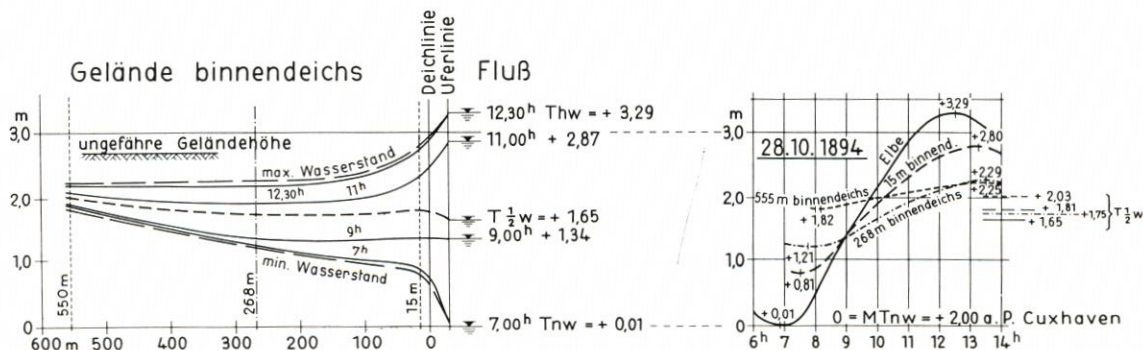


Abb. 5. Abhängigkeit der Grundwasserstände von den Flußwasserständen

III. Der Zusammenhang zwischen Flußwasserständen und Grundwasserständen

Der Austausch zwischen Grundwasser und Flußwasser und die dadurch bedingten Schwankungen der Grundwasserstände vollziehen sich an einem Tidefluß in anderer Weise als an einem Binnenlandfluß. Diese Zusammenhänge sind in Abb. 5 für zwei Beispiele dargestellt, zunächst in schematischer Weise für einen Fluß im Binnenland, in dem eine Hochwasserwelle von etwa 2wöchiger Dauer abläuft. Hierbei steigt der Wasserspiegel aus der niedrigsten Lage 1 über 2 zum höchsten Wasserstand 3 und fällt wieder über 4 bis zur Ausgangslage 5 (entspr. 1) zurück. In dieser relativ langen Zeit können die Grundwasserstände — wie links dargestellt — den wechselnden Wasserständen folgen. Hierbei findet der Einfluß der Flußwasserstände auf das Grundwasser je nach dem Aufbau des Untergrundes in einer gewissen Entfernung vom Flußufer überhaupt sein Ende; diese Entfernung kann bis zu mehreren Kilometern betragen.

In dem zweiten dargestellten Beispiel in Abbildung 5 handelt es sich um das Ufer eines Tideflusses, und zwar die Tide vom 28. Okt. 1894 in der Elbe bei Cuxhaven (11). Dargestellt ist nur der Flutast der Tidekurve sowie die gleichzeitige Wasserstandsbewegung in 3 Grundwasser-Beobachtungsbrunnen, dessen weitester 555 m vom Elbufer entfernt lag. Hier handelt es sich im Gegensatz zum ersten Beispiel um eine Wasserstandsänderung von über 3,00 m, die aber in einer Tide, d. h. in der kurzen Dauer von 12 Std. 25 Min. abläuft. Es ist erkennbar, daß alle drei Grundwasserpegel noch von den Schwankungen der einzelnen Tide abhängig sind, daß aber die Amplituden des Wasserstandswechsels um so mehr gedämpft sind, je weiter der Pegel vom Flußufer entfernt ist. Dieses zeigt folgender Vergleich:

Entfernung vom Flußufer: m	Größe des Tidehubes (Thb): m	Anteil vom Thb im Fluß:
Elbe = 0	3,28	100 %
15	1,99	61 %
268	1,08	33 %
555	0,43	13 %

Man kann annehmen, daß in diesem Beispiel sich bei einer Entfernung von etwa 1000 m vom Ufer der Einfluß der täglichen Tide nicht mehr bemerkbar gemacht hat.

Es ist ferner auch erkennbar, daß die Scheitelpunkte der Grundwasserschwankungen gegenüber dem T_{nw} und T_{hw} im Fluß bis zu etwa 1 Std. verspätet liegen.

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Grundwasserbewegung an Tideflüssen ist noch das Mittelwasser der Tide, an dessen Stelle zweckmäßig das Tidehalbwasser gesetzt wird, da dieses leicht zu ermitteln ist und vom Tidemittelwasser nur wenig abweicht. In Abbildung 5 ist erkennbar, daß die T_{1/2w} der Grundwasserpegel durchweg etwas höher liegen als das T_{1/2w} am Fluß. Die Verbindungslinie der T_{1/2w} steigt, im ganzen gesehen, landeinwärts an, wie die linke Darstellung für den Tidefluß zeigt.

Hieraus kann eine gewisse Abhängigkeit der mittleren Grundwasserstände vom T_{1/2w} der Tideflüsse gefolgert werden. Das zeigt auch ein Beispiel von Grundwasserbeobachtungen im Hafen Norderney, die im Jahre 1931 durchgeführt wurden (13).

Abbildung 6 zeigt diese Zusammenhänge. Da die beiden Brunnen zur Beobachtung des Wasserstandswechsels dicht hinter einer Spundwand gesetzt waren, deren dämpfende Wirkung sehr groß war, waren einmal die Amplituden des Wasserstandswechsels schon sehr gering und

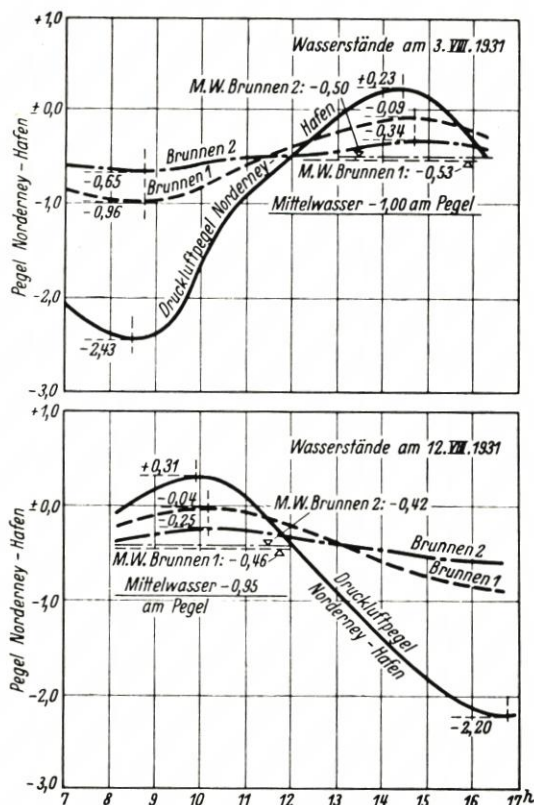


Abb. 6. Auftragung der Wasserstandsschwankungen am Pegel Norderney-Hafen und in den Grundwasser-Beobachtungsbrunnen (aus Bautechnik 1932, vgl. Schriftenverzeichnis [13])

Ochtum bis zur Hunte. Das Gebiet der Delmenhorster Wasseracht wird durch die Ochtum entwässert. Das Gebiet von Stedingen zwischen Ochtum und Hunte wird durch einen alten Wasserarm, der Ollen, durchzogen, die aus der Gegend von Altenesch nach Berne verläuft und dort in den Wasserlauf der Berne mündet.

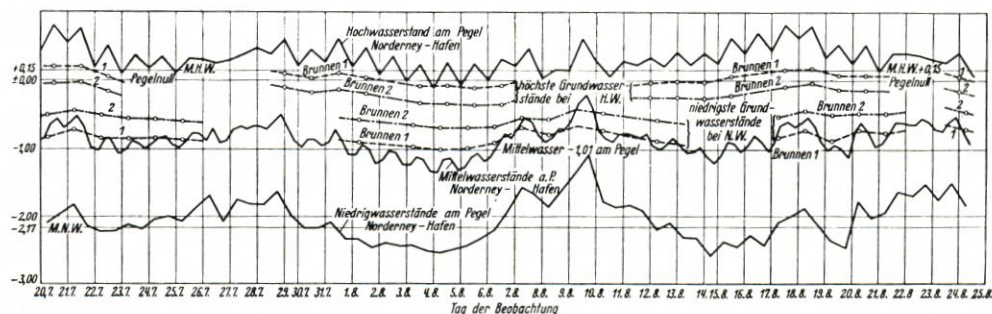


Abb. 7. Auftragung der MThw, MT^{1/2}w und MTnw am Druckluftpegel Norderney-Hafen und der Höchst- und Tiefstwerte der Grundwasserstände vom 20. 7. bis 25. 8. 1931 (aus Bautechnik 1931, vgl. Schriftenverzeichnis [13])

lag zum anderen das T^{1/2}w im dargestellten Falle schon etwa 0,50 m über dem T^{1/2}w des Hafens.

