

HEINZ-JÜRGEN BROSIN

Hydrographie und Wasserhaushalt der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst

(Veröffentlichungen des Geophysikalischen Instituts der Karl-Marx-Universität Leipzig,
Band XVIII, Heft 3)

1965. 105 Seiten — 20 Abbildungen — 13 Tabellen — 8° — 19,— MDN

Die Boddengewässer südlich des Darß und des Zingst wurden von Juli 1960 bis Dezember 1963 im Rahmen eines Forschungsauftrages vom Maritimen Observatorium Zingst näher erkundet und wissenschaftlich untersucht.

In dieser Arbeit werden nach einer Übersicht über morphologische Besonderheiten und die Entstehung der untersuchten Boddengebiete die einzelnen hydrographischen Elemente diskutiert (Salz-, Sauerstoff- und Spurenstoffgehalt, Temperatur, Sicht, Trübung, Fluoreszenz, Seegang, Strömungs- und Eisverhältnisse). Anschließend wird die Gliederung des Wasserhaushalts und das Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren beim Wasseraustausch zwischen Bodden und Ostsee erklärt. Die Bestimmung des Wasseraustausches erfolgt quantitativ, außerdem werden die anderen Wasserhaushaltskomponenten berechnet, so daß für mittlere Verhältnisse und für den Untersuchungszeitraum die Aufstellung von Wasserhaushaltsgleichungen möglich ist.

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten



AKADEMIE · VERLAG · BERLIN

DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

BEITRÄGE ZUR MEERESKUNDE

HERAUSGEGEBEN

VON

ERICH BRUNS

UNTER MITWIRKUNG VON

OTTO KOLP, GÜNTHER SAGER und KLAUS VOIGT

HEFT 19



AKADEMIE · VERLAG · BERLIN

1966

DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

BEITRÄGE ZUR MEERESKUNDE

HERAUSGEGEBEN

VON

ERICH BRUNS

UNTER MITWIRKUNG VON

OTTO KOLP, GÜNTHER SAGER und KLAUS VOIGT

HEFT 19



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1966

1966.898

Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, 108 Berlin, Leipziger Straße 3-4
Copyright 1966 by Akademie-Verlag GmbH
Lizenznummer: 202 · 100/550/66
Kartengenehmigung: Nr. 458/66
Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza
Bestellnummer: 2105/19 · ES 18 E 4

INHALT

ZDZISLAW MIKULSKI: Wasserhaushalt der baltischen Haffs . . .	5
KARL-HEINZ ROHDE: Untersuchungen über die Calcium- und Magnesiumanomalie in der Ostsee	18
GÜNTHER SAGER und RUDOLF SAMMLER: Die Superposition der lunaren und solaren Haupttiden für verschiedenes Amplitudenverhältnis.	32
GÜNTHER SAGER: Karten der stündlichen Tidewasserstandsdi- ferenzen 2 Tage nach den Syzygien in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See.	60
GÜNTHER SAGER: Die maximale Vertikalgeschwindigkeit der Ge- zeiten zur mittleren Spring- und Nippzeit in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See.	67
PETER HUFFER: Ozeanologische Aspekte der industriellen Meer- wasserentsalzung.	71

Wasserhaushalt der baltischen Haffs

Von ZDZISLAW MIKULSKI

Zusammenfassung: Die Arbeit behandelt den Wasserhaushalt des Stettiner Haffs, des Frischen und des Kurischen Haffs, als der Sammelbehälter großer Flüsse, welche in die Ostsee münden. Es sind dies vor allem die Oder, der Pregel und die Memel. Das Hauptaugenmerk ist auf die beiden ersten Haffs gerichtet, während das Kurische Haff als Vergleichsobjekt behandelt wird. Die Bilanz wurde in monatlichen Abschnitten ausgeführt für die Jahre 1951–1960, wobei die folgenden Elemente untersucht wurden: Niederschlag, Verdunstung sowie der Zufluß durch Binnengewässer und vom Meere. Der Autor bearbeitete eine vereinfachte Methode der Berechnung des Meereszuflusses in das Haff und insbesondere des Zuflusses der Binnengewässer.

Der Vergleich des Wasserhaushaltes der einzelnen Haffs ermöglichte eine Charakteristik ihres hydrologischen Regimes. Der größte intensive Austausch des Wassers findet im Stettiner Haff statt. Die hydrographischen Verhältnisse des Frischen Haffs ändern sich im Verlauf der Jahrhunderte. Gegenwärtig überwiegt dort der Einfluß des Meeres. Das Kurische Haff endlich zeigt weitgehend die Charakterzüge eines Binnengewässers und unterliegt dem Einfluß des Meeres nur in geringem Maße.

Unsere Kenntnisse über die Ostseehaffs sind verhältnismäßig klein. Die wachsenden wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bedürfnisse verlangten die Klärung einer Reihe von Prozessen und Erscheinungen, welche in den Gebieten der gegenseitigen Mischung der Elemente des Meeres und der Binnengewässer auftraten.

Die Entwicklung der Schifffahrt und der Meereswirtschaft verlangten eine ausführliche Kenntnis der Dynamik dieser Gewässer, um sie rationell bewirtschaften und ausnutzen zu können. Zum Beispiel verlangt der etwa 60 km vom Meere entfernte Hafen Szczecin die Ergreifung von dringenden Maßregeln zwecks Erhaltung und Verbesserung des Wasserweges Świnoujście—Szczecin.

Diese Maßnahme ist ausschlaggebend für das Leben und den Aufschwung dieses Hafens. Die geplante Entwicklung des Wasserweges Kaliningrad—Magdeburg, welcher durch polnisches Gebiet verläuft, macht es nötig, die Dynamik der Wasser des Frischen Haffs zu studieren. Auch die Fischerei an der Meeresküste ist daran interessiert. Das Problem der Überschwemmungsgefahr ist ebenfalls sehr wichtig, und vieles andere mehr. Bisher interessierten sich besonders die Ozeanologen für die Ostseehaffs, wobei der Einfluß der Festlandsabflüsse unterschätzt oder nicht beachtet wurde. Andererseits sträubten sich die Hydrologen, die Probleme der Haffs zu erforschen. Im Resultat ist unsere Kenntnis

dieser Thematik einseitig, was sich in der wissenschaftlichen Literatur auf diesem Gebiet zeigt.

Diese Arbeit behandelt den Wasserhaushalt der drei Haupthaffs der Ostsee: des Stettiner, des Frischen und des Kurischen Haffs, als der Sammelbehälter großer Flüsse des Niederschlagsgebietes der Ostsee: der Oder, des Pregel und der Memel. Das Hauptaugenmerk ist auf die beiden ersten gerichtet, während das Kurische Haff als Vergleichsobjekt behandelt wird (Tab. 1, Abb. 1 und 2).

TABELLE I
Morphometrische Elemente der Ostsee-Haffs

Haff	Oberfläche km ²		Tiefe m		Länge des Haffs km	Breite des Haffs km	Volumen des Haffs km ³
	Einzugsgebiet	Haff	mittl.	max.			
Stettiner	122712	968	3,4	8,5	48	25	3,31
Frisches	23439	838	2,6	5,1	91	9,2	2,30
Kurisches	100458	1610	3,7	7,4	93	46	6,20

Der Wasserhaushalt der Haffs wird bestimmt durch den Einstrom von Meerwasser und durch den Abfluß von Wasser aus den Haffs in das Meer sowie durch den Austausch von Wasser mit der Atmosphäre als Niederschlag und Verdunstung. Unterirdische Zu- oder Abflüsse wurden nicht berücksichtigt. Diese wurden bisher nicht untersucht. Ihr Einfluß ist aber wahrscheinlich sehr klein.

Die Gleichung des Wasserhaushaltes lautet folgendermaßen:

$$(L + M - H) + (P - E) \pm \Delta V = 0,$$

- wo L – Zufluß der Binnengewässer,
 M – Einstrom von Meereswasser,
 H – Abfluß des Haffwassers zum Meere,
 P – Niederschlag auf die Oberfläche des Haffs,
 E – Verdunstung von der Oberfläche des Wassers,
 ΔV – Differenz der Retention des Wassers im Haff

ist.

Der Wasserhaushalt wurde in monatlichen Abschnitten für die Jahre 1951–1960 bestimmt (km³).

Der Zufluß der Binnengewässer (L) ist das Element des Wasserhaushaltes, welchem die größte Aufmerksamkeit gewährt wurde. Es wurden dabei die hydrologischen Verhältnisse in den Mündungsstrecken der Hauptflüsse, die die Haffs auffüllen, und besonders die Verteilung des Abflusses der Mündungsarme dieser Flüsse (Oder, Weichsel, Pregel, Memel) betrachtet. Diese Probleme wurden bisher in der wissenschaftlichen Literatur zu wenig beachtet, während ihre Rolle für die Verhältnisse in den Haffs oft sehr wesentlich ist. Zum Beispiel darf bemerkt werden, daß seit der Zeit der Abzweigung der Nogat von der Weichsel keine Proben der Berechnung des Abflusses dieses Mündungsarmes durchgeführt

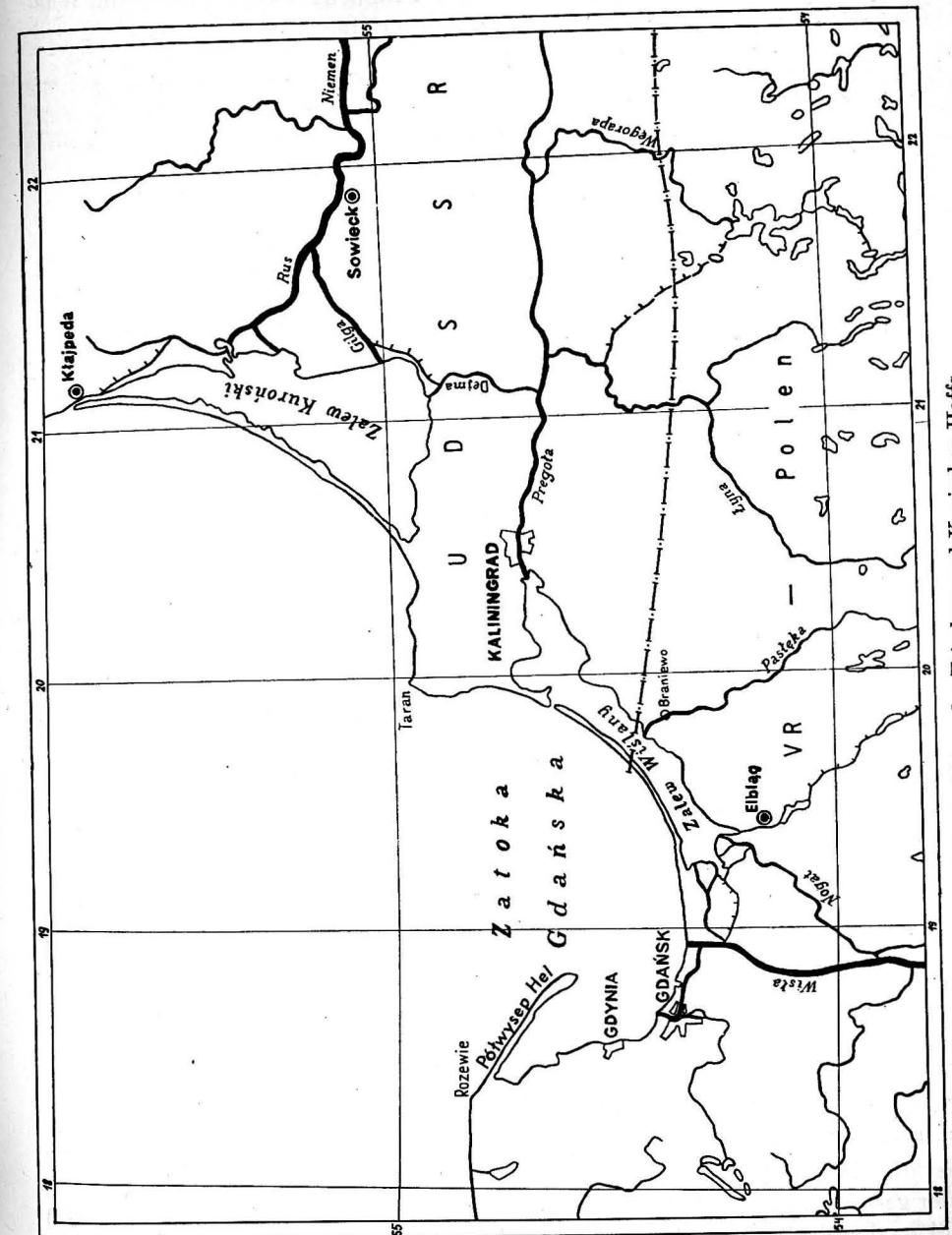


Abb. 1. Skizze des Frischen und Kurischen Haffs.

wurden. In der Berechnung des Zuflusses der Binnengewässer wurden die Wassermengen des ganzen Niederschlagsgebietes der Haffs berücksichtigt.

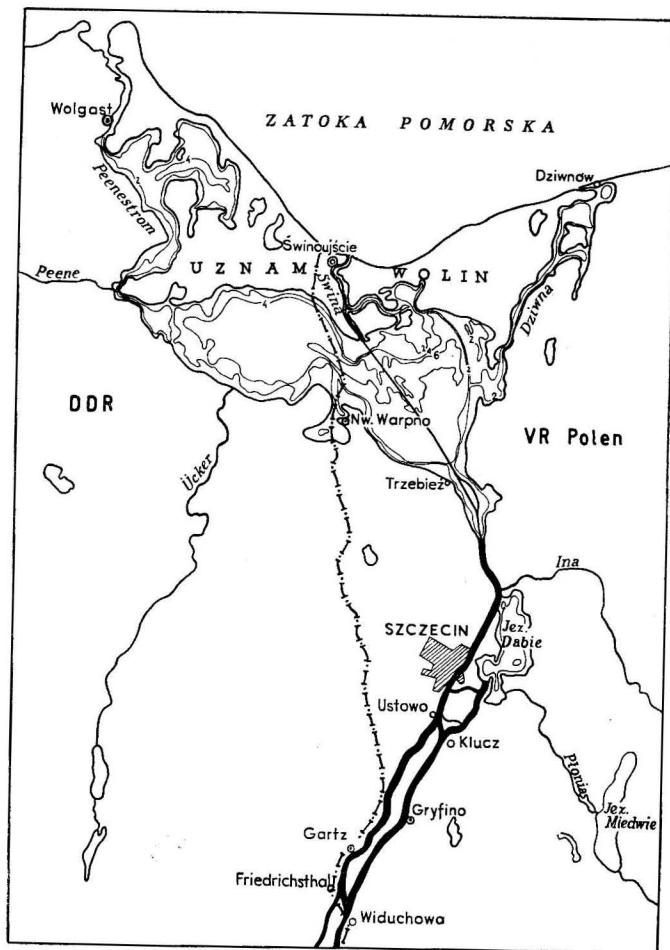


Abb. 2. Skizze des Stettiner Haffs

Das Stettiner Haff ist vor allem ein Wasserempfänger der Oder (Tab. 2). Diese bringt 95% der in das Haff gelangenden Festlandsabflüsse.

Eine andere Situation ist augenblicklich im Frischen Haff vorhanden. Zwar ist die Hauptzufuhr der Pregel, doch seine Wasserzuführung beträgt nur 44% der gesamten Festlandsabflüsse. Die Nogat bringt 17%, die Pasleka (Passarge) 14%; der Rest der Zuflüsse spielt keine größere Rolle (Tab. 3). Das Kurische Haff wird dagegen fast vollständig durch die Memel aufgefüllt (98% aller Festlandsabflüsse).

TABELLE 2
Abflüsse der unteren Oder (m^3/s) in den Jahren 1951—1960

Bezeichnung des Einzugsgebietes	Monate												Winter XI—IV	Sommer V—X	Jahr XI—X			
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X						
Oder oberhalb Widuchowa Östliche Oder Westliche Oder	325	398	526	655	697	612	488	317	372	338	274	293	535	347	441	535	347	441
	275	336	435	529	519	469	394	277	314	291	246	256	427	297	362	427	297	362
	50	62	91	126	178	143	94	40	58	47	28	37	108	50	79	108	50	79
Östliche Oder unterhalb Widuchowa Regalica Kanal Klucz-Ustowo	277	339	438	533	523	472	396	278	316	293	248	258	430	298	364	430	298	364
	230	265	360	433	430	383	313	217	250	235	184	192	350	232	291	350	232	291
	47	74	78	100	93	89	83	61	66	58	64	66	80	66	73	80	66	73
Westliche Oder unterhalb Widuchowa Zufluß aus dem Einzugsgebiet Westl. Oder unterhalb Friedrichsthal	50	62	91	126	178	143	94	40	58	47	28	37	108	50	79	108	50	79
	2,60	3,20	3,80	4,10	5,40	4,10	3,20	2,50	1,30	1,90	1,70	2,00	3,86	2,10	3,00	3,86	2,10	3,00
	53	65	95	130	183	147	97	42	59	49	30	39	112	52	82	112	52	82
Westl. Oder (mit Zufluß aus dem Einzugsgebiet) Kanal Klucz-Ustowo Stettiner Oder	54	66	97	132	186	149	98	43	60	50	31	40	114	54	84	114	54	84
	47	74	78	100	93	89	83	61	66	58	64	66	80	66	73	80	66	73
	101	140	175	232	279	238	181	104	126	108	95	106	194	120	157	194	120	157
Stettiner Oder Abfluß aus dem Dabie See (Regalica und unmittelbares Einzugsgebiet des Dabie Sees) Oder (Domiaza)	101	140	175	232	279	238	181	104	126	108	95	106	194	120	157	194	120	157
	237	272	367	441	438	392	319	221	254	238	188	196	358	235	296	358	235	296
	338	412	542	673	717	630	500	325	380	346	283	302	552	355	453	552	355	453
Oder (Domiaza) Ina und unmittelbarer Zufluß Oder Oder, gesamter Zufluß	338	412	542	673	717	630	500	325	380	346	283	302	552	355	453	552	355	453
	9	12	14	16	17	14	10	7	6	7	8	9	14	8	11	14	8	11
	347	424	556	689	734	644	510	332	386	353	291	311	566	363	464	566	363	464
Übrige Zuflüsse des Haffs Zusammen	12	15	17	19	24	18	14	11	6	9	8	9	17	10	14	17	10	14
	359	439	573	708	758	662	524	343	392	362	299	320	583	373	478	583	373	478

TABELLE 3
Zusammenstellung der Durchflüsse im Einzugsgebiet des Frischen Haffs (m³/sec) in den Jahren 1951—1960

Einzugsgebiet	Monate												Winter XI—IV	Sommer V—X	Jahr XI—X	%
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X				
	Werder bei Malbork	3,6	4,0	4,0	4,9	4,7	4,8	2,9	1,8	1,3	2,1	2,2				
Nogat	17,8	20,9	26,3	23,0	26,0	29,9	27,0	21,6	14,7	11,5	8,9	13,2	24,0	16,1	20,0	17,3
Elbląg	7,6	8,4	8,3	10,1	9,8	10,0	6,0	3,8	3,0	4,5	4,6	6,9	9,0	4,8	6,9	5,9
Elbląg-Pasteka	2,7	3,1	2,9	3,7	3,6	3,7	2,1	1,4	1,1	1,7	1,7	2,6	3,3	1,8	2,5	2,1
Pasteka	18,2	20,2	19,9	24,4	23,6	23,9	14,4	9,0	7,1	10,7	11,1	16,7	21,7	11,5	16,6	14,1
Pasteka-Pregel	17,7	19,5	19,2	23,5	22,7	23,1	13,9	8,7	6,8	10,3	10,7	16,0	20,9	11,1	16,0	13,8
Pregel (mit Berücksichtigung des Abflusses der Deime)	48	60	57	62	78	100	49	23	18	35	32	46	68	34	51	44,0
Zusammen	116	136	138	152	168	195	115	69	52	76	71	105	151	81	116	100

Der Einstrom des Meereswassers (M) stellt in der Berechnung des Wasserhaushaltes die größte Schwierigkeit dar mit Rücksicht auf das Fehlen genauer Kenntnis der Wasserbewegung in den Meerengen, welche das Haff mit dem Meere verbinden. Es wurden zwar in letzter Zeit Proben genommen, jedoch nur zur Bestimmung bedeutender Zuflüsse, z. B. bei Sturm. Es wurde der Salzgehalt sowohl der Haffgewässer als auch der Ostsee verwendet und auf dieser Grundlage der Austausch der Wassermenge berechnet. Ferner erfolgten auf Grund der Messungen der Meeresströmung in den Haffs Berechnungen, oder anhand der Wasserstandsänderungen während des Meereszuflusses. Auf ähnliche Art berechnet auch MAJEWSKI [8].

Leider wird die Beobachtung der Strömung in den Meerengen nicht systematisch durchgeführt, außerdem bedingt diese Methode sehr viel Arbeit und ist deshalb schwierig bei Berechnungen für größere Zeitabschnitte. Deshalb mußte diese Methode modifiziert werden, um wahrheitsgetreue Ergebnisse mit nicht zu großem Arbeitsaufwand für den 10jährigen Zeitabschnitt des Wasserhaushaltes zu erhalten.

Zu diesem Zweck wurde die graphische Darstellung der Wasserstandsganglinie des Haffs ausgenutzt, welche anhand der Mittelwerte der am meisten repräsentativen Pegelbeobachtungen konstruiert wurde. Auf dieser graphischen Darstellung wurden die Perioden mit deutlicher Erhöhung des Wasserstandes aufgezeichnet. Dabei wurde als Ursache hierfür ein Vorhandensein von Meereswasserzufluß angenommen, da jede Verzögerung des Abflusses

aus dem Haff durch Meereszufluß zu einem Wasserstau im Haff führen muß, das in diesem Falle als ein Wasserbecken wirkt. Solche Erhöhungen wurden für jeden Monat des Jahresabschnittes festgesetzt.

Die bathygraphische Kurve des Haffs erlaubte eine Feststellung des erhöhten Rauminhaltes des Haffs, der durch Meereswasser wie auch durch den Binnenwasserzufluß verursacht wurde. Durch den Abzug des letzteren für die Zeit der Erhöhung des Wasserstandes im Haff ergab sich die Wassermenge des Meereszuflusses.

Auf diese Weise wurde die Größe des Meereszuflusses in allen Monaten der Jahre 1951—1960 berechnet, ohne daß es nötig war, auf die Zuflußprozesse einzugehen. Man kann annehmen, daß diese Methode trotz einiger Verallgemeinerungen wahrheitstreue Ergebnisse brachte.

Weiter wurden die zwei Elemente des Wasseraustausches mit der Atmosphäre analysiert, das sind Niederschlag und Verdunstung von der freien Wasserfläche. Trotz der ziemlich großen Wasserflächen der Haffs spielt dieser Austausch keine wesentliche Rolle in der Wasserbilanz. Sowohl die Menge des atmosphärischen Niederschlages, der im Bereich der Haffs fällt, als auch die Größe der Verdunstung machen nur einige Prozente der Bilanzsumme aus. Ähnliche Werte der zwei Elemente, wie auch ihr ähnlicher Verlauf, geben im Ergebnis eine Differenz, die sich dem Null-Wert annähert.

Der Niederschlag (P) wurde anhand der Mittelwerte der Stationen berechnet, welche um das Haff gelegen sind.

Die Verdunstung aus der Wasserfläche (E) wurde aus den nichtpublizierten Materialien von DEMIANCZYK [10] genommen und mit dessen Formel berechnet. Die Formel ist auf die physikalische Interpretation des Verdunstungsprozesses gestützt und berücksichtigt den Einfluß des Salzgehaltes. Es wurden ziemlich hohe Werte der Verdunstung erhalten.

Die Retentionsänderungen (ΔV) wurden für jeden Monat bestimmt. Dabei wurde der Füllungsgrad des Haffs am Anfang und Ende jedes Monats anhand des Wasserstandes aus der bathygraphischen Kurve bestimmt.

Der Wasserabfluß vom Haff zum Meer (H) wurde für monatliche Zeitabschnitte aus der umgeformten Bilanzgleichung bestimmt:

$$H = (L + M) + (P - E) \pm \Delta V.$$

Im Resultat der obigen Berechnungen wurden die Bilanzsummen für alle Monate, Halbjahre und Abflußjahre der Periode 1951—1960 zusammengestellt. Berechnet wurden auch die Mittelwerte für den Zeitabschnitt (Tab. 4, Abb. 3).

Die Wasserbilanz der drei Ostsee-Haffs im Vergleich mit der Bilanz der Ostsee ist in Tab. 5 zusammengestellt. Die kleinste Wassermenge (12,40 km³) tauscht das Frische Haff aus, dagegen hat das Stettiner Haff schon einen bedeutenderen Wasseraustausch (23,14 km³). Der Wasseraustausch des Kurischen Haffs, das fast das doppelte Volumen des Stettiner Haffs hat, beträgt 25,20 km³.

TABELLE 4
Mittlerer Wasserhaushalt der Haffs (km³) für die Jahre 1951—1960

Bilanzelemente	Monate												Winter XI—X	Sommer V—X	Jahr XI—X
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
a) Stettiner Haff															
Festlandsabfluß	0,92	1,18	1,53	1,73	2,03	1,72	1,40	0,89	1,05	0,97	0,77	0,86	9,11	5,94	15,05
Einstrom von Meerwasser	1,02	1,00	1,05	0,41	0,31	0,33	0,29	0,41	0,44	0,48	0,83	0,99	4,12	3,44	7,56
Niederschlag	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,04	0,05	0,21	0,32	0,53
Summe der Wasser-zufuhren	1,97	2,22	2,62	2,17	2,37	2,09	1,73	1,37	1,55	1,51	1,64	1,90	13,44	9,70	23,14
Verdunstung	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,10	0,13	0,13	0,11	0,08	0,04	0,18	0,59	0,77
Abfluß zum Meer	1,99	2,19	2,54	2,27	2,39	1,97	1,64	1,16	1,39	1,36	1,60	1,87	13,35	9,02	22,37
Summe der Wasser-verluste	2,01	2,21	2,56	2,29	2,43	2,03	1,74	1,29	1,52	1,47	1,68	1,91	13,53	6,91	23,14
Retentions-änderungen ΔV	-0,04	+0,01	+0,06	-0,12	-0,06	+0,06	-0,01	+0,08	+0,03	+0,04	-0,04	-0,01	-0,09	-0,09	0
b) Frisches Haff															
Festlandsabfluß	0,30	0,36	0,37	0,37	0,44	0,50	0,31	0,18	0,14	0,18	0,18	0,28	2,35	1,27	3,62
Einstrom von Meerwasser	0,98	0,92	0,87	0,49	0,70	0,61	0,45	0,50	0,53	0,55	0,79	0,89	4,57	3,71	8,28
Niederschlag	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,08	0,06	0,06	0,05	0,18	0,32	0,50
Summe der Wasser-zufuhren	1,32	1,32	1,27	0,88	1,16	1,14	0,79	0,72	0,75	0,79	1,03	1,22	7,10	5,30	12,40
Verdunstung	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,08	0,11	0,11	0,09	0,05	0,02	0,16	0,46	0,62
Abfluß zum Meer	1,33	1,26	1,23	0,97	1,23	1,03	0,68	0,50	0,60	0,69	1,00	1,25	7,06	4,72	11,78
Summe der Wasser-verluste	1,35	1,28	1,25	0,99	1,26	1,08	0,76	0,61	0,71	0,78	1,05	1,27	7,22	5,18	12,40
Retentions-änderungen ΔV	-0,03	+0,04	+0,02	-0,11	-0,10	+0,06	+0,03	+0,11	+0,04	+0,01	-0,02	-0,05	-0,12	+0,12	0

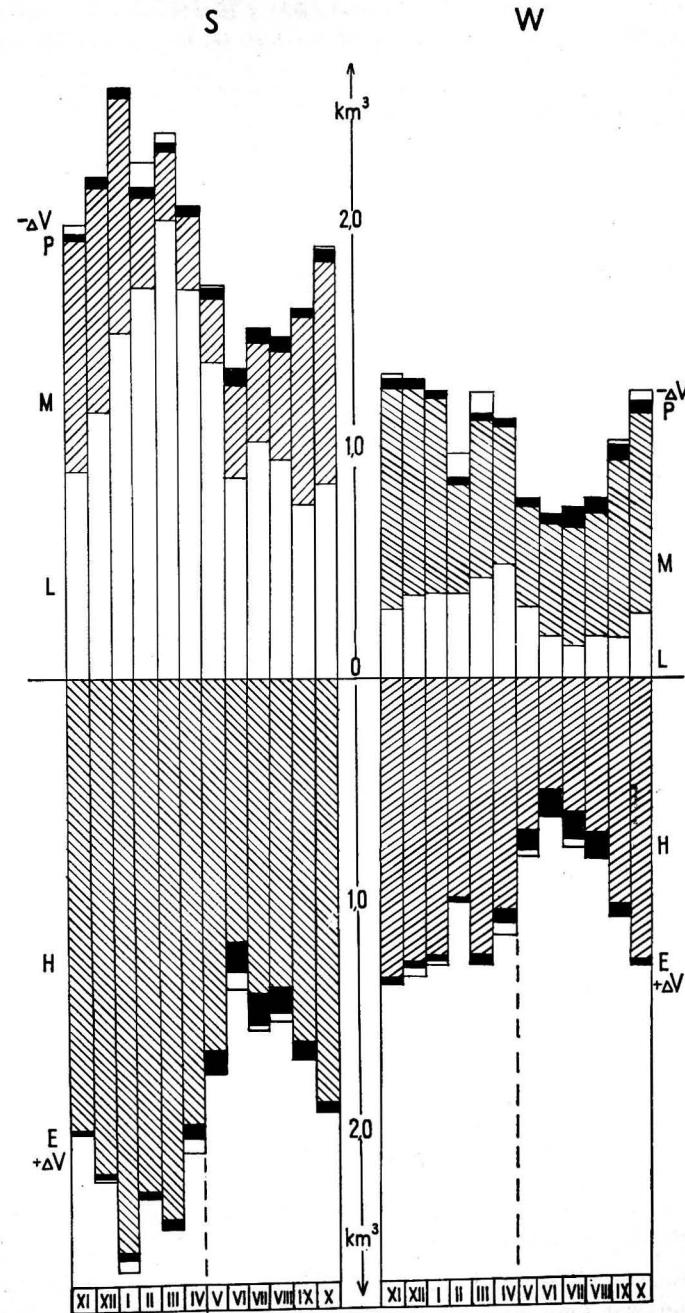


Abb. 3. Wasserhaushalt des Stettiner und Frischen Haffs

TABELLE 5

Zusammenstellung des Wasserhaushaltes der Haffs im Vergleich mit der Ostsee

Wasserbilanzelemente		Stettiner Haff		Frisches Haff		Kurisches Haff ¹⁾		Ostsee ²⁾	
		km ³	%	km ³	%	km ³	%	km ³	%
Wasser-zufuhr	Festlandsabfluß	15,05	65,1	3,62	29,3	22,12	87,8	472,0	70,8
	Einstrom von Meerwasser	7,56	32,6	8,28	66,7	1,93	7,6	22,9	3,4
	Niederschlag	0,53	2,3	0,50	4,0	1,15	4,6	171,9	25,8
	Summe	23,14	100,0	12,40	100,0	25,20	100,0	666,8	100,0
Wasser-verlust	Verdunstung	0,77	3,3	0,62	5,0	0,68	2,7	172,5	25,9
	Abfluß zum Meer	22,37	96,7	11,78	95,0	24,52	97,3	494,3	74,1
	Summe	23,14	100,0	12,40	100,0	25,20	100,0	666,8	100,0

1) Nach CERVINSKAS [3]

2) Nach WYRTKI [18]

Interessante Ergebnisse gibt ein Vergleich der Werte auf der Einnahmeseite. Durch sehr starkes Überwiegen der Festlandsabflüsse zeichnet sich das Kurische Haff aus (88% der gesamten Wasserzufuhr).

Im Frischen Haff dagegen ist im Gegensatz zu den bisherigen Anschauungen der Anteil der Festlandsabflüsse nicht groß (29%). Dagegen haben sie größere Bedeutung im Stettiner Haff, wo ihr Anteil $\frac{2}{3}$ der Wasserzufuhr ausmacht. Was den Meereszufluß anbelangt, so herrscht in jedem Haff eine umgekehrte Situation: Das Stettiner Haff erhält $\frac{1}{3}$ seiner Wasserzufuhr aus dem Meer, das Frische Haff $\frac{2}{3}$, dagegen das größte von ihnen, das Kurische Haff, kaum 8%.

Der Wasseraustausch zwischen den Haffs und dem Meer vollzieht sich im Winterhalbjahr besonders intensiv und macht in diesem Zeitraum 60% der Bilanzsumme aus. In dieser Zeit erreichen die Flußwasserzufuhren ihr Maximum. Gleichzeitig treten Sturmperioden auf der Ostsee auf, die den Einstrom von Meerwasser erleichtern.

Der Wasseraustausch mit der Atmosphäre durch Niederschlag und Verdunstung erreicht im Gebiet der Ostsee 25% der Bilanzsumme, in den Haffs spielt er eine kleine Rolle (2–5%). Beachtenswert ist der unterschiedliche Charakter der einzelnen Becken: im Stettiner Haff überwiegt die Verdunstung über den Niederschlag, im Frischen Haff sind beide Größen angenähert gleich, das Kurische Haff dagegen zeichnet sich durch ein Überwiegen des Niederschlages gegenüber der Verdunstung aus.

Zusammengefaßt kann folgendes über das hydrologische Regime der untersuchten Haffs gesagt werden:

1. Das Stettiner Haff stellt ein Becken mit einem intensiven Austausch von Meerwasser mit dem Flußwasser dar. Während des Jahres geht dort ein 7facher Wasseraustausch vor sich. Dabei würden die Festlandsabflüsse das

ganze Becken innerhalb von 2 Monaten füllen. Der Meereszufluß ist erleichtert durch drei Meerengen, die das Haff mit dem Meer verbinden. Dabei stellt die Swina die kürzeste und bequemste Verbindung dar. Vom hydrologischen Gesichtspunkt aus ist es das am meisten interessierende Becken.