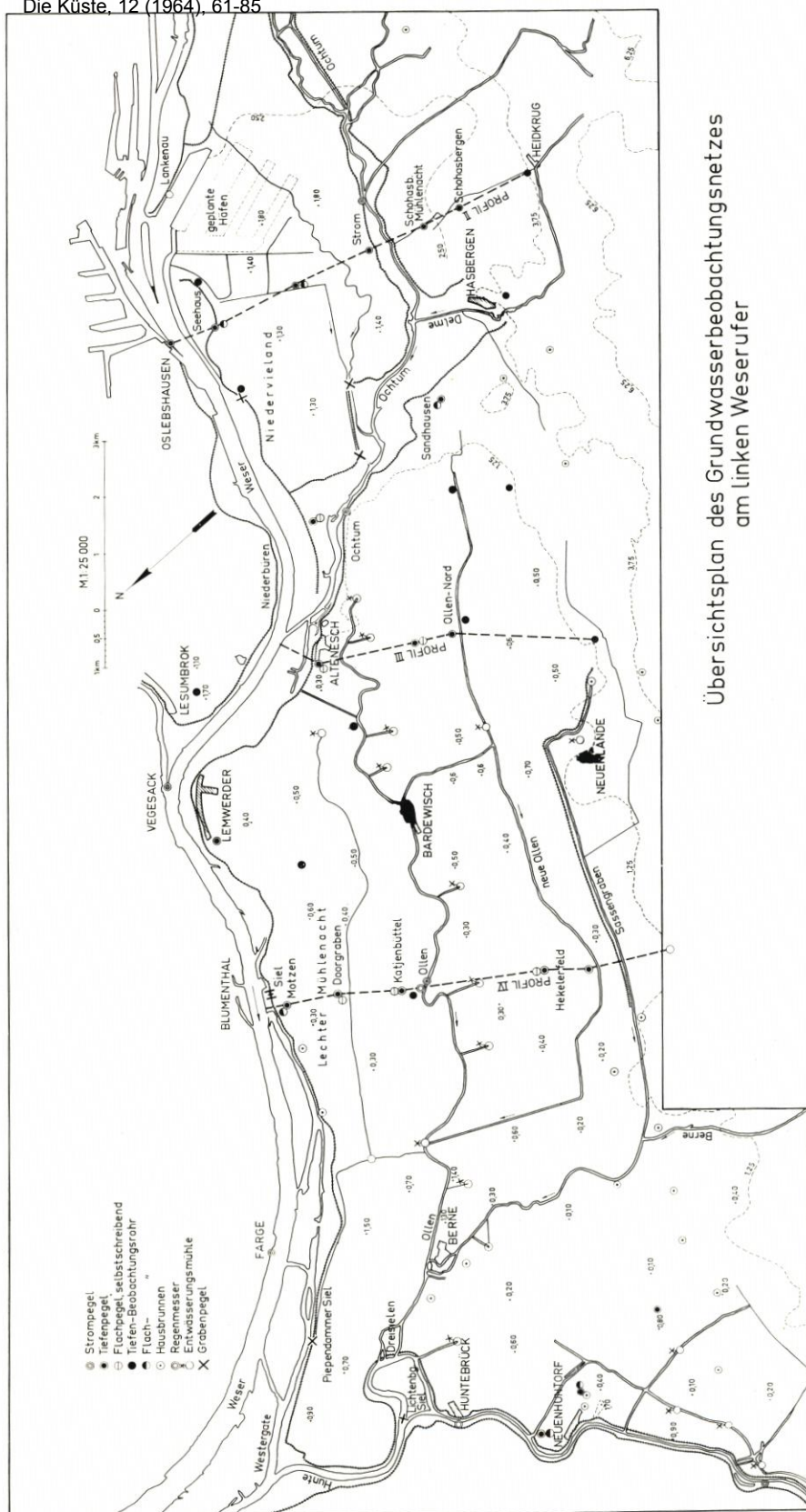
Abbildung 7 zeigt die Tideabhängigkeit der Wasserstandsschwankungen für die Zeit vom 20. 7. bis 25. 8. 1931. Es ergibt sich, daß die Tnw der Grundwasserbrunnen im ganzen den Schwankungen des T^{1/2}w im Hafen folgen und im allgemeinen auch höher liegen als letzteres, ebenso wie beim Beispiel Cuxhaven (Abb. 5).

Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen, daß die Erscheinungen bei der Abhängigkeit der Grundwasserschwankungen von der Tidebewegung im Fluß, wie sie im Unterwesergebiet beobachtet werden, auch schon früher an anderen Stellen beobachtet worden sind.

IV. Die Entwässerungsverhältnisse im Marschgebiet von der Ochtum bis zur Hunte

Das hier näher behandelte Gebiet der unteren Ochtum (Delmenhorster Wasseracht) und des Landes Stedingen (Große Stedinger Sielacht u. a.) ist im Übersichtsplan Abbildung 8 dargestellt.

Der Plan gibt einen Überblick über die Marschgebiete am linken Weserufer von der



Übersichtsplan des Grundwasserbeobachtungsnetzes am linken Weserufer

Das zwischen Ollen und Weser gelegene Gebiet liegt in ausgedehnten Flächen nur 0,40 bis 0,50 m über NN. Längs der Weser und der Ollen liegt das Gelände etwas höher. Es wird von dem Doorgraben durchzogen, der bisher sein Wasser an das Piependammer Siel und in die Ollen abgab.

Südlich der Ollen befindet sich das Gebiet der Brookseite, das namentlich in seinem westlichen Teil noch tiefer liegt als die Lechter Mühlenacht (nur 0,20—0,50 m über NN). Es wird durchzogen durch die Neue Ollen und den Sassengraben, die ebenfalls in die Ollen oder Berne münden und auch die Aufgabe haben, das aus der Geest kommende Wasser abzuführen. Im übrigen wird aus der niedrig gelegenen Brookseite das Wasser durch eine Anzahl kleinerer Schöpfwerke in die Ollen abgeführt.

Neben dem Piependammer Siel wurde das Wasser von Stedingen bis 1924 zur Hauptsache durch drei kleinere Siele bei Dreisielen in die Hunte abgeführt. Infolge der Unterweserkorrektur und der Vertiefung der Hunte war die Möglichkeit geschaffen worden, die Vorflut zu verstärken. Im Jahre 1924 wurde als Ersatz für die drei alten Siele mit Reichsmitteln das neue Lichtenberger Siel erbaut. Hierdurch wurden die Voraussetzungen für die Entwässerung wesentlich verbessert.

Über die Wirkung des Ausbaues der Unterweser auf das Grundwasser im vorigen Jahrhundert liegen keine Beobachtungen vor. In dem hier beobachteten oldenburgischen Gebiet wurden die Beobachtungen des Grundwassers im Jahre 1914 aufgenommen; es wurden eine Reihe von Grundwasserbeobachtungsrohren gesetzt.

Im Jahre 1927 stellte die Preußische Landesanstalt für Gewässerkunde auf Bitten der beteiligten Landesregierungen einen Arbeitsplan auf, der das Gebiet vom Weserwehr bei Bremen-Hemelingen bis zur Hunte umfaßte. Hierbei wurden vier Profillinien festgelegt, in denen an geeigneten Stellen Beobachtungsbrunnen gesetzt wurden. Die Profillinien II bis IV sind in Abbildung 8 eingetragen. Außer den Beobachtungsbrunnen in den Profillinien wurden auch zahlreiche weitere Brunnen an anderen wichtigen Punkten gesetzt. Daneben wurden auch Grabenpegel aufgestellt (4).

Ein großer Teil der Beobachtungsbrunnen arbeitet mit selbstschreibenden Pegeln, so daß die Ganglinien des Grundwasserstandes fortlaufend aufgezeichnet werden.

Die bei dem Einbau der Beobachtungsbrunnen und zahlreichen anderen Bohrungen gewonnenen geologischen Aufschlüsse ergaben, daß vielfach zwei Grundwasserstockwerke vorhanden sind, die durch undurchlässige Bodenschichten getrennt sind und im allgemeinen keine Verbindung miteinander haben. Während das untere Grundwasserstockwerk auf mehr oder weniger große Entfernung von den Wasserstandsschwankungen in der Weser beeinflusst wird, wird das obere Grundwasserstockwerk hauptsächlich von den Niederschlägen gespeist und unterliegt daher in höherem Maße den unregelmäßigen Schwankungen der Regenfälle als das untere Stockwerk. Um die verschiedenartigen Schwankungen der beiden Grundwasserstockwerke verfolgen zu können, wurden an vielen Stellen Tiefbrunnen und Flachbrunnen nebeneinander gesetzt. Hierbei stellte sich heraus, daß das untere Stockwerk an der Unterkante der undurchlässigen Bodenschichten vielfach unter Spannung steht und sein entspannter Wasserspiegel in den Beobachtungsbrunnen zeitweise höher liegt als der Wasserspiegel in den Flachbrunnen.

Im Laufe der jahrzehntelangen Behandlung der Planfeststellungsverfahren für den Ausbau der Unterweser sind nun mehrere Gutachten erstattet und Ausarbeitungen aufgestellt, die sich speziell mit den Grundwasserfragen befassen (vgl. 17, 4 und 8). Das Gutachten KOEHNE (8) erfaßte das oldenburgische Gebiet von Delmenhorst und Stedingen. Für die vorliegende Untersuchung wurde das Beobachtungsmaterial dieses Gutachtens bis 1960 ergänzt.

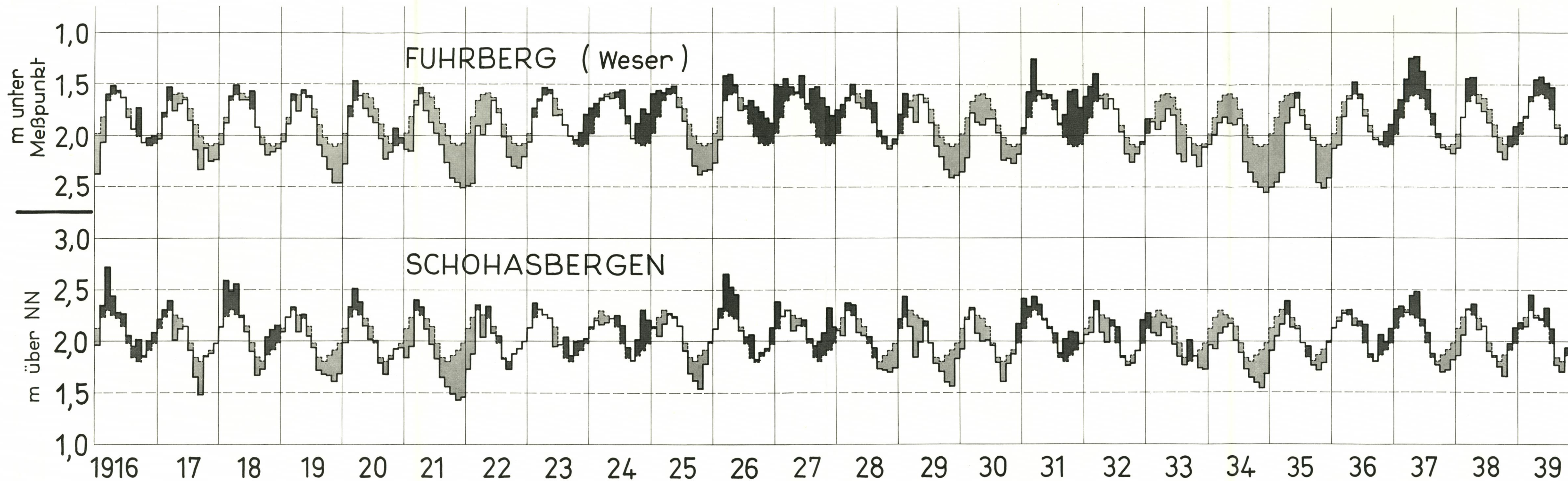


Abb. 9. Monatsmittel der Grundwasserpegel Fuhrberg und Schohasbergen von 1916 bis 1960 im Vergleich mit den langjährigen Monatsmitteln. Teil 1: 1916 bis 1939

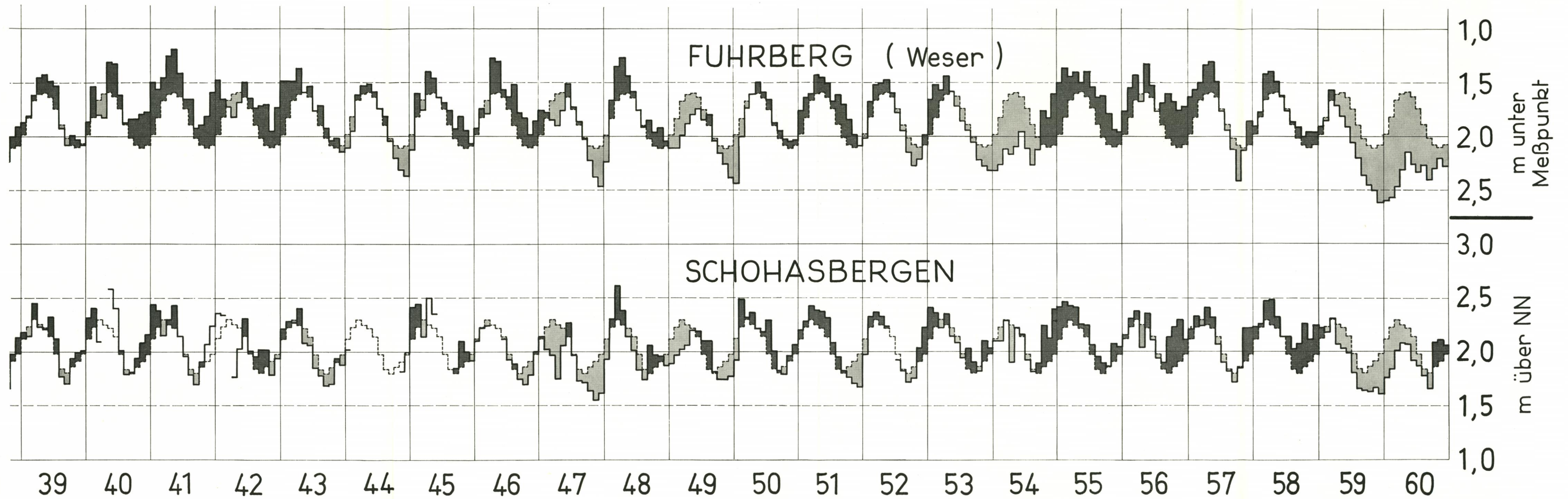


Abb. 9. Monatsmittel der Grundwasserpegel Fuhrberg und Schohasbergen von 1916 bis 1960 im Vergleich mit den langjährigen Monatsmitteln. Teil 2: 1939 bis 1960

V. Die Veränderungen der Grundwasserstände im Gebiet der unteren Ochtum

Die Entwicklung der Grundwasserstände in diesem Gebiet ist von GWINNER (4) für die Zeit von 1917 bis 1937 ausführlich behandelt worden. Er kommt zu dem Ergebnis, daß im Profil II (Abb. 8) das Ausmaß der Grundwassersenkungen bei allen Meßstellen so gering ist, daß ohne weiteres die Witterung dafür als Ursache angesehen werden kann. Die Absenkung des $T^{1/2}w$ der Weser um 26 cm hat sich an dem 900 m entfernt stehenden Grundwasserpegel Seehausen nicht ausgewirkt. Allerdings sei anzunehmen, daß der Grundwasserstand in Seehausen vor 1917 durch die früheren Ausbauten der Unterweser abgesenkt sei, da diese eine stärkere Absenkung der $T^{1/2}w$ in der Weser gebracht hätten, als die späteren Ausbauten; das Ausmaß der erstmaligen Senkung infolge des Unterweser-Ausbaues lasse sich nur schwer abschätzen. GWINNER weist darauf hin, daß der Einfluß einer Senkung der Flußwasserstände in bestimmter Entfernung vom Ufer ein Ende finden muß. In der Vorgeest sei das Grundwasser wegen seiner Entfernung von der Weser deren Einfluß kaum ausgesetzt.

Die Entwicklung der Grundwasserstände des in der Vorgeest im sandigen Boden stehenden Tiefbrunnens Schohasbergen (Profil II in Abbildung 8) zeigt für die Zeit von 1916 bis 1960 ein sehr gleichmäßiges Bild. Besonders aufschlußreich ist ein Vergleich mit dem ebenfalls seit langer Zeit beobachteten Brunnen Fuhrberg (nördlich von Hannover). Der Grundwasserpegel Fuhrberg gilt für das Land Niedersachsen als der am wenigsten von äußeren Einflüssen gestörte Pegel, der seit Jahrzehnten sehr gleichmäßige Schwankungen zeigt.

Die monatlichen Mittelwerte beider Grundwasserpegel sind in Abbildung 9 im Vergleich mit den langjährigen Monatsmitteln aufgetragen; in der Abbildung zeigen die dunklen Flächen die Zeiten mit Grundwasserständen, die höher, die grauen Flächen, die niedriger als die langjährigen Monatsmittel liegen.

Die nachstehenden Zahlen geben einen Vergleich langjähriger Jahresmittelwerte für die Grundwasserpegel Fuhrberg und Schohasbergen, um einen Anhalt zu bekommen, wie sich im ganzen die Grundwasserstände dieser Pegel geändert haben:

langjähr. Jahres- mittel	Fuhrberg		Schohasbergen	
	unter Meßpunkt	Abweichung v. 1916/55 cm	über NN	Abweichung v. 1916/55 cm
1916/55	— 1,85	0	+ 2,05	0
1917/26	— 1,91	— 6	+ 2,03	— 2
1951/60	— 1,86	— 1	+ 2,08	+ 3

Die Abweichungen der 10-Jahres-Mittel 1917/26 und 1951/60 von den 40jährigen Mitteln 1916/55 sind bei beiden Pegeln sehr gering, wobei im 10jährigen Mittel 1951/60 der Grundwasserstand noch um 5 cm höher liegt als 1917/26. Im ganzen ist also eine Grundwasserabsenkung seit 1916 nicht eingetreten.

Dasselbe zeigten aber auch in der nachstehenden Zusammenstellung die niedrigsten Monatsmittel der bekanntesten Trockenjahre:

Jahr	Monat	Fuhrberg		Monat	Schohasbergen	
		Gr. W. unter Meßpunkt	Abweichung v. 1916/55 cm		Gr. W. über NN	Abweichung v. 1916/55 cm
1916/55	—	— 1,85	0	—	+ 2,05	0
1921	Okt.	— 2,50	— 65	Sept.	+ 1,43	— 62
1925	Aug.	— 2,38	— 53	Aug.	+ 1,54	— 51
1929	Sept.	— 2,40	— 55	Sept.	+ 1,56	— 49
1934	Okt.	— 2,54	— 69	Sept.	+ 1,55	— 50
1947	Okt.	— 2,46	— 61	Sept.	+ 1,55	— 50
1959	Okt.	— 2,60	— 75	Okt.	+ 1,61	— 44

Hieraus ist folgendes festzustellen:

1. Bei den niedrigsten Monatsmitteln der Trockenjahre sind die Abweichungen vom 40jährigen Mittel in Schohasbergen geringer als in Fuhrberg (44—62 cm gegenüber 53—75 cm).
2. Die Abweichungen vom 40jährigen Mittel waren in Schohasbergen im Jahre 1921 mit 62 cm am größten und sogar in dem besonders trockenen Jahr 1959 mit 44 cm am kleinsten.
3. Das Monatsmittel vom September 1921 ist mit + 1,43 über NN das überhaupt bekannte niedrigste Monatsmittel.
4. Auch bei den niedrigsten Monatsmitteln der Trockenjahre seit 1916 ist keine Grundwasserabsenkung eingetreten.

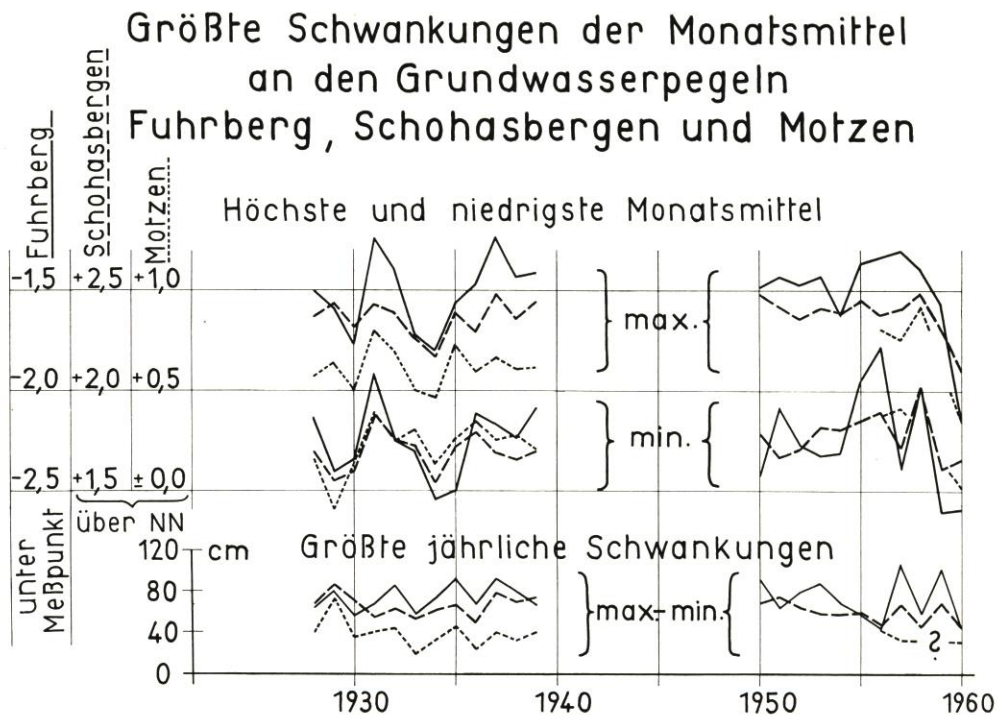


Abb. 10

In Abbildung 10 ist noch ein Vergleich der höchsten und niedrigsten Monatsmittel und des absoluten Größenunterschiedes zwischen beiden (jährliche größte Schwankung) für Fuhrberg, Schohasbergen und dem später noch zu behandelnden selbstschreibenden Tiefbrun-