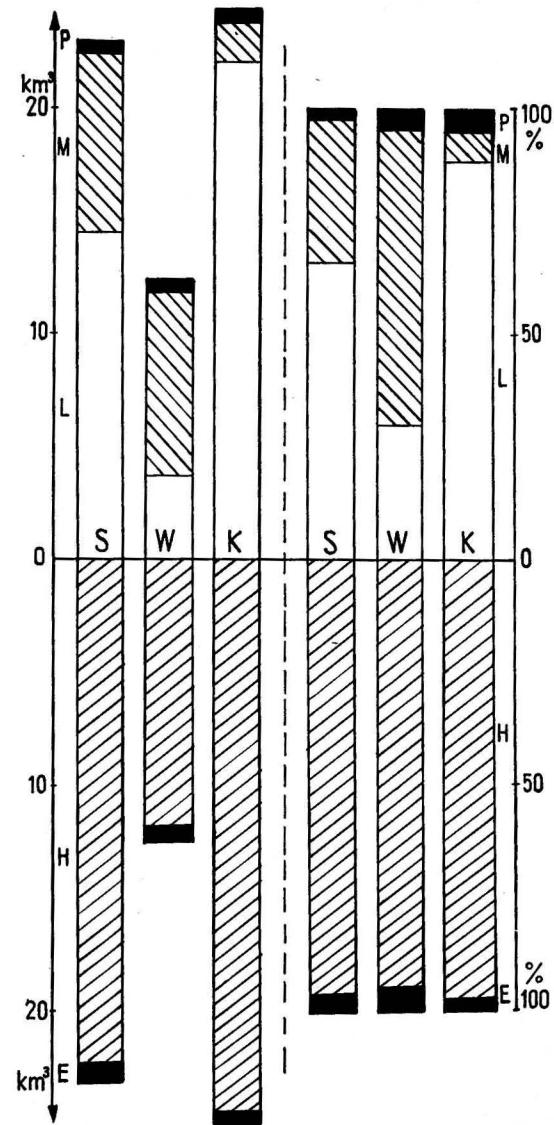


Abb. 4. Vergleich des Wasserhaushaltes des Stettiner, des Frischen und des Kurischen Haffs
S – Stettiner Haff; W – Frisches Haff; K – Kurisches Haff

2. *Das Frische Haff* stellt ein Becken dar, das im Verlauf von Jahrhunderten den größten Umwandlungen unterlag, die sich im Zusammenhang mit der hydrographischen Entwicklung des Weichsel-Deltas auswirkten. Nach der Abzweigung der Nogat von der Weichsel und dem beschränkten Zufluß von Flußwasser unterlag der Charakter des Haffs grundsätzlichen Umwandlungen. Heute ist es in großem Maße ein Becken mit stetigem und häufigem Einstrom von Meerwasser, der nur von dem Meeresniveau abhängig ist. Eine mit größerer Intensität vor sich gehende Mischung zwischen Meer- und Süßwasser stellt man in dem nördlichen Teil des Haffs fest, dabei überwiegt der Einfluß des Meeres. Ein gewisses Gleichgewicht zwischen dem Meer und den Landabflüssen kann man in dem südlichen Teil in der Gegend der Nogatmündung feststellen. Durch den Wasseraustausch würde das Becken in einem Jahr rund $5\frac{1}{2}$ mal gefüllt werden. $\frac{2}{3}$ der Wasserzufuhren entfallen auf den Einstrom von Meerwasser.

Die Auffüllung des Haffs mit Flußwasser würde $7\frac{1}{2}$ Monate dauern.

3. *Das Kurische Haff* stellt ein Becken dar, das weitgehend einen Binnenseecharakter besitzt. Sehr große Massen von Flußwasser, die in dem nördlichen Teil des Haffs nicht weit von der einzigen Verbindung zum Meer in der Gegend des Memel-Tiefs einfließen, führen zu einem Überwiegen der Festlandsabflüsse im hydrologischen Regime. Nur geringere Mengen an Meerwasser (8% der gesamten Wasserzufuhr) gelangen hauptsächlich bei minimaler Zufuhr von Flußwasser in das Haff. Infolge des großen Volumens des Beckens erfolgt seine Auffüllung mit Flußwasser innerhalb von 3 Monaten.

Die vorgestellte Arbeit stellt einen Beitrag zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Ostsee dar.

Ähnliche Bearbeitungen aller Küstengewässer für einen einheitlichen Zeitabschnitt auf der Grundlage der allgemeinen Bilanz der Ostsee und der Teilnahme der Festlandsabflüsse im Wasserhaushalt werden eine bessere Kenntnis der Hydrologie der Ostsee ermöglichen.

Literatur

- [1] CZEKAŃSKA, M., Zalew Szczeciński w świetle dotychczasowych badań polskich. „Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią“, IX. Poznań 1962.
- [2] ČERVINSKAS, E., Vandens apykaitos tarp Kuršių marių ir Baltijos jūros klausium. „Geografinis Metraštis“, II. Vilnius 1959.
- [3] ČERVINSKAS, E., Vidurkinio metinio Kuršių marių vandens balanso kalusimu. „Lietuvos TSR MA darbai“, B. 2. Vilnius 1956.
- [4] FISCHER, K., Der Abflußvorgang der Ostseehaffe und ihrer Zuflüsse, besonders der Peene. „Petermanns Geogr. Mitteilungen“ 63 (1917).
- [5] Курский залив, Итоги комплексного исследования. Вильнюс 1959.
- [6] ŁOMNIEWSKI, K., Zalew Wiślany. „Prace Geograficzne“, 15. Warszawa 1958.
- [7] MAJEWSKI, A., O wymianie wód między Morzem Bałtyckim a Zalewem Szczecińskim. „Wiad. Sl. Hydr. Met.“, VI, 1. Warszawa 1957.

- [8] MAJEWSKI, A., Ruchy wód Zalewu Szczecińskiego. „Prace PIHM“, 69. Warszawa 1964.
- [9] Маркова, Л. Л., Нечай, И. Л., Гидрологический очерк устьевых областей рек Немана и Преголи. „Труды ГоиН“, 49. Москва 1960.
- [10] MIKULSKI, Z., Bilans wodny zalewów przybałtyckich. „Wiad. Sl. Hydr. Met.“, 59a (4a/1964) Warszawa 1964.
- [11] MONOGRAFIA Odry. Studium zbiorowe. Poznań 1948.
- [12] MÖLLER, L., Zur Hydrographie des Frischen Haff. „Verhandlungen IVL“, VIII, 3, Stuttgart 1938.
- [13] PIECHURA, J., Wyniki rejsowych badań hydrologicznych na Zalewie Wiślanym w latach 1950–1952 i 1957–1959 oraz charakterystyka jego termiki i zasolenia. „Prace PIHM“, 68. Warszawa 1962.
- [14] SILICUS, M., Pietinio Pabaltija upiu nuotekio norma ir jos kaitumes. „Geografinis Metraštis“, V. Vilnius 1962.
- [15] WIKTOROWIE, J. i. K., Szkic biologiczny polskich zalewów przybałtyckich. „Przyroda Polski Zachodniej“ III, 1–2, 1959. Szczecin 1960.
- [16] WILLER, A., Das Kurische Haff als Grenzgewässer. „Schr. d. Phys.-ökonom. Ges. zu Königsberg i. Pr.“ LXVIII, 1, Königsberg 1933.
- [17] WILLER, A., Vergleichende Untersuchungen an Strandgewässern. „Verhandlungen IVL“, V, 1, Stuttgart 1931.
- [18] WYRTKI, K., Schwankungen im Wasserhaushalt der Ostsee. „Deutsche Hydrographische Zeitschrift“ 3–4 (1954).
- [19] ŻMUDZIŃSKI, L. i. SZAREJKO, D., Badania hydrograficzno-biologiczne Zalewu Wiślanego. „Prace MIR“, 8. Warszawa 1955.

Untersuchungen über die Calcium- und Magnesiumanomalie in der Ostsee

Von KARL-HEINZ ROHDE

Zusammenfassung: 364 Ostseewasserproben der Jahre 1963 und 1964 — hauptsächlich zwischen Kadetrinne und Bornholm entnommen — wurden auf ihren Calcium- und zum Teil auf ihren Magnesiumgehalt analysiert. Oberhalb der Salzgehaltssprungschicht ist die Ca/Cl-Relation in den verschiedenen Jahreszeiten bemerkenswert konstant, ein Jahresgang war während des einjährigen Beobachtungszeitraumes nicht erkennbar. Eine geringe positive Magnesiumanomalie wurde gefunden. Eine kurze Abschätzung der Leitwerterhöhung des Ostseewassers durch die positive Calcium- und Magnesiumanomalie wird gegeben.

Die Konstanz der Zusammensetzung des Meersalzes ist in Brackwassergebieten nicht mehr gegeben. Hinsichtlich der Abweichungen des Calciums von der ozeanischen Relation zählt die Ostsee zu den bestuntersuchten Meeren [1, 2, 3, 4, 5]. Das in die Ostsee strömende Flußwasser verringert nicht wie destilliertes Wasser gleichmäßig den Salzgehalt, sondern erhöht, da es unter anderem reich an Calcium ist, das ozeanische Ca/Cl-Verhältnis von 0,0215 [3] merkbar. Beim Magnesiumgehalt der Ostsee liegen die Verhältnisse nicht so klar. Während H. WITTMIG [4] auf die mögliche Existenz einer positiven Magnesiumanomalie hinwies, unterscheidet sich das Mg/Cl-Verhältnis der Ostsee nach A. VOIPPIO [6] nicht von dem des Weltmeeres. Das ozeanische Mg/Cl-Verhältnis beträgt 0,0668 [7].

Obwohl über anomale Ionenverhältnisse in der Ostsee schon viel gearbeitet wurde, fehlen bisher Angaben über den quantitativen Einfluß einzelner Ionen am Leitwert des Ostseewassers. Außerdem sollten mit dieser Arbeit das Problem der Magnesiumanomalie der Ostsee erneut aufgegriffen und die Veränderungen der Calciumanomalie im jahreszeitlichen Wechsel (Terminfahrten 1963—64) bei engabständigen Meßtiefen verfolgt werden.

Die Stationskarte Abb. 1 zeigt die Entnahmeorte, die hauptsächlich zwischen Kadetrinne und Bornholm liegen. 364 Ostseewasserproben wurden komplexometrisch auf ihren Calcium-, und 122 davon auch auf ihren Magnesiumgehalt analysiert (siehe Tabellenanhang). Der angewandten analytischen Methode liegen die Vorschriften von J. B. PATE und R. J. ROBINSON [7, 8] zugrunde. Die Benutzung von HHSNN (2-Hydroxy-1-(2-hydroxy-4-sulfo-1-naphthylazo)-3-naphthoesäure) [9] als Indikator zur direkten komplexometrischen Calciumbestimmung und die Verwendung eines Titriertisches mit Magnetrührwerk sowie Unter- und Rückwandbeleuchtung gestatteten, die Proben auch an Bord unseres

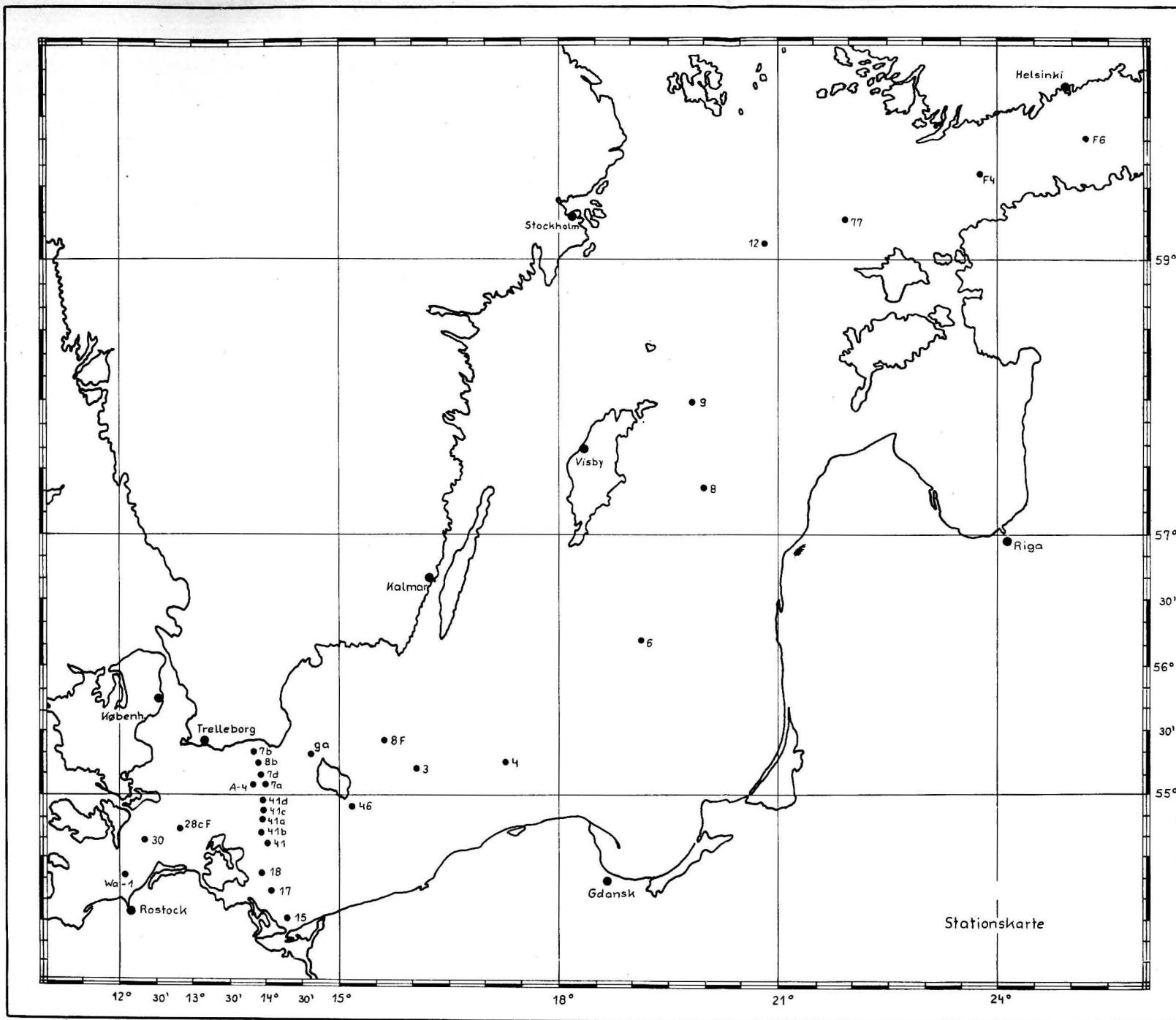


Abb. 1

Forschungsschiffes MS „Professor Albrecht Penck“ mit großer Genauigkeit zu analysieren. Die komplexometrische Bestimmung der Erdalkalien ist nicht aufwendiger als die Chlortitration. Der relative Fehler der Calciumbestimmung beträgt $\pm 0,43\%$, der der Magnesiumbestimmung $\pm 0,95\%$. Die Magnesiumbestimmung ist ungenauer, da der für die Gesamterdalkalibestimmung benutzte Indikator Eriochromschwarz T keinen sehr scharfen Endpunkt zeigt und bei der Berechnung der Analyse der schon mit einem geringen Fehler behaftete Calciumwert subtrahiert werden muß. Der Strontiumgehalt der Proben wurde wegen des geringen Absolutwertes im Ostseewasser nicht vom Analysenwert abgezogen. Die Calciumwerte repräsentieren also den Calcium- + Strontium-Gehalt einer Probe. Der Chlorgehalt wurde nach der MOHR-KNUDSEN-Methode bestimmt und nach K. KALLE [10] in g/l umgerechnet. Die angegebenen Ionenverhältnisse sind unter Berücksichtigung der Fehlerbreite der Chlorbestimmung für die Ca/Cl-Relation auf $\pm 0,0003$ und für die Mg/Cl-Relation auf $\pm 0,0006$ genau angegeben. Es fällt auf, daß die in der Literatur zitierten Werte für die ozeanische Calcium- und Magnesiumrelation [7, 8] Abweichungen in der 4. und 5. Dezimale zeigen. Nach der hier beschriebenen Methode erscheint nur die 4. Dezimale analytisch sinnvoll. Eigene ozeanische Calciumanalysen von verschiedenen Stationen und Tiefen des Golf von Guinea [11] ergaben eine Ca/Cl-Relation von $0,0214 \pm 0,0001$ (Mittelwert aus 10 Bestimmungen).

Im folgenden werden die dargestellten Ergebnisse kurz erläutert. Abb. 2 zeigt das Ansteigen der Ca/Cl-Relation an der Oberfläche zwischen Kadetrinne und Helsinki im November 1963. Die gleichzeitig eingetragenen Bodenwerte unterstreichen die starke Veränderlichkeit der Ca/Cl-Relation mit der Stationstiefe. Der wesentliche Anstieg der Ca/Cl-Relation erfolgt im Bereich der Kadetrinne parallel mit dem dortigen Abfall des Salzgehaltes. Station Wa-1 (Abb. 3), Station 41 c (Abb. 4), Station 8 F (Abb. 5) und Station 17 und 15a (Abb. 6) stellen Vertikalschnitte in der Mecklenburger Bucht, Arkonasee, Bornholmbecken und vor Swinousjeie dar. Die Stationen Wa-1, 41 c und 8 F zeigen, daß das Ca/Cl-Verhältnis oberhalb der Salzgehaltssprungschicht weitgehend konstant ist. Auch während der verschiedenen Jahreszeiten sind nur unwesentliche Abweichungen zu beobachten. Ein jahreszeitlicher Gang ist aus der einjährigen Beobachtung nicht nachzuweisen. Unterhalb der Salzgehaltssprungschicht ist die Calciumanomalie größeren Schwankungen unterworfen. In Küstennähe unterliegt das Ca/Cl-Verhältnis auch in der Oberflächenschicht Veränderungen, was eng mit den Ausstromverhältnissen vor Flußmündungen in Zusammenhang steht.¹⁾ In Abb. 7 sind Ergebnisse von Terminfahrten des Ystad-Schnittes graphisch dargestellt. Die Ca/Cl-Mittelwerte oberhalb der Salzgehaltssprungschicht dieser 4 Fahrten liegen zwischen 0,0250 und 0,0260. Ab Station 18 hebt sich deutlich der Einfluß des Oderwassers ab. Die Bodenwerte der tieferen Stationen sind punktiert eingetragen.

Die Darstellungen der Magnesiumwerte in Abb. 3 (Station Wa-1), Abb. 4 (Station 41 c) und Abb. 6 (Station 17 und 15a) und die Stationsmittelwerte der Ystad-Schnitt-Stationen vom August 1963 in Abb. 7 lassen östlich der Kadet-

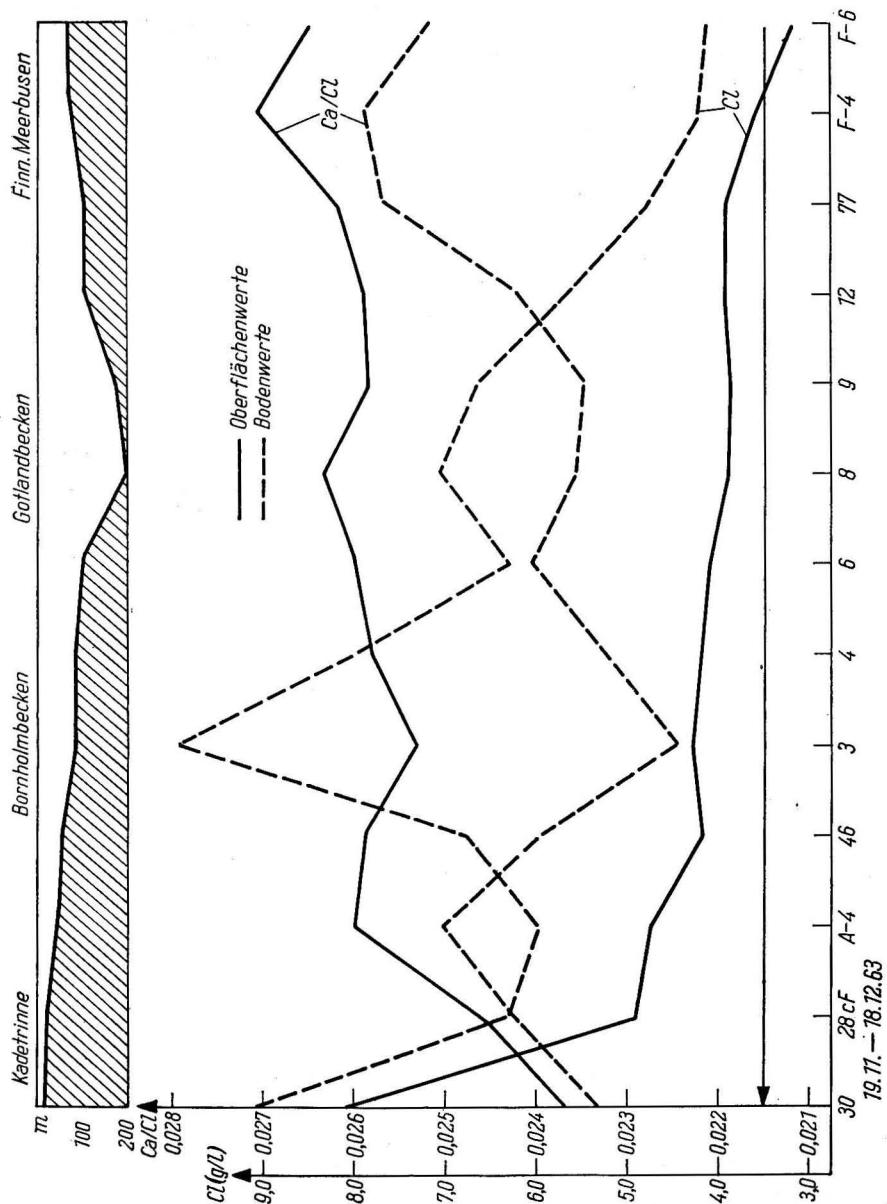


Abb. 2

rinne eine geringe positive Magnesiumanomalie erkennen, die in Küstennähe zeitweilig stärker ausgeprägt ist.¹⁾ Das Gesamtmittel der Mg/Cl-Werte des Ystad-Schnittes beträgt 0,0673 (ohne die durch das Oderwasser stark beeinflusste Station 15a).

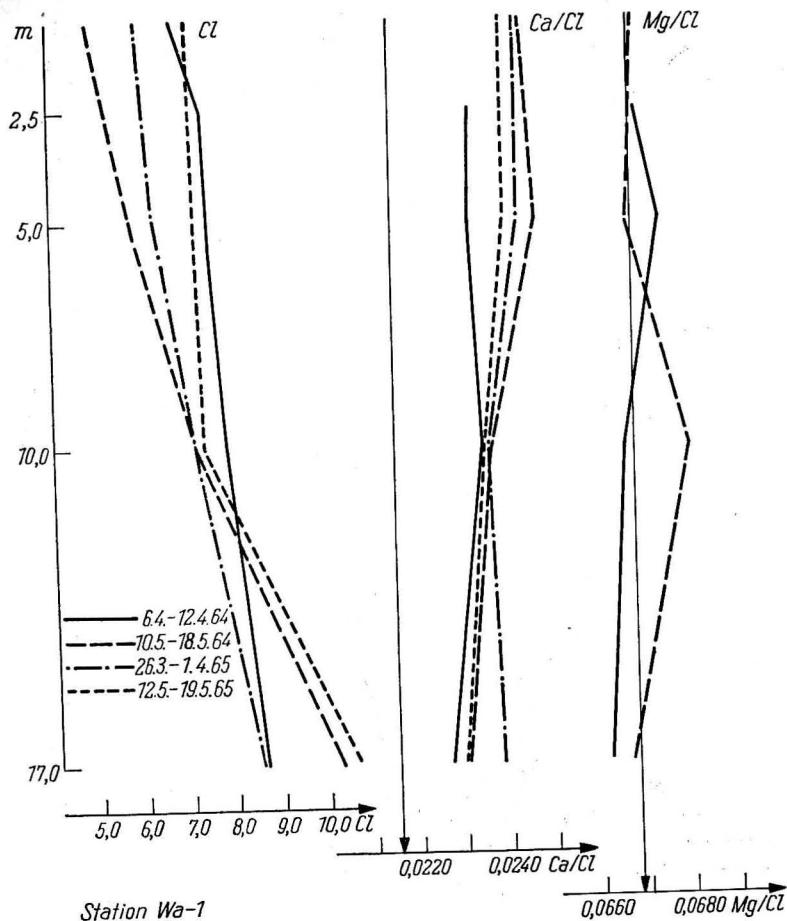
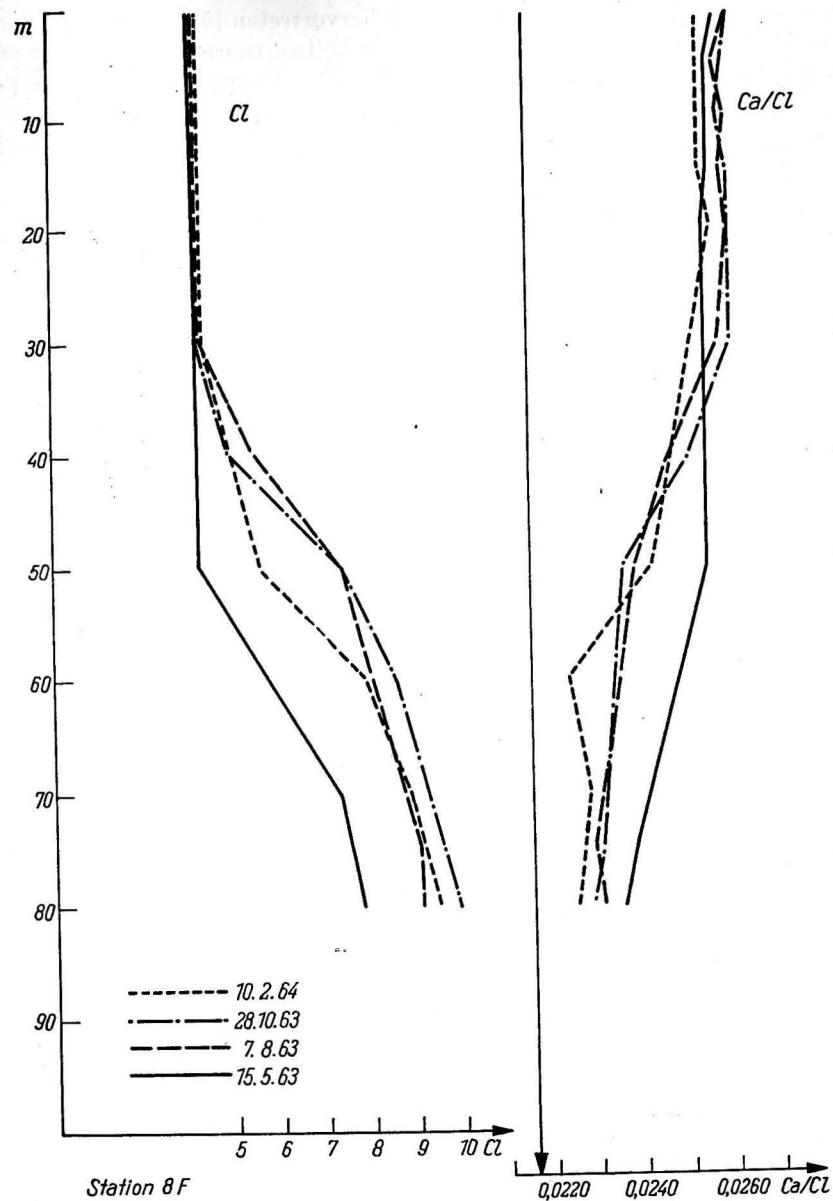
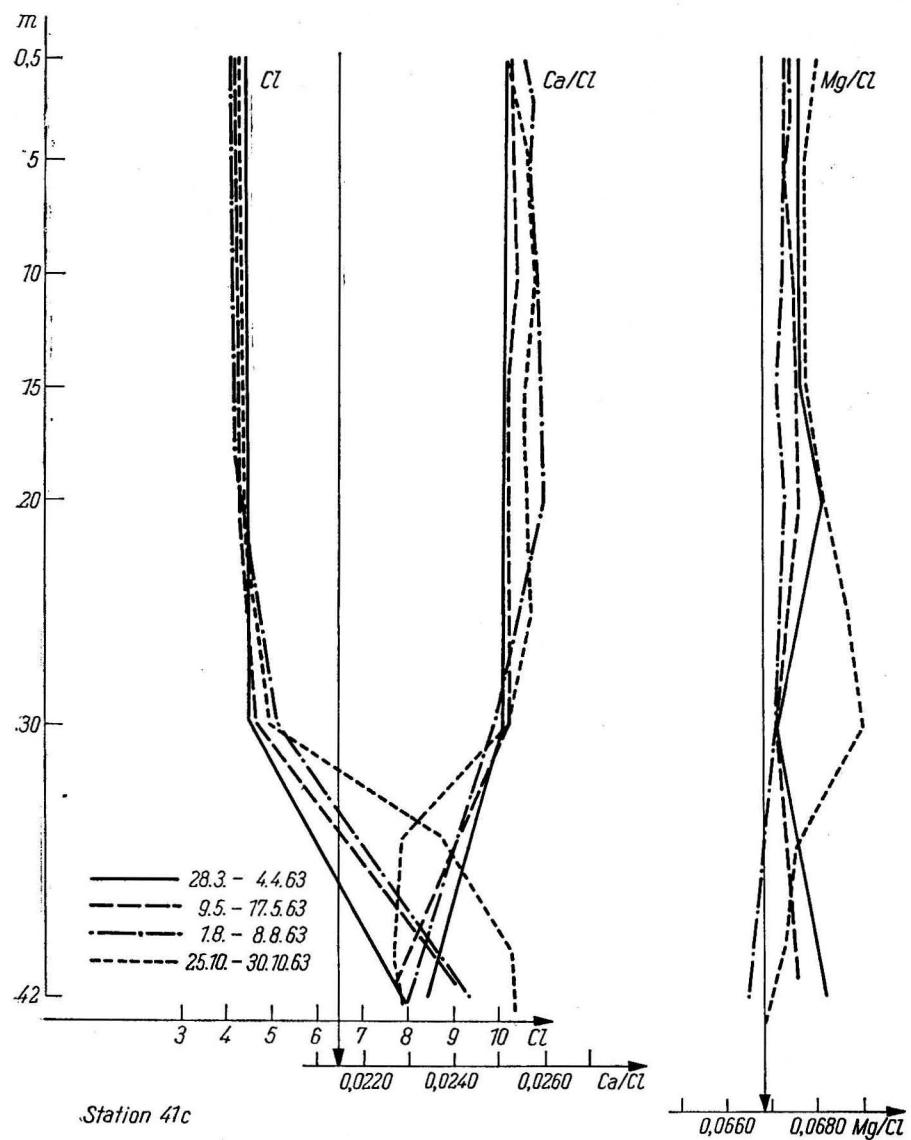


Abb. 3

Zwischen Kadetrinne und Bornholm liegt die beobachtete Mg/Cl-Relation fast immer unter 0,0678. Bei einem Chlorgehalt von 5‰ entspricht dieser Wert einer Magnesiumanomalie von +5 mg Mg/l. Die Calciumanomalie im gleichen Gebiet liegt zwischen +15 bis +20 mg Ca/l und stimmt gut mit den bisher gefundenen Werten [4, 5] überein. Hervorzuheben sind die großen Unterschiede

¹⁾ Eine Arbeit über die Calcium- und Magnesiumanomalie in Flußmündungsgebieten wird zur Zeit vorbereitet.



in der Calciumanomalie zwischen dem Oberflächen- und Bodenwasser, die besonders stark nach Nordseewassereintrüben hervortreten [5].

Die Dichte des Meerwassers läßt sich aus Leitwertmessungen genauer ermitteln als über die MOHR-KNUDSEN-Methode [12]. Voraussetzung für Leitwertmessungen ist aber die konstante Zusammensetzung des Meersalzes. B. KWIECINSKI [5] hat den Zusammenhang zwischen Salzgehaltsbestimmungen und der

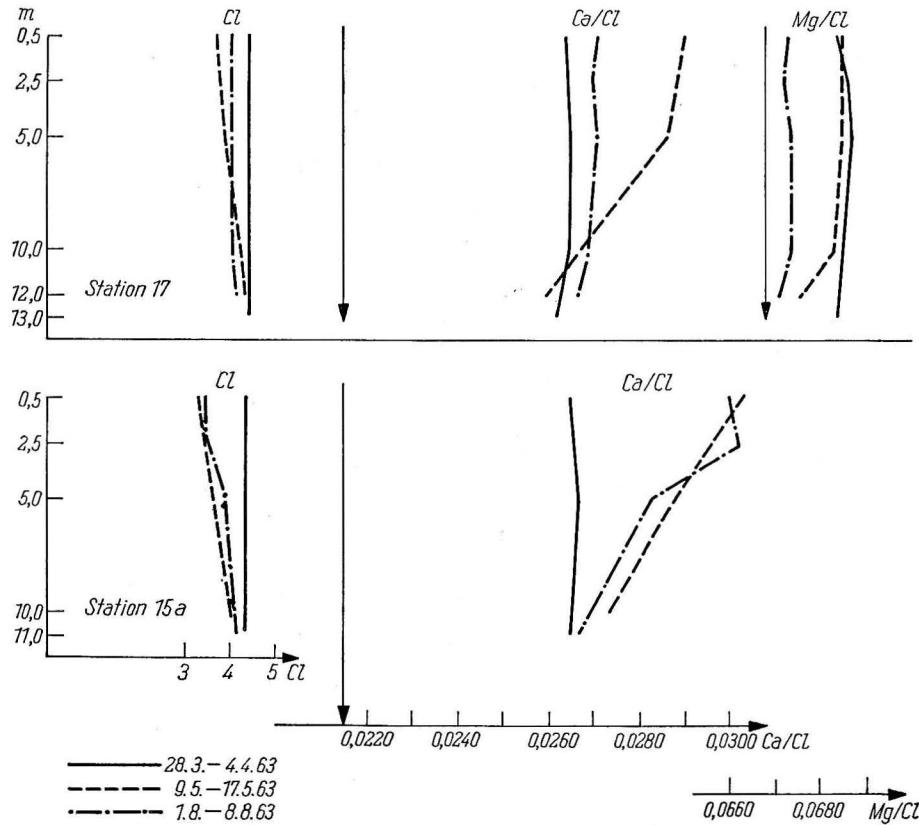


Abb. 6

Calciumanomalie in der Ostsee ausführlich dargelegt. Nach den bei K. PARK [13] angegebenen Anteilen der einzelnen Ionen am Leitwert von Meerwasser, ist es möglich, den Einfluß anomaler Ionenverhältnisse auf die Salzgehaltsbestimmung zu berechnen. Eine Magnesiumanomalie von +5 mg Mg/l erhöht den Leitwert des Ostseewassers um etwa $1 \cdot 10^{-5} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$. Eine Calciumanomalie von +20 mg Ca/l erhöht den Leitwert um $2-4 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ und damit den über den Leitwert errechneten Salzgehalt um 0,02-0,05‰. In Brackwasser-

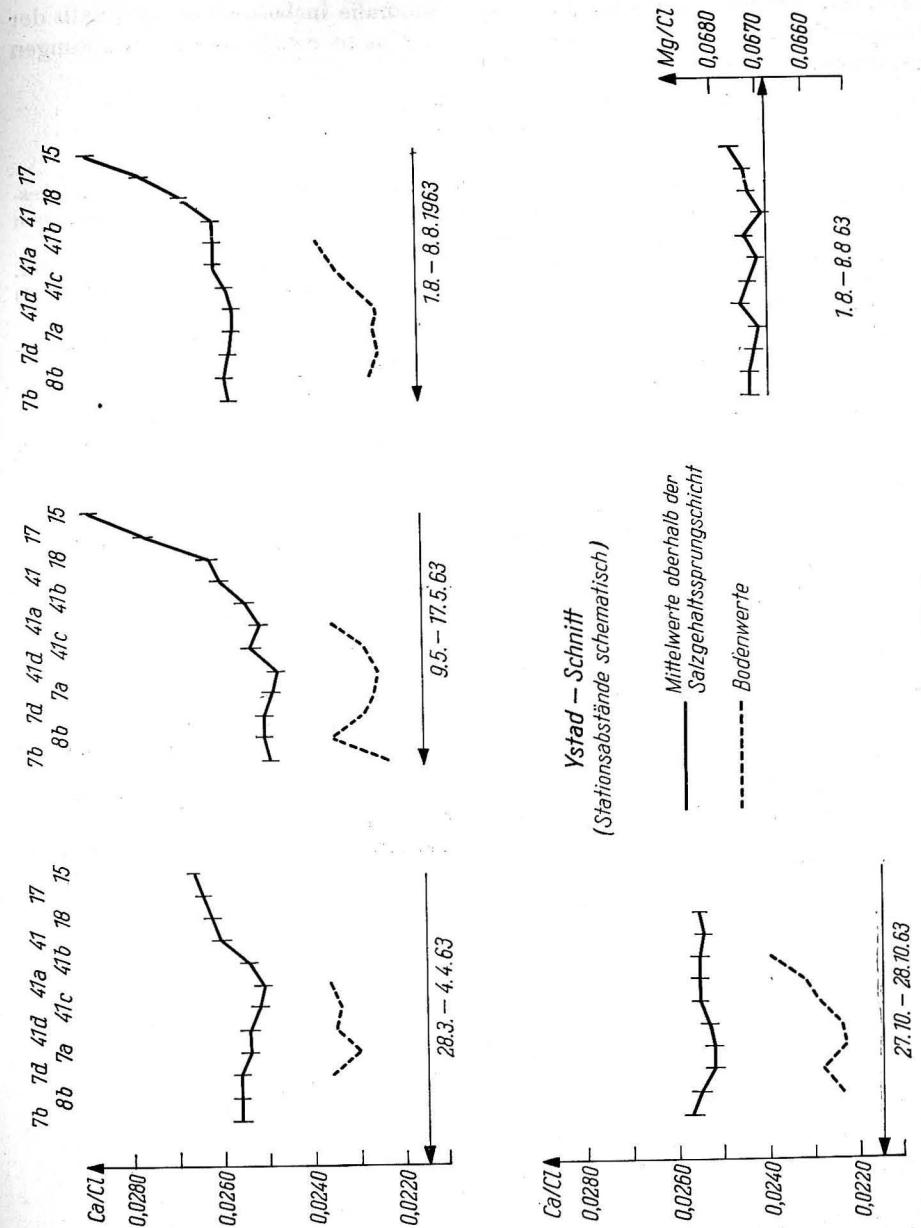


Abb. 7

28. 3.—4. 4. 63			9.—17. 5. 63		1.—8. 8. 63			25.—30. 10. 63	
m	Cl	Ca/Cl	Cl	Ca/Cl	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl	Cl	Ca/Cl
Stat. 7 b									
0,5	4,07	0,0254	4,22	0,0249	4,16	0,0673	0,0258	4,28	0,0258
2,5	4,07	257	—	—	4,16	673	258	—	—
5,0	4,07	256	4,22	250	4,16	673	258	4,28	258
10,0	4,07	256	4,22	250	4,25	672	259	4,29	259
15,0	4,07	257	4,23	250	4,38	672	253	4,33	258
20,0	4,09	257	4,27	249	4,25	670	257	4,36	255
30,0	4,10	257	4,35	245	4,31	673	256	4,43	255
35,0	4,10	256	6,39	223*	4,41	672	253	4,56	254
Mittelwert:	0,0256		0,0249		0,0672		0,0257	0,0257	
Stat. 8 b									
0,5	4,11	0,0257	4,33	0,0252	4,15	0,0673	0,0259	4,28	0,0257
2,5	—	—	—	—	4,15	675	258	—	—
5,0	4,11	258	4,33	252	4,15	677	257	4,29	256
10,0	4,11	258	4,33	252	4,19	668	261	4,29	255
15,0	4,11	258	4,37	252	4,22	671	260	4,31	255
20,0	4,13	257	4,52	248	4,22	670	260	4,31	255
30,0	4,15	257	4,95	243	4,81	667	253	4,38	254
40,0	4,81	248	7,20	235*	11,29	673	226*	10,13	224*
Mittelwert:	0,0256		0,0250		0,0672		0,0258	0,0255	
Stat. 7 d									
0,5	4,17	0,0256	4,35	0,0251	4,18	0,0671	0,0264	4,48	0,0255
2,5	—	—	—	—	4,18	676	261	—	—
5,0	4,17	256	4,35	251	4,18	672	262	4,49	254
10,0	4,17	256	4,35	252	4,18	674	259	4,49	254
15,0	4,17	256	4,41	252	4,29	668	257	4,54	251
20,0	4,19	256	4,52	248	4,43	669	254	4,56	253
30,0	4,28	253	4,97	246	4,97	668	249	5,34	246
40,0	—	—	—	—	9,67	674	247	8,68	229*
42,0	8,09	236*	9,37	228*	12,20	667	224*	9,54	228*
Mittelwert:	0,0256		0,0250		0,0671		0,0257	0,0252	

* Nicht zur Mittelbildung herangezogen (s. Text).

28. 3.—4. 4. 63			9.—17. 5. 63		1.—8. 8. 63			25.—30. 10. 63	
m	Cl	Ca/Cl	Cl	Ca/Cl	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl	Cl	Ca/Cl
Stat. 7 a									
0,5	4,44	0,0253	4,32	0,0250	4,16	0,0667	0,0258	4,51	0,0252
2,5	—	—	—	—	4,16	669	257	—	—
5,0	4,44	253	4,32	250	4,16	668	257	4,54	250
10,0	4,44	254	4,32	251	4,16	668	258	4,54	252
15,0	4,44	255	4,43	249	4,23	671	260	4,62	252
20,0	4,45	255	4,71	243	4,47	670	252	4,71	252
30,0	4,45	255	4,93	247	5,09	676	247	7,62	233*
40,0	7,17	240*	9,08	230*	9,13	674	231*	11,00	224*
45,0	10,26	230*	9,84	226*	12,15	669	225*	11,78	223*
Mittelwert:	0,0254		0,0248		0,0670		0,0256	0,0252	
Stat. 41 d									
0,5	4,44	0,0252	4,43	0,0248	4,18	0,0674	0,0256	4,41	0,0253
2,5	—	—	—	—	4,18	675	257	—	—
5,0	4,44	253	4,43	248	4,18	673	258	4,41	252
10,0	4,44	253	4,43	248	4,20	673	258	—	—
15,0	4,44	253	4,50	245	4,22	678	260	—	—
20,0	4,44	255	4,51	247	4,22	674	254	4,64	255
30,0	4,46	257	4,86	243	5,10	673	248	7,85	231*
40,0	4,61	253	8,92	229*	9,58	675	229*	10,51	222*
45,0	8,65	235*	10,52	225*	11,39	671	224*	11,58	224*
Mittelwert:	0,0254		0,0247		0,0674		0,0256	0,0253	
Stat. 41 a									
0,5	4,38	0,0253	4,20	0,0254	4,17	0,0669	0,0260	4,29	0,0256
5,0	4,38	252	4,24	251	4,17	669	259	4,31	255
10,0	4,38	252	4,24	253	4,17	670	261	4,31	255
15,0	4,38	252	4,35	253	4,18	672	260	4,41	257
20,0	4,42	250	4,44	257	4,31	670	261	4,59	259
30,0	4,97	249	5,04	247	6,89	668	238*	5,34	246
38,0	7,66	236*	7,72	235*	8,16	670	234*	8,50	232*
Mittelwert:	0,0251		0,0253		0,0670		0,0260	0,0255	

28. 3. — 4. 4. 63			9. — 17. 5. 63		1. — 8. 8. 63			25. — 30. 10. 63	
m	Cl	Ca/Cl	Cl	Ca/Cl	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl	Cl	Ca/Cl
Stat. 41 b									
0,5	4,48	0,0257	4,32	0,0254	4,17	0,0675	0,0261	4,32	0,0254
5,0	4,48	255	4,35	255	4,17	672	260	4,34	253
10,0	4,48	255	4,35	254	4,17	671	261	4,34	257
15,0	4,48	254	4,37	254	4,24	672	260	4,49	257
20,0	4,50	253	4,41	253	4,24	673	260	4,72	255
26,0	4,55	252	4,47	256	7,27	676	237*	6,58	239*
Mittelwert:		0,0254		0,0254		0,0673	0,0260		0,0255
Stat. 41									
0,5	4,44	0,0260	4,29	0,0264	4,21	0,0671	0,0263	4,44	0,0256
5,0	4,44	259	4,33	263	4,21	670	262	4,49	254
10,0	4,44	262	4,37	260	4,22	669	263	4,63	258
15,0	4,44	260	4,41	259	4,26	666	260	4,75	255
20,0	4,44	258	5,01	247	4,52	670	254	5,70	246
Mittelwert:		0,0260		0,0259		0,0669	0,0260		0,0254
Stat. 18									
0,5	4,46	0,0263	4,32	0,0265	4,03	0,0669	0,0275	4,85	0,0256
5,0	4,46	263	4,25	267	4,09	673	270	4,89	254
10,0	4,50	260	4,34	265	4,23	674	261	—	—
15,0	4,53	260	—	—	4,23	671	263	—	—
Mittelwert:		0,0262		0,0266		0,0672	0,0267		0,0255

28. 3. — 4. 4. 63				9. — 17. 5. 63			1. — 8. 8. 63		
m	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl
Stat. 17									
0,5	4,41	0,0684	0,0264	3,68	0,0685	0,0290	4,04	0,0673	0,0271
5,0	4,41	686	265	3,90	685	286	4,04	674	271
10,0	4,41	687	265	4,25	683	267	4,10	674	269
12,0	4,44	684	262	4,35	676	260	4,19	671	267
Mittelwert:		0,0685	0,0264		0,0682	0,0276		0,0673	0,0270
Stat. 15 a									
0,5	4,35	0,0681	0,0265	3,35	0,0730	0,0303	3,43	0,0678	0,0300
5,0	4,35	679	267	3,68	717	288	3,90	677	273
11,0	4,35	682	265	4,06	705	274	4,14	673	267
Mittelwert:		0,0681	0,0266		0,0717	0,0288		0,0676	0,0280

28. 3. — 4. 4. 63				9. — 17. 5. 63		
m	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl	Cl	Mg/Cl	Ca/Cl
Stat. 41 c						
0,5	4,43	0,0676	0,0252	4,23	0,0673	0,0253
5,0	4,43	676	252	4,23	673	254
10,0	4,43	676	252	4,23	675	254
15,0	4,43	676	252	4,26	676	254
20,0	4,43	681	252	4,36	676	252
30,0	4,49	671	251	4,66	661	252
42,0	7,87	682	234*	8,97	676	228*
Mittelwert		0,0677	0,0252		0,0673	0,0253
1. — 8. 8. 63						
0,5	4,17	0,0674	0,0256	4,27	0,0680	0,0252
5,0	4,17	673	257	4,27	675	257
10,0	4,17	673	259	4,31	677	259
15,0	4,17	671	259	4,36	679	256
20,0	4,25	673	260	4,42	681	256
30,0	5,13	671	249	4,94	690	252
42,0	9,34	665	230*	10,37	670	229*
Mittelwert:		0,0671	0,0257		0,0679	0,0255
25. — 30. 10. 63						

Die Superposition der lunaren und solaren Haupttiden für verschiedenes Amplitudenverhältnis

VON GÜNTHER SAGER UND RUDOLF SAMMLER

Zusammenfassung: Die Ergebnisse der Überlagerung der lunaren und solaren Haupttiden werden für zwei verschiedene Phasen und zehn Amplitudenverhältnisse mitgeteilt und erläutert.

Einleitung

In Gebieten mit Halbtagsgezeiten, für die nach COURTIER (1938) die Formzahl $F = (K_1 + O_1)/(M_2 + S_2)$ kleiner als $1/4$ bleibt, spielen mit wenig Ausnahmen die lunaren und solaren Haupttiden M_2 und S_2 die wesentliche Rolle. Das Zusammenwirken dieser beiden Tiden bestimmt primär den Gezeitenablauf, der dann noch durch die übrigen Tiden, darunter vor allem die größere halbtägige elliptische Mondtide N_2 und die halbtägige Mond-Sonnen-Deklinationstide K_2 , modifiziert wird, woraus die Mannigfaltigkeit des Gezeitenablaufs resultiert.

Hinweise auf das Zusammenwirken der beiden Haupttiden finden sich bezüglich der daraus resultierenden Abweichungen der Hochwassereintrittszeiten gegenüber den mittleren Zeiten der M_2 -Tide schon bei WHEWELL (1833) und später bei COURTIER (1938) für ein Verhältnis des mittleren Nipp- zum mittleren Springtidenhub von 50%, wie es für große Teile des Ärmelkanals und einige Gebiete der Nordsee zutrifft. Als MERZ (1923) seine Karte der „Linien gleichen mittleren Hochwasserzeitunterschiedes gegenüber Monddurchgang in Greenwich“ im Nordsee-Handbuch veröffentlichte, die nur für mittlere Verhältnisse gilt, fügte er eine Tabelle der „Abweichung vom mittleren Hochwasserzeitunterschied gegen Meridiandurchgang in Greenwich“ hinzu, die nach der Mondkulmination in Greenwich geordnet war. Dieses Komplement der MERZschen Flutstundenlinien ist nicht gebührend beachtet worden, so daß man bald mit den Karten allein operierte und dabei verschiedentlich Fehler beging, die erst mit der gründlichen Reform der Gezeitentafeln durch RAUSCHELBACH zu Anfang der dreißiger Jahre zurückgedrängt wurden.

Da in den Gezeitentafeln nur durch die Beispiele zum Gebrauch der Gezeitenkarten im Anhang der Tafeln auf die richtige Behandlung von Tideberechnungen im offenen Seegebiet hingewiesen wird und somit kein direkter Überblick zur mittleren Abweichung der Eintrittszeiten und Eintrittshöhen der Gezeit von den mittleren Werten im Ablauf einer Tideperiode besteht, hat SAGER für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Irischen See Karten für beide Elemente entworfen (1962, 1963), in denen die Springverspätung und das wechselnde Ver-

hältnis des mittleren Nipp- zum mittleren Springtidenhub bei der Superposition der beiden halbtägigen Haupttiden gegeben sind. Im folgenden werden die dabei verwendeten Ergebnisse der Superposition in verfeinerter Genauigkeit wiedergegeben und Schlußfolgerungen für die Variation einiger Grundelemente im Ablauf eines Tideintervalls gezogen.

Mathematische Grundlagen

Das Zusammenwirken der beiden Haupttiden M_2 und S_2 während des Ablaufs der Mondphasen ist gegeben durch die Gleichung

$$y = M_2 \cos m t + S_2 \cos (s t - \varphi),$$

wobei die einzelnen Größen folgende Bedeutung haben:

y = Höhe der Gezeit zur Zeit t ,

M_2 = Amplitude der halbtägigen Hauptmondtide,

S_2 = Amplitude der halbtägigen Hauptsonnentide,

m = Winkelgeschwindigkeit der M_2 -Tide,

s = Winkelgeschwindigkeit der S_2 -Tide,

φ = Phasenverzögerung.

Die Periode des Zusammenwirkens der beiden Tiden ist bei $s = 30^\circ/\text{h}$ und $m = 28,9841042 \dots^\circ/\text{h}$ gegeben durch

$$T_{s,m} = \frac{360^\circ}{s - m} = 14^d 18^h 22^m 01^s,$$

was einem halben synodischen Monat entspricht.

Während die Eintrittszeiten der Extrema von M_2 durch ganze Vielfache für die Hochwasser bzw. halbe Vielfache für die Niedrigwasser von

$$T_m = \frac{360^\circ}{m} = 12^h 25^m 14,19^s,$$

d. h. einem halben Montag, gegeben sind, bestimmen sich die Daten bei den superponierten Tiden aus dem Verschwinden der ersten Ableitung von y , nämlich

$$\dot{y} = z = -m M_2 \sin m t - s S_2 \sin (s t - \varphi) = 0.$$

Das Intervall eines synodischen Monats enthält 56 Hoch- und Niedrigwasser, so daß die Auflösung der obigen transzendenten Gleichung für 28 Eintrittszeiten der Hoch- und Niedrigwasser für die jeweiligen Verhältnisse der beiden Haupttiden erforderlich ist. Bezeichnet man die Eintrittszeiten mit einem Stern, so kann man die Gleichung in der Form

$$\sin m t^* = -\frac{s S_2}{m M_2} \sin (s t^* - \varphi)$$

schreiben. Der Quotient s/m ist konstant und hat den Wert $1,03505 \dots$. Als grobe Näherung dieser Gleichung hat man die Werte

$$t = n \cdot T_m \quad (n = 1, 2, \dots, 28)$$

für die Hochwasser und

$$t = \frac{2n-1}{2} \cdot T_m \quad (n = 1, 2, \dots, 28)$$

für die Niedrigwasser, die jedoch nur in der Nähe der Spring- und Nippzeit Anhaltspunkte bieten, da sich die zeitlichen Abweichungen dazwischen auf mehr als eine Stunde belaufen können. Eine schnelle Lösung der transzendenten Gleichung kann man mit den zur Verfügung stehenden Gezeitenrechenmaschinen erreichen, wobei allerdings die Getriebetoleranzen zu Verzerrungen der wirklichen Werte führen.

Benutzt man jedoch die Maschinenwerte als Basis für die NEWTONSche Formel

$$t^* = t_1 - \frac{z(t_1)}{\dot{z}(t_1)} = t_1 - \frac{\dot{y}(t_1)}{\ddot{y}(t_1)},$$

so hat man in

$$t^* = t_1 - 60 \frac{m M_2 \sin m t_1 + s S_2 \sin (s t_1 - \varphi)}{m^2 M_2 \cos m t_1 + s^2 S_2 \cos (s t_1 - \varphi)}$$

den Näherungswert in Stunden, aus dem dann die Höhen der Hoch- und Niedrigwasser zu

$$y = M_2 \cos m t^* + S_2 \cos (s t^* - \varphi)$$

bestimmt werden.

Da die mittleren Verhältnisse von Nipp- und Springtidenhub in den meisten Seegebieten zwischen 30% und 75% schwanken, wurden die Prozentzahlen

$$\frac{p}{100} = \frac{M_2 - S_2}{M_2 + S_2} = \frac{1 - S_2/M_2}{1 + S_2/M_2}$$

von fünf zu fünf Prozent gewählt, dem die folgende Zuordnung entspricht:

$\frac{p}{S_2/M_2}$	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
	1/7	3/17	7/33	1/4	9/31	1/3	11/29	3/7	13/27	7/13

Für jedes dieser Verhältnisse von S_2 zu M_2 ist die transzendente Gleichung gelöst worden, wobei die Werte der Gezeitenrechenmaschine zweimal durch die Näherung verbessert wurden. Da bei der Periodenlänge von $T_{s,m} = 14^d 18^h 22^m 01^s$ niemals Hochwasser zugleich exakt mit der Spring- und Nippzeit zusammenfällt, sondern bestenfalls mit einem dieser ausgewählten Zeitpunkte, sind die Rechnungen einmal für Springzeit ($\varphi = 0^\circ$) und zum andern für Nippzeit ($\varphi = 180^\circ$) als Koinzidenzzeiten durchgeführt worden.

Für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Irischen See hat SAGER (1963) zunächst eine Karte mit der Zuordnung der p -Werte in geographischen Eingradfeldern für 5%-Abstände gegeben, die 1964 durch eine vorläufige Karte mit den Linien gleichen Verhältnisses des mittleren Nipp- zum mittleren Springtidenhub ersetzt worden ist. Aus dieser Karte gewinnt man für die genannten Seegebiete einen Überblick, wo die jeweiligen Verhältnisse S_2/M_2 bzw. p zutreffen und welche Rechnung in den folgenden Tabellen zugrunde gelegt werden muß.

Die Tabellen der superponierten Tiden M_2 und S_2

Die Tabellen der überlagerten Tiden M_2 und S_2 lassen eine Reihe von Schlüssen zu, von denen die interessantesten jetzt kurz behandelt seien. In Abb. 1 sind die Eintrittshöhen der Gezeit durch eine Kurve verbunden, während die eigentlichen Tidekurven unterdrückt sind, um das Bild übersichtlich zu halten. Man erkennt darin die geringere Krümmung der Kurven zur Springzeit gegenüber der Nippzeit, woraus gefolgert werden kann, daß die Verhältnisse der Springzeit länger andauern als diejenigen zur Nippzeit. Dieser optische Eindruck wird unterstrichen durch die Bestimmung des Zeitpunkts, zu dem die Eintrittshöhe der Gezeit gerade den halben Wert zwischen $p_1 = 100$ (Springzeit) und p selbst (Nippzeit) erreicht, also $1/2 (p + 100)$ wird.

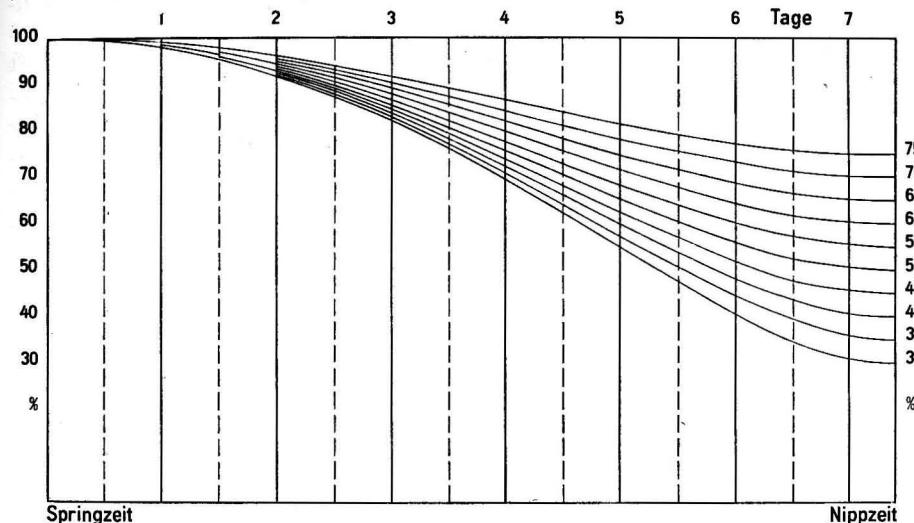


Abb. 1. Kurve der Eintrittshöhen der superponierten Tiden M_2 und S_2 für 10 Parameter über eine halbe Tideperiode

Es ergeben sich für die diesbezüglichen Intervalle die folgenden Werte:

p	Intervall Springzeit-Mittzeit			Intervall Mittzeit-Nippzeit		
	d	h	m	d	h	m
75	3	20	37	3	12	34
70	3	21	34	3	11	37
65	3	22	30	3	10	41
60	3	23	39	3	9	32
55	4	0	48	3	8	23
50	4	2	02	3	7	09
45	4	3	21	3	5	50
40	4	4	45	3	4	26
35	4	6	18	3	2	53
30	4	7	57	3	1	14

Man sieht, daß sich die Länge der beiden Intervalle von $p = 75$ bis $p = 30$ um insgesamt $11^h 20^m$ verändert. Diese Tatsache ist in Abb. 2 graphisch dargestellt und zeigt einen angenähert linearen Wechsel der Intervalllängen. Während sich beide Intervalle für $p = 75$ nur um $8^h 03^m$ unterscheiden, wächst diese Differenz

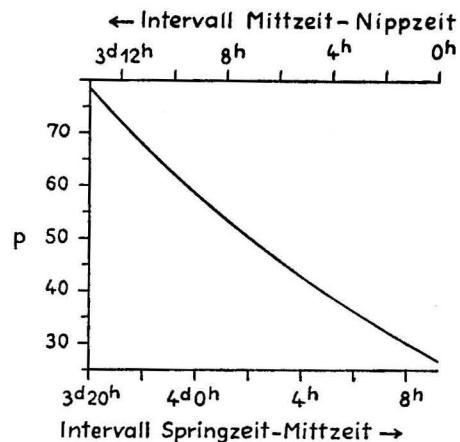


Abb. 2. Wechsel der Intervalllängen Springzeit-Mittzeit bzw. Mittzeit-Nippzeit für 10 Parameter

für $p = 30$ auf $1^d 6^h 43^m$ an.

Bringt man die Abweichung der Eintrittszeiten der Hoch- bzw. Niedrigwasser gegenüber den betreffenden Zeiten der M_2 -Tide zur Darstellung, so ergibt sich das schon früher veröffentlichte Bild der Abb. 3 über eine volle Tideperiode. Die Kurven verlaufen von der Springzeit bis zur Nippzeit im negativen und von der Nippzeit bis zur Springzeit im positiven Bereich. Die Hoch- bzw. Niedrigwasser verfrühen sich also zwischen Spring- und Nippzeit und verspäten sich zwischen Nipp- und folgender Springzeit, und zwar um so stärker, je kleiner p wird, d. h., je mehr Gewicht die S_2 -Tide gegenüber der M_2 -Tide erhält.

Die größten Abweichungen der Eintrittszeiten liegen nicht in der Mitte der Halbperioden, sondern um so mehr zur Nippzeit verschoben, je kleiner p , also

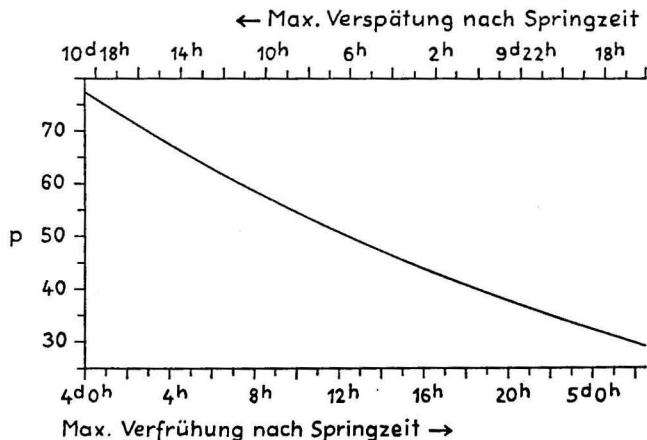


Abb. 3. Kurven der zeitlichen Abweichung der Hochwasser gegenüber der mittleren Eintrittszeit für 10 Parameter (Hochwasser zur Springzeit bei 0 Tagen)

das Verhältnis des Nipp- zum Springtidenhub wird. Diese Zuordnung der maximalen Verfrüfung bzw. Verspätung ist in Abb. 4 wiedergegeben und zeigt einen

fast linearen Verlauf. Aus Abb. 3 erhellt noch, daß die tägliche Verschiebung der Hochwassereintrittszeiten um die Nippzeit gegenüber der Springzeit bei mittleren Beträgen von p etwa doppelt und bei $p = 75$ fast dreimal so groß ist.

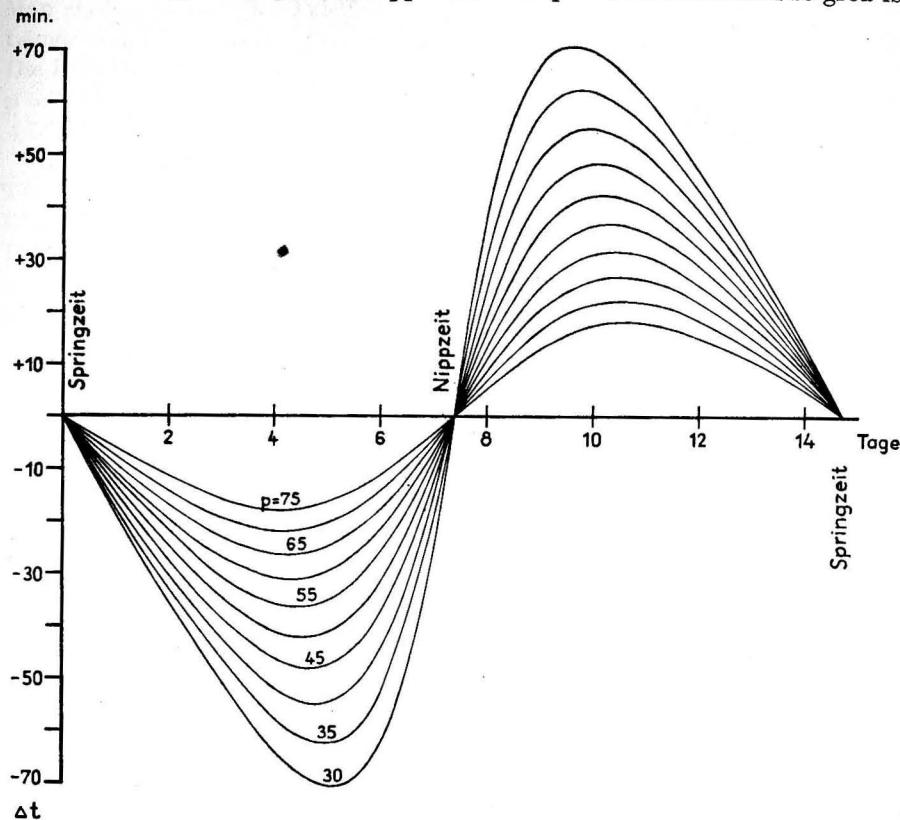


Abb. 4. Eintrittszeiten der maximalen Verfrüfung bzw. Verspätung in Tagen nach Springzeit in Abhängigkeit vom Parameter p

Die genauen Eintrittszeiten der extremen zeitlichen Abweichungen sind aus Differentiation der LAGRANGESchen Interpolationsformel

$$y = y_1 \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)} + y_2 \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)} + y_3 \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)}$$

und anschließendem Nullsetzen zu

$$x = - \frac{y_1(x_2^2 - x_3^2) + y_2(x_3^2 - x_1^2) + y_3(x_1^2 - x_2^2)}{y_1(x_2 - x_3) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_1 - x_2)}$$

bestimmt worden. Durch diese parabolische Näherung erhält man als Eintrittszeiten der maximalen Abweichung der Hochwasser gegenüber der mittleren Eintrittszeit für die einzelnen Parameter folgende Werte:

p	maximale Verfrühung			maximale Verspätung		
	nach d	h	m	nach d	h	m
75	4	0	57	10	17	25
70	4	2	55	10	15	27
65	4	5	03	10	13	19
60	4	7	20	10	11	02
55	4	9	46	10	8	36
50	4	12	25	10	5	57
45	4	15	12	10	3	10
40	4	18	28	9	23	54
35	4	21	50	9	20	32
30	5	1	44	9	16	38

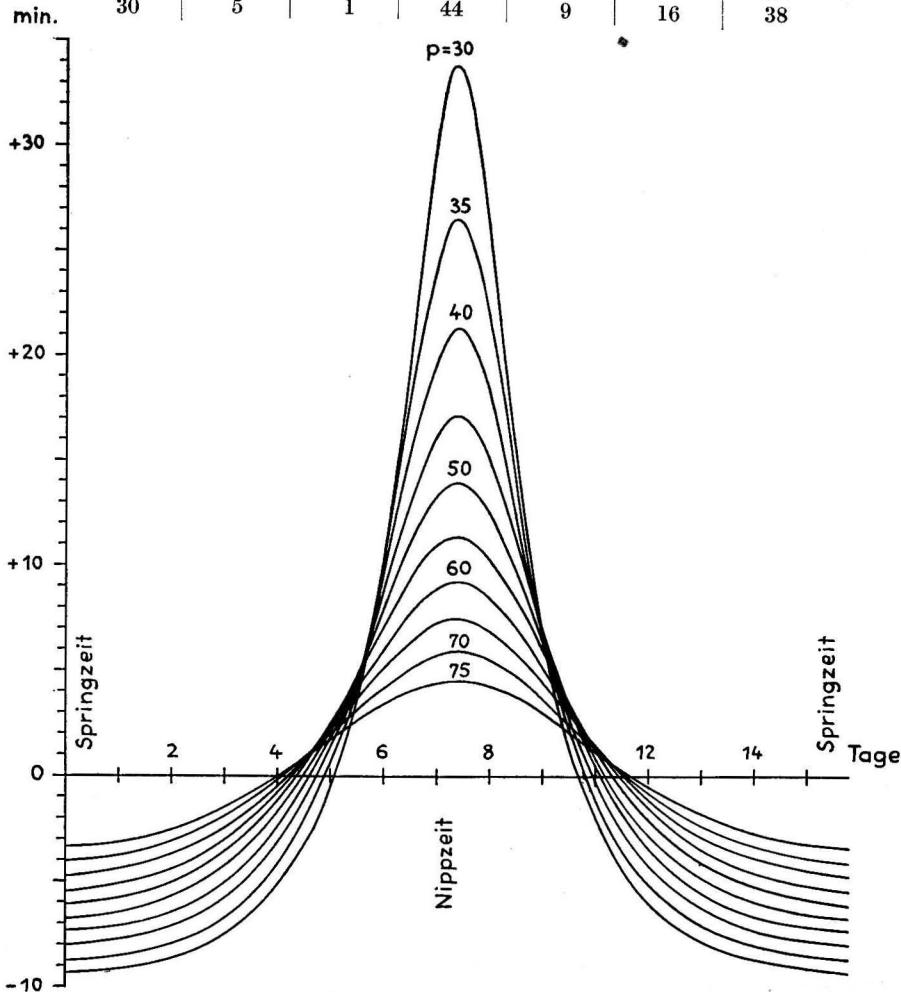


Abb. 5. Die Differenz einer Tide bei der Superposition der M_2 - und S_2 -Tide gegenüber der M_2 -Tide

Eine weitere Eigentümlichkeit bei der Superposition der M_2 - und der S_2 -Tide ergibt sich bei der Berechnung der Dauer einer Tide, das heißt des Zeitraums von einem Niedrigwasser über das Hochwasser zum folgenden Niedrigwasser. Man stellt fest, daß die Tidedauer zur Springzeit unter der durchschnittlichen Länge der M_2 -Tide mit $12^h 25^m 14,19^s$ liegt und zur Nippzeit merklich darüber. Die Intervallschwankungen werden um so größer, je kleiner p ist. Während für $p = 75$ die Variationen gegenüber dem M_2 -Tide-Intervall zwischen -3^m und $+5^m$ bleiben, erreichen sie für $p = 30$ Beträge von -9^m bis $+34^m$.