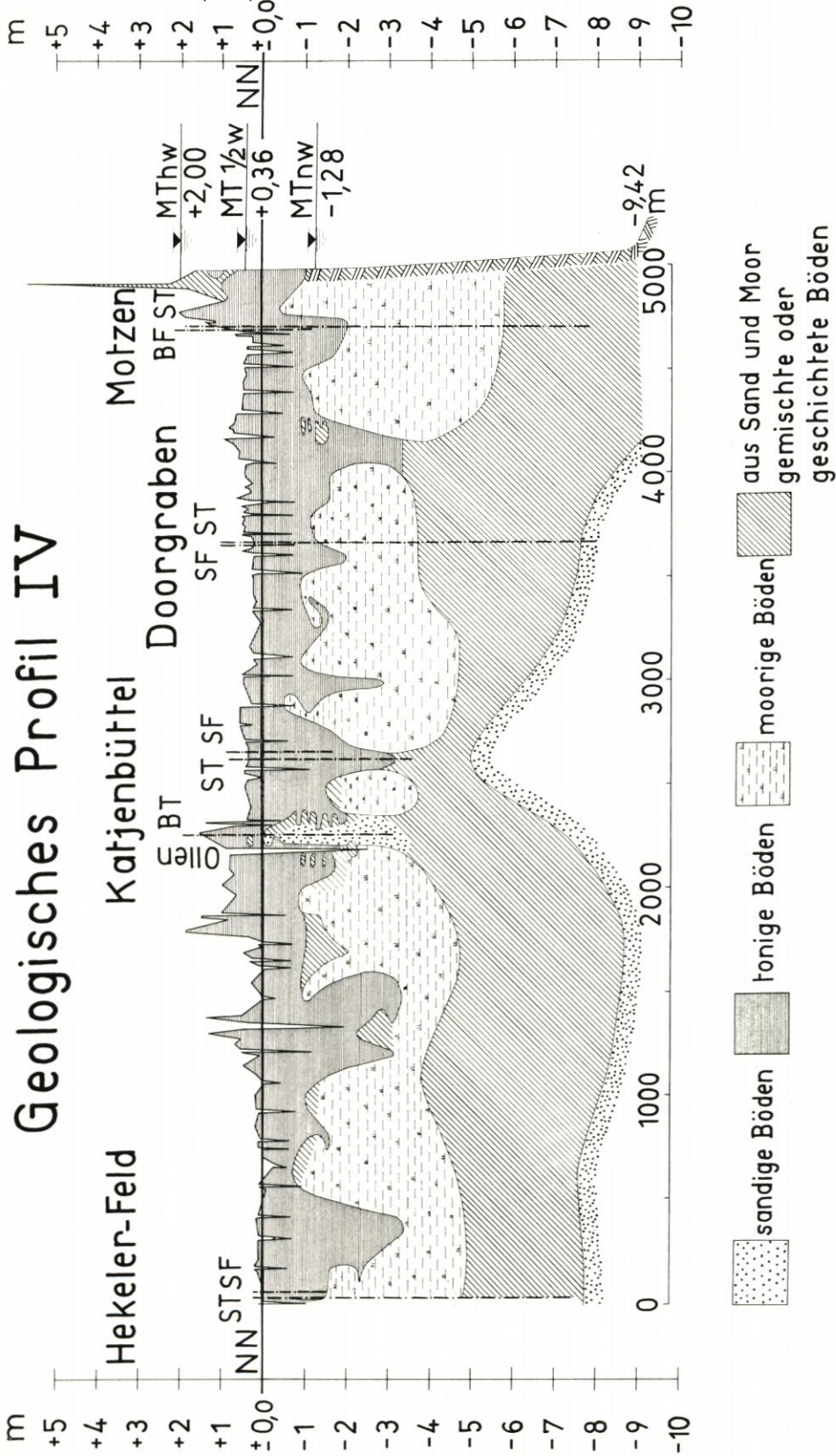


Abb 11. Geologisches Profil IV

nen Motzen (km 22 der Unterweser) vorgenommen worden, und zwar für die Jahresreihen 1928—1939 und 1950—1960, da nur für diese Zeiträume Werte von allen drei Pegeln vorliegen. Hieraus kann folgendes geschlossen werden:

1. Die Unterschiede zwischen den höchsten und niedrigsten Monatsmitteln sind in Fuhrberg am größten, in Motzen am kleinsten.
2. Je tiefer der Standort über dem Meeresspiegel liegt, um so geringer werden die Unterschiede.
3. Die Ganglinien der Schwankungen verlaufen vielfach gleichartig, die Schwankungen sind aber in Fuhrberg stärker als an den Küstenstationen.

Alle diese Ergebnisse zeigen, daß in dem betrachteten Gebiet seit 1916 keine nennenswerten Veränderungen der Grundwasserbewegung stattgefunden haben. KOEHNE (8) äußert in seinem Gutachten, daß durch die vor 1921 eingetretenen Absenkungen des Tnw der Weser und Odium Veränderungen am Grundwasserpegel Schohasbergen (5 km von der Weser bei Hasenbüren) eingetreten sind, für die Zeit nach 1921 jedoch nicht mehr.

Für das Gebiet der Delmenhorster Wasseracht hatte die Zentralstelle für Vegetationskartierung in Stolzenau im Jahre 1952 ein Gutachten mit Vegetationskarte und Wasserstufenkarte erstattet (15). Hiernach waren in dem genannten Gebiet nur ganz geringfügige Flächen vorhanden, die unter Wassermangel leiden. Die Ansprüche der Interessenten wurden daraufhin durch einen Vergleich mit verhältnismäßig geringen Entschädigungszahlungen erledigt.

VI. Die Veränderungen der Grundwasserstände in Stedingen

Es wurde bereits erwähnt, daß sich die Voraussetzungen für die Entwässerung des Gebietes von Stedingen durch Absenkung der Niedrigwasserstände der Weser und Hunte wesentlich verbessert haben. Über die das Land durchziehenden Vorfluter (Ollen, neue Ollen und Doorgraben) wird infolge der verbesserten Vorflut das Wasser abgezogen. Dieses wird besonders auch durch die niedrige Geländehöhe in der Lechter Mühlenacht und der Brookseite begünstigt. Um dieses zu verdeutlichen, sollen die Grundwasserverhältnisse im Profil IV (vgl. Abb. 8) näher betrachtet werden. Dieses Profil geht von Motzen (Weser-km 22) über Katjenbüttel nach Hekeler Feld. In diesem Profil sind folgende Grundwasserbeobachtungsbrunnen vorhanden:

Motzen	BF und ST
Doorgraben	SF und ST
Katjenbüttel	SF, ST und BF
Hekeler Feld	SF und ST

(Hierin bedeuten: BF Flachbrunnen,
SF Flachbrunnen selbstschreibend,
ST Tiefbrunnen selbstschreibend.)

In Abbildung 11 ist der geologische Aufbau im Profil IV dargestellt. Zwischen der Weser und Hekeler Feld liegt eine Lehmdecke und darunter eine dichte Tonschicht, darunter Moorschichten von wechselnder Mächtigkeit bis zu Tiefen von etwa 5,0 m unter NN. Darunter liegen zumeist sandige, teils tonige Schichten. Bei Hekeler Feld erreichen Ton und Moor zusammen etwa 8 m Mächtigkeit. In der Gegend der Ollen steigt der Sand höher an (altes Flußbett), ebenso in der Gegend des Doorgrabens.

Das gespannte Grundwasser im Sande übt auf die Unterfläche der Tonschichten einen starken Druck aus. Das geologische Profil zeigt auch, daß die Geländeoberfläche von der Weser

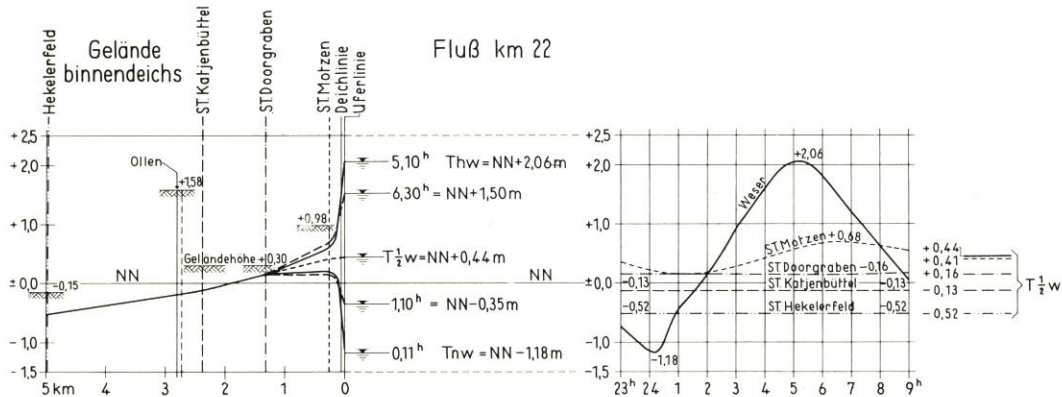


Abb. 12. Grundwasserbewegung an der Unterweser im Profil IV am 15./16. 10. 1939

nach binnen fällt, unterbrochen durch die Gegend der Ollen bei Katjenbüttel. Am tiefsten ist die Geländehöhe bei Hekeler Feld (Brookseite).

Das wird auch besonders deutlich in Abbildung 12, in der der Einfluß der annähernd normalen Tide vom 15./16. 10. 1939 auf die Grundwasserstände der selbstschreibenden Tiefbrunnen (in ähnlicher Weise wie für Cuxhaven in Abb. 5) dargestellt ist. Am ST Motzen (250 m von der Weser) ist die Tideschwankung bereits

auf 55 cm zurückgegangen,
gegenüber 324 cm Tidehub im Fluß,
d. h. auf etwa 17 %.

Am ST Doorgraben (1300 m von der Weser) ist die Tideschwankung nur noch mit wenigen Zentimetern festzustellen, weiter landeinwärts hört sie ganz auf. Der linke Teil der Darstellung zeigt, daß die entspannten Wasserstände des unteren Grundwasserstockwerks in diesem Beispiel in den Grünlandflächen nur 15—40 cm, bei Motzen, mit der Tide schwankend, 30—80 cm unter Gelände lagen.