Zwischen Spring- und Nippzeit gibt es für jedes p einen Zeitpunkt, zu dem die Tidedauer der superponierten Tiden gerade derjenigen der M_2 -Tide entspricht. Dieser Zeitpunkt liegt um so weiter zur Nippzeit verschoben, je kleiner p ist. Die Bestimmung der Nullpunkte der Kurven in Abb. 5 geschieht näherungsweise wieder durch parabolische Interpolation mittels der LAGRANGESchen Formel, die für $y = 0$ auf die quadratische Gleichung

$$x^2 - \frac{y_1(x_2^2 - x_3^2) + y_2(x_3^2 - x_1^2) + y_3(x_1^2 - x_2^2)}{y_1(x_2 - x_3) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_1 - x_2)} x + \frac{y_1(x_2 - x_3)x_2x_3 + y_2(x_3 - x_1)x_3x_1 + y_3(x_1 - x_2)x_1x_2}{y_1(x_2 - x_3) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_1 - x_2)} = 0$$

führt. Mit den jeweiligen der Nullstelle benachbarten Punkten ergeben sich aus dieser Gleichung gerade die Werte der vorigen Tabelle mit den Eintrittszeiten der maximalen Abweichung der Hochwasser gegenüber der mittleren Eintrittszeit, d. h., die Nullstellen der Abb. 5 fallen in den Abszissen zusammen mit den Extremstellen der Abb. 3. Dieses Resultat besagt, daß die Dauer der Tide der kombinierten M_2 - und S_2 -Tide gerade dann den Normalwert hat, wenn die Hoch- bzw. Niedrigwassereintrittszeiten die größte Abweichung vom normalen Wert haben.

Literatur

WHEWELL, W., Researches on the Tides. Phil. Trans. Royal Society. London 1833—1840.
 MERZ, A., Die Gezeiten der Nordsee. In: Nordsee-Handbuch. Südlicher Teil. Berlin 1923.
 COURTIER, A., Marées. Service Hydrographique de la Marine. Paris 1938.
 SAGER, G., Die Variation der Hochwassereintrittszeiten in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See im Ablauf einer Tideperiode. Beiträge zur Meereskunde 5 (1962).
 SAGER, G., Atlas der Elemente des Tidenhubs und der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die Irische See. Rostock 1963.
 SAGER, G., Das Verhältnis des Nipp- zum Springtidenhub in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See. Seeverkehr 12 (1964).
 Abschluß der Arbeit: 29. 5. 1965

p = 30, φ = 0°

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrüfung (-) gegenüber M _s -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M _s -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00	6	8,00	99,93					
1.	N.W.	1.	6	8,00	99,87	- 4,61	6	8,02	99,66					
2.	H.W.	1.	12	16,02	99,46	- 9,22	6	8,03	99,13	12	16,05	- 9,19	99,40	1.
2.	N.W.	1.	18	24,05	98,79	-13,80	6	8,07	98,32					
3.	H.W.	2.	0	32,12	97,86	-18,36	6	8,10	97,26	12	16,17	- 9,07	97,79	2.
3.	N.W.	2.	6	40,22	96,66	-22,87	6	8,16	95,94					
4.	H.W.	2.	12	48,38	95,21	-27,33	6	8,23	94,36	12	16,39	- 8,85	95,15	3.
4.	N.W.	2.	18	56,61	93,51	-31,72	6	8,31	92,53					
5.	H.W.	3.	1	4,92	91,56	-36,03	6	8,41	90,46	12	16,72	- 8,52	91,50	4.
5.	N.W.	3.	7	13,33	89,37	-40,24	6	8,52	88,16					
6.	H.W.	3.	13	21,85	86,96	-44,33	6	8,67	85,64	12	17,19	- 8,05	86,90	5.
6.	N.W.	3.	19	30,52	84,33	-48,28	6	8,84	82,91					
7.	H.W.	4.	1	39,36	81,49	-52,06	6	9,04	79,97	12	17,88	- 7,36	81,44	6.
7.	N.W.	4.	7	48,40	78,45	-55,63	6	9,28	76,85					
8.	H.W.	4.	13	57,68	75,24	-58,97	6	9,58	73,55	12	18,86	- 6,38	75,20	7.
8.	N.W.	4.	20	7,26	71,86	-62,02	6	9,92	70,10					
9.	H.W.	5.	2	17,18	68,34	-64,71	6	10,36	66,52	12	20,28	- 4,96	68,31	8.
9.	N.W.	5.	8	27,54	64,69	-66,97	6	10,87	62,82					
10.	H.W.	5.	14	38,41	60,95	-68,71	6	11,52	59,04	12	22,39	- 2,85	60,93	9.
10.	N.W.	5.	20	49,93	57,13	-69,81	6	12,33	55,21					
11.	H.W.	6.	3	2,26	53,28	-70,10	6	13,34	51,36	12	25,67	+ 0,43	53,29	10.
11.	N.W.	6.	9	15,60	49,44	-69,38	6	14,61	47,56					
12.	H.W.	6.	15	30,21	45,67	-67,39	6	16,23	43,85	12	30,84	+ 5,60	45,71	11.
12.	N.W.	6.	21	46,44	42,03	-63,78	6	18,24	40,32					
13.	H.W.	7.	4	4,68	38,62	-58,15	6	20,72	37,09	12	38,96	+13,72	38,71	12.
13.	N.W.	7.	10	25,40	35,56	-50,06	6	23,56	34,29					
14.	H.W.	7.	16	48,96	33,01	-39,11	6	26,47	32,08	12	50,03	+24,79	33,19	13.
14.	N.W.	7.	23	15,43	31,15	-25,26	6	28,80	30,64					
15.	H.W.	8.	5	44,23	30,14	+ 9,08	6	29,73	30,13	12	58,53	+33,29	30,39	14.
15.	N.W.	8.	12	13,96	30,11	+ 8,04	6	28,91	30,58					
16.	H.W.	8.	18	42,87	31,06	+24,33	6	26,64	31,97	12	55,55	+30,31	31,28	15.
16.	N.W.	9.	1	9,51	32,88	+38,35	6	23,74	34,13					
17.	H.W.	9.	7	33,25	35,39	+49,47	6	20,88	36,91	12	44,62	+19,38	35,52	16.
17.	N.W.	9.	13	54,13	38,42	+57,73	6	18,38	40,12					
18.	H.W.	9.	20	12,51	41,81	+63,50	6	16,34	43,63	12	34,72	+ 9,48	41,88	17.
18.	N.W.	10.	2	28,85	45,44	+67,22	6	14,70	47,33					
19.	H.W.	10.	8	43,55	49,21	+69,30	6	13,41	51,13	12	28,11	+ 2,87	49,23	18.
19.	N.W.	10.	14	56,96	53,05	+70,09	6	12,38	54,97					
20.	H.W.	10.	21	9,34	56,90	+69,85	6	11,57	58,81	12	23,95	- 1,29	56,89	19.
20.	N.W.	11.	3	20,91	60,72	+68,80	6	10,91	62,59					
21.	H.W.	11.	9	31,82	64,47	+67,10	6	10,38	66,29	12	21,29	- 3,95	64,44	20.
21.	N.W.	11.	15	42,20	68,12	+64,86	6	9,95	69,89					
22.	H.W.	11.	21	52,15	71,65	+62,19	6	9,59	73,34	12	19,54	- 5,70	71,62	21.
22.	N.W.	12.	4	1,74	75,04	+59,16	6	9,30	76,65					
23.	H.W.	12.	10	11,04	78,26	+55,85	6	9,05	79,78	12	18,35	- 6,89	78,22	22.
23.	N.W.	12.	16	20,09	81,31	+52,28	6	8,85	82,73					
24.	H.W.	12.	22	28,94	84,16	+48,51	6	8,68	85,48	12	17,53	- 7,71	84,11	23.
24.	N.W.	13.	4	37,62	86,80	+44,58	6	8,54	88,02					
25.	H.W.	13.	10	46,16	89,23	+40,49	6	8,41	90,33	12	16,95	- 8,29	89,18	24.
25.	N.W.	13.	16	54,57	91,43	+36,29	6	8,32	92,41					
26.	H.W.	13.	23	2,89	93,39	+31,99	6	8,23	94,25	12	16,55	- 8,69	93,33	25.
26.	N.W.	14.	5	11,12	95,11	+27,60	6	8,16	95,85					
27.	H.W.	14.	11	19,28	96,58	+23,14	6	8,11	97,19	12	16,27	- 8,97	96,52	26.
27.	N.W.	14.	17	27,39	97,79	+18,64	6	8,07	98,27					
28.	H.W.	14.	23	35,46	98,74	+14,08	6	8,03	99,09	12	16,10	- 9,14	98,68	27.
28.	N.W.	15.	5	43,49	99,43	+ 9,50	6	8,02	99,64					
29.	H.W.	15.	11	51,51	99,85	+ 4,90	6	8,00	99,92	12	16,02	- 9,22	99,78	28.
29.	N.W.	15.	17	59,51	100,00	+ 0,28	6							

p = 35, φ = 0°

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrüfung (-) gegenüber M _s -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M _s -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00	6	8,33	99,94					
1.	N.W.	1.	6	8,33	99,87	- 4,29	6	8,33	99,68	12	16,69	- 8,55	99,42	1.
2.	H.W.	1.	12	16,66	99,48	- 8,57	6	8,36	99,16	12	16,84	- 8,40	97,87	2.
2.	N.W.	1.	18	25,02	98,83	-12,83	6	8,40	98,38					
3.	H.W.	2.	0	33,42	97,93	-17,05	6	8,44	97,35	12	17,09	- 8,15	95,32	3.
3.	N.W.	2.	6	41,86	96,78	-21,23	6	8,51	96,08					
4.	H.W.	2.	12	50,37	95,98	-25,34	6	8,58	94,56	12	17,45	- 7,79	91,81	4.
4.	N.W.	2.	18	58,95	93,73	-29,38	6	8,67	92,80					
5.	H.W.	3.	1	7,62	91,86	-33,33	6	8,78	90,81	12	18,00	- 7,24	87,38	5.
5.	N.W.	3.	7	16,40	89,75	-37,16	6	8,92	88,59					
6.	H.W.	3.	13	25,32	87,43	-40,86	6	9,08	86,17	12	18,75	- 6,49	82,15	6.
6.	N.W.	3.	19	34,40	84,91	-44,40	6	9,26	83,55					
7.	H.W.	4.	1	43,66	82,19	-47,75	6	9,49	80,74	12	19,83	- 5,41	76,18	7.
7.	N.W.	4.	7	53,15	79,29	-50,88	6	9,76	77,75					
8.	H.W.	4.	14	2,91	76,22	-53,74	6	10,07	74,61	12	21,35	- 3,89	69,64	8.
8.	N.W.	4.	20	12,98	73,00	-56,29	6	10,45	71,33					
9.	H.W.	5.	2	23,43	69,66	-58,46	6	10,90	67,94	12	23,55	- 1,69	62,69	9.
9.	N.W.	5.	8	34,33	66,22	-60,18	6	11,44	64,46					
10.	H.W.	5.	14	45,77	62,69	-61,36	6	12,11	60,91	12	26,79	+ 1,55	55,57	10.
10.	N.W.	5.	20	57,88	59,13	-61,87	6	12,90	57,34					
11.	H.W.	6.	3	10,78	55,55	-61,58	6	13,89	53,79	12	31,57	+ 6,33	48,63	11.
11.	N.W.	6.	9	24,67	52,02	-60,31	6	15,07	50,30					
12.	H.W.	6.	15	39,74	48,58	-57,86	6	16,50	46,95	12	38,30	+13,06	42,40	12.
12.	N.W.	6.	21	56,24	45,31	-53,98	6	18,19	43,81					
13.	H.W.	7.	4	14,43	42,30	-48,41	6	20,11	40,98	12	46,19	+20,95	37,64	13.
13.	N.W.	7.	10	34,54	39,65	-40,92	6	22,14	38,57					
14.	H.W.	7.	16	56,68	37,49	-31,39	6	24,05	36,71	12	51,49	+26,25	35,32	14.
14.	N.W.	7.	23	20,73	35,94	-19,95	6	25,47	35,53					
15.	H.W.	8.	5	46,20	35,11	- 7,11	6	26,02	35,10	12	49,68	+24,44	36,05	15.
15.	N.W.	8.	12	12,22	35,09	+ 6,29	6	25,52	35,48					
16.	H.W.	8.	18	37,74	35,86	+19,20	6	24,16	36,62	12	42,50	+17,26	39,63	16.
16.	N.W.	9.	1	1,90	37,37	+30,74	6	22,27	38,44					
17.	H.W.	9.	7	24,17	39,50	+40,39	6	20,23	40,82	12	34,90	+ 9,66	45,19	17.
17.	N.W.	9.	13	44,40	42,13	+48,01	6	18,30	43,62					
18.	H.W.	9.	20	2,70	45,12	+53,69	6	16,60	46,75	12	29,10	+ 3,86	51,83	18.
18.	N.W.	10.	2	19,30	48,88	+57,66	6	15,15	50,09					
19.	H.W.	10.	8	34,45	51,80	+60,20	6	13,95	53,57	12	25,11	- 0,13	58,91	19.
19.	N.W.	10.	14	48,40	55,33	+61,53	6	12,96	57,12					
20.	H.W.	10.	21	1,36	58,91	+61,87	6	12,15	60,69	12	22,41	- 2,83	65,99	20.
20.	N.W.	11.	3	13,51	62,48	+61,41	6	11,48	64,24					
21.	H.W.													

Nr. des Extremums	Art des Extremums	p = 40, φ = 0°													
		Eintrittszeit			Eintrittshöhe	Verspätung (+) bzw. Verfrüherung (-) gegenüber M ₂ -Tide	Steig-/Falldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall		Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M ₂ -Tide	halber Tidenhub	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m	h	m	h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	- 0,00	6	8,66	99,94						
1.	N.W.	1.	6	8,66	99,88	- 3,96	6	8,66	99,69						
2.	H.W.	1.	12	17,32	99,50	- 7,92	6	8,66	99,19	12	17,34	- 7,90	99,44	1.	
2.	N.W.	1.	18	26,00	98,88	- 11,85	6	8,73	98,45	12	17,51	- 7,73	97,96	2.	
3.	H.W.	2.	0	34,73	98,02	- 15,74	6	8,78	97,47						
3.	N.W.	2.	6	43,51	96,91	- 19,58	6	8,85	96,24						
4.	H.W.	2.	12	52,36	95,57	- 23,35	6	8,92	94,79	12	17,77	- 7,47	95,51	3.	
4.	N.W.	2.	19	1,28	94,00	- 27,05	6	9,04	93,11						
5.	H.W.	3.	1	10,32	92,21	- 30,62	6	9,15	91,21	12	18,19	- 7,05	92,16	4.	
5.	N.W.	3.	7	19,47	90,20	- 34,09	6	9,30	89,10						
6.	H.W.	3.	13	28,77	87,99	- 37,41	6	9,47	86,79	12	18,77	- 6,47	87,94	5.	
6.	N.W.	3.	19	38,24	85,58	- 40,56	6	9,67	84,29						
7.	H.W.	4.	1	47,91	83,00	- 43,51	6	9,91	81,62	12	19,58	- 5,66	82,95	6.	
7.	N.W.	4.	7	57,82	80,24	- 46,21	6	10,20	78,79	12	20,71	- 4,53	77,31	7.	
8.	H.W.	4.	14	8,02	77,34	- 48,63	6	10,51	75,83						
8.	N.W.	4.	20	18,53	74,31	- 50,74	6	10,92	72,74	12	22,29	- 2,95	71,15	8.	
9.	H.W.	5.	2	29,45	71,17	- 52,44	6	11,37	69,56						
9.	N.W.	5.	8	40,82	67,95	- 53,69	6	11,92	66,31	12	24,48	- 0,76	64,66	9.	
10.	H.W.	5.	14	52,74	64,67	- 54,38	6	12,56	63,02						
10.	N.W.	5.	21	5,30	61,37	- 54,44	6	13,33	59,73	12	27,55	+ 2,31	58,10	10.	
11.	H.W.	6.	3	18,63	58,08	- 53,73	6	14,22	56,47						
11.	N.W.	6.	9	32,85	54,86	- 52,13	6	15,29	53,32	12	31,79	+ 6,55	51,82	11.	
12.	H.W.	6.	15	48,14	51,77	- 49,46	6	16,50	50,32						
12.	N.W.	6.	22	4,64	48,86	- 45,57	6	17,87	47,54	12	37,19	+ 11,95	46,30	12.	
13.	H.W.	7.	4	22,51	46,21	- 40,32	6	19,32	45,07						
13.	N.W.	7.	10	41,83	43,92	- 33,62	6	20,79	43,00	12	42,84	+ 17,60	42,21	13.	
14.	H.W.	7.	17	2,62	42,08	- 25,45	6	22,05	41,43						
14.	N.W.	7.	23	24,67	40,78	- 16,02	6	22,80	40,44	12	46,27	+ 21,03	40,26	14.	
15.	H.W.	8.	5	47,47	40,09	- 5,83	6	23,47	40,08						
15.	N.W.	8.	12	10,94	40,07	+ 5,02	6	23,00	40,40	12	45,13	+ 19,89	40,87	15.	
16.	H.W.	8.	18	33,94	40,72	+ 15,40	6	22,13	41,35						
16.	N.W.	9.	0	56,07	41,98	+ 24,91	6	20,87	42,89	12	40,28	+ 15,04	43,91	16.	
17.	H.W.	9.	7	16,94	43,79	+ 35,16	6	19,41	44,93						
17.	N.W.	9.	13	36,35	46,06	+ 39,96	6	17,96	47,38	12	34,54	+ 9,30	48,76	17.	
18.	H.W.	9.	19	54,31	48,69	+ 45,30	6	16,58	50,14						
18.	N.W.	10.	2	10,89	51,58	+ 49,26	6	15,35	53,13	12	29,64	+ 4,40	54,70	18.	
19.	H.W.	10.	8	26,24	54,67	+ 51,99	6	14,29	56,28						
19.	N.W.	10.	14	40,53	57,88	+ 53,66	6	13,39	59,53	12	25,99	+ 0,75	61,17	19.	
20.	H.W.	10.	20	53,92	61,17	+ 54,44	6	12,60	62,82						
20.	N.W.	11.	3	6,52	64,47	+ 54,42	6	11,95	66,11	12	23,36	- 1,88	67,74	20.	
21.	H.W.	11.	9	18,47	67,75	+ 53,75	6	11,41	69,37						
21.	N.W.	11.	15	29,88	70,98	+ 52,54	6	10,93	72,55	12	21,47	- 3,77	74,09	21.	
22.	H.W.	11.	21	40,81	74,12	+ 50,85	6	10,54	75,64						
22.	N.W.	12.	3	51,35	77,16	+ 48,78	6	10,22	78,62	12	20,14	- 5,10	80,03	22.	
23.	H.W.	12.	10	1,57	80,07	+ 46,38	6	9,92	81,45						
23.	N.W.	12.	16	11,49	82,83	+ 43,68	6	9,69	84,13	12	19,17	- 6,07	85,38	23.	
24.	H.W.	12.	22	21,18	85,43	+ 40,75	6	9,48	86,64						
24.	N.W.	13.	4	30,66	87,84	+ 37,61	6	9,31	88,96	12	18,48	- 6,76	90,02	24.	
25.	H.W.	13.	10	39,97	90,07	+ 34,31	6	9,17	91,08						
25.	N.W.	13.	16	49,14	92,09	+ 30,86	6	9,03	93,00	12	17,97	- 7,27	93,84	25.	
26.	H.W.	13.	22	58,17	93,90	+ 27,27	6	8,94	94,69						
26.	N.W.	14.	5	7,11	95,48	+ 23,59	6	8,85	96,16	12	17,63	- 7,61	96,78	26.	
27.	H.W.	14.	11	15,96	96,84	+ 19,82	6	8,78	97,40						
27.	N.W.	14.	17	24,74	97,96	+ 15,99	6	8,73	98,40	12	17,42	- 7,82	98,78	27.	
28.	H.W.	14.	23	33,47	98,84	+ 12,10	6	8,69	99,16						
28.	N.W.	15.	5	42,16	99,47	+ 8,17	6	8,66	99,67	12	17,31	- 7,93	99,80	28.	
29.	H.W.	15.	11	50,82	99,86	+ 4,21	6	8,66	99,93						
29.	N.W.	15.	17	59,47	100,00	+ 0,24	6	8,65							

Nr. des Extremums	Art des Extremums	p = 45, φ = 0°													
		Eintrittszeit			Eintrittshöhe	Verspätung (+) bzw. Verfrüherung (-) gegenüber M ₂ -Tide	Steig-/Falldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall		Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M ₂ -Tide	halber Tidenhub	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m	h	m	h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	- 0,00	6	8,97	99,94						
1.	N.W.	1.	6	8,97	99,88	- 3,65	6	8,99	99,70						
2.	H.W.	1.	12	17,96	99,53	- 7,28	6	9,02	99,23	12	18,01	- 7,23	99,47	1.	
2.	N.W.	1.	18	26,98	98,94	- 10,87	6	9,06	98,53						
3.	H.W.	2.	0	36,04	98,12	- 14,43	6	9,11	97,59	12	18,17	- 7,07	98,06	2.	
3.	N.W.	2.	6	45,15	97,07	- 17,94	6	9,18	96,43						
4.	H.W.	2.	12	54,33	95,79	- 21,38	6	9,28	95,05	12	18,46	- 6,78	95,74	3.	
4.	N.W.	2.	19	3,61	94,30	- 24,72	6	9,38	93,45						
5.	H.W.	3.	1	12,99	92,60	- 27,95	6	9,51	91,65	12	18,89	- 6,35	92,55	4.	
5.	N.W.	3.	7	22,50	90,70	- 31,06	6	9,67	89,66						
6.	H.W.	3.	13	32,17	88,61	- 34,01	6	9,85	87,48	12	19,52	- 5,72	88,57	5.	
6.	N.W.	3.	19	42,02	86,34	- 36,78	6	10,06	85,13						
7.	H.W.	4.	1	52,08	83,91	- 39,34	6	10,30	82,62	12	20,36	- 4,88	83,88	6.	
7.	N.W.	4.	8	2,38	81,33	- 41,65	6	10,59	79,97						
8.	H.W.	4.	14	12,97	78,61	- 43,68	6	10,93	77,20	12	21,52	- 3,72	78,59	7.	
8.	N.W.	4.	20	23,90	75,78	- 45,37	6	11,31	74,32						
9.	H.W.	5.	2	35,21	72,86	- 46,68	6	11,77	71,37	12	23,08	- 2,16	72,85	8.	
9.	N.W.	5.	8	46,98	69,87	- 47,53	6	12,29	68,36						
10.	H.W.	5.	14	59,27	66,85	- 47,85	6	12,90	65,34	12	25,19	- 0,05	66,85	9.	
10.	N.W.	5.	21	12,17	63,83	- 47,57	6	13,61	62,34						
11.	H.W.	6.	3	25,78	60,85	- 46,58	6	14,41	59,40	12	28,02	+ 2,78	60,87	10.	
11.	N.W.	6.	9	40,19	57,94	- 44,79	6	15,32	56,56						
12.	H.W.	6.	15	55,51	55,18	- 42,09	6	16,33	53,89	12	31,65	+ 6,41	55,23	11.	
12.	N.W.	6.	22	11,84	52,61	- 38,37	6	17,40	51,45						
13.	H.W.	7.	4	29,24	50,30	- 33,59	6	18,50	49,31	11	35,90	+ 10,66	50,38	12.	
13.	N.W.	7.	10	47,74	48,32	- 27,71	6	19,55	47,53						
14.	H.W.	7.	17	7,29	46,75	- 20,78	6	20,42	46,20	12	39,97	+ 14,73	46,87	13.	
14.	N.W.	7.	23	27,71	45,65	- 12,98	6	21,24	45,07						
15.	H.W.	8.	5	48,73	45,08	- 4,57	6	21,04	45,33	12	42,26	+ 17,02	45,22	14.	
15.	N.W.	8.	12	9,97	45,06	+ 4,05	6	20,47	46,13						
16.	H.W.	8.	18	31,01	45,60	+ 12,47	6	20,47	46,13	12	41,51	+ 16,27	45,73	15.	
16.	N.W.	9.	7	51,48	46,67	+ 20,32	6	19,61	47,44						
17.	H.W.	9.	7	11,09	48,21	+ 27,31	6	18,57	49,19	12	38,18	+ 12,94	48,32	16.	
17.	N.W.	9.	13	29,66	50,16	+ 33,27	6	17,47	51,31						
18.	H.W.	9.	19	47,13	52,46	+ 38,12	6	16,39	53,73	12	33,86	+ 8,62	52,52	17.	
18.	N.W.	10.	2	3,52	55,01	+ 41,89	6	15,38	56,39						
19.	H.W.	10.	8	18,90											

$p = 50, \varphi = 0^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidentfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00	6	9,30	99,95					
1.	N.W.	1.	6	9,30	99,89	-3,32	6	9,32	99,72	12	18,66	-6,58	99,50	1.
2.	H.W.	1.	12	18,62	99,55	-6,62	6	9,34	99,28					
2.	N.W.	1.	18	27,96	99,00	-9,89	6	9,39	98,62	12	18,83	-6,41	98,18	2.
3.	H.W.	2.	0	37,35	98,23	-13,12	6	9,44	97,74					
3.	N.W.	2.	6	46,79	97,24	-16,30	6	9,52	96,64	12	19,14	-6,10	95,99	3.
4.	H.W.	2.	12	56,31	96,04	-19,40	6	9,62	95,34					
4.	N.W.	2.	19	5,93	94,64	-22,40	6	9,75	93,85	12	19,59	-5,65	93,00	4.
5.	H.W.	3.	1	15,66	93,05	-25,28	6	9,86	92,16					
5.	N.W.	3.	7	25,52	91,27	-28,04	6	10,02	90,29	12	20,23	-5,01	89,27	5.
6.	H.W.	3.	13	35,54	89,31	-30,64	6	10,21	88,26					
6.	N.W.	3.	19	45,75	87,20	-33,05	6	10,41	86,07	12	21,08	-4,16	84,90	6.
7.	H.W.	4.	1	56,16	84,93	-35,26	6	10,67	83,73					
7.	N.W.	4.	8	6,83	82,53	-37,20	6	10,95	81,27	12	22,23	-3,01	79,99	7.
8.	H.W.	4.	14	17,78	80,01	-38,87	6	11,28	78,71					
8.	N.W.	4.	20	29,06	77,40	-40,21	6	11,66	76,06	12	23,75	-1,49	74,70	8.
9.	H.W.	5.	2	40,72	74,71	-41,17	6	12,09	73,35					
9.	N.W.	5.	8	52,81	71,98	-41,70	6	12,58	70,61	12	25,72	+0,48	69,23	9.
10.	H.W.	5.	15	5,39	69,23	-41,73	6	13,14	67,86					
10.	N.W.	5.	21	18,53	66,49	-41,21	6	13,77	65,15	12	28,23	+2,99	63,83	10.
11.	H.W.	6.	3	32,30	63,81	-40,06	6	14,46	62,52					
11.	N.W.	6.	9	46,76	61,22	-38,22	6	15,22	60,00	12	31,27	+6,03	58,82	11.
12.	H.W.	6.	16	1,98	58,77	-35,62	6	16,05	57,65					
12.	N.W.	6.	22	18,03	56,52	-32,18	6	16,87	55,52	12	34,58	+9,34	54,59	12.
13.	H.W.	7.	4	34,90	54,51	-27,93	6	17,71	53,66					
13.	N.W.	7.	10	52,61	52,81	-22,84	6	18,45	52,15	12	37,52	+12,28	51,58	13.
14.	H.W.	7.	17	11,06	51,48	-17,01	6	19,07	51,02					
14.	N.W.	7.	23	30,13	50,55	-10,56	6	19,46	50,31	12	39,08	+13,84	50,18	14.
15.	H.W.	8.	5	49,59	50,07	-3,71	6	19,62	50,06					
15.	N.W.	8.	12	9,21	50,05	+3,29	6	19,48	50,28	12	38,58	+13,34	50,62	15.
16.	H.W.	8.	18	28,69	50,51	+10,15	6	19,10	50,96					
16.	N.W.	9.	0	47,79	51,41	+16,63	6	18,49	52,07	12	36,25	+11,01	52,81	16.
17.	H.W.	9.	7	6,28	52,72	+22,50	6	17,76	53,56					
17.	N.W.	9.	13	24,04	54,40	+27,65	6	16,93	55,40	12	33,02	+7,78	56,45	17.
18.	H.W.	9.	19	40,97	56,39	+31,96	6	16,09	57,51					
18.	N.W.	10.	1	57,06	58,63	+35,43	6	15,27	59,85	12	29,78	+4,54	61,10	18.
19.	H.W.	10.	8	12,33	61,06	+38,08	6	14,51	62,36					
19.	N.W.	10.	14	26,84	63,65	+39,97	6	13,81	64,99	12	26,98	+1,74	66,34	19.
20.	H.W.	10.	20	40,65	66,33	+41,17	6	13,17	67,70					
20.	N.W.	11.	2	53,82	69,06	+41,72	6	12,61	70,44	12	24,73	-0,51	71,81	20.
21.	H.W.	11.	9	6,43	71,81	+41,71	6	12,12	73,18					
21.	N.W.	11.	15	18,55	74,55	+41,21	6	11,68	75,90	12	22,99	-2,25	77,22	21.
22.	H.W.	11.	21	30,23	77,24	+40,27	6	11,31	78,55					
22.	N.W.	12.	3	41,54	79,85	+38,97	6	10,97	81,12	12	21,65	-3,59	82,35	22.
23.	H.W.	12.	9	52,51	82,38	+37,32	6	10,68	83,59					
23.	N.W.	12.	16	3,19	84,79	+35,38	6	10,43	85,93	12	20,65	-4,59	87,03	23.
24.	H.W.	12.	22	13,62	87,06	+33,19	6	10,22	88,13					
24.	N.W.	13.	4	23,84	89,19	+30,79	6	10,03	90,17	12	19,91	-5,33	91,11	24.
25.	H.W.	13.	10	33,87	91,15	+28,21	6	9,88	92,05					
25.	N.W.	13.	16	43,75	92,94	+25,47	6	9,73	93,75	12	19,35	-5,89	94,50	25.
26.	H.W.	13.	22	53,48	94,55	+22,58	6	9,62	95,26					
26.	N.W.	14.	5	3,10	95,96	+19,58	6	9,53	96,57	12	18,98	-6,26	97,12	26.
27.	H.W.	14.	11	12,63	97,17	+16,49	6	9,45	97,67					
27.	N.W.	14.	17	22,08	98,17	+13,33	6	9,39	98,57	12	18,74	-6,50	98,91	27.
28.	H.W.	14.	23	31,47	98,96	+10,10	6	9,35	99,25					
28.	N.W.	15.	5	40,82	99,53	+6,83	6	9,31	99,71	12	18,61	-6,63	99,82	28.
29.	H.W.	15.	11	50,13	99,88	+3,52	6	9,30	99,94					
29.	N.W.	15.	17	59,43	100,00	+0,20	6	9,30	99,94					