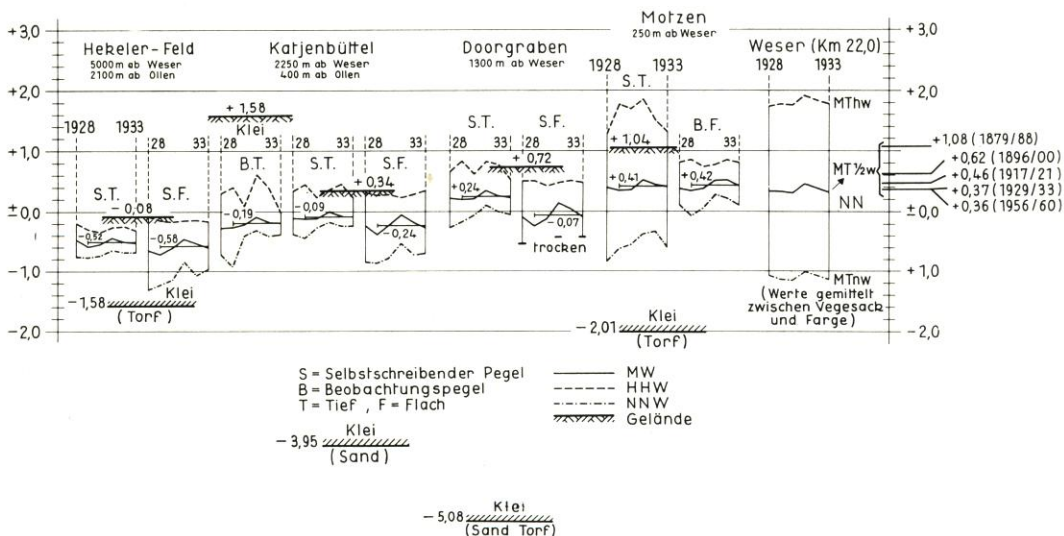


Abb. 13. Das Grundwasser im Profil IV. Jahreswasserstände 1928-1933

In Abbildung 13 sind für alle Beobachtungsbrunnen im Profil IV die Jahresmittelswasser sowie die HHW und NNW der einzelnen Jahre von 1928 bis 1933, sowie die 5jährigen Mittelwasser aufgetragen (Abb. 13 bis 15 sind früheren Bearbeitungen von GWINNER entnommen).

An der rechten Seite sind zunächst die Weser-Wasserstände für den gleichen Zeitraum (umgerechnet auf Motzen — km 22) aufgetragen, daneben die $MT^{1/2w}$ der Weser für verschiedene Jahresgruppen seit 1879/88. Es zeigt sich, daß das $MT^{1/2w}$ hier im ganzen nur von + 1,08 auf + 0,36, d. h. um 72 cm gefallen ist; von 1917/21 bis 1955 jedoch nur um 10 cm.

Die eingetragenen Geländehöhen zeigen das bereits beschriebene Abfallen des Geländes landeinwärts (die Höhenangaben weichen etwas von denen in Abb. 12 ab). Diesem Abfall der Geländeoberfläche passen sich auch die Grundwasserstände allgemein an; die Grundwasser-Oberfläche fällt in beiden Stockwerken ebenfalls landeinwärts.

Die Mittelwasserstände der ST liegen überall höher als die SF, und zwar bei den 5jährigen Mitteln 1929—1933 um 6 bis 31 cm.

Die Unterschiede zwischen dem HHW und NNW sind sehr verschieden. Bei Doorgraben, Katjenbüttel und Hekeler Feld sind diese Amplituden bei den SF größer als bei den ST.

Die Mittelwasser der ST liegen in allen Jahren nicht mehr als 50—80 cm unter Gelände; mit Ausnahme von Motzen werden auch bei den NNW 1,0 m nicht unterschritten. Bei den SF liegen MW und NNW jedoch entsprechend tiefer (Einfluß von Dürreperioden).

Da die Jahresmittel, wie schon GWINNER und KOEHNE betonen, für die Beurteilung der jahreszeitlich bedingten Grundwasserschwankungen nicht geeignet sind, werden noch die kurzfristigeren Schwankungen betrachtet.

In Abbildung 14 sind die täglichen Schwankungen der mittleren Wasserstände in der Weser, der Ollen und den Tiefenpegeln des Profils IV für die Zeit vom 15. 10. bis 30. 11. 1928 dargestellt. Es handelt sich um eine Periode mit häufigen starken Niederschlägen und unruhiger Witterung. Die Gleichartigkeit des Ganges der Fluß- und Grundwasserstände ist erkennbar. Diese Erscheinung ist von GWINNER im Profil IV auch für andere Perioden und für die gleiche Periode noch an anderen Profilen nachgewiesen worden. Auch tägliche Beobachtungen an einigen Hausbrunnen zeigten ein ähnliches Bild. Für beide Bewegungen ist die Witterung in gleicher Weise die Ursache. Das zeigt deutlich der Vergleich mit den täglichen Niederschlägen. Durch die wechselnde Höhe der Niederschläge werden Schwankungen der Oberwassermengen und der Flußwasserstände erzeugt, die Niederschläge verursachen aber auch durch die versickernden Wassermengen einen unmittelbaren Anstieg der Grundwasserstände. Im Tidegebiet kommt jedoch noch der Anstieg der Flußwasserstände ($T^{1/2w}$ der Weser) durch den Windstau hinzu, wie er in Abbildung 14 in den Tagen vom 23. bis 27. 11. infolge mehrerer kleiner bis mittl. Sturmfluten (neben den besonders starken Regenfällen) deutlich wird. Dieser im ST Motzen noch sehr deutliche Anstieg tritt aber bei den Grundwasserpegeln weiter landeinwärts nur noch stark gedämpft und abgeschwächt auf. Insbesondere erkennt man auch, daß die Wasserstände der ST Katjenbüttel und Hekeler Feld die relativ starken MW-Schwankungen der Ollen nicht mitmachen. Im ganzen zeigt auch Abbildung 14 deutlich, daß die Wasserstände des unteren Grundwasserstockwerks landeinwärts tiefer liegen als an der Weser (ST Motzen). Im Profil IV wird das Grundwasser von der Weser gespeist, hat also Gefälle landeinwärts. Die Ollen und Neue Ollen dienen als Vorfluter für das Grundwasser der Lechter Mühlenacht und der Brookseite.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt man bei Betrachtung der monatlichen Schwankungen, wie sie in Abbildung 15 für die Monatsmittel des $T^{1/2w}$ der Weser und Ollen sowie der Grundwasserbrunnen bei Motzen und am Doorgraben für die Zeit von Oktober 1931 bis Oktober 1933 aufgetragen sind. In der Ganglinie des $T^{1/2w}$ der Weser ist eine Abhängigkeit

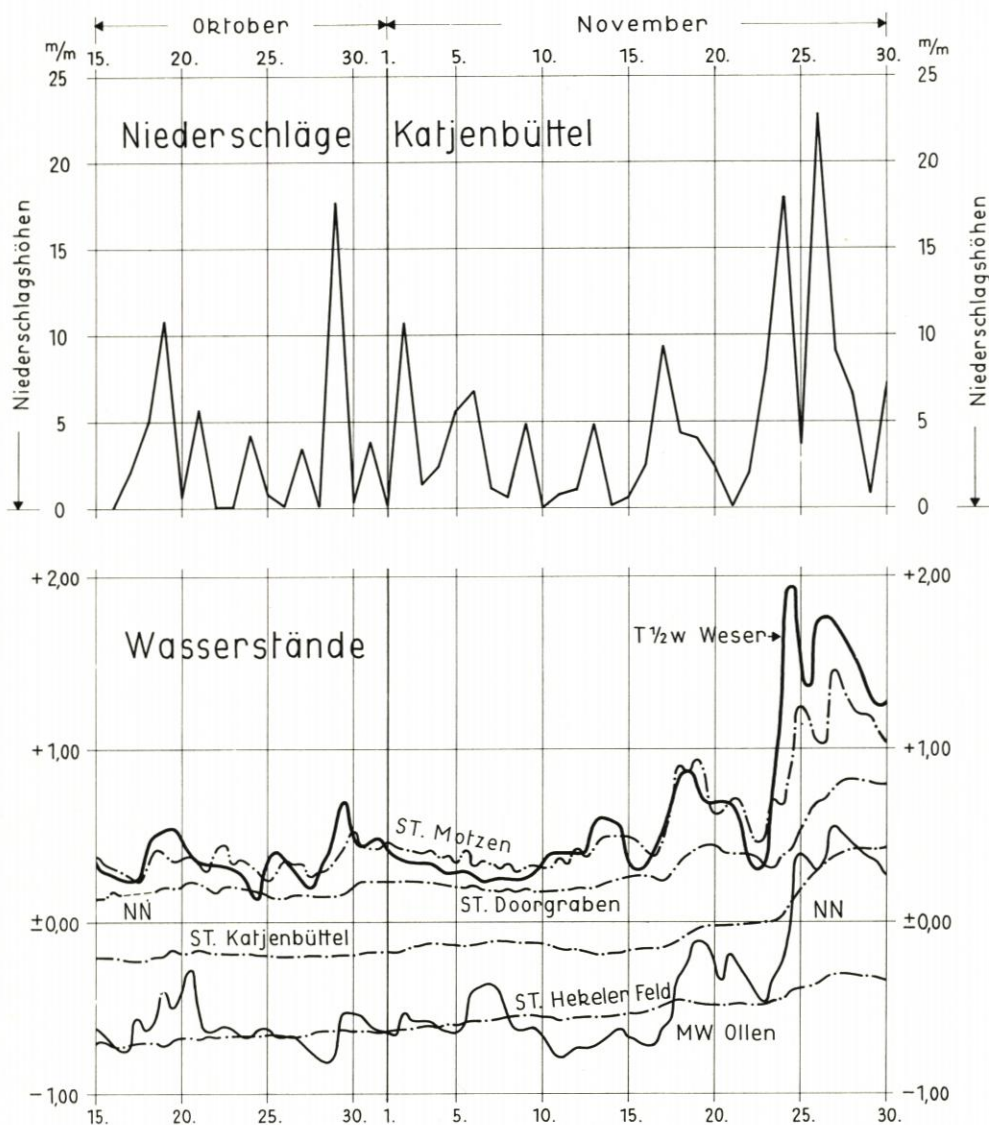


Abb. 14. Mittlere tägliche Wasserstände in den Tiefenpegeln des Profiles IV, in der Weser und in der Ollen. 1928

von der Ganglinie der monatlichen Niederschläge klar ersichtlich. Die Grundwasserstände der ST Motzen und Doorgraben zeigen eine deutliche Gleichgängigkeit mit dem $T_{1/2w}$ der Weser.

Dagegen ist der Gang der Flachbrunnen Motzen und namentlich Doorgraben wesentlich anders. Einmal sind hier die absoluten Unterschiede zwischen den höchsten und niedrigsten Monatsmitteln eines Jahres wesentlich größer als in ST Doorgraben. Ferner zeigen sich z. B. trotz reichlicher Niederschläge im Sommer 1932 niedrige Grundwasserstände. Auch der Sommer 1933 verhält sich ähnlich wie 1932. In beiden Wintern herrschen jedoch trotz geringer Niederschläge hohe Grundwasserstände.

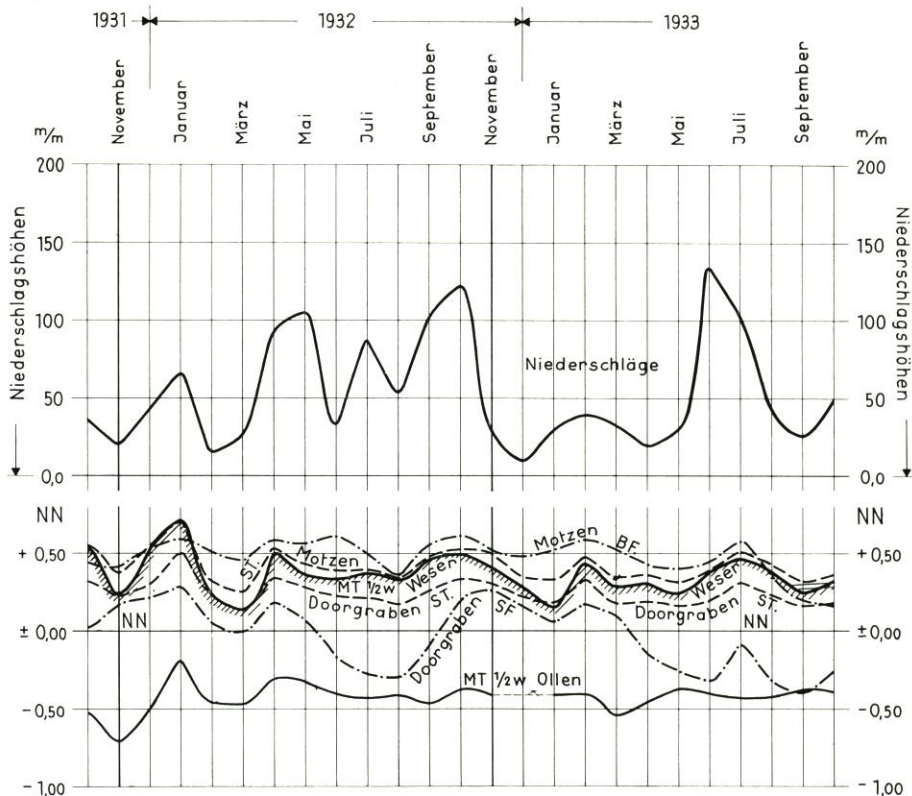


Abb. 15. Monatsmittel der Grundwasserstände im Profil IV, der mittleren Wasserstände der Weser und Ollen sowie monatliche Niederschläge in Katjenbüttel von 1932-1933

Es müssen also auch andere Klimafaktoren mitwirken. Hierüber geben BINSACK und KUNTZE (9) folgende Erklärung an einem ganz ähnlichen Beispiel aus der Wesermarsch:

In den Wintermonaten kann nur wenig Wasser vom Boden verdunsten (hohe Luftfeuchte, niedrige Temperatur). Somit dringt viel Wasser in den Boden ein.

Im Frühjahr, namentlich im Mai, ist die Verdunstung höher als die Niederschläge, so daß praktisch kein Wasser in den Boden eindringt. Zudem verbrauchen unsere landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in diesen Monaten sehr viel Wasser. Das Grundwasser nimmt stetig ab.

Im August—September ist der tiefste Grundwasserstand.

Ab Oktober beginnt wieder ein relativ schneller Anstieg des Grundwasserspiegels.

Dieser hat drei Ursachen:

1. Hohe Niederschläge (schon im August),
2. rasch abnehmende Verdunstung und
3. geringer oder kein Wasserverbrauch durch die Pflanzen (Ernte).

Dieses zeigt, daß das obere Grundwasserstockwerk einen Wasserhaushalt hat, der nicht von den Flußwasserständen, sondern von klimatischen Faktoren abhängig ist. BRÜNE (2) und KOEHNE (8) kommen daher zu dem Ergebnis, daß die Vegetation und der Bodenertrag bei Verhältnissen, wie sie hier in der Marsch vorliegen, vor allem von den Niederschlägen abhängig sind.

Für die Ertragsverhältnisse in der Marsch sind die Grundwasserstände und die Niederschläge in der Vegetationsperiode besonders wichtig. In Abbildung 16 sind daher die Sommer-Mittel (Mai bis Oktober) für den Oberwasserabfluß der Weser (Intschede), die Niederschläge (Bassum), die $T^{1/2}w$ (km 22) und Tnw der Weser (Vegesack und Farge)

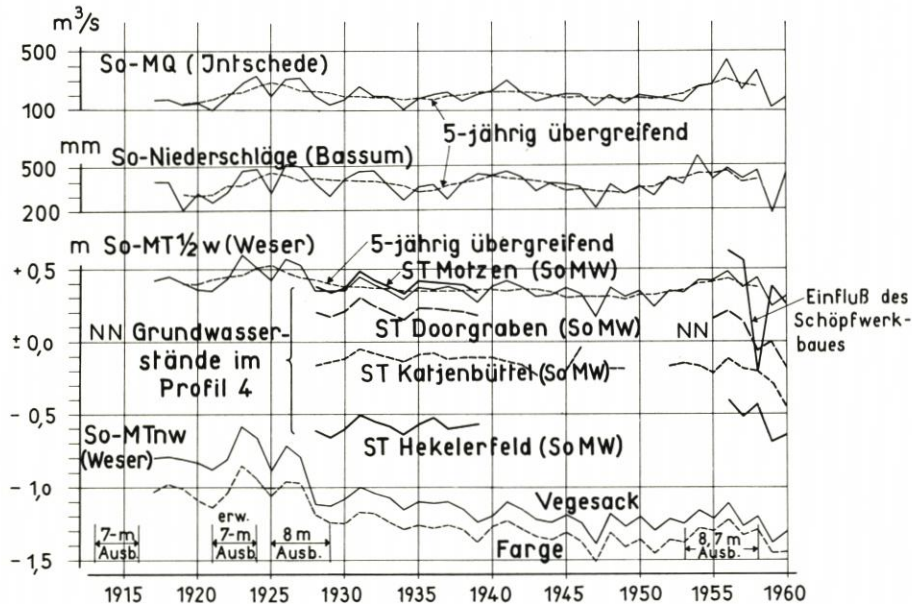


Abb. 16. Sommerwasserstände der Weser und Grundwasserstände im Profil IV von 1917–1960

aufgetragen. Ferner sind die Sommer-Mittel für die ST in Profil IV (Motzen, Doorgraben, Katjenbüttel, Hekeler Feld) aufgetragen, soweit sie vorliegen, d. h. von 1928–1939 und von 1955 bzw. 1956 bis 1960.

Für den Oberwasserabfluß, die Niederschläge und die $MT^{1/2}w$ der Weser sind (gestrichelt) die übergreifenden 5jährigen Mittel eingetragen, durch die die starken jährlichen Schwankungen ausgeglichen werden. Bei allen drei Ganglinien ergeben sich langfristige Schwankungen, die sich bei den $MT^{1/2}w$ der Weser aber in etwas anderer Weise auswirken als bei den Oberwassermengen und Niederschlägen. Festzustellen ist, daß in den Jahren etwa seit 1953 bis 1958 bei allen drei Ganglinien höhere Werte auftreten als in den 40er Jahren.

Die Ganglinien der Grundwasserstände bestätigen die bereits gemachten Feststellungen und zeigen, daß auch die Sommermittelwerte der Tiefbrunnen eine Gleichgängigkeit mit dem $T^{1/2}w$ der Weser aufweisen.

In den Ganglinien der Oberwassermengen, Niederschläge und $T^{1/2}w$ der Weser werden auch die bekannten Trockenjahre durch besonders niedrige Werte deutlich; besonders zeigt sich das auch für das Trockenjahr 1959. Bei den Grundwasserständen ist aber schon 1958 eine Störung erkennbar, die von der starken künstlichen Grundwasserabsenkung beim Bau des neuen Sieles und Schöpfwerks Motzen herrührt. Bei derartigen Bauten sind örtliche künstliche Grundwasserabsenkungen erforderlich, gegenüber denen die infolge der Veränderung der Weserwasserstände eingetretenen ganz unbedeutend sind. Das zeigt sich bei der Ganglinie des ST Motzen, hat sich aber mit geringeren Werten sicher auch noch in Doorgraben und Katjen-

büttel ausgewirkt. Da die außerordentliche Trockenperiode 1959—1960 folgte, haben sich hier die Grundwasserstände auch bis 1960 noch nicht wieder voll ausgeglichen.

Auf Grund der umfangreichen und jahrzehntelangen Beobachtungen, die hier am Beispiel des Profils IV erläutert wurden, kommt KOEHNE (8) in seinem Gutachten zu dem Ergebnis, daß man allgemein selbst für den langen Zeitraum seit 1879 von einer starken Grundwasserabsenkung nicht sprechen kann und daß hierdurch eine Verdichtung des Untergrundes nicht hervorgerufen sein kann. Das geringe Sinken des Weserwasserspiegels habe die Wachstumsbedingungen der Marschböden nicht im geringsten beeinflußt. Er schließt die Möglichkeit eines Einflusses auf die Vegetation auf sandigen Flächen nicht ganz aus; diese sind aber nur in geringem Umfange vorhanden. Eine gewisse Schädigung von in der Nähe der Weser gelegenen Hausbrunnen hält KOEHNE für gegeben.

Das pflanzensoziologische Gutachten von K. WALTHER (16) aus dem Jahre 1960 kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Es wird nachgewiesen, daß die Grünlandvegetation des Gebietes bis auf wenige kleinflächige Parzellenteile durch eine von der Grundwasserabsenkung verursachte Austrocknung nicht geschädigt sein kann. Die Bodenfeuchtigkeit anzeigenden Gesellschaften und feuchtigkeitsliebenden minderwertigen Grünlandpflanzen haben zugenommen. Die Gründe sind falsche Bewirtschaftung, zum Teil jedoch ist eine Vernässung infolge der Stilllegung der (früher vorhandenen) Wassermühlen anzunehmen.