 $p = 55, \varphi = 0^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidentfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00	6	9,63	99,95					
1.	N.W.	1.	6	9,63	99,90	-2,99	6	9,64	99,74	12	19,31	-5,93	99,54	1.
2.	H.W.	1.	12	19,27	99,58	-5,97	6	9,67	99,33					
2.	N.W.	1.	18	28,94	99,07	-8,91	6	9,71	98,71	12	19,49	-5,75	98,30	2.
3.	H.W.	2.	0	38,65	98,35	-11,82	6	9,78	97,89					
3.	N.W.	2.	6	48,43	97,43	-14,66	6	9,86	96,87	12	19,81	-5,43	96,27	3.
4.	H.W.	2.	12	58,29	96,32	-17,42	6	9,95	95,67					
4.	N.W.	2.	19	8,24	95,02	-20,09	6	10,06	94,28	12	20,27	-4,97	93,50	4.
5.	H.W.	3.	1	18,30	93,54	-22,64	6	10,21	92,72					
5.	N.W.	3.	7	23,51	91,89	-25,05	6	10,35	90,99	12	20,90	-4,34	90,05	5.
6.	H.W.	3.	13	38,86	90,09	-27,32	6	10,55	89,11					
6.	N.W.	3.	19	49,41	88,13	-29,39	6	10,75	87,09	12	21,75	-3,49	86,02	6.
7.	H.W.	4.	2	0,16	86,05	-31,26	6	11,00	84,95					
7.	N.W.	4.	8	11,16	83,84	-32,87	6	11,28	82,69	12	22,87	-2,37	81,52	7.
8.	H.W.	4.	14	22,44	81,54	-34,21	6	11,59	80,35					
8.	N.W.	4.	20	34,03	79,16	-35,24	6	11,95	77,94	12	24,28	-0,96	76,72	8.
9.	H.W.	5.	2	45,98	76,72	-35,91	6	12,33	75,49					
9.	N.W.	5.	8	58,31	74,25	-36,20	6	12,79	73,01	12	26,07	+0,83	71,78	9.
10.	H.W.	5.	15	11,10	71,78	-36,02	6	13,28	70,55					
10.	N.W.	5.	21	24,38	69,33	-35,36	6	13,83	68,14	12	28,25	+3,01	66,97	10.
11.	H.W.	6.	3	38,21	66,95	-34,15	6	14,42	65,80					
11.	N.W.	6.	9	52,63	64,66	-32,35	6	15,05	63,59	12	30,75	+5,51	62,57	11.
12.	H.W.	6.	16	7,68	62,52	-29,92	6	15,70	61,54					
12.	N.W.	6.	22	23,38	60,56	-26,84	6	16,33	59,70	12	33,28	+8,04	58,91	12.
13.	H.W.	7.	4	39,71	58,83	-23,12	6	16,95	58,11					
13.	N.W.	7.	10	56,66	57,38	-18,79	6	17,49	56,81	12	35,42	+10,18	56,33	13.
14.	H.W.	7.	17	14,15	56,24	-13,92	6	17,93	55,85					
14.	N.W.	7.	23	32,08	55,46	-8,61	6	18,21	55,26	12	36,51	+11,27	55,16	14.
15.	H.W.	8.	5	50,29	55,06	-3,01	6	18,30	55,05					
15.	N.W.	8.	12	8,59	55,04	+2,67	6	18,22	55,23	12	36,17	+10,93	55,52	15.
16.	H.W.	8.	18	26,81	55,42	+8,27	6	17,95	55,81					
16.	N.W.	9.	0	44,76	56,19	+13,60	6	17,52	56,74	12	34,51	+9,27	57,38	16.
17.	H.W.	9.	7	2,28	57,30	+18,50	6	16,99	58,02					
17.	N.W.	9.	13	19,27	58,74	+22,88	6	16,38	59,59	12	32,11	+6,87	60,51	17.
18.	H.W.	9.	19	35,65	60,45	+26,64	6	15,73	61,42					
18.	N.W.	10.	1	51,38	62,39	+29,75	6	15,08	63,46	12	29,54	+4,30	64,56	18.
19.	H.W.	10.	8	6,46	64,53	+32,21	6	14,46	65,66					
19.	N.W.	10.	14	20,92	66,80	+34,05	6	13,87	67,99	12	27,18	+1,94	69,20	19.
20.	H.W.	10.	20	34,79	69,18	+35,31	6	13,31	70,40					
20.	N.W.	11.	2	48,10	71,63	+36,00	6	12,82	72,86	12	25,19	-0,05	74,10	20.
21.	H.W.	11.	9	0,92	74,10</									

$p = 60, \varphi = 0^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide m	Steig-/Fallaueer		halber Tidenstieg/ Tidentall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub		Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m		h	m	
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00	6	9,95	99,95						
1.	N.W.	1.	6	9,95	99,90	- 2,67	6	9,97	99,76						
2.	H.W.	1.	12	19,92	99,62	- 5,31	6	10,00	99,38	12	19,97	- 5,27	99,57	1.	
2.	N.W.	1.	18	29,92	99,14	- 7,93	6	10,05	98,81	12	20,16	- 5,08	98,43	2.	
3.	H.W.	2.	0	39,97	98,48	- 10,50	6	10,11	98,06	12	20,46	- 4,78	96,58	3.	
3.	N.W.	2.	6	50,08	97,64	- 13,01	6	10,18	97,13	12	20,92	- 4,32	94,04	4.	
4.	H.W.	2.	13	0,26	96,62	- 15,45	6	10,28	96,03	12	21,55	- 3,69	90,90	5.	
4.	N.W.	2.	19	10,54	95,43	- 17,79	6	10,39	94,76	12	22,35	- 2,89	87,24	6.	
5.	H.W.	3.	1	20,93	94,08	- 20,01	6	10,53	93,33	12	23,41	- 1,83	83,17	7.	
5.	N.W.	3.	7	31,46	92,58	- 22,10	6	10,68	91,76	12	24,71	- 0,53	78,86	8.	
6.	H.W.	3.	13	42,14	90,93	- 24,04	6	10,87	90,04	12	26,28	+ 1,04	74,49	9.	
6.	N.W.	3.	19	53,01	89,15	- 25,79	6	11,06	88,21	12	28,13	+ 2,89	70,26	10.	
7.	H.W.	4.	2	4,07	87,26	- 27,35	6	11,29	86,27	12	30,12	+ 4,88	66,43	11.	
7.	N.W.	4.	8	15,36	85,27	- 28,67	6	11,56	84,23	12	32,07	+ 6,83	63,29	12.	
8.	H.W.	4.	14	26,92	83,19	- 29,73	6	11,85	82,12	12	33,62	+ 8,38	61,12	13.	
8.	N.W.	4.	20	38,77	81,05	- 30,50	6	12,18	79,96	12	34,39	+ 9,15	60,13	14.	
9.	H.W.	5.	2	50,95	78,87	- 30,94	6	12,53	77,77	12	34,14	+ 8,90	60,44	15.	
9.	N.W.	5.	9	3,48	76,67	- 31,03	6	12,93	75,58	12	32,97	+ 7,73	62,00	16.	
10.	H.W.	5.	15	16,41	74,48	- 30,71	6	13,35	73,40	12	31,18	+ 5,94	64,66	17.	
10.	N.W.	5.	21	29,76	72,32	- 29,98	6	13,82	71,28	12	29,18	+ 3,94	68,16	18.	
11.	H.W.	6.	3	43,58	70,23	- 28,78	6	14,31	69,24	12	27,23	+ 1,99	72,21	19.	
11.	N.W.	6.	9	57,89	68,24	- 27,09	6	14,81	67,32	12	25,51	+ 0,27	76,54	20.	
12.	H.W.	6.	16	12,70	66,39	- 24,90	6	15,31	65,55	12	24,06	- 1,18	80,91	21.	
12.	N.W.	6.	22	28,01	64,71	- 22,20	6	15,81	63,97	12	22,89	- 2,35	85,12	22.	
13.	H.W.	7.	4	43,82	63,23	- 19,01	6	16,26	62,62	12	21,95	- 3,29	89,01	23.	
13.	N.W.	7.	11	0,08	62,00	- 15,37	6	16,66	61,52	12	21,23	- 4,01	92,44	24.	
14.	H.W.	7.	17	16,74	61,04	- 11,33	6	16,96	60,72	12	20,69	- 4,55	95,31	25.	
14.	N.W.	7.	23	33,70	60,39	- 6,99	6	17,16	60,22	12	20,30	- 4,94	97,54	26.	
15.	H.W.	8.	5	50,86	60,04	- 2,44	6	17,23	60,04	12	20,05	- 5,19	99,06	27.	
15.	N.W.	8.	12	8,09	60,04	+ 2,17	6	17,17	60,20	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
16.	H.W.	8.	18	25,26	60,36	+ 6,72	6	16,97	60,68	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
16.	N.W.	9.	0	42,23	60,99	+ 11,07	6	16,68	61,46	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
17.	H.W.	9.	6	58,91	61,93	+ 15,13	6	16,29	62,54	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
17.	N.W.	9.	13	15,20	63,15	+ 18,81	6	15,84	63,88	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
18.	H.W.	9.	19	31,04	64,61	+ 22,03	6	15,34	65,45	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
18.	N.W.	10.	1	46,38	66,28	+ 24,75	6	14,85	67,21	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
19.	H.W.	10.	8	1,23	68,13	+ 26,98	6	14,33	69,12	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
19.	N.W.	10.	14	15,56	70,11	+ 28,69	6	13,85	71,15	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
20.	H.W.	10.	20	29,41	72,19	+ 29,93	6	13,38	73,27	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
20.	N.W.	11.	2	42,79	74,35	+ 30,69	6	12,96	75,45	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
21.	H.W.	11.	8	55,75	76,54	+ 31,03	6	12,55	77,64	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
21.	N.W.	11.	15	8,30	78,74	+ 30,96	6	12,20	79,83	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
22.	H.W.	11.	21	20,50	80,92	+ 30,54	6	11,86	81,99	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
22.	N.W.	12.	3	32,36	83,06	+ 29,79	6	11,58	84,10	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
23.	H.W.	12.	9	43,94	85,14	+ 28,75	6	11,31	86,14	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
23.	N.W.	12.	15	55,25	87,14	+ 27,44	6	11,08	88,09	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
24.	H.W.	12.	22	6,33	89,04	+ 25,90	6	10,87	89,93	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
24.	N.W.	13.	4	17,20	90,82	+ 24,15	6	10,70	91,65	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
25.	H.W.	13.	10	27,90	92,48	+ 22,24	6	10,53	93,24	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
25.	N.W.	13.	16	38,43	93,99	+ 20,15	6	10,40	94,67	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
26.	H.W.	13.	22	48,83	95,35	+ 17,93	6	10,29	95,95	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
26.	N.W.	14.	4	59,12	96,55	+ 15,60	6	10,19	97,07	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
27.	H.W.	14.	11	9,31	97,58	+ 13,17	6	10,11	98,01	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
27.	N.W.	14.	17	19,42	98,44	+ 10,67	6	10,05	98,78	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
28.	H.W.	14.	23	29,47	99,11	+ 8,10	6	10,00	99,35	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
28.	N.W.	15.	5	39,47	99,59	+ 5,48	6	9,97	99,74	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
29.	H.W.	15.	11	49,44	99,89	+ 2,83	6	9,95	99,95	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	
29.	N.W.	15.	17	59,39	100,00	+ 0,16	6	9,95	99,95	12	19,92	- 5,32	99,84	28.	

$p = 65, \varphi = 0^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide m	Steig-/Fallaueer		halber Tidenstieg/ Tidentall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub		Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m		h	m	
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00	6	10,28	99,96						
1.	N.W.	1.	6	10,28	99,91	- 2,34	6	10,30	99,78						
2.	H.W.	1.	12	20,58	99,65	- 4,66	6	10,33	99,44	12	20,63	- 4,61	99,61	1.	
2.	N.W.	1.	18	30,91	99,23	- 6,94	6	10,37	98,93	12	20,81	- 4,43	98,59	2.	
3.	H.W.	2.	0	41,28	98,63	- 9,19	6	10,44	98,25	12	21,11	- 4,13	96,92	3.	
3.	N.W.	2.	6	51,72	97,87	- 11,37	6	10,50	97,41	12	21,11	- 4,13	96,92	3.	
4.	H.W.	2.	13	2,22	96,95	- 13,49	6	10,61	96,42	12	21,54	- 3,70	94,63	4.	
4.	N.W.	2.	19	12,83	95,88	- 15,50	6	10,71	95,27	12	21,54	- 3,70	94,63	4.	
5.	H.W.	3.	1	23,54	94,67	- 17,40	6	10,83	93,99	12	22,15	- 3,09	91,82	5.	
5.	N.W.	3.	7	34,37	93,32	- 19,19	6	10,99	92,58	12	22,15	- 3,09	91,82	5.	
6.	H.W.	3.	13	45,36	91,84	- 20,82	6	11,16	91,05	12	22,91	- 2,33	88,55	6.	
6.	N.W.	3.	19	56,52	90,26	- 22,28	6	11,35	89,41	12	22,91	- 2,33	88,55	6.	
7.	H.W.	4.	2	7,87	88,57	- 23,55	6	11,56	87,68	12	23,87	- 1,37	84,95	7.	
7.	N.W.	4.	8	19,43	86,80	- 24,60	6	11,81	85,88	12	23,87	- 1,37	84,95	7.	
8.	H.W.	4.	14	31,24	84,96	- 25,41	6	12,06	84,02	12	25,02	- 0,22	81,15	8.	
8.	N.W.	4.	20	43,30	83,07	- 25,97	6	12,35	82,11	12	25,02	- 0,22	81,15	8.	
9.	H.W.	5.	2	55,65	81,15	- 26,24	6	12,67	80,19	12	26,38	+ 1,14	77,33	9.	
9.	N.W.	5.	9	8,32	79,23	- 26,19	6	13,01	78,27	12	26,38	+ 1,14	77,33	9.	
10.	H.W.	5.	15	21,33	77,32	- 25,79	6	13,37	76,38	12	27,89	+ 2,65	73,68	10.	
10.	N.W.	5.	21	34,70	75,45	- 25,04	6	13,75	74,55	12	27,89	+ 2,65	73,68	10.	
11.	H.W.	6.	3	48,45	73,65	- 23,91	6	14,14	72,80	12	29,48	+ 4,24	70,40	11.	
11.	N.W.	6.	10	2,59	71,94	- 22,39	6	14,55	71,15	12	29,48	+ 4,24	70,40	11.	
12.	H.W.	6.	16	17,14	70,37	- 20,46	6	14,93	69,65	12	30,93	+ 5,69	67,75	12.	
12.	N.W.	6.	22	32,07	68,94	- 18,14	6	15,29	68,32	12	30,93	+ 5,69	67,75	12.	
13.	H.W.	7.	4	47,36	67,70	- 15,47	6	15,64	67,18	12	32,06	+ 6,82	65,93	13.	
13.	N.W.	7.	11	3,00	66,67	- 12,45	6	16,13	65,59	12	32,06	+ 6,82	65,93	13.	
14.	H.W.	7.	17	18,93	65,87	- 9,14	6	16,28	65,18	12	32,60	+ 7,36	65,11	14.	
14.	N.W.	7.	23	35,06	65,32	- 5,63	6	16,32	65,03	12	32,60</				

$p = 70, \varphi = 0^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrüfung (-) gegenüber M_s -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidentfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_s -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00								
1.	N.W.	1.	6	10,61	99,92	-2,01	6	10,61	99,96	12	21,29	-3,95	99,66	1.
2.	H.W.	1.	12	21,24	99,69	-4,00	6	10,63	99,81					
2.	N.W.	1.	18	31,90	99,32	-5,95	6	10,66	99,51	12	21,46	-3,78	98,75	2.
3.	H.W.	2.	0	42,60	98,79	-7,87	6	10,70	99,05					
3.	N.W.	2.	6	53,36	98,12	-9,73	6	10,76	98,45	12	21,74	-3,50	97,28	3.
4.	H.W.	2.	13	4,18	97,31	-11,53	6	10,82	97,71					
4.	N.W.	2.	19	15,10	96,36	-13,23	6	10,92	96,84	12	22,16	-3,08	95,27	4.
5.	H.W.	3.	1	26,12	95,30	-14,82	6	11,02	95,83					
5.	N.W.	3.	7	37,26	94,11	-16,30	6	11,14	94,70	12	22,70	-2,54	92,80	5.
6.	H.W.	3.	13	48,53	92,82	-17,65	6	11,27	93,47					
6.	N.W.	3.	19	59,96	91,43	-18,84	6	11,43	92,13	12	23,40	-1,84	89,95	6.
7.	H.W.	4.	2	11,56	89,97	-19,86	6	11,60	90,70					
7.	N.W.	4.	8	23,36	88,43	-20,67	6	11,80	89,20	12	24,25	-0,99	86,83	7.
8.	H.W.	4.	14	35,37	86,83	-21,28	6	12,01	87,63					
8.	N.W.	4.	20	47,61	85,21	-21,66	6	12,24	86,02	12	25,25	+0,01	83,56	8.
9.	H.W.	5.	3	0,10	83,56	-21,79	6	12,49	84,38					
9.	N.W.	5.	9	12,86	81,91	-21,65	6	12,76	82,73	12	26,38	+1,14	80,30	9.
10.	H.W.	5.	15	25,90	80,28	-21,22	6	13,04	81,10					
10.	N.W.	5.	21	39,24	78,70	-20,50	6	13,34	79,49	12	27,59	+2,35	77,20	10.
11.	H.W.	6.	3	52,87	77,18	-19,49	6	13,63	77,94					
11.	N.W.	6.	10	6,83	75,75	-18,15	6	13,96	76,46	12	28,80	+3,56	74,47	11.
12.	H.W.	6.	16	21,08	74,43	-16,52	6	14,25	75,09					
12.	N.W.	6.	22	35,63	73,24	-14,58	6	14,55	73,84	12	29,89	+4,65	72,26	12.
13.	H.W.	7.	4	50,45	72,22	-12,38	6	14,82	72,73					
13.	N.W.	7.	11	5,52	71,37	-9,93	6	15,07	71,79	12	30,70	+5,46	70,77	13.
14.	H.W.	7.	17	20,80	70,71	-7,27	6	15,28	71,04					
14.	N.W.	7.	23	36,22	70,26	-4,47	6	15,42	70,49	12	31,08	+5,84	70,09	14.
15.	H.W.	8.	5	51,74	70,03	-1,56	6	15,52	70,15					
15.	N.W.	8.	12	7,30	70,02	+1,38	6	15,56	70,03	12	30,96	+5,72	70,30	15.
16.	H.W.	8.	18	22,83	70,24	+4,29	6	15,53	70,13					
16.	N.W.	9.	0	38,26	70,68	+7,10	6	15,43	70,46	12	30,37	+5,13	71,37	16.
17.	H.W.	9.	6	53,55	71,32	+9,77	6	15,29	71,00					
17.	N.W.	9.	13	8,63	72,16	+12,24	6	15,08	71,74	12	29,41	+4,17	73,22	17.
18.	H.W.	9.	19	23,47	73,18	+14,46	6	14,84	72,67					
18.	N.W.	10.	1	38,04	74,35	+16,41	6	14,57	73,76	12	28,24	+3,00	75,69	18.
19.	H.W.	10.	7	52,31	75,66	+18,06	6	14,27	75,01					
19.	N.W.	10.	14	6,28	77,09	+19,41	6	13,97	76,37	12	27,01	+1,77	78,62	19.
20.	H.W.	10.	20	19,94	78,60	+20,46	6	13,66	77,84					
20.	N.W.	11.	2	33,29	80,18	+21,19	6	13,35	79,39	12	25,84	+0,60	81,82	20.
21.	H.W.	11.	8	46,35	81,81	+21,63	6	13,06	81,00					
21.	N.W.	11.	14	59,13	83,46	+21,79	6	12,78	82,63	12	24,76	-0,48	85,10	21.
22.	H.W.	11.	21	11,63	85,10	+21,67	6	12,50	84,28					
22.	N.W.	12.	3	23,89	86,74	+21,32	6	12,26	85,92	12	23,83	-1,41	88,32	22.
23.	H.W.	12.	9	35,91	88,33	+20,72	6	12,02	87,53					
23.	N.W.	12.	15	47,72	89,87	+19,91	6	11,81	89,10	12	23,05	-2,19	91,33	23.
24.	H.W.	12.	21	59,34	91,35	+18,91	6	11,43	92,04					
24.	N.W.	13.	4	10,77	92,74	+17,72	6	11,29	93,39	12	22,44	-2,80	94,01	24.
25.	H.W.	13.	10	22,06	94,04	+16,40	6	11,15	94,63					
25.	N.W.	13.	16	33,21	95,23	+14,93	6	11,02	95,77	12	21,95	-3,29	96,28	25.
26.	H.W.	13.	22	44,23	96,30	+13,33	6	10,93	96,78					
26.	N.W.	14.	4	55,16	97,25	+11,64	6	10,83	97,66	12	21,59	-3,65	98,04	26.
27.	H.W.	14.	11	5,99	98,07	+9,85	6	10,76	98,41					
27.	N.W.	14.	17	16,75	98,75	+8,00	6	10,70	99,02	12	21,36	-3,88	99,25	27.
28.	H.W.	14.	23	27,45	99,29	+6,08	6	10,66	99,48					
28.	N.W.	15.	5	38,11	99,68	+4,12	6	10,62	99,80	12	21,24	-4,00	99,88	28.
29.	H.W.	15.	11	48,73	99,91	+2,12	6	10,62	99,80					
29.	N.W.	15.	17	59,35	100,00	+0,12	6	10,62	99,96					

$p = 75, \varphi = 0^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrüfung (-) gegenüber M_s -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidentfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_s -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	100,00	0,00								
1.	N.W.	1.	6	10,95	99,93	-1,67	6	10,95	99,97	12	21,94	-3,30	99,71	1.
2.	H.W.	1.	12	21,90	99,74	-3,33	6	10,95	99,84					
2.	N.W.	1.	18	32,89	99,41	-4,97	6	11,02	99,19	12	22,10	-3,14	98,93	2.
3.	H.W.	2.	0	43,91	98,96	-6,56	6	11,08	98,67					
3.	N.W.	2.	6	54,99	98,38	-8,10	6	11,14	98,04	12	22,36	-2,88	97,67	3.
4.	H.W.	2.	13	6,13	97,69	-9,58	6	11,22	97,29					
4.	N.W.	2.	19	17,35	96,88	-10,98	6	11,31	96,43	12	22,74	-2,50	95,95	4.
5.	H.W.	3.	1	28,66	95,97	-12,28	6	11,43	95,47					
5.	N.W.	3.	7	40,09	94,96	-13,47	6	11,55	94,41	12	23,23	-2,01	93,85	5.
6.	H.W.	3.	13	51,64	93,87	-14,54	6	11,68	93,28					
6.	N.W.	3.	20	3,32	92,69	-15,48	6	11,83	92,07	12	23,84	-1,40	91,44	6.
7.	H.W.	4.	2	15,15	91,45	-16,26	6	12,01	90,80					
7.	N.W.	4.	8	27,16	90,15	-16,88	6	12,18	89,48	12	24,56	-0,68	88,81	7.
8.	H.W.	4.	14	39,34	88,81	-17,32	6	12,38	88,13					
8.	N.W.	4.	20	51,72	87,45	-17,56	6	12,58	86,76	12	25,38	+0,14	86,08	8.
9.	H.W.	5.	3	4,30	86,07	-17,59	6	12,80	85,39					
9.	N.W.	5.	9	17,10	84,70	-17,41	6	13,03	84,03	12	26,30	+1,06	83,37	9.
10.	H.W.	5.	15	30,13	83,35	-16,99	6	13,27	82,70					
10.	N.W.	5.	21	43,40	82,05	-16,35	6	13,50	81,43	12	27,24	+2,00	80,83	10.
11.	H.W.	6.	3	56,90	80,80	-15,46	6	13,74	80,22					
11.	N.W.	6.	10	10,64	79,63	-14,34	6	13,96	79,10	12	28,14	+2,90	78,59	11.
12.	H.W.	6.	16	24,60	78,56	-13,00	6	14,18	78,08					
12.	N.W.	6.	22	38,78	77,60	-11,43	6	14,38	77,19	12	28,94	+3,70	76,81	12.
13.	H.W.	7.	4	53,16	76,78	-9,67	6	14,56	76,43					
13.	N.W.	7.	11	7,72	76,09	-7,73	6	14,70	75,83	12	29,50	+4,26	75,61	13.
14.	H.W.	7.	17	22,42	75,57	-5,65	6	14,80	75,39					
14.	N.W.	7.	23	37,22	75,21	-3,46	6	14,88	75,12	12	29,77	+4,53	75,07	14.
15.	H.W.	8.	5	52,10	75,03	-1,21	6	14,89	75,02					
15.	N.W.	8.	12	6,99	75,02	+1,07	6	14,88	75,11	12	29,69	+4,45	75,24	15.
16.	H.W.	8.	18	21,87	75,19	+3,33	6	14,81	75,37					
16.	N.W.	9.	0	36,68	75,54	+5,52	6	14,71	75,80	12	29,27	+4,03	76,10	16.
17.	H.W.	9.	6	51,39	76,06	+7,61	6	14,56	76,39					
17.	N.W.	9.	13	5,95	76,73	+9,56	6	14,39	77,14	12	28,59	+3,35	77,59	17.
18.	H.W.	9.	19	20,34	77,55	+11,33	6	14,20	78,03					
18.	N.W.	10.	1	34,54	78,50	+12,91	6	13,98	79,03	12	27,73	+2,49	79,59	18.
19.	H.W.	10.	7	48,52	79,57	+14,27	6	13,75	80,15					
19.	N.W.	10.	14	2,27	80,73	+15,40	6	13,51	81,35	12	26,79	+1,55	81,99	19.
20.	H.W.	10.	20	15,78	81,97	+16,30	6	13,28	82,62					
20.	N.W.	11.	2	29,06	83,27	+16,96	6	13,05	83,95	12	25,87	+0,63	84,63	20.
21.	H.W.	11.	8	42,11	84,62	+17,39	6	12,82	85,30					

$p = 30, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide		Steig-/Fallaue		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m		m	h	m	h		m				
1.	H.W.	1.	0	0,00	30,00	0,00									
1.	N.W.	1.	6	29,51	30,50	+16,90	6	29,51	30,25						
2.	H.W.	1.	12	57,34	31,92	+32,11	6	27,83	31,21						
2.	N.W.	1.	19	22,47	34,13	+44,62	6	25,13	33,03	12	52,96	+27,72	32,12		1.
3.	H.W.	2.	1	44,66	36,94	+54,19	6	22,19	35,54						
3.	N.W.	2.	8	4,17	40,18	+61,08	6	19,51	38,56	12	41,70	+16,46	37,05		2.
4.	H.W.	2.	14	21,41	43,71	+65,70	6	17,24	41,95						
4.	N.W.	2.	20	36,83	47,43	+68,51	6	15,42	45,57	12	32,66	+7,42	43,76		3.
5.	H.W.	3.	2	50,81	51,24	+69,86	6	13,98	49,34						
5.	N.W.	3.	9	3,64	55,09	+70,08	6	12,83	53,17	12	26,81	+1,57	51,26		4.
6.	H.W.	3.	15	15,56	58,93	+69,39	6	11,92	57,01						
6.	N.W.	3.	21	26,77	62,72	+67,97	6	11,21	60,82	12	23,13	-2,11	58,92		5.
7.	H.W.	4.	3	37,38	66,42	+65,97	6	10,61	64,57						
7.	N.W.	4.	9	47,52	70,01	+63,49	6	10,14	68,22	12	20,75	-4,49	66,40		6.
8.	H.W.	4.	15	57,27	73,47	+60,62	6	9,75	71,74						
8.	N.W.	4.	22	6,71	76,77	+57,44	6	9,44	75,12	12	19,19	-6,05	73,43		7.
9.	H.W.	5.	4	15,87	79,90	+53,98	6	9,16	78,34						
9.	N.W.	5.	10	24,81	82,84	+50,31	6	8,94	81,37	12	18,10	-7,14	79,86		8.
10.	H.W.	5.	16	33,57	85,59	+46,44	6	8,76	84,22						
10.	N.W.	5.	22	42,17	88,12	+42,43	6	8,60	86,55	12	17,36	-7,88	85,54		9.
11.	H.W.	6.	4	50,64	90,43	+38,28	6	8,47	89,27						
11.	N.W.	6.	10	59,00	92,50	+34,02	6	8,36	91,46	12	16,83	-8,41	90,37		10.
12.	H.W.	6.	17	7,26	94,34	+29,67	6	8,26	93,42						
12.	N.W.	6.	23	15,46	95,92	+25,24	6	8,20	95,13	12	16,46	-8,78	94,28		11.
13.	H.W.	7.	5	23,59	97,26	+20,76	6	8,13	96,59						
13.	N.W.	7.	11	31,67	98,33	+16,22	6	8,08	97,79	12	16,21	-9,03	97,19		12.
14.	H.W.	7.	17	39,72	99,14	+11,66	6	8,05	98,73						
14.	N.W.	7.	23	47,75	99,68	+7,06	6	8,03	99,41	12	16,08	-9,16	99,07		13.
15.	H.W.	8.	5	55,75	99,96	+2,45	6	8,00	99,82						
15.	N.W.	8.	12	3,76	99,97	-2,17	6	8,01	99,97	12	16,01	-9,23	99,90		14.
16.	H.W.	8.	18	11,76	99,71	-6,78	6	8,00	99,84						
16.	N.W.	9.	0	19,78	99,18	-11,88	6	8,02	99,45	12	16,02	-9,22	99,65		15.
17.	H.W.	9.	6	27,83	98,39	-15,94	6	8,05	98,78						
17.	N.W.	9.	12	35,91	97,33	-20,48	6	8,08	97,86	12	16,13	-9,11	98,32		16.
18.	H.W.	9.	18	44,05	96,01	-24,97	6	8,14	96,67						
18.	N.W.	10.	0	52,23	94,44	-29,40	6	8,18	95,23	12	16,32	-8,92	95,95		17.
19.	H.W.	10.	7	0,50	92,62	-33,75	6	8,27	93,53						
19.	N.W.	10.	13	8,85	90,56	-38,02	6	8,35	91,59	12	16,62	-8,62	92,56		18.
20.	H.W.	10.	19	17,31	88,27	-42,17	6	8,46	89,41						
20.	N.W.	11.	1	25,90	85,75	-46,20	6	8,59	87,01	12	17,05	-8,19	88,21		19.
21.	H.W.	11.	7	34,65	83,02	-50,07	6	8,75	84,38						
21.	N.W.	11.	13	43,58	80,09	-53,76	6	8,93	81,55	12	17,68	-7,56	82,97		20.
22.	H.W.	11.	19	52,73	76,97	-57,23	6	9,13	78,53						
22.	N.W.	12.	2	2,14	73,67	-60,44	6	9,41	75,32	12	18,54	-6,70	76,93		21.
23.	H.W.	12.	8	11,87	70,23	-63,33	6	9,73	71,95						
23.	N.W.	12.	14	21,98	66,84	-65,83	6	10,11	68,43	12	19,84	-5,40	70,19		22.
24.	H.W.	12.	20	32,57	62,95	-67,86	6	10,59	64,80						
24.	N.W.	13.	2	43,73	59,16	-69,32	6	11,16	61,06	12	21,75	-3,49	62,93		23.
25.	H.W.	13.	8	55,61	55,33	-70,06	6	11,88	57,25						
25.	N.W.	13.	15	8,38	51,48	-69,91	6	12,77	53,40	12	24,65	-0,59	55,33		24.
26.	H.W.	13.	21	22,28	47,66	-68,63	6	13,90	49,57						
26.	N.W.	14.	3	37,60	43,94	-65,92	6	15,32	45,80	12	29,22	+3,98	47,69		25.
27.	H.W.	14.	9	54,72	40,39	-61,42	6	17,12	42,17						
27.	N.W.	14.	16	14,07	37,13	-54,69	6	19,35	38,76	12	36,47	+11,23	40,47		26.
28.	H.W.	14.	22	36,09	34,29	-45,29	6	22,02	35,71						
28.	N.W.	15.	5	1,04	32,04	-32,95	6	24,95	33,17	12	46,97	+21,73	34,44		27.
29.	H.W.	15.	11	28,72	30,56	-17,89	6	27,68	31,30						
29.	N.W.	15.	17	58,18	30,00	-1,05	6	29,46	30,28	12	57,14	+31,90	30,79		28.