VII. Die Umstellung der Entwässerung in Stedingen durch Verbesserung des Sielzuges und Bau von Schöpfwerken

Die ausreichende Entwässerung der Marschgebiete an der Unterweser machte wegen ihrer tiefen Lage zum Meeresspiegel in früherer Zeit sehr große Schwierigkeiten. Namentlich in der Winterzeit war es oft kaum möglich, die Wasserstände im Gebiet von Stedingen ausreichend zu senken. Daher wurde Anfang des 19. Jahrhunderts eine Aufteilung in Polder vorgenommen und eine Anzahl von Wassermühlen errichtet (insgesamt zuletzt 18 „Wasserschraumbmühlen“).

Wenn die Landwirtschaft infolge des Weserausbaues einerseits Nachteile durch die Absenkung der Tideniedrigwasserstände in der Weser und Hunte befürchtet hatte, so war hierdurch andererseits die Möglichkeit gegeben, die Entwässerung der Marsch grundlegend zu verbessern. Schon bei den in den 90er Jahren vorhandenen Sielen machten sich diese Vorteile bemerkbar.

Der oldenburgische Oberdeichgräfe TENGE (12) schreibt schon in seiner Abhandlung aus dem Jahre 1896 bei der Erörterung geplanter Entwässerungsmaßnahmen, daß an solche nicht mehr gedacht werde, *„da die Siele, die sich früher oft monatelang entweder gar nicht oder nur während weniger Stunden täglich öffneten, in der Regel dem Abwässerungsbedürfnisse genügen, und die Mühlen, welche das Wasser nach den Sieltiefen aufpumpen, nur noch halbe Arbeit finden“*. Um die günstigeren Vorflutverhältnisse auszunutzen, wurde — wie bereits erwähnt — als Ersatz für drei alte Siele, die bei Dreisielen in die Hunte entwässerten, im Jahre 1924 das neue Lichtenberger Siel errichtet (Abb. 8). Dieses erhielt eine lichte Weite von 15,0 m (statt 9,0 m bei den drei alten Sielen); sein Drempeel liegt auf — 2,42 m unter NN (gegenüber — 1,25 m der alten Siele). Seine Durchflußkapazität ist daher auch entsprechend größer.

Die Entwicklung des Sielzuges am Lichtenberger Siel (bzw. den früheren drei Sielen) ist in Abbildung 17 durch einen Vergleich der früheren und heutigen mittleren Tidekurven des nahe gelegenen Pegels Huntebrück näher untersucht worden (mittlere Tidekurven für 1886/90,

1923 und 1951/55). Hieraus ist ersichtlich, daß sich (bei einer nur geringfügigen Hebung des MThw um 14 cm)

das MTnw bis 1923 um 73 cm,
bis 1951/55 um 97 cm

gesenkt hat.

In den Kreisen der Landwirtschaft ist oft die Ansicht vertreten worden, daß der Sielzug durch den Weserausbau beeinträchtigt werde und insbesondere die Sielzugzeiten verkürzt würden. Abbildung 17 zeigt, daß dies nicht der Fall ist.

I. Veränderung der mittl. Tidekurve am Pegel Huntebrück mit Angabe der zulässigen Binnenwasserstände am Lichtenberger Siel

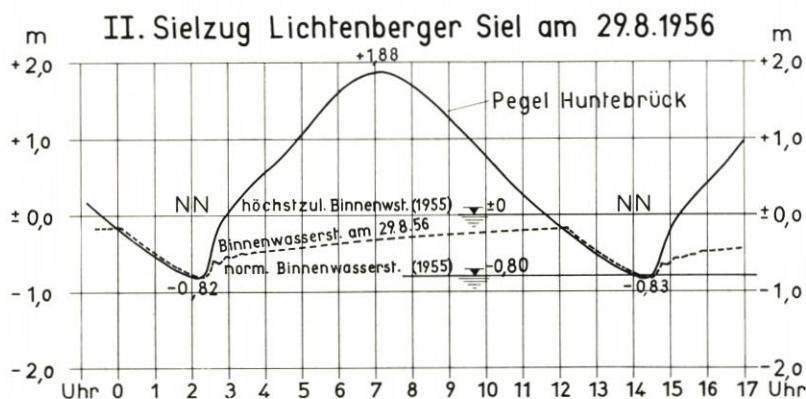
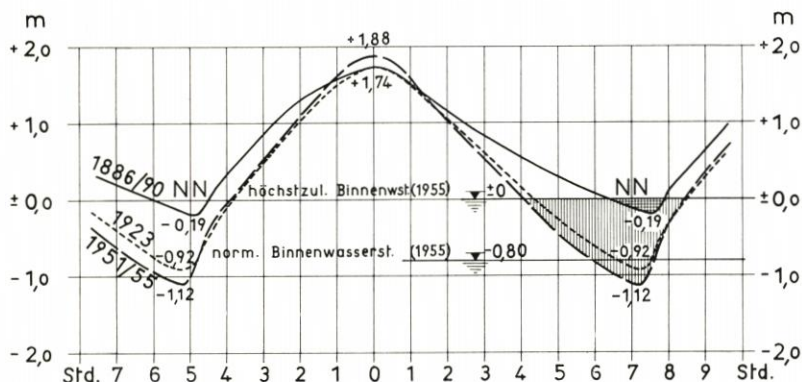


Abb. 17. Verbesserung des Sielzuges für die große Lechter Mühlenacht mit Sielzug am Lichtenberger Siel

Über die Höhe der festgesetzten Binnenwasserstände konnten für die frühere Zeit keine bestimmten Angaben in Erfahrung gebracht werden. Für das Jahr 1956 sind sie bekannt. Nach Inbetriebnahme des neuen Schöpfwerks am Lichtenberger Siel (1957) wurden sie nochmals um 20 cm gesenkt. Hierbei ist unterschieden zwischen dem Normalwasserstand und dem höchsten zulässigen Wasserstand. Es muß nach Abbildung 17 angenommen werden, daß um 1886/90 der Normalwasserstand nicht niedriger als ± 0 NN gelegen hat, da die Siele bei einem MTnw

von NN — 0,19 m sonst keine genügende Vorflut gehabt haben können; der höchstzulässige Wasserstand wird mindestens 0,50 bis 0,80 m höher gelegen haben. Danach ergeben sich folgende Werte für die Binnenwasserstände (bezogen auf NN):

Zeitpunkt	Normal- wasserstand:	höchster zulässiger Wasserstand:
1886/90 (wahrscheinliche Werte)	± 0	+ 0,50 bis + 0,80
1956	— 0,80	± 0
1960	— 1,00	— 0,20

Es ist erkennbar, daß die für die Entwässerung wirksamen Druckhöhen des früheren Normalwasserstandes (± 0) gegenüber dem MTnw sich von 19 auf 92 cm vergrößert haben und sich auch die SIELzugdauer für einen solchen Binnenwasserstand von etwa 1,5 auf 4,5 Stunden verlängert hat. Die erheblich besseren Entwässerungsmöglichkeiten sind hieraus offensichtlich.

Daß die angestrebten Binnenwasserstände in dem neuen SIEL auch tatsächlich eingehalten werden können, zeigt der im unteren Teil von Abbildung 17 dargestellte SIELzug der annähernd normalen Tagesstide vom 29. 8. 1956 am Lichtenberger SIEL. Es handelt sich offenbar um einen Tag mit verhältnismäßig geringem Abfluß aus dem SIEL, da in der SIELöffnungszeit der Binnenwasserstand sich mit dem Außenwasserstand fast vollkommen ausspiegelte.

Eine weitere grundlegende Verbesserung der Entwässerung des Gebietes von Stedingen wurde durch die Inbetriebnahme des

Mündungsschöpfwerkes am Lichtenberger SIEL
(rund 16,2 m³/s Pumpleistung) im Jahre 1957

und des

Sieles mit Mündungsschöpfwerk in Motzen an der Unterweser
(rund 14,8 m³/s Pumpleistung) im Jahre 1960

erreicht. Beide Schöpfwerke entwässern ein Gebiet von zusammen rund 21 200 ha (Abb. 8).

Das SIEL in Motzen hat zwei Öffnungen von je 6,0 m lichter Weite erhalten bei einer Höhenlage des DREMPels von NN — 3,00 m. Der höchste zulässige Binnenwasserstand wurde auf NN + 0,05 m, der mittlere Binnenwasserstand auf NN — 0,90 m festgesetzt. Damit ergeben sich ähnlich günstige Entwässerungsmöglichkeiten wie am Lichtenberger SIEL (siehe oben). Die SIELzugdauer beträgt bei mittleren Tideverhältnissen etwa 3,5 Stunden.

Vergleichsweise ist darauf hinzuweisen, daß die Sommer-Mittelwasserstände in den Tiefbrunnen des Profils IV (Abb. 16) bis 1960 etwa folgende Werte gehabt haben:

ST Motzen: NN + 0,30 bis + 0,40 m,
ST Doorgraben: NN — 0,10 bis — 0,20 m,
ST Katjenbüttel: NN — 0,60 bis — 0,70 m.

Diese Grundwasserstände des unteren Stockwerks liegen demnach höher als der festgelegte mittlere Binnenwasserstand (NN — 0,90 m) am neuen SIEL in Motzen.

Mit der Errichtung des Sieles und Schöpfwerks in Motzen wurde auch eine andere Einteilung des zu entwässernden Gebietes vorgenommen. Das Piependammer SIEL wurde geschlossen. Das SIEL und Schöpfwerk Motzen soll der Verbesserung der Vorflut und weitgehend der gesonderten, vom Geestwasser unbehinderten Entwässerung der eigentlichen Niederung dienen. Die bisher in die Niederung fließenden Geestwasserläufe wurden in die Berne geleitet, die zum Lichtenberger SIEL entwässert (Einzugsgebiet einschließlich eines Teils des Niederungsgebietes linksseitig der Berne rund 10 100 ha). Von Motzen wurde ein Stichkanal bis zur Ollen und von

der Ollen ein Verbindungskanal bis zum Stedinger Kanal (Sassengraben) hergestellt. Hierdurch ist an das Siel und Schöpfwerk Motzen ein Niederungsgebiet von rund 11 100 ha angeschlossen.

Mit der geschilderten Neuregelung der Entwässerungsverhältnisse in Stedingen ist es möglich, den Wasserhaushalt weit besser zu beherrschen als früher.