 $p = 35, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide		Steig-/Fallaue		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m		m	h	m	h		m				
1.	H.W.	1.	0	0,00	35,00	0,00									
1.	N.W.	1.	6	25,88	35,40	+13,27	6	25,88	35,40						
2.	H.W.	1.	12	50,77	36,58	+25,54	6	24,89	35,99						
2.	N.W.	1.	19	13,97	38,43	+36,12	6	23,20	37,51	12	48,09	+22,85	36,75		1.
3.	H.W.	2.	1	35,16	40,84	+44,68	6	21,19	39,64						
3.	N.W.	2.	7	54,34	43,68	+51,25	6	19,18	42,26	12	40,37	+15,13	40,95		2.
4.	H.W.	2.	14	11,70	46,82	+55,99	6	17,36	45,25						
4.	N.W.	2.	20	27,50	50,18	+59,17	6	15,80	48,50	12	33,16	+7,92	46,88		3.
5.	H.W.	3.	2	41,98	53,67	+61,04	6	14,48	51,92						
5.	N.W.	3.	8	55,38	57,23	+61,82	6	13,40	55,45	12	27,88	+2,64	53,69		4.
6.	H.W.	3.	15	7,90	60,80	+61,72	6	12,52	59,02						
6.	N.W.	3.	21	19,68	64,36	+60,88	6	11,78	62,58	12	24,30	-0,94	60,80		5.
7.	H.W.	4.	3	30,85	67,85	+59,44	6	11,17	66,10						
7.	N.W.	4.	9	41,53	71,25	+57,50	6	10,68	69,55	12	21,85	-3,39	67,83		6.
8.	H.W.	4.	15	51,79	74,53	+55,14	6	10,26	72,89						
8.	N.W.	4.	22	1,71	77,68	+52,44	6	9,92	76,10	12	20,18	-5,06	74,50		7.
9.	H.W.	5.	4	11,33	80,67	+49,44	6	9,62	79,17						
9.	N.W.	5.	10	20,71	83,49	+46,20	6	9,38	82,08	12	19,00	-6,24	80,63		8.
10.	H.W.	5.	16	29,88	86,12	+42,76	6	9,17	84,80						
10.	N.W.	5.	22	38,88	88,55	+39,14	6	9,00	87,33	12	18,17	-7,07	86,07		9.
11.	H.W.	6.	4	47,74	90,77	+35,38	6	8,86	89,66						
11.	N.W.	6.	10	56,46	92,77	+31,49	6	8,72	91,77	12	17,58	-7,66	90,72		10.
12.	H.W.	6.	17	5,09	94,53	+27,50	6	8,63	93,65						
12.	N.W.	6.	23	13,64	96,06	+23,42	6	8,55	95,30	12	17,18	-8,06	94,48		11.
13.	H.W.	7.	5	22,11	97,35	+19,28	6	8,47	97,71						
13.	N.W.	7.	11	30,53	98,39	+15,08	6	8,42	96,87	12	16,89	-8,35	97,29		12.
14.	H.W.	7.	17	38,90	99,17	+10,84	6	8,37	98,78						
14.	N.W.	7.	23	47,25	99,70	+6,56	6	8,35	99,43	12	16,72	-8,52	99,11		13.
15.	H.W.	8.	5	55,58	99,96	+2,28	6	8,33	99,83						
15.	N.W.	8.	12	3,91	99,97	-2,02	6	8,33	99,97	12	16,66	-8,58	99,90		14.
16.	H.W.	8.	18	12,24	99,72	-6,30	6	8,33	99,85						
16.	N.W.	9.	0	20,58	99,21	-10,58	6	8,34	99,46	12	16,67	-8,57	99,66		15.
17.	H.W.	9.	6	28,96	98,44	-14,82	6	8,33	98,83						
17.	N.W.	9.	12	37,37	97,42	-19,02	6	8,41	97,93	12	16,79	-8,45	98,38		16.
18.	H.W.	9.	18	45,84	96,15	-23,17	6	8,47	96,79						
18.	N.W.	10.	0	54,38	94,63	-27,25	6	8,54	95,39	12	17,01	-8,23	96,09		17.
19.	H.W.	10.	7	3,00	92,88	-31,25	6	8,62	93,76						
19.	N.W.	10.	13	11,73	90,90	-35,14	6	8,73	91,89	12	17,				

$p = 40, \varphi = 180^\circ$

$p = 45, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	$p = 40, \varphi = 180^\circ$														
		Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_s -Tide		Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall		Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_s -Tide	halber Tidenhub	Nr. der Tide
		d	h	m		m	m	h	m	h	m	m	%			
1.	H.W.	1.	0	0,00	40,00	0,00	6	23,22	40,17							
1.	N.W.	1.	6	23,22	40,33	+10,60	6	22,60	40,82							
2.	H.W.	1.	12	45,82	41,32	+20,59	6	21,50	42,10			12	44,10	+18,86	41,46	1.
2.	N.W.	1.	19	7,32	42,88	+29,46	6	20,11	43,91			12	38,74	+13,50	45,05	2.
3.	H.W.	2.	1	27,43	44,95	+36,96	6	18,63	46,18			12	33,12	+7,88	50,25	3.
3.	N.W.	2.	7	46,06	47,41	+42,97	6	17,21	48,80			12	28,56	+3,32	56,39	4.
4.	H.W.	2.	14	3,27	50,19	+47,56	6	15,91	51,70			12	25,20	-0,04	62,92	5.
4.	N.W.	2.	20	19,18	53,20	+50,85	6	14,77	54,78			12	22,79	-2,45	69,46	6.
5.	H.W.	3.	2	33,95	56,36	+53,01	6	13,79	57,99			12	21,08	-4,16	75,73	7.
5.	N.W.	3.	8	47,74	59,62	+54,18	6	12,95	61,27			12	19,85	-5,39	81,39	8.
6.	H.W.	3.	15	0,69	62,92	+54,51	6	12,25	64,57			12	18,96	-6,28	86,69	9.
6.	N.W.	3.	21	12,94	66,21	+54,14	6	11,65	67,84			12	18,32	-6,92	91,12	10.
7.	H.W.	4.	3	24,59	69,47	+53,17	6	11,14	71,07			12	17,87	-7,37	94,71	11.
7.	N.W.	4.	9	35,73	72,66	+51,70	6	10,72	74,21			12	17,57	-7,67	97,40	12.
8.	H.W.	4.	15	46,45	75,75	+49,80	6	10,36	77,24			12	17,38	-7,86	99,15	13.
8.	N.W.	4.	21	56,81	78,72	+47,54	6	10,05	79,89			12	17,30	-7,94	99,91	14.
9.	H.W.	5.	4	6,86	81,56	+44,98	6	9,80	82,89			12	17,33	-7,91	99,67	15.
9.	N.W.	5.	10	16,66	84,23	+42,15	6	9,57	85,48			12	17,45	-7,79	98,45	16.
10.	H.W.	5.	16	26,23	86,73	+39,11	6	9,39	87,89			12	17,69	-7,55	96,26	17.
10.	N.W.	5.	22	35,62	89,05	+35,88	6	9,23	90,11			12	18,06	-7,18	93,13	18.
11.	H.W.	6.	4	44,85	91,17	+32,49	6	9,09	92,12			12	18,59	-6,65	89,14	19.
11.	N.W.	6.	10	53,94	93,08	+28,96	6	8,99	93,92			12	19,35	-5,89	84,35	20.
12.	H.W.	6.	17	2,93	94,77	+25,33	6	8,88	95,50			12	20,37	-4,87	78,87	21.
12.	N.W.	6.	23	11,81	96,23	+21,60	6	8,82	96,84			12	21,82	-3,42	72,83	22.
13.	H.W.	7.	5	20,63	97,46	+17,79	6	8,75	97,96			12	23,82	-1,42	66,41	23.
13.	N.W.	7.	11	29,38	98,45	+13,93	6	8,70	98,83			12	26,64	+1,40	59,83	24.
14.	H.W.	7.	17	38,08	99,20	+10,01	6	8,68	99,46			12	30,54	+5,30	53,43	25.
14.	N.W.	7.	23	46,76	99,71	+6,07	6	8,65	99,84			12	35,67	+10,43	47,65	26.
15.	H.W.	8.	5	55,41	99,96	+2,11	6	8,65	99,97			12	41,44	+16,20	43,12	27.
15.	N.W.	8.	12	4,06	99,97	-1,87	6	8,65	99,97			12	45,74	+20,50	40,54	28.
16.	H.W.	8.	18	12,71	99,73	-5,83	6	8,65	99,85							
16.	N.W.	9.	0	21,39	99,24	-9,77	6	8,68	99,49							
17.	H.W.	9.	6	30,09	98,51	-13,69	6	8,70	98,87							
17.	N.W.	9.	12	38,84	97,53	-17,56	6	8,75	98,02							
18.	H.W.	9.	18	47,65	96,31	-21,37	6	8,81	96,92							
18.	N.W.	10.	0	56,53	94,86	-25,10	6	8,88	95,59							
19.	H.W.	10.	7	5,50	93,18	-28,75	6	8,97	94,02							
19.	N.W.	10.	13	14,59	91,29	-32,28	6	9,09	92,24							
20.	H.W.	10.	19	23,81	89,18	-35,68	6	9,22	90,24							
20.	N.W.	11.	1	33,18	86,88	-38,92	6	9,37	88,03							
21.	H.W.	11.	7	42,75	84,39	-41,98	6	9,57	85,64							
21.	N.W.	11.	13	52,53	81,72	-44,81	6	9,78	83,06							
22.	H.W.	11.	20	2,57	78,90	-47,39	6	10,04	80,31							
22.	N.W.	12.	2	12,90	75,94	-49,67	6	10,33	77,42							
23.	H.W.	12.	8	23,60	72,85	-51,59	6	10,70	74,39							
23.	N.W.	12.	14	34,72	69,67	-53,09	6	11,12	71,26							
24.	H.W.	12.	20	46,34	66,41	-54,10	6	11,62	68,04							
24.	N.W.	13.	2	58,54	63,12	-54,51	6	12,20	64,77							
25.	H.W.	13.	9	11,45	59,82	-54,22	6	12,91	61,47							
25.	N.W.	13.	15	25,18	56,56	-53,11	6	13,73	58,19							
26.	H.W.	13.	21	39,88	53,39	-51,02	6	14,70	54,98							
26.	N.W.	14.	3	55,72	50,37	-47,80	6	15,84	51,88							
27.	H.W.	14.	10	12,85	47,58	-43,29	6	17,13	48,97							
27.	N.W.	14.	16	31,39	45,09	-37,36	6	18,54	46,33							
28.	H.W.	14.	22	51,41	42,99	-29,96	6	20,02	44,04							
28.	N.W.	15.	5	12,83	41,39	-21,16	6	21,42	42,19							
29.	H.W.	15.	11	35,37	40,38	-11,24	6	22,54	40,89							
29.	N.W.	15.	17	58,57	40,00	-0,66	6	23,20	40,19							

Nr. des Extremums	Art des Extremums	$p = 45, \varphi = 180^\circ$														
		Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_s -Tide		Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall		Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_s -Tide	halber Tidenhub	Nr. der Tide
		d	h	m		m	m	h	m	h	m	m	%			
1.	H.W.	1.	0	0,00	45,00	0,00	6	21,19	45,25	+8,57	6	21,19	45,13			
1.	N.W.	1.	6	21,19	45,25	+8,57	6	20,78	45,68							
2.	H.W.	1.	12	41,97	46,10	+16,73	6	20,04	46,77			12	40,82	+15,58	46,23	1.
2.	N.W.	1.	19	2,01	47,43	+24,15	6	19,07	48,32			12	37,05	+11,81	49,30	2.
3.	H.W.	2.	1	21,08	49,20	+30,60	6	17,98	50,27			12	32,74	+7,50	53,84	3.
3.	N.W.	2.	7	39,06	51,34	+35,97	6	16,90	52,56			12	28,90	+3,66	59,32	4.
4.	H.W.	2.	13	55,96	53,78	+40,25	6	15,84	55,12			12	25,87	+0,63	65,25	5.
4.	N.W.	2.	20	11,80	56,46	+43,47	6	14,88	57,87			12	23,58	-1,66	71,27	6.
5.	H.W.	3.	2	26,68	59,29	+45,74	6	14,02	60,77			12	21,89	-3,35	77,10	7.
5.	N.W.	3.	8	40,70	62,24	+47,14	6	13,26	63,74			12	20,63	-4,61	82,53	8.
6.	H.W.	3.	14	53,96	65,25	+47,78	6	12,61	66,76			12	19,72	-5,52	87,39	9.
6.	N.W.	3.	21	6,57	68,27	+47,77	6	12,04	69,78			12	18,56	-6,68	94,98	11.
7.	H.W.	4.	3	18,61	71,28	+47,19	6	11,54	72,76			12	18,23	-7,01	97,53	12.
7.	N.W.	4.	9	30,15	74,24	+46,12	6	11,12	75,68			12	18,04	-7,20	99,19	13.
8.	H.W.	4.	15	41,27	77,12	+44,62	6	10,77	78,51			12	17,95	-7,29	99,91	14.
8.	N.W.	4.	21	52,04	79,90	+42,77	6	10,45	81,23			12	17,98	-7,26	99,69	15.
9.	H.W.	5.	4	2,49	82,56	+40,60	6	10,18	83,82			12	18,11	-7,13	98,53	16.
9.	N.W.	5.	10	12,67	85,07	+38,17	6	9,96	86,25			12	18,37	-6,87	96,44	17.
10.	H.W.	5.	16	22,63	87,43	+35,51	6	9,76	88,52			12	18,77	-6,47	93,48	18.
10.	N.W.	5.	22	32,39	89,62	+32,64	6	9,59	90,62			12	19,33	-5,91	89,70	19.
11.	H.W.	6.	4	41,98	91,62	+29,62	6	9,45	92,52			12	20,11	-5,13	85,19	20.
11.	N.W.	6.	10	51,43	93,43	+26,45	6	9,33	94,23			12	21,18	-4,06	80,04	21.
12.	H.W.	6.	17	0,76	95,03	+23,16	6	9,23	95,72			12	22,61	-2,63	74,40	22.
12.	N.W.	6.	23	9,99	96,42	+19,77	6	9,15	97,00			12	24,58	-0,66	68,46	23.
13.	H.W.	7.	5	19,14	97,59	+16,31	6	9,08	98,06			12	27,19	+1,95	62,44	24.
13.	N.W.	7.	11	28,22	98,53	+12,77	6	9,00	98,89			12	30,60	+5,36	56,67	25.
14.	H.W.	7.	17	37,26	99,24	+9,19	6	8,98	99,85			12	34,75	+9,51	51,56	26.
14.	N.W.	7.	23	46,26	99,72	+5,57	6	8,98	99,85			12	38,99	+13,75	47,64	27.
15.	H.W.	8.	5	55,24	99,97	+1,93	6	8,97	99,97			12	41,92	+16,68	45,45	28.
15.	N.W.	8.	12	4,21	99,97	-1,71	6	8,98	99,86							
16.	H.W.	8.	18	13,19	99,74	-5,35	6	9,00	99,51				</			

$p = 50, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_s -Tide m	Steig-/Falldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide h m	Abweichung gegenüber der Dauer der M_s -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide	
		d	h	m			h m	h m						
1.	H.W.	1.	0	0,00	50,00	0,00	6	19,58	50,12					
1.	N.W.	1.	6	19,58	50,23	+ 6,96	6	19,31	50,58					
2.	H.W.	1.	12	38,89	50,93	+13,65	6	18,80	51,49	12	38,11	+12,87	51,04	1.
2.	N.W.	1.	18	57,69	52,06	+19,83	6	18,11	52,81	12	35,44	+10,20	53,65	2.
3.	H.W.	2.	1	15,80	53,57	+25,33	6	17,33	54,49	6	16,48		56,48	3.
3.	N.W.	2.	7	33,13	55,42	+29,97	6	16,48	56,48	12	32,13	+ 6,89	57,60	3.
4.	H.W.	2.	13	49,61	57,55	+33,90	6	15,65	58,72	6	15,65		61,16	4.
4.	N.W.	2.	20	5,26	59,90	+36,93	6	14,86	61,16	12	28,99	+ 3,75	62,45	4.
5.	H.W.	3.	2	20,12	62,42	+39,18	6	14,13	63,74	6	13,46		66,42	5.
5.	N.W.	3.	8	34,25	65,06	+40,69	6	12,87	69,15	12	26,33	+ 1,09	67,79	5.
6.	H.W.	3.	14	47,71	67,77	+41,53	6	12,34	71,89	12	24,22	- 1,02	73,26	6.
6.	N.W.	3.	21	0,58	70,52	+41,78	6	11,88	74,63	6	11,47		77,31	7.
7.	H.W.	4.	3	12,92	73,27	+41,50	6	11,12	79,92	12	22,59	- 2,65	78,62	7.
7.	N.W.	4.	9	24,80	75,98	+40,77	6	10,82	82,44	12	21,37	- 3,87	83,64	8.
8.	H.W.	4.	15	36,27	78,64	+39,62	6	10,55	84,84	6	10,11		89,23	9.
8.	N.W.	4.	21	47,39	81,21	+38,12	6	9,80	92,97	12	19,75	- 5,49	92,08	10.
9.	H.W.	5.	3	58,21	83,67	+36,32	6	9,57	94,57	12	19,24	- 6,00	95,28	11.
9.	N.W.	5.	10	8,76	86,01	+34,25	6	9,48	97,18	6	9,48		98,17	12.
10.	H.W.	5.	16	19,07	88,21	+31,94	6	9,33	99,51	12	18,90	- 6,34	97,68	12.
10.	N.W.	5.	22	29,18	90,25	+29,44	6	9,33	99,51	6	9,33		99,23	13.
11.	H.W.	6.	4	39,13	92,13	+26,77	6	9,30	99,85	12	18,60	- 6,64	99,91	14.
11.	N.W.	6.	10	48,93	93,82	+23,95	6	9,30	99,97	6	9,30		99,97	15.
12.	H.W.	6.	16	58,60	95,32	+21,00	6	9,31	99,87	12	18,64	- 6,60	99,71	15.
12.	N.W.	6.	23	8,17	96,63	+17,95	6	9,33	99,54	6	9,33		99,54	16.
13.	H.W.	7.	5	17,65	97,73	+14,82	6	9,36	98,95	12	18,77	- 6,47	98,61	16.
13.	N.W.	7.	11	27,07	98,62	+11,62	6	9,41	98,23	6	9,41		98,23	17.
14.	H.W.	7.	17	36,43	99,29	+ 8,36	6	9,48	97,25	12	19,04	- 6,20	96,66	17.
14.	N.W.	7.	23	45,76	99,74	+ 5,07	6	9,56	96,06	6	9,56		96,06	18.
15.	H.W.	8.	5	55,06	99,97	+ 1,76	6	9,67	94,66	12	19,46	- 5,78	93,87	18.
15.	N.W.	8.	12	4,36	99,98	- 1,56	6	9,79	93,08	6	9,79		93,08	19.
16.	H.W.	8.	18	13,67	99,76	- 4,87	6	9,93	91,30	12	20,04	- 5,20	90,33	19.
16.	N.W.	9.	0	23,00	99,32	- 8,16	6	10,11	89,36	6	10,11		89,36	20.
17.	H.W.	9.	6	32,36	98,66	-11,42	6	10,30	87,24	12	20,83	- 4,41	86,11	20.
17.	N.W.	9.	12	41,77	97,79	-14,63	6	10,53	84,98	6	10,53		84,98	21.
18.	H.W.	9.	18	51,25	96,70	-17,76	6	10,80	82,59	12	21,90	- 3,34	81,34	21.
18.	N.W.	10.	1	0,81	95,41	-20,82	6	11,10	80,08	6	11,10		80,08	22.
19.	H.W.	10.	7	10,48	93,92	-23,77	6	11,45	77,47	12	23,30	- 1,94	76,13	22.
19.	N.W.	10.	13	20,27	92,24	-26,60	6	11,85	74,79	6	11,85		74,79	23.
20.	H.W.	10.	19	30,20	90,37	-29,28	6	12,31	72,06	12	25,15	- 0,09	70,69	23.
20.	N.W.	11.	1	40,31	88,34	-31,80	6	12,84	69,32	6	12,84		69,32	24.
21.	H.W.	11.	7	50,61	86,15	-34,11	6	13,42	66,58	12	27,50	+ 2,26	65,24	24.
21.	N.W.	11.	14	1,14	83,82	-36,20	6	14,08	63,90	6	14,08		63,90	25.
22.	H.W.	11.	20	11,94	81,36	-38,02	6	14,82	61,31	12	30,42	+ 5,18	60,09	25.
22.	N.W.	12.	2	23,04	78,80	-39,54	6	15,60	58,87	6	15,60		58,87	26.
23.	H.W.	12.	8	34,49	76,15	-40,71	6	16,44	56,61	12	33,71	+ 8,47	55,61	26.
23.	N.W.	12.	14	46,34	73,43	-41,47	6	17,27	54,61	6	17,27		54,61	27.
24.	H.W.	12.	20	58,65	70,69	-41,78	6	18,06	52,91	12	36,83	+11,59	52,24	27.
24.	N.W.	13.	3	11,49	67,94	-41,56	6	18,77	51,56	6	18,77		51,56	28.
25.	H.W.	13.	9	24,91	65,22	-40,76	6	19,28	50,63	12	38,85	+13,61	50,38	28.
25.	N.W.	13.	15	38,99	62,58	-39,29	6	19,57	50,13					
26.	H.W.	13.	21	53,81	60,05	-37,09	6	19,57	50,13					
26.	N.W.	14.	4	9,41	57,69	-34,11	6	16,44	56,61	12	33,71	+ 8,47	55,61	26.
27.	H.W.	14.	10	25,85	55,54	-30,29	6	17,27	54,61	6	17,27		54,61	27.
27.	N.W.	14.	16	43,12	53,67	-25,64	6	18,06	52,91	12	36,83	+11,59	52,24	27.
28.	H.W.	14.	23	1,18	52,14	-20,19	6	18,77	51,56	6	18,77		51,56	28.
28.	N.W.	15.	5	19,95	50,99	-14,05	6	19,28	50,63	12	38,85	+13,61	50,38	28.
29.	H.W.	15.	11	39,23	50,26	- 7,38	6	19,57	50,13					
29.	N.W.	15.	17	58,80	50,00	- 0,43	6	19,57	50,13					

 $p = 55, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_s -Tide m	Steig-/Falldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide h m	Abweichung gegenüber der Dauer der M_s -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide	
		d	h	m			h m	h m						
1.	H.W.	1.	0	0,00	55,00	0,00	6	18,28	55,10					
1.	N.W.	1.	6	18,28	55,20	+ 5,66	6	18,10	55,49					
2.	H.W.	1.	12	36,38	55,78	+11,14	6	17,74	56,26	12	35,84	+10,60	55,88	1.
2.	N.W.	1.	18	54,12	56,74	+16,27	6	17,25	57,38	12	33,92	+ 8,68	58,10	2.
3.	H.W.	2.	1	11,37	58,02	+20,90	6	16,67	58,82	6	16,67		60,53	3.
3.	N.W.	2.	7	28,04	59,61	+24,95	6	16,03	60,53	12	31,42	+ 6,18	61,51	3.
4.	H.W.	2.	13	44,08	61,45	+28,37	6	15,39	62,48	6	15,39		64,61	4.
4.	N.W.	2.	19	59,46	63,50	+31,14	6	14,75	64,61	12	28,89	+ 3,65	65,75	4.
5.	H.W.	3.	2	14,21	65,72	+33,27	6	14,14	66,89	6	14,14		69,26	5.
5.	N.W.	3.	8	28,35	68,05	+34,79	6	13,57	69,26	12	26,61	+ 1,37	70,49	5.
6.	H.W.	3.	14	41,92	70,47	+35,74	6	13,04	71,71	6	13,04		74,18	6.
6.	N.W.	3.	20	54,96	72,94	+36,16	6	12,58	74,18	12	24,73	- 0,51	75,41	6.
7.	H.W.	4.	3	7,54	75,41	+36,12	6	12,15	76,64	6	12,15		79,08	7.
7.	N.W.	4.	9	19,69	77,87	+35,65	6	11,77	79,08	12	23,21	- 2,03	80,27	7.
8.	H.W.	4.	15	31,46	80,29	+34,80	6	11,44	81,46	6	11,44		84,86	8.
8.	N.W.	4.	21	42,89	82,63	+33,62	6	11,14	83,76	12	22,02	- 3,22	84,87	8.
9.	H.W.	5.	3	54,03	84,89	+32,15	6	10,88	85,97	6	10,88		89,07	9.
9.	N.W.	5.	10	4,91	87,04	+30,41	6	10,65	88,06	12	21,10	- 4,14	89,04	9.
10.	H.W.	5.	16	15,57	89,07	+28,44	6	10,45	90,01	6	10,45		92,65	10.
10.	N.W.	5.	22	26,02	90,95	+26,28	6	10,28	91,82	12	20,42	- 4,82	92,65	10.
11.	H.W.	6.	4	36,30	92,69	+23,94	6	10,14	93,47	6	10,14		96,26	11.
11.	N.W.	6.	10	46,44	94,26	+21,46	6	10,01	94,95	12	19,91	- 5,33	95,61	11.
12.	H.W.	6.	16	56,45	95,65	+18,85	6	9,90	96,26	6	9,90		99,30	12.
12.	N.W.	6.	23	6,35	96,86	+16,13	6	9,81	97,37	12	19,56	- 5,68	97,84	12.
13.	H.W.	7.	5	16,16	97,88	+13,33	6	9,75	98,30	6	9,75		99,02	13.
13.	N.W.	7.	11	25,91	98,71	+10,46	6	9,69	99,02	12	19,34	- 5,90	99,29	13.
14.	H.W.	7.	17	35,60	99,34	+ 7,54	6	9,65	99,55	6	9,65		99,86	14.
14.	N.W.	7.	23	45,26	99,76	+ 4,57	6	9,64	99,86	12	19,27	- 5,97	99,92	14.
15.	H.W.	8.	5	54,89	99,97	+ 1,59	6	9,63	99,97	6	9,63		99,97	15.
15.	N.W.	8.	12	4,52	99,98	- 1,40	6	9,63	99,88	12	19,28	- 5,96	99,73	15.
16.	H.W.	8.	18	14,15	99,78	- 4,39	6	9,65	99,57	6	9,65		99,57	16.
16.	N.W.	9.	0	23,80	99,37	- 7,36	6	9,69	99,06	12	19,43	- 5,81	98,71	16.
17.	H.W.	9.	6	33,49	98,75	-10,28	6	9,74	98,35	6	9,74		98,35	17.
17.	N.W.	9.	12	43,24	97,94	-13,16	6	9,81	97,44	12	19,71	- 5,53	96,89	17.
18.	H.W.	9.	18	53,05	96,93	-15,97	6	9,90	96,33	6				

$p = 60, \varphi = 180^\circ$

$p = 65, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrüfung (-) gegenüber M_2 -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	60,00	0,00	6	17,21	60,08					
1.	N.W.	1.	6	17,21	60,17	+ 4,59	6	17,08	60,41	12	33,91	+ 8,67	60,74	1.
2.	H.W.	1.	12	34,29	60,66	+ 9,06	6	16,83	61,06					
2.	N.W.	1.	18	51,13	61,46	+13,27	6	16,48	62,00	12	32,53	+ 7,29	62,61	2.
3.	H.W.	2.	1	7,61	62,55	+17,14	6	16,05	63,22					
3.	N.W.	2.	7	23,66	63,90	+20,57	6	15,58	64,69	12	30,66	+ 5,42	65,53	3.
4.	H.W.	2.	13	39,24	65,47	+23,53	6	15,08	66,36					
4.	N.W.	2.	19	54,32	67,24	+26,00	6	14,57	68,20	12	28,64	+ 3,40	69,19	4.
5.	H.W.	3.	2	8,89	69,16	+27,95	6	14,07	70,18					
5.	N.W.	3.	8	22,96	71,20	+29,40	6	13,60	72,27	12	26,75	+ 1,51	73,35	5.
6.	H.W.	3.	14	36,56	73,33	+30,38	6	13,15	74,42					
6.	N.W.	3.	20	49,72	75,50	+30,92	6	12,74	76,61	12	25,10	- 0,14	77,71	6.
7.	H.W.	4.	3	2,45	77,70	+31,04	6	12,36	78,80					
7.	N.W.	4.	9	14,81	79,90	+30,78	6	12,02	80,98	12	23,73	- 1,51	82,05	7.
8.	H.W.	4.	15	26,83	82,06	+30,18	6	11,71	83,12					
8.	N.W.	4.	21	38,54	84,18	+29,27	6	11,43	85,20	12	22,62	- 2,62	86,20	8.
9.	H.W.	5.	3	49,97	86,22	+28,08	6	11,19	87,19					
9.	N.W.	5.	10	1,15	88,16	+26,65	6	10,97	89,08	12	21,74	- 3,50	89,97	9.
10.	H.W.	5.	16	12,12	90,00	+25,00	6	10,77	90,86					
10.	N.W.	5.	22	22,89	91,72	+23,15	6	10,61	92,51	12	21,07	- 4,17	93,27	10.
11.	H.W.	6.	4	33,50	93,30	+21,14	6	10,46	94,02					
11.	N.W.	6.	10	43,96	94,73	+18,98	6	10,34	95,37	12	20,57	- 4,67	95,97	11.
12.	H.W.	6.	16	54,30	96,01	+16,70	6	10,23	96,57					
12.	N.W.	6.	23	4,53	97,12	+14,32	6	10,14	97,56	12	20,22	- 5,02	98,00	12.
13.	H.W.	7.	5	14,68	98,06	+11,84	6	10,08	98,44					
13.	N.W.	7.	11	24,75	98,82	+ 9,30	6	10,02	99,10	12	20,00	- 5,24	99,34	13.
14.	H.W.	7.	17	34,77	99,39	+ 6,70	6	9,98	99,58					
14.	N.W.	7.	23	44,76	99,78	+ 4,07	6	9,96	99,87	12	19,91	- 5,33	99,93	14.
15.	H.W.	8.	5	54,72	99,97	+ 1,42	6	9,95	99,98					
15.	N.W.	8.	12	4,67	99,98	- 1,25	6	9,96	99,89	12	19,94	- 5,30	99,75	15.
16.	H.W.	8.	18	14,63	99,79	- 3,91	6	9,98	99,61					
16.	N.W.	9.	0	24,61	99,42	- 6,54	6	10,02	99,14	12	20,09	- 5,15	98,81	16.
17.	H.W.	9.	6	34,63	98,86	- 9,15	6	10,07	98,48					
17.	N.W.	9.	12	44,70	98,11	-11,69	6	10,14	97,65	12	20,37	- 4,87	97,14	17.
18.	H.W.	9.	18	54,84	97,18	-14,17	6	10,23	96,63					
18.	N.W.	10.	1	5,07	96,08	-16,56	6	10,33	95,45	12	20,78	- 4,46	94,78	18.
19.	H.W.	10.	7	15,40	94,82	-18,85	6	10,45	94,10					
19.	N.W.	10.	13	25,86	93,39	-21,01	6	10,60	92,61	12	21,36	- 3,88	91,79	19.
20.	H.W.	10.	19	36,45	91,82	-23,03	6	10,76	90,97					
20.	N.W.	11.	1	47,22	90,11	-24,89	6	10,95	89,20	12	22,12	- 3,12	88,26	20.
21.	H.W.	11.	7	58,17	88,28	-26,55	6	11,17	87,31					
21.	N.W.	11.	14	9,34	86,34	-28,00	6	11,42	85,32	12	23,11	- 2,13	84,29	21.
22.	H.W.	11.	20	20,75	84,30	-29,20	6	11,69	83,25					
22.	N.W.	12.	2	32,44	82,20	-30,13	6	12,00	81,11	12	24,34	- 0,90	80,03	22.
23.	H.W.	12.	8	44,44	80,03	-30,75	6	12,34	78,94					
23.	N.W.	12.	14	56,78	77,84	-31,03	6	12,72	76,74	12	25,85	+ 0,61	75,65	23.
24.	H.W.	12.	21	9,49	75,64	-30,94	6	13,13	74,55					
24.	N.W.	13.	3	22,62	73,46	-30,43	6	13,57	72,40	12	27,62	+ 2,38	71,36	24.
25.	H.W.	13.	9	36,19	71,33	-29,48	6	14,05	70,31					
25.	N.W.	13.	15	50,24	69,28	-28,05	6	14,54	68,32	12	29,59	+ 4,35	67,40	25.
26.	H.W.	13.	22	4,77	67,35	-26,13	6	15,05	66,47					
26.	N.W.	14.	4	19,82	65,58	-23,70	6	15,55	64,78	12	31,58	+ 6,34	64,05	26.
27.	H.W.	14.	10	35,37	63,99	-20,77	6	16,03	63,31					
27.	N.W.	14.	16	51,40	62,62	-17,36	6	16,46	62,07	12	33,27	+ 8,03	61,59	27.
28.	H.W.	14.	23	7,86	61,52	-13,52	6	16,81	61,11					
28.	N.W.	15.	5	24,67	60,70	- 9,33	6	17,07	60,44	12	34,28	+ 9,04	60,27	28.
29.	H.W.	15.	11	41,74	60,19	- 4,87	6	17,21	60,09					
29.	N.W.	15.	17	58,95	60,00	- 0,28								