VIII. Zusammenfassung

Das Ergebnis der Untersuchungen über die Grundwasserbewegung kann wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Durch den Ausbau der Unterweser sind Veränderungen der Flußwasserstände eingetreten, hauptsächlich durch eine starke Absenkung der Tnw. Für die Veränderungen der Grundwasserstände in den Uferzonen ist jedoch hauptsächlich das $T^1/2w$ maßgebend, dessen Absenkung wesentlich geringer ist, als die des Tnw.
Das Ausmaß dieser Veränderungen ist in Bremen—Große Weserbrücke am größten, nimmt aber stromabwärts bis zur Huntemündung (Elsfleth) auf geringe Werte ab. Im näher untersuchten Profil IV im Lande Stedingen (km 22 der Unterweser) betragen die Absenkungen:

	beim MTnw:	$MT^1/2w$:
von 1886/90 bis 1917/21:	105 cm	51 cm
von 1917/21 bis 1951/55:	42 cm	9 cm
zusammen:	147 cm	60 cm

2. Ein Vergleich zwischen den Grundwasserpegeln Fuhrberg (nördlich Hannover) und Schohasbergen (auf der Vorgeest bei Delmenhorst) hat gezeigt, daß bei beiden Pegeln seit etwa 1915 eine Absenkung der Grundwasserstände im ganzen nicht eingetreten ist.
Die Wasserstände der niedrigsten Monatsmittel in Trockenjahren unter den 40jährigen Jahresmitteln liegen in Fuhrberg niedriger als in Schohasbergen. Das niedrigste Monatsmittel überhaupt ist in Schohasbergen im September 1921 eingetreten.
Die Unterschiede zwischen den höchsten und niedrigsten Monatsmitteln sind in Fuhrberg größer als in Schohasbergen und diese wieder größer als in ST Motzen.
3. In weiten Gebieten der Wesermarsch, auch von Stedingen (Profil IV), steht unter der Deckschicht aus Lehm- und Tonboden ein unteres Grundwasserstockwerk an, das mit den Weserwasserständen in Verbindung steht und gespannt ist.
In der Lehm- und Tonschicht befindet sich eine undurchlässige Schicht, über der ein oberes Grundwasserstockwerk steht, dessen Wasserstandsschwankungen größer sind als die des unteren Stockwerks. Der Wasserhaushalt des oberen Grundwasserstockwerks hängt nicht von den Flußwasserständen, sondern hauptsächlich von den Niederschlägen und anderen Klimafaktoren ab.
Die entspannten Grundwasserstände des unteren Stockwerks liegen im allgemeinen etwas höher als die Grundwasserstände des oberen Stockwerks. Der Druck des unteren Grundwasserstockwerks hat sich durch die Absenkung der Weserwasserstände etwas vermindert, ist aber noch vorhanden.
4. Die Grundwasserstände in dem unteren Stockwerk der Uferzone machen nur die langfristigen Schwankungen der Flußwasserstände mit. Die kurzfristigen Tideschwankungen des Flusses wirken sich nur in Ufernähe stark gedämpft aus; dieser Einfluß hört im Profil IV in etwa 1000 m Entfernung vom Fluß auf.
5. Im Profil IV in Stedingen fällt die Geländeoberfläche landeinwärts bis in das niedrige Gebiet der Brookseite.
Ebenso fallen die im wesentlichen vom $T^1/2w$ der Weser abhängigen Grundwasserstände des unteren Stockwerks im Profil IV landeinwärts ab. Das Grundwasser wird von der Weser gespeist. Die Ollen und die übrigen Hauptwasserzüge dienen als Vorfluter für die Entwässerung der sehr niedrig gelegenen Gebiete.
6. Eine wesentliche Absenkung der Grundwasserstände des mit der Weser in Verbindung stehenden unteren Stockwerks im Profil IV ist seit Aufnahme der Beobachtungen nicht erkenn-

bar. Von 1958 bis 1960 sind die Grundwasserstände im Profil IV durch die starke künstliche Grundwasserabsenkung beim Bau des Schöpfwerks Motzen und die anschließende Trockenperiode gestört (Abb. 16).

7. Durch die eingetretene Absenkung der Tide-Niedrigwasserstände in der Unterweser und Unteren Hunte sind die Möglichkeiten für die Sielentwässerung von Stedingen wesentlich verbessert worden. An dem neuen Lichtenberger Siel können die Binnenwasserstände ohne Schöpfwerksbetrieb um etwa 1,0 m tiefer gehalten werden als früher. Dies kommt den Hauptentwässerungszügen des Stedinger Gebietes zugute.

Ähnlich günstige Entwässerungsverhältnisse ergeben sich auch an dem 1960 in Betrieb genommenen neuen Siel bei Motzen an der Unterweser.

8. Die an beiden Sielen errichteten Schöpfwerke erlauben es, den Wasserhaushalt weit besser zu beherrschen als früher.

Nach den angeführten Gutachten leidet das hier betrachtete Gebiet nicht an Wassermangel. Die Vegetation und die Bodenerträge sind auch nicht von den Flußwasserständen, sondern unter den vorliegenden Verhältnissen vor allem von den Niederschlägen abhängig. Die Ursachen der teils unbefriedigenden Erträge müssen daher auf anderem Gebiet liegen. KUNZE und BINSACK (10) führen aus:

„Die schwerste Hypothek des Marschbauern ist bis heute das Zuviel an Wasser. Das wirkt sich besonders auf den häufig schweren Marschboden im Hinblick auf seine Bearbeitung und Ertragsfähigkeit nachteilig aus. Über lange Zeiträume hatte dieses einen wirtschaftlichen Niedergang weiter Gebiete entlang der deutschen Nordseeküste zur Folge.“

Die Verfasser betrachten die Binnenentwässerung als eine der wesentlichsten Maßnahmen. Erst hierdurch wird eine ausreichende Bodendurchlüftung ermöglicht, durch welche die Bewurzelungstiefe der Kulturpflanzen vergrößert wird. Auf den Grünlandflächen der Marschen ist diese Bewurzelungstiefe meist äußerst gering. „Kein Boden ist so dankbar für eine Durchlüftung durch Wasserabsenkung wie der Marschboden“ (HUSEMANN [6]).

Daneben spielt aber vielfach auch die Nährstoffarmut der Marschböden (insbesondere Kalkarmut), teils als Alterserscheinung, teils aber auch wegen unzureichender Düngung und Pflege, eine große Rolle. Hierauf wird im Schrifttum immer wieder hingewiesen (z. B. BRÜNE [2] und frühere Gutachten).

HUSEMANN (6) hat in seiner ausführlichen Abhandlung die Möglichkeiten für Meliorationsmaßnahmen in der Marsch untersucht. Er betont insbesondere die Notwendigkeit einer systematischen Versuchsanstellung in Verbindung mit grundlegenden Bodenuntersuchungen und eingehenden Feststellungen über den jeweiligen Wasserhaushalt des untersuchten Gebietes.

Im Rahmen solcher umfassenden Untersuchungen stellen die geschilderten Grundwasserhältnisse nur ein Teilgebiet dar. Die verbesserte Sielentwässerung und der Bau der beiden Mündungsschöpfwerke haben in Stedingen eine der Voraussetzungen für die Verbesserung der Ertragsfähigkeit geschaffen.

Schriftenverzeichnis

- (1) BRÜNE, Fr., DEPKEN, GEBKEN: Gutachten der Moorversuchsstation Bremen über die Große Lechter Mühlenacht vom 10. 7. 1935 (nicht veröffentlicht).
- (2) BRÜNE, Fr.: Die Grundwasserabsenkungen im linksrheinischen Erftgebiet und ihr Einfluß auf die Ertragsfähigkeit der dortigen Lößlehm Böden. Wasser und Boden, 1960, H. 10.
- (3) FRIEDRICHS: Das Gebiet der Deichordnung. Heimatkunde des Herzogtums Oldenburg, 2. Bd., 1913.
- (4) GWINNER, R.: Die Grundwasserverhältnisse an der Unterweser. Veröffentlichungen des Provinzial-Instituts für Landesplanung und niedersächsische Landesforschung. Oldenburg, R. A. I. Bd. 24, 1945.

- (5) HUSEMANN, C.: Wasserwirtschaft und Grünlandleistungen auf den verschiedensten Böden. Wasser und Boden, 1951, H. 7.
- (6) HUSEMANN, C.: Die Standortuntersuchung und ihre Auswertung unter Berücksichtigung der meliorationsbedürftigen Marsch. Der Kulturtechniker, 1959, Juli-August.
- (7) KOEHNE, W.: Grundwasserkunde. Stuttgart 1948.
- (8) KOEHNE, W.: Gutachten zur Frage der Grundwasserabsenkung und ihrer Folgen im Gebiete der Delmenhorster Wasseracht, der Ochtumer Mühlenacht, der Sannau-Altenescher Mühlenacht und der Großen Lechter Mühlenacht vom 2. 5. 1952 (nicht veröffentlicht).
- (9) KUNTZE und BINSACK: Die hydrologischen Vorgänge im Boden und ihre Nutzbarmachung für die Landeskultur. Praxis und Forschung, Oldenburg 1959, Nr. 4.
- (10) KUNTZE und BINSACK: Kritische Beobachtungen zu den heute anwendbaren Methoden der Dränabstandsrechnung bei Marschböden. Praxis und Forschung, Oldenburg 1959, Nr. 5.
- (11) SCHULZE, F. W. O.: Seehafenbau, 1911, Bd. I.
- (12) TENGE: Die Korrektur der unteren Hunte und ihre Vorgeschichte. Zeitschrift für Verwaltung und Rechtspflege im Großherzogtum Oldenburg, Bd. 23, 1896.
- (13) WALTHER, F.: Beobachtungen über die Grundwasserbewegung hinter einer dichten Uferwand im Tidegebiet. Bautechnik 1932, S. 495—497.
- (14) WALTHER, F.: Veränderungen der Wasserstände und Gezeiten in der Unterweser als Folge des Ausbaues. Hansa, 1954, Nr. 21/22.
- (15) WALTHER, K.: Die Pflanzengesellschaften der Delmenhorster Wasseracht und ihre Wasserversorgung. Arbeiten aus der Zentralstelle für Vegetationskartierung, Stolzenau 1952.
- (16) WALTHER, K.: Pflanzensoziologisches Gutachten über die Auswirkungen des 8-m-Ausbaues der Unterweser auf die Grünland-Vegetation der Großen Lechter Mühlenacht. Arbeiten aus der Bundesanstalt für Vegetationskartierung, Stolzenau/Weser 1960.
- (17) WECHMANN und GROTH: Gutachtliche Äußerung der Landesanstalt für Gewässerkunde und Hauptnivelements, Berlin zu den Beschwerden gegen die Entscheidung der oldenburgischen Auslegungsbehörde I. Instanz für den Ausbau der Unterweser vom 15. 2. 1937 (nicht veröffentlicht).