Nr. des Extremums	Art des Extremums	Eintrittszeit			Eintrittshöhe %	Verspätung (+) bzw. Verfrüfung (-) gegenüber M_2 -Tide m	Steig-/Faldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall %	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide m	halber Tidenhub %	Nr. der Tide
		d	h	m			h	m		h	m			
1.	H.W.	1.	0	0,00	65,00	0,00	6	16,31	65,07					
1.	N.W.	1.	6	16,31	65,14	+ 3,70	6	16,22	65,34	12	32,26	+ 7,02	65,61	1.
2.	H.W.	1.	12	32,54	65,54	+ 7,30	6	16,04	65,88					
2.	N.W.	1.	18	48,58	66,21	+10,73	6	15,80	66,67	12	31,28	+ 6,04	67,18	2.
3.	H.W.	2.	1	4,37	67,12	+13,90	6	15,48	67,69					
3.	N.W.	2.	7	19,86	68,26	+16,77	6	15,13	68,92	12	29,88	+ 4,64	69,63	3.
4.	H.W.	2.	13	34,99	69,59	+19,28	6	14,75	70,34					
4.	N.W.	2.	19	49,74	71,09	+21,41	6	14,35	71,91	12	28,31	+ 3,07	72,76	4.
5.	H.W.	3.	2	4,09	72,73	+23,15	6	13,96	73,61					
5.	N.W.	3.	8	18,05	74,48	+24,49	6	13,57	75,40	12	26,77	+ 1,53	76,34	5.
6.	H.W.	3.	14	31,62	76,32	+25,44	6	13,20	77,27					
6.	N.W.	3.	20	44,82	78,21	+26,02	6	12,84	79,17	12	25,36	+ 0,12	80,13	6.
7.	H.W.	4.	2	57,66	80,13	+26,25	6	12,52	81,09					
7.	N.W.	4.	9	10,18	82,06	+26,15	6	12,22	83,01	12	24,16	- 1,08	83,96	7.
8.	H.W.	4.	15	22,40	83,96	+25,75	6	11,94	84,90					
8.	N.W.	4.	21	34,34	85,83	+25,07	6	11,69	86,73	12	23,15	- 2,09	87,62	8.
9.	H.W.	5.	3	46,02	87,64	+24,14	6	11,46	88,51					
9.	N.W.	5.	9	57,48	89,37	+22,98	6	11,26	90,19	12	22,34	- 2,90	90,99	9.
10.	H.W.	5.	16	8,74	91,01	+21,61	6	11,08	91,78					
10.	N.W.	5.	22	19,81	92,55	+20,07	6	10,92	93,26	12	21,70	- 3,54	93,94	10.
11.	H.W.	6.	4	30,73	93,97	+18,37	6	10,78	94,61					
11.	N.W.	6.	10	41,51	95,25	+16,53	6	10,66	95,83	12	21,22	- 4,02	96,37	11.
12.	H.W.	6.	16	52,16	96,40	+14,57	6	10,56	96,90					
12.	N.W.	6.	23	2,72	97,40	+12,51	6	10,47	97,82	12	20,87	- 4,37	98,21	12.
13.	H.W.	7.	5	13,19	98,25	+10,36	6	10,40	98,59					
13.	N.W.	7.	11	23,59	98,93	+ 8,14	6	10,35	99,19	12	20,66	- 4,58	99,41	13.
14.	H.W.	7.	17	33,94	99,45	+ 5,87	6	10,31	99,62					
14.	N.W.	7.	23	44,25	99,80	+ 3,57	6	10,29	99,89	12	20,57	- 4,67	99,94	14.
15.	H.W.	8.	5	54,54	99,98	+ 1,24	6	10,28	99,98					
15.	N.W.	8.	12	4,83	99,98	- 1,10	6	10,29	99,90	12	20,60	- 4,64	99,77	15.
16.	H.W.	8.	18	15,12	99,81	- 3,43	6	10,31	99,64					
16.	N.W.	9.	0	25,43	99,47	- 5,73	6	10,35	99,22	12	20,75	- 4,49	98,93	16.
17.	H.W.	9.	6	35,77	98,97	- 8,01	6	10,40	98,63					
17.	N.W.	9.	12	46,17	98,29	-10,23	6	10,47	97,87	12	21,02	- 4,22	97,42	17.
18.	H.W.	9.	18	56,64	97,46	-12,37	6	10,55	96,96					
18.	N.W.	10.	1	7,19	96,47	-14,44	6	10,65	95,90	12	21,42	- 3,82	95,30	18.
19.	H.W.	10.	7	17,84	95,33	-16,41	6	10,77	94,69					
19.	N.W.	10.	13	28,61	94,05	-18,26	6	10,91	93,34	12	21,97	- 3,27	92,61	19.
20.	H.W.	10.	19	39,51	92,64	-19,97	6	11,06	91,87					
20.	N.W.	11.	1	50,58	91,11	-21,53	6	11,25						

$p = 70, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	$p = 70, \varphi = 180^\circ$													
		Eintrittszeit			Eintrittshöhe	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide	Steig-/Falldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide	halber Tidenhub	Nr. der Tide	
		d	h	m			h	m		h	m				m
1.	H.W.	1.	0	0,00	70,00	0,00	6	15,55	70,06						
1.	N.W.	1.	6	15,55	70,11	+ 2,93	6	15,49	70,28	12	30,85	+5,61	70,50	1.	
2.	H.W.	1.	12	31,04	70,45	+ 5,80	6	15,36	70,72						
2.	N.W.	1.	18	46,39	70,99	+ 8,54	6	15,18	71,37	12	30,14	+4,90	71,79	2.	
3.	H.W.	2.	1	1,58	71,74	+11,11	6	14,96	72,21						
3.	N.W.	2.	7	16,54	72,68	+13,45	6	14,70	73,23	12	29,11	+3,87	73,82	3.	
4.	H.W.	2.	13	31,24	73,78	+15,53	6	14,41	74,41						
4.	N.W.	2.	19	45,65	75,03	+17,32	6	14,11	75,72	12	27,92	+2,68	76,43	4.	
5.	H.W.	3.	1	59,76	76,41	+18,82	6	13,81	77,14						
5.	N.W.	3.	8	13,57	77,88	+20,00	6	13,50	78,66	12	26,70	+1,46	79,45	5.	
6.	H.W.	3.	14	27,06	79,43	+20,88	6	13,20	80,24						
6.	N.W.	3.	20	40,26	81,04	+21,46	6	12,91	81,86	12	25,54	+0,30	82,69	6.	
7.	H.W.	4.	2	53,16	82,68	+21,75	6	12,63	83,51						
7.	N.W.	4.	9	5,79	84,33	+21,76	6	12,37	85,15	12	24,50	-0,74	85,97	7.	
8.	H.W.	4.	15	18,16	85,97	+21,51	6	12,13	86,78						
8.	N.W.	4.	21	30,29	87,59	+21,02	6	11,91	88,37	12	23,62	-1,62	89,14	8.	
9.	H.W.	5.	3	42,20	89,16	+20,31	6	11,71	89,91						
9.	N.W.	5.	9	53,90	90,66	+19,40	6	11,52	91,38	12	22,87	-2,37	92,08	9.	
10.	H.W.	5.	16	5,43	92,10	+18,30	6	11,35	92,77						
10.	N.W.	5.	22	16,78	93,44	+17,04	6	11,21	94,06	12	22,29	-2,95	94,66	10.	
11.	H.W.	6.	4	27,99	94,68	+15,63	6	11,08	95,25						
11.	N.W.	6.	10	39,07	95,81	+14,09	6	10,97	96,32	12	21,84	-3,40	96,79	11.	
12.	H.W.	6.	16	50,04	96,82	+12,44	6	10,87	97,26						
12.	N.W.	6.	23	0,91	97,70	+10,70	6	10,79	98,08	12	21,52	-3,72	98,42	12.	
13.	H.W.	7.	5	11,70	98,45	+ 8,87	6	10,73	98,75						
13.	N.W.	7.	11	22,43	99,05	+ 6,98	6	10,68	99,28	12	21,32	-3,92	99,48	13.	
14.	H.W.	7.	17	33,11	99,51	+ 5,04	6	10,64	99,67						
14.	N.W.	7.	23	43,75	99,82	+ 3,06	6	10,62	99,90	12	21,23	-4,01	99,94	14.	
15.	H.W.	8.	5	54,37	99,98	+ 1,06	6	10,61	99,98						
15.	N.W.	8.	12	4,98	99,98	- 0,94	6	10,62	99,91	12	21,26	-3,98	99,80	15.	
16.	H.W.	8.	18	15,60	99,84	- 2,94	6	10,64	99,68						
16.	N.W.	8.	0	26,24	99,54	- 4,92	6	10,67	99,31	12	21,40	-3,84	99,05	16.	
17.	H.W.	9.	6	36,92	99,09	- 6,86	6	10,73	98,79						
17.	N.W.	9.	12	47,64	98,49	- 8,76	6	10,79	98,12	12	21,66	-3,58	97,72	17.	
18.	H.W.	9.	18	58,43	97,75	-10,59	6	10,87	97,32						
18.	N.W.	10.	1	9,29	96,88	-12,34	6	10,96	96,38	12	22,04	-3,20	95,85	18.	
19.	H.W.	10.	7	20,25	95,88	-14,00	6	11,08	95,32						
19.	N.W.	10.	13	31,33	94,75	-15,54	6	11,20	94,14	12	22,54	-2,70	93,50	19.	
20.	H.W.	10.	19	42,53	93,52	-16,96	6	11,34	92,85						
20.	N.W.	11.	1	53,87	92,18	-18,23	6	11,51	91,47	12	23,20	-2,04	90,74	20.	
21.	H.W.	11.	8	5,39	90,75	-19,34	6	11,69	90,00						
21.	N.W.	11.	14	17,08	89,25	-20,26	6	11,89	88,47	12	24,01	-1,23	87,68	21.	
22.	H.W.	11.	20	28,97	87,69	-20,99	6	12,12	86,88						
22.	N.W.	12.	2	41,09	86,07	-21,49	6	12,36	85,25	12	24,97	-0,27	84,43	22.	
23.	H.W.	12.	8	53,44	84,43	-21,75	6	12,61	83,61						
23.	N.W.	12.	15	6,05	82,78	-21,76	6	12,89	81,96	12	26,07	+0,83	81,15	23.	
24.	H.W.	12.	21	18,94	81,14	-21,49	6	13,18	80,34						
24.	N.W.	13.	3	32,12	79,53	-20,93	6	13,48	78,75	12	27,27	+2,03	77,99	24.	
25.	H.W.	13.	9	45,60	77,97	-20,07	6	13,79	77,23						
25.	N.W.	13.	15	59,38	76,49	-18,90	6	14,09	75,80	12	28,49	+3,25	75,14	25.	
26.	H.W.	13.	22	13,48	75,11	-17,43	6	14,40	74,48						
26.	N.W.	14.	4	27,87	73,85	-15,65	6	14,68	73,30	12	29,63	+4,39	72,79	26.	
27.	H.W.	14.	10	42,55	72,74	-13,58	6	14,95	72,27						
27.	N.W.	14.	16	57,50	71,79	-11,26	6	15,17	71,41	12	30,52	+5,28	71,08	27.	
28.	H.W.	14.	23	12,67	71,03	- 8,71	6	15,35	70,75						
28.	N.W.	15.	5	28,02	70,47	- 5,97	6	15,48	70,30	12	31,03	+5,79	70,18	28.	
29.	H.W.	15.	11	43,50	70,13	- 3,11	6	15,55	70,06						
29.	N.W.	15.	17	59,05	70,00	- 0,18									

$p = 75, \varphi = 180^\circ$

Nr. des Extremums	Art des Extremums	$p = 75, \varphi = 180^\circ$													
		Eintrittszeit			Eintrittshöhe	Verspätung (+) bzw. Verfrühung (-) gegenüber M_2 -Tide	Steig-/Falldauer		halber Tidenstieg/ Tidenfall	Dauer der Tide		Abweichung gegenüber der Dauer der M_2 -Tide	halber Tidenhub	Nr. der Tide	
		d	h	m			h	m		h	m				m
1.	H.W.	1.	0	0,00	75,00	0,00	6	14,89	75,04						
1.	N.W.	1.	6	14,89	75,09	+ 2,27	6	14,85	75,22	12	29,61	+4,37	75,40	1.	
2.	H.W.	1.	12	29,74	75,36	+ 4,50	6	14,76	75,57						
2.	N.W.	1.	18	44,50	75,79	+ 6,64	6	14,64	76,09	12	29,11	+3,87	76,43	2.	
3.	H.W.	2.	0	59,14	76,39	+ 8,66	6	14,47	76,77						
3.	N.W.	2.	7	13,61	77,15	+10,52	6	14,29	77,59	12	28,37	+3,13	78,07	3.	
4.	H.W.	2.	13	27,90	78,04	+12,19	6	14,08	78,55						
4.	N.W.	2.	19	41,98	79,05	+13,66	6	13,87	79,61	12	27,49	+2,25	80,20	4.	
5.	H.W.	3.	1	55,85	80,17	+14,90	6	13,62	80,78						
5.	N.W.	3.	8	9,47	81,38	+15,91	6	13,39	82,02	12	26,54	+1,30	82,67	5.	
6.	H.W.	3.	14	22,86	82,66	+16,68	6	13,15	83,32						
6.	N.W.	3.	20	36,01	83,98	+17,22	6	12,93	84,66	12	25,63	+0,39	85,35	6.	
7.	H.W.	4.	2	48,94	85,34	+17,52	6	12,70	86,03						
7.	N.W.	4.	9	1,64	86,72	+17,60	6	12,48	87,40	12	24,76	-0,48	88,09	7.	
8.	H.W.	4.	15	14,12	88,09	+17,47	6	12,28	88,77						
8.	N.W.	4.	21	26,40	89,44	+17,13	6	12,10	90,10	12	24,02	-1,22	90,75	8.	
9.	H.W.	5.	3	38,50	90,76	+16,61	6	11,92	91,40						
9.	N.W.	5.	9	50,42	92,04	+15,92	6	11,76	92,64	12	23,38	-1,86	93,23	9.	
10.	H.W.	5.	16	2,18	93,25	+15,06	6	11,62	93,82						
10.	N.W.	5.	22	13,80	94,39	+14,06	6	11,49	94,92	12	22,86	-2,38	95,43	10.	
11.	H.W.	6.	4	25,29	95,45	+12,93	6	11,37	95,93						
11.	N.W.	6.	10	36,66	96,41	+11,68	6	11,27	96,84	12	22,45	-2,79	97,25	11.	
12.	H.W.	6.	16	47,93	97,28	+10,33	6	11,18	97,65						
12.	N.W.	6.	22	59,11	98,03	+ 8,90	6	11,11	98,35	12	22,16	-3,08	98,64	12.	
13.	H.W.	7.	5	10,22	98,67	+ 7,39	6	11,05	98,93						
13.	N.W.	7.	11	21,27	99,19	+ 5,82	6	11,00	99,38	12	21,98	-3,26	99,55	13.	
14.	H.W.	7.	17	32,27	99,58	+ 4,21	6	10,98	99,71						
14.	N.W.	7.	23	43,25	99,85	+ 2,56	6	10,95	99,91	12	21,89	-3,35	99,95	14.	
15.	H.W.	8.	5	54,20	99,98	+ 0,89	6	10,94	99,98						
15.	N.W.	8.	12	5,14	99,99	- 0,78	6	10,95	99,92	12	21,92	-3,32	99,83	15.	
16.	H.W.	8.	18	16,09	99,86	- 2,46	6	10,97	99,73						
16.	N.W.	8.	0	27,06	99,60	- 4,10	6	11,00	99,41	12	22,04	-3,20	99,19	16.	
17.	H.W.	9.	6	38,06	99,21	- 5,72	6	11,04	98,96						
17.	N.W.	9.	12	49,10	98,70	- 7,29	6	11,11	98,39	12	22,29	-2,95	98,05	17.	
18.	H.W.	9.	19	0,21	98,07	- 8,80	6	11,18	97,70						
18.	N.W.	10.	1	11,39	97,33	-10,25	6	11,26	96,90	12	22,63	-2,61	96,45	18.	
19.	H.W.	10.													

Karten der stündlichen Tidewasserstandsdifferenzen 2 Tage nach den Syzygien in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See

Von GÜNTHER SAGER

Zusammenfassung: Auf der Basis des „Atlas der Tidewasserstände für die Nordsee, den Kanal und die Irische See“ von G. SAGER und R. SAMMLER werden 12 Karten mit den stündlichen Differenzen des Tidewasserstandes in bezug auf die Mondkulmination in Greenwich zur Zeit 2 Tage nach den Syzygien gegeben. Für andere Termine wird die Umrechnung unter Benutzung der Gezeitentafeln und beigefügter Tabellenwerte erläutert.

Einleitung

Der Wunsch der Fahrleute nach möglichst detaillierter Darstellung der Gezeitelemente in kurzen Zeitintervallen läßt sich fast ein Jahrhundert zurückverfolgen. Dabei sind in der offenen See die Gezeitenströme das dominierende Element, während der Tidenhub interessensmäßig im allgemeinen zurücktritt. Dieser Differenzierung kam auch die Tatsache entgegen, daß die Gezeitenströme über größeren Tiefen viel eher zu erfassen sind als die Änderungen des Wasserstandes. So mag es sich erklären, daß zwischen dem ersten Auftreten von Karten der Gezeitenströme in stündlichem Abstand und dem Erscheinen von stündlichen Linien gleichen Tidewasserstands über ein halbes Jahrhundert vergangen ist und die ersteren viel intensiver weiterentwickelt worden sind. Im einzelnen bietet sich für die beiden Komponenten der Tidebewegung das in den folgenden Abschnitten geschilderte Bild der Entwicklung.

Entwicklung der Gezeitenstromatlanten

Die deutschen Gezeitentafeln enthalten seit 1880 Tidestromkarten für die Nordsee und den Kanal von 5 Stunden vor bis 6 Stunden nach Hochwasser bei Cuxhaven bzw. Dover, wobei den Strompfeilen noch keine Stärkeangaben zugrunde lagen. 1903 wurden Karten mit den Flut- und Ebbeströmen zur Springzeit in der Irischen See hinzugefügt. Der erste eigentliche Gezeitenstromatlas wurde 1899 vom Hydrographic Department of the Admiralty in London unter dem Titel „Tidal Streams, English and Irish Channels, Coasts of Scotland, North Sea“ herausgegeben, 1905 gefolgt von der kleineren Ausführung durch BROWN für dieselben Seegebiete und den 12 Karten von FIELD im folgenden Jahr.

1905 gab die Deutsche Seewarte in Hamburg den „Atlas der Gezeiten und Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee und der Britischen Gewässer“ her-

aus, dessen 12 Karten durch Text ergänzt waren, wobei der Schwerpunkt auf die deutschen Hauptrouten durch die südliche Nordsee, die Hoofden und den Kanal gelegt war. Unter Verwertung von deutschen, französischen, englischen, belgischen, niederländischen und dänischen Angaben war die Zahl der gekrümmten Strompfeile auf fast 1200 erhöht und in vier Stärkegruppen getrennt worden. In den deutschen Gezeitentafeln wurden die Tidestromkarten beibehalten und 1907 auf etwa 450 gekrümmte und starkemäßig differenzierte Pfeile für die Nordsee, den Kanal und die Irische See gebracht, in welcher Form sie sich mit wenig Veränderungen bis 1933 behaupteten.

Der britische Atlas wurde bereits 1909 neu aufgelegt, der deutsche hingegen erst 1925, 1929 ergänzt durch die von HESSEN entworfenen Karten mit den Tidestromen um Helgoland. Grundlegend neue Bearbeitungen unter Ausnutzung der inzwischen verbesserten Strommeßgeräte erschienen 1936 in Deutschland und 1937 in England. Der „Atlas der Gezeitenströme für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Britischen Gewässer“ enthielt 900 Strompfeile, von denen ein Drittel gesicherte Stärke- und Richtungsangaben hatte. Er wurde mit kleineren Verbesserungen erneut 1939, 1943 und 1950 aufgelegt. Der „Atlas of Tides and Tidal Streams. British Islands and adjacent Waters“ hatte etwa 500 irregulär verteilte, gekrümmte Strompfeile mit Angaben in Zehntelknoten für Spring- und Nippzeit sowie Nomogramme zur Umrechnung der Stromstärke für einen beliebigen Zeitpunkt. Verbesserte Neuauflagen erfolgten 1940, 1943, 1946, 1952 und 1960, womit der Atlas — seit 1945 durch die Teilkarten diverser „Pocket Tidal Stream Atlas“ ergänzt — das englische Standardwerk geblieben ist.

Eine völlig neue Bearbeitung von deutscher Seite unternahm 1956 das Deutsche Hydrographische Institut in Hamburg als „Atlas der Gezeitenströme für die Nordsee, den Kanal und die Britischen Gewässer“. Das Werk enthält 13 Stromkarten mit je fast 1100 Strompfeilen in regulärer Anordnung von 9 Pfeilen in jedem vollen geographischen Eingradfeld und Stärkeangaben von Zehntelknoten zur Springzeit. Einer ähnlichen Ausgabe des Seehydrographischen Dienstes der DDR wurden noch 7 Teilkarten für die Gebiete der Kanalinseln, der Orkneys, des Pentland Firth, der Humbermündung mit The Wash, der Themsemündung, von Portland Bill und der Isle of Wight hinzugefügt, wobei die Termine statt auf die Mondkulmination in Greenwich auf die Hochwassereintrittszeit eines benachbarten Bezugsortes orientiert sind, um den Ungleichheiten der Gezeiten besser Rechnung zu tragen. Dem 1960 besorgten Nachdruck des Hamburger Werkes ist 1963 eine wesentlich überarbeitete Neuerscheinung gefolgt, bei der sich der Umfang der Strompfeile erhalten hat, jedoch ein Drittel aller Angaben abgeändert worden ist.

Entwurf von Linien gleichen Tidewasserstands

Den fast zwei Dutzend Ausgaben von Gezeitenstromkarten mit den Angaben in stündlichen Abständen steht die minimale Zahl von 2 Atlanten mit Linien gleichen Tidewasserstands in ebensolchen und wenigen Karten in größeren Inter-

vallen gegenüber. Neben theoretischen Versuchen von THORADE zur Bestimmung von Linien gleichen Wasserstands in Tidebecken (1924) hat SCHUMACHER im selben Jahr auf der Basis der Gezeitenkarten von MERZ (1923) für die Nordsee Linien gleichen Tidewasserstands im Abstand von 3 Sonnenstunden entworfen, wobei er die Karten auf den Eintritt der „Mitteltide“ auf etwa 55°N , 5°O ausrichtete, wo die Springverspätung reichlich zwei Tage ausmacht. Auf die Berücksichtigung des Einflusses der Abweichung der Springverspätung von diesem mittleren Betrag mußte SCHUMACHER seinerzeit verzichten, da Untersuchungen zu dieser Thematik im Detail erst 1962 von SAGER durchgeführt wurden. Die Karten basieren auf der Annahme eines sinusförmigen Gezeitenverlaufs und gehen von den Schnittpunkten der MERZschen Isolinien für die Beträge gleichen mittleren Springtidenhubs und gleichen mittleren Hochwasserzeitunterschiedes gegenüber Monddurchgang in Greenwich aus. Aus je rund 160 Schnittpunkten entstanden vier quasisynoptische Karten, die als Isohypsenkarten bekannt wurden und erstmals eine grobe Vorstellung von der Veränderung der Oberfläche eines Meeres unter der Einwirkung der Gezeiten gegeben haben.

Isolinien des Tidewasserstands in stündlichen Abständen wurden erst 1937 im Rahmen des „Atlas of Tides and Tidal Streams. British Islands and adjacent Waters“ für die Nordsee gegeben, wozu 1941 ein Supplement für den Kanal und die Irische See erschien. In diesen Karten sind als rote und blaue Kurven die Linien gleichen Tidewasserstands — als co-height lines bezeichnet — über bzw. unter dem mittleren Wasserstand verzeichnet, wobei der Abstand bei Springzeit jeweils 40 cm beträgt und alle Werte auf das Hochwasser in Dover bezogen sind. Damit ist eine gewisse Berücksichtigung der Ungleichheiten der Gezeiten erreicht, jedoch immer in bezug auf den einen Bezugsort Dover, von dem die Tidecharakteristica entfernterer Regionen sich merklich unterscheiden können. Jede Isolinie ist einerseits der Springzeit und mit einem einheitlich als 54% angenommenen Anteil andererseits zugleich der Nippzeit zugeordnet, was nicht angängig ist, da sich die Quotienten von mittlerem Nipp- zu mittlerem Springtidenhub zwischen 45% und 60% als häufiger vorkommende und extrem zwischen 30% und 80% schwankende Beträge manifestieren.

Diesen Mängeln des ein Vierteljahrhundert in seiner Form allein dastehenden Werkes mit Linien gleichen Tidewasserstands in stündlichem Abstand ist in dem 1966 erschienenen „Atlas der Tidewasserstände für die Nordsee, den Kanal und die Irische See“ von SAGER und SAMMLER begegnet worden, nachdem in der Zwischenzeit nur von HANSEN (1952) auf der Basis des von ihm 1943 entwickelten Randwertverfahrens Karten mit den Teilamplituden ζ_1 (Zeit der Mondkulmination in Greenwich) und ζ_2 (eine Viertelperiode nach der Mondkulmination in Greenwich) für die halbtägige Hauptmondtide M_2 in der Nordsee entwickelt worden waren. In den neuen Karten wurde entgegen den Zielen des englischen Atlas volle Synopsis gefordert. Über den Werdegang der für Spring- und Nippzeit getrennt entworfenen Karten ist im Textteil des Atlas ausführlich berichtet, so daß hier eine kurze Zusammenfassung genügen möge.

Grundlagen der neuen Karten

Als Zeitpunkte der Kartenangaben wurden die Termine 2 Tage nach den Syzygien bzw. Quadraturen gewählt, weil sie im Mittel aller betrachteten Seegebiete dem Eintritt der Spring- bzw. Nippzeit am nächsten kommen. Ausgangspunkt des Entwurfs der Isolinien bildeten die beiden als Beilage in den Gezeitenkarten erscheinenden Karten mit den „Linien gleichen mittleren Springtidenhubs“, der „Linien gleichen mittleren Hochwasserzeitunterschiedes gegen den Durchgang des Mondes durch den Meridian von Greenwich“ sowie die Karten mit den „Variationen der Hochwassereintrittszeiten in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See“ von SAGER (1962) und dem „Verhältnis des Nipp- zum Springtidenhub in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See“ vom selben Verfasser (1964). Für den Gezeitenablauf im offenen Seegebiet wurde eine der Kosinuskurve verhältnismäßig nahekommende „Idealkurve“ als Mittel von

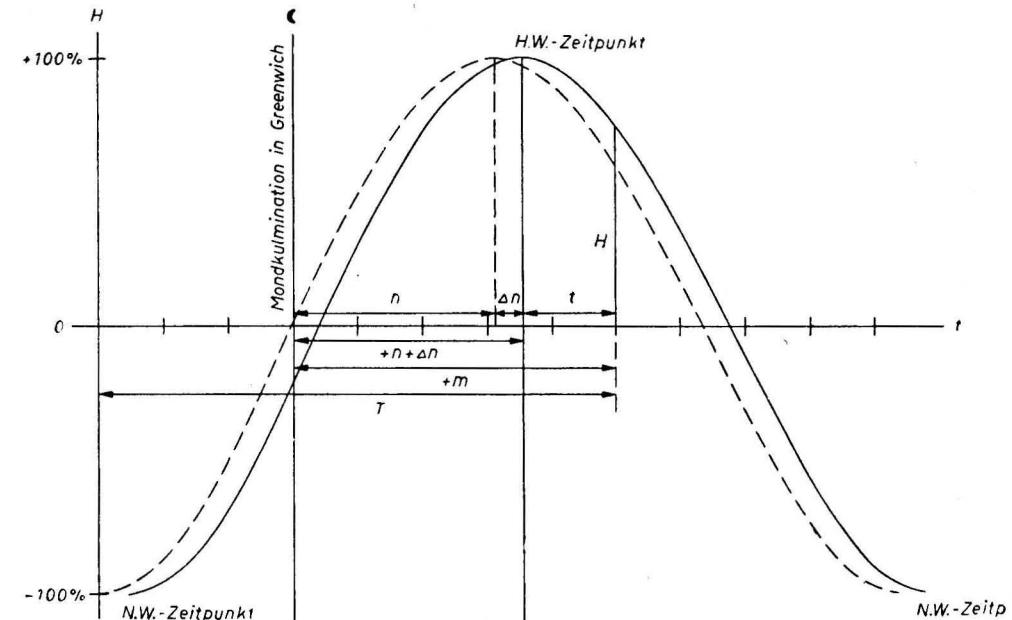


Abb. 1. Skizze zur Ableitung der zeitlichen Zuordnung

gestrichelte Kurve: Sonderfall der Springverspätung von genau 2 Tagen entsprechend der Terminwahl
ausgezogene Kurve: Fall der von 2 Tagen abweichenden Springverspätung (bei Rechtsverschiebung der Tidekurve Springverspätung > 2 Tage)

einzelnen Tidekurven an 7 möglichst frei gelegenen Bezugsorten gebildet, nämlich Bergen, Brest, Devonport, Immingham, Aberdeen, Stornoway und Cobh. Aus der in Abb. 1 wiedergegebenen Kurve entnimmt man die Beziehung

$$T = m + \text{Hochwasserzeit am Bezugsort} - (n + \Delta n),$$

wobei

- T = Eintrittszeit (Tageszeit) eines gegebenen Tidewasserstands H ,
 m = Intervall zwischen dem Eintritt von H und der Mondkulmination in Greenwich,
 n = Hochwasserzeitunterschied bei Springzeit gegenüber der Mondkulmination in Greenwich,
 Δn = Variation der Hochwassereintrittszeit zu anderen Terminen des Gezeitenintervalles gegenüber dem Mittelwert n .

Für die auf 2 Tage nach den Syzygien bezogenen Atlaskarten verschwindet Δn an allen Orten, für die die Springverspätung gerade 2 Tage beträgt. Da die Karten auf volle Stunden vor oder nach der Mondkulmination in Greenwich zur Zeit 2 Tage nach den Syzygien bezogen sind, ist m ganzzahlig und läuft von -6^h bis $+6^h$. Aus diesen 13 Karten des Atlas von SAGER und SAMMLER sind nunmehr die Tidewasserstandsdifferenzen je zweier konsekutiver Karten gebildet worden, womit die vorliegenden 12 Entwürfe entstanden sind, die auf 1300 Daten je Karte, insgesamt also 15600 Werten basieren. Ein gleiches Verfahren für die Karten 2 Tage nach den Quadraturen ist ebenfalls durchgeführt worden. Das Ergebnis wird in einem der folgenden Hefte der „Beiträge zur Meereskunde“ veröffentlicht werden.

Für die stündlichen Tidewasserstandsunterschiede gilt als zeitliche Zuordnung

$$T_1 \text{ bis } T_2 = m_1 \text{ bis } m_2 + \text{Hochwasserzeit am Bezugsort} - (n + \Delta n). \\ \text{(aus den Gezeitentafeln) (laut Tab. 1)}$$

Bei der Bestimmung der Höhen bzw. Differenzen zu einem beliebigen Zeitpunkt kommt der Umstand gelegen, daß die Unterschiede zum Termin 2 Tage nach den Syzygien und unmittelbar zur Springzeit in den behandelten Seegebieten mit Ausnahme des Skagerraks — dort treten bekanntlich bis zu 2 Tagen Springverfrühung auf — unter 1% der Höhe bleiben. Man kann deshalb mit Ausnahme des Skagerraks auf die bekannte Weise modifizieren zu

$$\text{Stündliche Tidewasserstandsdifferenz } H_2 - H_1 \text{ im Zeitraum } T_1 \text{ bis } T_2 = \\ \text{Kartenwert im Zeitintervall } m_1 \text{ bis } m_2 \cdot \frac{\text{Momentaner Tidenhub am Bezugsort} \\ \text{(aus den Gezeitentafeln)}}{\text{Mittlerer Spring-/Nipptidenhub am Bezugsort} \\ \text{(laut Tab. 1)}}$$

Nautische Anwendungen

Zwei Beispiele mögen die Handhabung der Differenzkarten zu einem beliebigen Zeitpunkt erläutern, wozu die Abb. 2 die Zuordnung der Seegebiete zu den verschiedenen Bezugsorten angibt.

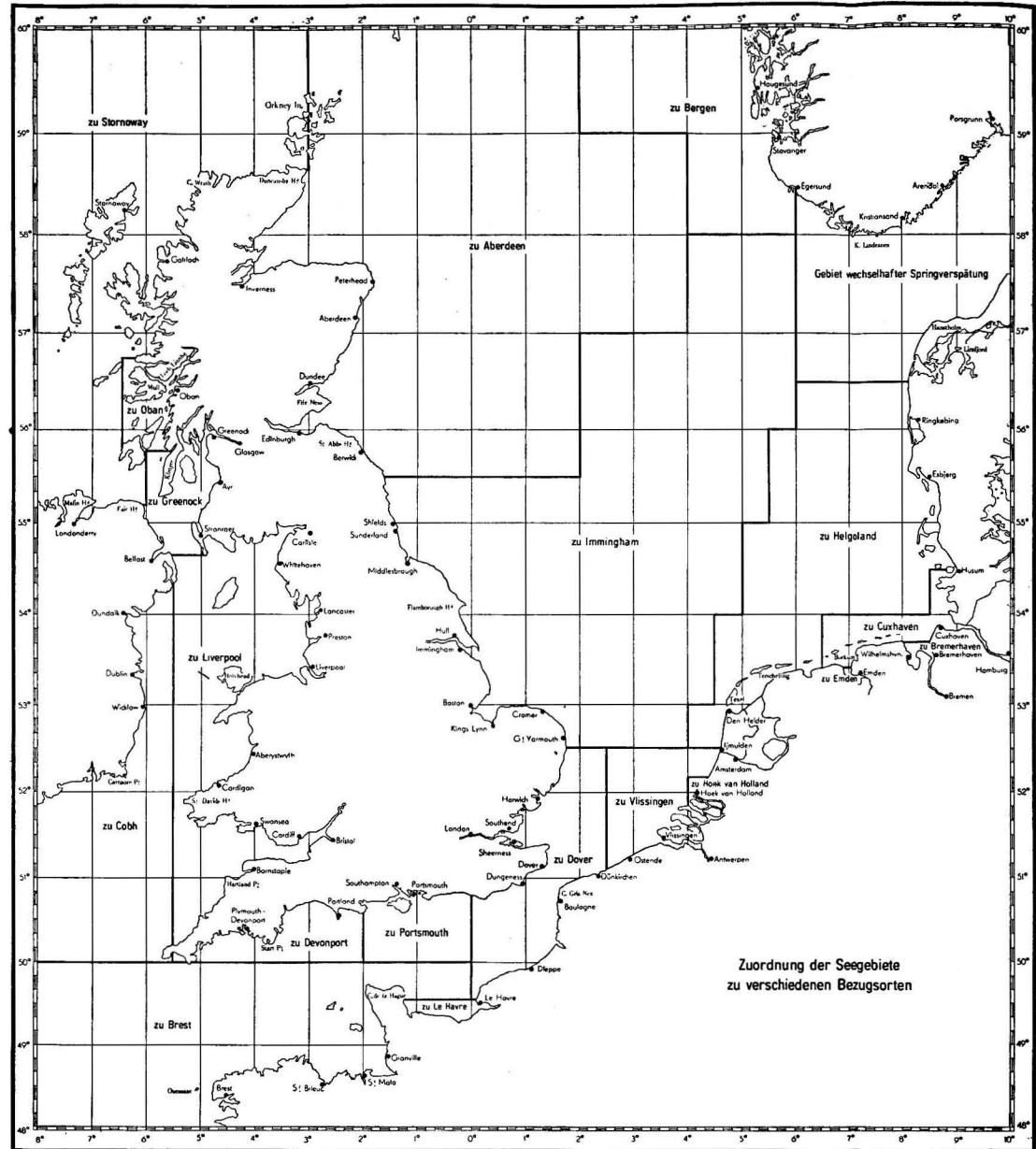


Abb. 2. Zuordnung der Seegebiete zu verschiedenen Bezugsorten

TABELLE I
Konstanten zur Benutzung der Differenzkarten

Bezugsort	Mittlerer Springtidenhub m	$n + \Delta n$ 2 Tage nach Syzygien	
		h	m
Bergen	1,2	-2	33
Helgoland	2,6	-1	41
Cuxhaven	3,2	-0	20
Bremerhaven	3,8	+0	09
Vlissingen	4,3	+0	43
Hoek van Holland	1,7	+1	39
Dover	5,9	-1	28
Le Havre	6,8	-2	41
Brest	6,0	+3	38
Devonport	4,8	+5	19
Portsmouth	4,1	-1	17
Immingham	6,1	+5	34
Aberdeen	3,5	+0	54
Stornoway	4,1	-5	51
Oban	3,3	+5	28
Greenock	3,1	-0	20
Liverpool	8,3	-1	20
Cobh	3,7	+5	02

Beispiel 1: Welche stündliche Tidewasserstandsdifferenz ist auf der Position $53^{\circ}30' N$, $0^{\circ}30' O$ zur Mittagszeit des 7. September 1965 zu erwarten und zwischen welchen Zeitpunkten tritt sie ein?

Lösung: Man bestimmt zunächst die für das gewünschte Zeitintervall zugeordnete Differenzkarte. Mit der Hochwasserzeit am Bezugsort Immingham von $15^h 58^m$ und dem Wert $n + \Delta n = +05^h 34^m$ folgt

$$T_1 \text{ bis } T_2 = m_1 \text{ bis } m_2 + 10^h 24^m,$$

also muß m_1 bis $m_2 = +1^h$ bis $+2^h$ gewählt werden, damit die Zeitpunkte T_1 und T_2 mit $11^h 24^m$ und $12^h 24^m$ um die Mittagszeit fallen.

Aus der Karte für die Zeitspanne von 1^h bis 2^h nach der Mondkulmination in Greenwich entnimmt man für die obige Position den Wert $+131 \text{ cm}$. Der mittlere Springtidenhub in Immingham beträgt nach Tab. 1 $6,1 \text{ m}$, der momentane Tidenhub errechnet sich als arithmetisches Mittel aus Tidenfall und Tidenstieg zu $\frac{1}{2}(3,4 \text{ m} + 3,5 \text{ m}) = 3,45 \text{ m}$. Für die Tidewasserstandsdifferenz bekommt man daher

$$+131 \text{ cm} \cdot \frac{3,45 \text{ m}}{6,1 \text{ m}} = +74 \text{ cm}.$$

Der Tidewasserstand steigt auf der genannten Position am 7. September 1965 zwischen $11^h 24^m$ und $12^h 24^m$ um 74 Zentimeter . Durch die Berechnung benach-

barter Werte kann man relativ schnell eine Punktfolge in stündlichen Intervallen gewinnen, aus der man die Tidekurve ausschnittsweise zeichnen kann.

Beispiel 2: Welche größte stündliche Tidewasserstandsdifferenz ist auf der Position $49^{\circ}10' \text{ N}$, $3^{\circ}10' \text{ O}$ am Vormittag des 13. Juni 1965 zu erwarten und in welchem Zeitraum tritt sie ein?

Lösung: Für die zeitliche Zuordnung erhält man mit der Hochwasserzeit am Bezugsort Brest von $15^{\text{h}} 44^{\text{m}}$ und dem Wert $n + \Delta n = +03^{\text{h}} 38^{\text{m}}$

$$T_1 \text{ bis } T_2 = m_1 \text{ bis } m_2 + 12^{\text{h}} 06^{\text{m}}.$$

Damit als Tageszeit der Vormittag erscheint, muß das Intervall von m_1 bis m_2 negativ sein, also vor der Mondkulmination in Greenwich liegen. Beim Durchblättern dieser Kartengruppe findet man den größten Differenzbetrag zwischen $m_1 = -4^{\text{h}}$ bis $m_2 = -3^{\text{h}}$ mit -187 cm . Mit dem mittleren Springtidenhub in Brest von $6,0 \text{ m}$ und dem momentanen Tidenhub von $\frac{1}{2} (4,7 \text{ m} + 4,9 \text{ m}) = 4,8 \text{ m}$ folgt für die Tidewasserstandsdifferenz

$$-187 \text{ cm} \cdot \frac{4,8 \text{ m}}{6,0 \text{ m}} = -150 \text{ cm}.$$

Der Tidewasserstand fällt auf der genannten Position am 13. Juni 1965 zwischen $8^{\text{h}} 06^{\text{m}}$ und $9^{\text{h}} 06^{\text{m}}$ um 150 cm und erreicht damit etwa sein stärkstes Gefälle, weil die aus den Karten ermittelten Wasserstandsunterschiede sich auf ganzzahlige m beschränken, während sich die wirklichen Extrema zwischen gebrochenen Werten von m einstellen und nur hin und wieder mit ganzen Zahlenwerten von m koinzidieren. Die so entstandenen Ungenauigkeiten bleiben jedoch gering, so lange die Tidekurven nicht allzu unregelmäßig verlaufen und der „Idealkurve“ noch ziemlich nahekommen.

Abschluß der Arbeit: 28. 11. 1964

Die maximale Vertikalgeschwindigkeit der Gezeiten zur mittleren Spring- und Nippzeit in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See

Von GÜNTHER SAGER

Zusammenfassung: Für das Gebiet der Nordsee, des Kanals und der Irischen See wird je eine Karte der maximalen Steig-/Fallgeschwindigkeit der Gezeit in Millimeter pro Minute für die Verhältnisse zur mittleren Spring- und Nippzeit gegeben.

Einleitung

Durch den „Atlas der Tidewasserstände für die Nordsee, den Kanal und die Irische See“ von SAGER und SAMMLER (1964) und die darauf basierenden „Karten der stündlichen Tidewasserstandsdifferenzen 2 Tage nach den Syzygien in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See“ von SAGER (1966) ist ein Überblick der Schwankungen des Tidewasserstands in stündlichen Intervallen gegeben worden. Man bekommt beim Durchblättern der Karten etwa die stärksten stündlichen Änderungen heraus, jedoch nicht exakt, weil es sich stets um volle Stunden vor bzw. nach der Mondkulmination in Greenwich handelt. Der stärkste Anstieg oder Abfall des Tidewasserstands im Laufe einer Stunde hält sich natürlich nicht an volle Stundenwerte, so daß vom Verfasser für die Zwecke der Nautik eine Karte unter dem Titel „Die größten stündlichen Tidewasserstandsänderungen in der Nordsee, dem Kanal und der Irischen See“ (1965) entworfen worden ist.

Betrachtet man die Tidekurven der Bezugsorte in den Gezeitentafeln, so sieht man leicht, daß man aus den maximalen stündlichen Schwankungen nicht auf die extreme Vertikalgeschwindigkeit der Gezeiten schließen kann, wenn die Tidekurve Unregelmäßigkeiten aufweist, wie das besonders in Seichtwassergebieten zur Springzeit und weniger stark ausgeprägt zur Nippzeit der Fall ist. Es schien daher wünschenswert, die extreme Steig- bzw. Fallgeschwindigkeit der Gezeit zu diesen beiden Terminen zu ermitteln und einen Überblick in Form von Isolinien zu geben, um damit ein weiteres Charakteristikum der Gezeiten zu erfassen.

Lokalwerte der maximalen Vertikalgeschwindigkeit

Um eine Vorstellung von der Abweichung des Verhaltens der Vertikal-komponente der Gezeiten von einer harmonischen Bewegung zu bekommen,

sei zuerst die maximale Vertikalgeschwindigkeit einer Kosinusschwingung bestimmt. Nimmt man als Form die Partialtide

$$y = H \cos (n t - \zeta),$$

so erreicht die Vertikalgeschwindigkeit

$$y' = -n H \sin (n t - \zeta)$$

an den Wendepunkten

$$y'' = -n^2 H \cos (n t - \zeta) = 0,$$

also bei

$$n t - \zeta = n \frac{\pi}{2} \quad (n = 1, 3, 5, \dots)$$

ihren größten Betrag, der sich zu $y' = \pm n H$ ergibt. Mit $n = \frac{2\pi}{T}$ und $H = \frac{1}{2} T h b.$, wo T die Periode der Partialtide und H der halbe Tidenhub ist, folgt bei $2 H = 100\%$ für den Betrag der maximalen Vertikalgeschwindigkeit

$$y' = \pm \frac{\pi}{T} \cdot 100\%.$$

Mit $T = 12^h 25^m$ ergibt sich

$$y' = \pm 25,3\% \text{ je Stunde,}$$

wobei zu bedenken ist, daß diese Geschwindigkeit nur über kurze Zeiträume erreicht wird, weshalb später alle Werte auf Millimeter pro Minute umgerechnet werden. Zieht man die für den Atlas der Vertikalkomponente und die Differenzkarten in den offenen Seegebieten benutzte gemittelte Tidenkurve aus den Bezugsorten Bergen, Brest, Devonport, Immingham, Aberdeen, Stornoway und Cobh zum Vergleich heran, so zeigt sich eine extreme Vertikalgeschwindigkeit von 25,6% je Stunde, also nahezu Übereinstimmung.

Ein wesentlich anderes Bild bieten jedoch die Bezugsorte, für die eine Auswahl folgende Werte bringt:

Bezugsort	Spring-/Nippzeitzahl	Bezugsort	Spring-/Nippzeitzahl
Bergen	25%	Brest	26%
Helgoland	28%	Devonport	31%
Husum	37%	Portsmouth	43%
Büsum	38%	Dover	39%
Cuxhaven	40%	London	28%
Bremerhaven	42%	Immingham	26%
Wilhelmshaven	32%	Aberdeen	26%
Norderney	41%	Stornoway	28%
Borkum	36%	Oban	29%
Emden	40%	Greenock	32%
Hoek van Holland	45%	Liverpool	33%
Vlissingen	36%	Cobh	29%
Le Havre	48%		

Aus den Zahlen für die 25 Bezugsorte ergibt sich als Mittelwert bei Springzeit 32,7% und bei Nippzeit 28,7%. Die Prozentzahlen der maximalen Vertikalgeschwindigkeit der Gezeiten sind im einzelnen großen Schwankungen unterworfen, die bei Springzeit etwa zwischen 25% und fast 50% und bei Nippzeit zwischen 25% und 35% variieren, wobei solche Gebiete besonders hervortreten, in denen die Tidekurven einen längeren Hochwasserstand, zwei dicht benachbarte Hochwasserscheitel oder Anomalien um die Niedrigwasserzeit zeigen.

Die räumliche Verteilung der maximalen Vertikalgeschwindigkeit

Um eine Vorstellung von der Verteilung der maximalen Vertikalgeschwindigkeit der Gezeiten in den einzelnen Seeräumen geben zu können, wurde für Spring- und Nippzeit je eine Karte mit den Prozentzahlen entworfen. Diese Karten enthalten entlang den Küsten die Zuordnung der Anschlußorte zu den jeweiligen Bezugsorten mit der am Rande notierten Prozentzahl des Bezugsorts. Alsdann erfolgte die Zuordnung der Prozentzahlen der maximalen Steig-/Fallgeschwindigkeit der Gezeiten (pro h)

- für die Küsten in angemessenem Übergang zwischen den einzelnen Zuordnungsgebieten der Bezugsorte und
- für die Seegebiete in Anlehnung an die im Atlas und bei den Differenzkarten gegebene Karte mit der Zuordnung der Seegebiete zu den verschiedenen Bezugsorten bis zum Übergang in die aus den 7 Bezugsorten gemittelte Tidekurve für die küstenfernen Gebiete.

Dabei genügte im offenen Seegebiet für ein Eingradfeld meistens eine Prozentzahl, während mit Annäherung an die Küste eine immer feinere Untergliederung erforderlich war.

Aus diesen beiden Prozentkarten wurden mit der verfeinerten Karte der Linien gleichen mittleren Springtidenhubs in Zentimetern die extremen vertikalen Geschwindigkeiten der Gezeit in Millimeter pro Minute berechnet für

- Springzeit als

$$\frac{2 \times \text{Springzeitamplitude} \times \text{Prozentzahl}}{60} = \frac{Y_{\text{Spring}} \cdot y'}{30},$$

- Nippzeit als

$$\frac{2 \times \text{Nippzeitamplitude} \times \text{Prozentzahl}}{60} = \frac{Y_{\text{Nipp}} \cdot y'}{30}$$

für die Küsten bzw.

$$\frac{2 \times \text{Springzeitamplitude} \times \text{Prozentzahl}}{60} \times \frac{p}{100} = \frac{Y_{\text{Spring}} \cdot y'}{30} \cdot \frac{p}{100}$$

für die Seegebiete, wobei p das Verhältnis des mittleren Nipp- zum mittleren Springtidenhub in Prozent angibt, das der betreffenden Karte von SAGER (1965) entnommen wurde.

Aus diesen beiden numerischen Arbeitskarten mit je 1030 Punkten in den Eingradfeldern und 270 Küstendaten sind die Isolinien für die maximale Vertikalgeschwindigkeit der Gezeit zur Spring- und Nippzeit gewonnen worden, wobei die Kurven eine gute Stetigkeit zeigten und sich kleinere Unebenheiten in der Zuordnung der Seeräume zu den Prozentzahlen leicht ausschalten ließen.

Kurze Beschreibung der Karten

Die Karten umfassen den Raum zwischen 60° N und 48° N sowie 8° W und 10° O. Der Abstand der Linien gleicher maximaler Vertikalgeschwindigkeit der Gezeit bei mittlerer Spring- bzw. Nippzeit beträgt im allgemeinen 5 mm/min, wozu in den tidearmen Seeräumen noch die Isolinien für 2,5 und 7,5 sowie bei Bedarf noch für 12,5 mm/min kommen.

Das Bild in der Nordsee wird durch die beiden Amphidromien bei den Hoofden und am Nordwestrand der Doggerbank sowie den Anstieg in Richtung der Deutschen Bucht, zum Ärmelkanal und vor der englischen Ostküste bestimmt, während die tidearmen Gebiete um das Skagerrak kaum mehr Linien aufweisen. Extreme Vertikalgeschwindigkeiten stellen sich von The Wash bis zur Humbermündung mit 28 mm/min bei Springzeit (14 mm/min bei Nippzeit), in der inneren Deutschen Bucht bei Bremerhaven, Cuxhaven und Emden mit etwa 27 (13) mm/min, in der Themsemündung mit 25 (15) mm/min und im Firth of Forth mit 21 (10) mm/min ein.

Im Kanal sind das Ostende mit 30 bis 40 (15 bis 20) und das Westende mit 20 bis 25 (um 10) mm/min sehr unterschiedlich ausgeprägt. Durch den langen Hochwasserstand bei Le Havre übertrifft die Vertikalgeschwindigkeit der Gezeiten bei Springzeit mit 54 mm/min diejenige von St. Malo mit 51 mm/min trotz des dort wesentlich größeren Tidenhubs, wogegen bei Nippzeit beide Beträge gleichziehen (25 mm/min). An der englischen Küste tritt das schon bei den Tidenhuben charakteristische Minimum westlich der Isle of Wight mit 13 (4) mm/min auffällig in Erscheinung.

Der Bristol-Kanal zeigt das absolute Maximum der Vertikalgeschwindigkeit der Gezeiten im europäischen Raum, wobei der Anstieg von etwa 30 (10 bis 15) mm/min an der Mündung auf 56 (27) mm/min im Inneren erfolgt. In der Irischen See wechseln die Werte zwischen Null in der Amphidromie des Nordkanals und 9 (4) mm/min zwischen Wicklow und Carnsore Point als Minimum und 45 (22) mm/min in der Merseymündung bei Liverpool, wobei der Trend der Isolinien die meridionale Richtung bevorzugt. In der Hebridensee und um die westschottischen Inselgruppen bleiben die Beträge im allgemeinen zwischen 15 und 20 mm/min bei Springzeit und zwischen 5 und 8 mm/min zur Nippzeit, weil der Tidenhub dort mäßig ist und die Tidekurven wenig Irregularitäten aufweisen.

Abschluß der Arbeit: 8. 12. 1964

Ozeanologische Aspekte der industriellen Meerwasserentsalzung¹⁾

Von PETER HUPFER

Zusammenfassung: Nach einer Übersicht über die gegenwärtige Aktivität auf dem Gebiet der Meerwasserentsalzung wird eine kurze Beschreibung der industriell anwendbaren Methoden gegeben. Es werden die Aufgaben umrissen, die dem Ozeanologen bei der Planung, Projektierung und dem Betrieb von Entsalzungsanlagen größeren Stils erwachsen. Es wird die Forderung nach einer verstärkten Erforschung der Küstengewässer mit modernen Methoden erhoben, um einen Vorlauf gegenüber der sich abzeichnenden Entwicklung zu gewinnen.

Parallel mit der gegenwärtig rasch anwachsenden allseitigen Erforschung des Weltmeeres kann man auch verstärkte Bemühungen um die Nutzung des Meeres für die Belange der menschlichen Gesellschaft feststellen. Beispiel und sichtbarer Ausdruck für diese Aktivität ist der im November 1964 in Moskau zwischen der Sowjetunion und den USA abgeschlossene Vertrag über die Zusammenarbeit beider Länder bei der Lösung des Problems der Entsalzung von Meerwasser mit Hilfe der Kernenergie.

Seit mehreren Jahren hat eine Reihe von Staaten und internationalen Organisationen beachtliche Anstrengungen mit dem Ziel einer rationellen Gewinnung von Süßwasser aus dem Meer unternommen. Zweck dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist die Begegnung der Wasserknappheit, die in zahlreichen Ländern entweder von Natur her vorhanden ist oder um sich greift bzw. für die nahe Zukunft zu erwarten ist. In den Industrieländern wird dieser Wassermangel durch den enorm anwachsenden Wasserverbrauch aller Bedarfsträger sowie durch die zunehmende Verunreinigung der Flüsse, Seen und des Grundwassers durch die Industrieabwässer hervorgerufen. Besondere Aufmerksamkeit gilt jedoch den ariden Zonen der Erde (Arid Zone Research Program der UNESCO), wobei hier das Ziel gesteckt ist, durch Forschungsarbeiten und technische Maßnahmen unterschiedlicher Art den Wasserhaushalt dieser Gebiete so zu beeinflussen, daß sich Landwirtschaft und Industrie entwickeln können.

Die meisten der gegenwärtig in Betrieb befindlichen Entsalzungsanlagen befinden sich an den Küsten arider Gebiete. In der Sowjetunion konzentriert man sich auf die Umgebung des Kaspischen Meeres, wo bei Baku und Krasnowodsk schon länger Süßwasser aus dem Meer produziert wird. Ein größeres

¹⁾ Herrn Prof. Dr. ERICH BRUNS zum 65. Geburtstag gewidmet.

Projekt auf der Halbinsel Mangyschlak befindet sich in Vorbereitung. In den USA unterhält das Office of Saline Water, das als Abteilung des Innenministeriums alle Arbeiten in dieser Richtung in den USA koordiniert und diesbezügliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten finanziert, eine Reihe von Pilotanlagen, die vor allem die verschiedenen Methoden auf ihre Brauchbarkeit hin prüfen sollen. Man schätzt, daß es — abgesehen von kleinen und kleinsten Aggregaten — gegenwärtig etwa 65 Entsalzungsanlagen größerer Leistung mit einer Gesamtkapazität von etwa $100 \cdot 10^6$ l/Tag gibt.

Führt man sich die anwachsende Zahl der Erdbevölkerung und den wesentlich schneller steigenden Süßwasserbedarf, die bereits vorhandenen und in naher Zukunft mit Sicherheit realisierbaren technischen Möglichkeiten und den unerschöpflichen Wasservorrat des Weltmeeres vor Augen, so kann man sagen, daß wir gegenwärtig erst ganz am Anfang der Entwicklung der industriellen Süßwassergewinnung aus dem Meer stehen. Der Durchbruch wird dann erfolgen, wenn die Kostenfrage gelöst ist. Die Produktionskosten können zwar schon jetzt durch eine geschickte Auswahl und Kombination der zur Verfügung stehenden Methoden und durch die ständige Verbesserung der Technologie auch bei Verwendung herkömmlicher Energiequellen beträchtlich gesenkt werden, sie liegen im allgemeinen aber noch über den Preisen des konventionell gewonnenen Süßwassers. Diese Schwierigkeit soll nun überwunden werden, indem man zum Bau von Großanlagen übergeht, die mit Atomreaktoren als Energielieferanten gekoppelt sind. Es bestehen bereits begründete Vorstellungen, welche Reaktortypen für diesen Zweck eingesetzt werden und welche Kapazität solche „Wasserwerke“ haben müssen, damit das Wasser so billig erzeugt werden kann, daß es auch für Bewässerungszwecke verwendet werden kann.

Unter den zahlreichen Möglichkeiten, die es für die Entsalzung von Meerwasser gibt, haben sich besonders drei Methoden für die industriemäßig betriebene Entsalzung als geeignet erwiesen. Diese Methoden sind mit technischen Details mehrfach beschrieben worden¹⁾.

Die im Prinzip einfachste und zugleich älteste Methode zur Meerwasseraufbereitung ist die *Destillation*. Die einfache Destillation ist für Großanlagen allerdings viel zu unwirtschaftlich. Man benutzt daher Modifikationen, bei denen die Destillation nach folgenden Verfahren erfolgt: 1. Verwendung hintereinandergeschalteter Rohrbündelverdampfer; 2. Einsatz von Umlaufverdampfern mit Brüdenverdichtung und 3. die mehrstufige Stoßverdampfung (flash-Verdampfung). Das zuletzt genannte Verfahren, das besonders für Meerwasser hohen Salzgehaltes geeignet ist, besteht darin, daß das einlaufende Meerwasser zunächst bis zur Sättigungstemperatur erhitzt wird. Bei der anschließend in Unterdruckkammern erfolgenden Entspannung verdampft ein Teil des Wassers. Zur Energieeinsparung läuft das frische Wasser durch ein in den Druckkammern befindliches Röhrensystem, wodurch es von dem Dampf bereits erhitzt wird,

¹⁾ Eine Literaturliste befindet sich am Schluß des Artikels.

der gleichzeitig an den Außenwänden der Rohre kondensiert. Mit einem Elektrizitätswerk gekoppelt, sind die Erzeugungskosten für Süßwasser erträglich. Die Anlage in San Diego in Kalifornien ist eine 36stufige Stoßverdampfungsanlage mit einer Kapazität von etwa $4 \cdot 10^6$ l/Tag. Dabei werden in jeder Stufe nur 0,3% des Meerwassers verdampft, zusammen also nur ca. 10%. Man führt daher das Wasser im Kreislauf, um weniger Meerwasser neu zuführen zu müssen. Die Destillationsanlagen allgemein sind sehr empfindlich gegen Ablagerungen infolge der im Meerwasser enthaltenen Härtebildner sowie gegen Korrosionserscheinungen.

Als weitere Methode zur Gewinnung von Trinkwasser aus Meerwasser ist die *Gefriermethode* zu nennen. Bekanntlich nehmen die sich beim Gefriervorgang bildenden Eiskristalle kein Salz in ihr Kristallgitter auf. Wenn man die Eiskristalle, die sich beim Gefrieren von Meerwasser bilden, vor dem Schmelzen abwäscht, erhält man salzfreies Eis und nach dem Schmelzen einwandfreies Süßwasser. Das Gefrierverfahren ist relativ einfach und verursacht nur geringe Energiekosten. Vielversprechend ist in diesem Zusammenhang das Verfahren der unmittelbaren Wärmeübertragung durch direkten Kontakt des Meerwassers mit organischen, mit Wasser nicht mischbaren Lösungsmitteln, z. B. mit siedendem Butan. Für die Wirtschaftlichkeit wichtig ist auch die Erzeugung ausreichend großer Eiskristalle, um die spätere Trennung des Eises von der Salzsole einfacher durchführen zu können. Es kommt auf die Ermittlung der optimalen Unterkühlungstemperatur an, da beachtet werden muß, daß bei starker Unterkühlung zwar die Eiskeimbildung und das Kristallwachstum beschleunigt vor sich gehen, andererseits aber bei nur geringerer Unterkühlung die größeren Kristalle entstehen. Nach dem japanischen UMANO-Prinzip kann eine Gefrieranlage wie folgt arbeiten: Das auf 1,5 grd abgekühlte Wasser wird in den Kristallisator geleitet, wo durch direkten Kontakt mit siedendem Butan Eiskristalle mit einem Durchmesser von etwa 1 mm entstehen. Durch Zentrifugieren wird die Salzsole anschließend abgeschleudert. Nach dem Abwaschen der Eiskristalle mit reinem Wasser wird das Eis schließlich im Schmelzkondensator geschmolzen. Mit der Gefriermethode wird bereits jetzt relativ billiges Süßwasser erzeugt. Die entsprechende Pilotanlage in den USA arbeitet in Wrightsville Beach (North Carolina) mit einer Kapazität von etwa $1 \cdot 10^6$ l/Tag.

Die letzte hier zu nennende Methode, die für eine industrielle Wasserproduktion geeignet ist, ist die *Elektrodialyse*. Das Meerwasser wird durch eine Kammer geleitet, in der senkrecht im Abstand von etwa 1 mm Membranen angeordnet sind, zwischen denen das Wasser hindurchfließt. Die Membranen sind abwechselnd für Kationen und Anionen durchlässig. Bei Anlegen eines elektrischen Feldes wird die Ionenwanderung beschleunigt. Aus jedem zweiten Zwischenraum fließt dann entsalztes Wasser ab, aus den übrigen Zellen dagegen die Salzsole. Diese Methode ist besonders für Brackwasser geeignet, da in diesem Fall die Membranen länger einsatzfähig sind. Auf dieser Basis werden auch Kleinstentsalzungseinheiten für den Haushaltsgebrauch gebaut. Eine Pilot-

anlage mit einer Leistung von ca. $1 \cdot 10^6$ l/Tag des Office of Saline Water befindet sich in Webster (Süddakota), wobei Brackwasser verwendet wird.

Auf weitere in der Literatur diskutierte Entsalzungsmöglichkeiten sei hier nicht weiter eingegangen, da sie für den Betrieb von Großanlagen vorläufig nicht in Frage kommen.

Sieht man die zu diesem Themenkreis in den letzten Jahren erschienene Literatur durch, so fällt auf, daß man sich von der Seite der Meereskunde bisher kaum zu diesem wichtigen Teilgebiet der Nutzung des Meeres geäußert hat. Andererseits gewinnt man den Eindruck, daß sich die Verfahrenstechniker fast nur mit der Durcharbeitung der Methoden, aber bloß am Rande mit den notwendigen ozeanologischen Voraussetzungen befassen. Allerdings kann nicht beurteilt werden, inwieweit man sich vor der Errichtung der schon bestehenden Anlagen auf entsprechende ozeanologische Gutachten gestützt hat. Im folgenden soll versucht werden, einige der ozeanologischen Probleme und notwendigen Arbeiten zu diskutieren, die im Zusammenhang mit der Projektierung und dem Betrieb von Großentsalzungsanlagen auftreten bzw. auftreten können.

Die Unterstützung des Baues von Entsalzungsanlagen muß seitens der Meereskunde bereits im Stadium der ersten Planung beginnen. Im Besitz genauer Angaben über den Salzgehalt und seiner Variationen in Raum und Zeit in dem der entsprechenden Küste vorgelagerten Seegebiet sowie über die Besonderheiten der Zusammensetzung des Meerwassers — was vor allem in Rand- und Nebenmeeren sowie in der Nähe von Flußmündungen wichtig ist —, kann der Projektant dann entscheiden, welcher Entsalzungsmethode unter den gegebenen natürlichen Verhältnissen bei Berücksichtigung der geplanten Kapazität und der zur Verfügung stehenden Energie der Vorzug zu geben ist. Im weiteren Verlauf der Planung taucht das Problem der genauen Festlegung des Standortes der Anlage auf. Auch diese Frage kann nur unter maßgeblicher Mitwirkung von Ozeanologen entschieden werden. Hier geht es vor allem um detailliertere Fragen der Wasserbeschaffenheit und um die zweckmäßige Anbringung und den Schutz der Wasseransaugvorrichtungen. Dazu benötigt man eine genaue Kenntnis des Reliefs der ufernahen Wasserzone, der Wassertiefen, der Gezeiten und Wasserstandsverhältnisse, der Strömungen und des Seegangs sowie unter gegebenen Umständen auch der Eisverhältnisse. Die hydrochemischen Untersuchungen müssen in diesem Stadium durch bakteriologische Analysen in Zusammenarbeit mit Hygienespezialisten ergänzt werden. Der Nährstoffzyklus muß gleichfalls bekannt sein, um die biologische Produktion und ihren Einfluß auf die Wasserbeschaffenheit abschätzen zu können. Diese Fragen sind besonders wichtig, wenn Anlagen in der Nähe abwasserführender Flußmündungen gebaut werden sollen. Die Festlegung des Standortes kann sich aber nicht nur nach den optimalen ozeanologischen Bedingungen richten. Auch landseitig müssen für den Bau von Großanlagen bestimmte Forderungen gestellt werden, die Fragen des Baugrundes, der Verkehrsverhältnisse (Straßen, Eisenbahnen, Häfen), der Bevölkerungsdichte sowie Art und Standort der späteren Nutznießer des aufbereiteten Wassers betreffen. So wird es im all-

gemeinen auf das Auffinden eines geeigneten Kompromisses ankommen. Besondere Aufmerksamkeit gebührt den reich gegliederten Küsten und Ästuaren, wo große Unterschiede in allen ozeanologischen Prozessen und in der Wasserqualität die Regel sind. Während eine Innenküste (z. B. Bodden oder Haffe) oft ausreichenden Schutz vor den Angriffen des Meeres gegen die notwendigen baulichen Einrichtungen bietet, ist hier doch oft die Wasserbeschaffenheit schlecht (Eutrophierung). Umgekehrt verhält es sich meist an der Außenküste. Letzten Endes müssen die unter Ausnutzung aller Kenntnisse und Erfahrungen ausgearbeiteten Kostenbilanzen entscheiden, welcher Standort endgültig gewählt wird. In diesem Sinne hat A. BREHM auf dem Mailänder Symposium 1964 vorgeschlagen, jeweils eine entsprechende Studie anzufertigen, um die örtlichen Gegebenheiten voll auszunutzen, und vor der Errichtung einer kostspieligen Großanlage eine Pilotanlage zu betreiben, um dann optimal projektieren zu können.

Als nächstes folgt die Mitarbeit an der Ausarbeitung des Projektes. Zusammen mit den Ozeanologen wird festgelegt, in welcher Entfernung vom Ufer und in welcher Tiefe das zu entsalzende Wasser angesaugt wird. Je nach den örtlichen Bedingungen muß das Meerwasser vor Eintritt in das Rohrsystem des Entsalzers von gröberen Bestandteilen, Lebewesen usw. durch Filter oder Siebe befreit werden. Die richtige Dimensionierung bedarf vorheriger Messungen des Sinkstoffanteils, der Trübung, des Planktongehaltes u. a. Unter besonderen Umständen kann von Seiten der Meereskunde auch bei der Energiefrage beratend mitgewirkt werden. Dies betrifft bei Gezeitenküsten vor allem die Frage, ob der Bau eines Gezeitenkraftwerkes sinnvoll ist (siehe die Arbeiten von SAGER). Bei kleineren Anlagen wäre auch noch die Windkraftausnutzung denkbar. Für die wärmetechnischen Berechnungen von Entsalzungswerken sind auch Angaben über die Wassertemperatur und ihre Variationen am Entnahmeort notwendig.

Die vielfältigen Erfahrungen auf dem Gebiet der ozeanologischen Meßtechnik können für die notwendige ständige Überwachung des einlaufenden Meerwassers zur Verfügung gestellt werden. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um den Einbau von Meßfühlern mit Registriergeräten für Wassertemperatur, Salzgehalt, gelösten Sauerstoff, pH-Wert und Extinktion. Im Einzelfall kann es auch notwendig sein, die horizontale Wasserversetzung im Bereich der Ansaugstelle zu registrieren.

Ein weiteres Problem betrifft die bei der Entsalzung entstehende Salzsole. Es ist denkbar, daß der Meereschemiker hier Hinweise zur weiteren Aufarbeitung dieser Rückstände geben kann, beispielsweise zur Gewinnung von Kochsalz, Jod, Brom und anderen Stoffen. Eine balneologische Nutzung der Sole ist ebenfalls in Erwägung zu ziehen. Auf jeden Fall sollte der Ozeanologe in der Frage konsultiert werden, an welchem Ort die Sole dem Meer wieder zugeführt wird.

Für die bereits in der Praxis angewendeten Entsalzungsprinzipien wie auch für Verfahren, die sich noch im Versuchsstadium befinden, sind umfangreiche

wissenschaftliche Grundlagenforschungen notwendig. Dazu gehören (z. B. nach HOWE) Forschungen über die verschiedenen Aggregatzustände der Wassermoleküle, über die Löslichkeiten der einzelnen gelösten Stoffe im Meerwasser in Abhängigkeit von der Temperatur, über osmotische Phänomene des Meerwassers sowie das Studium der Effekte von magnetischen und elektrischen Feldern auf die gelösten Ionen. Auch hier sind enge Berührungspunkte mit Problemen der meereskundlichen Grundlagenforschung vorhanden, die eine Zusammenarbeit nützlich erscheinen lassen.

Von meereskundlicher Seite außerordentlich begrüßenswert ist die im Zusammenhang mit dem Bau von Entsalzungsanlagen sich entwickelnde stärkere Aktivität der Erforschung der Korrosion durch Meerwasser. Bekanntlich sind besonders die Destillationsanlagen sehr korrosionsempfindlich, und es gibt schon eine Anzahl von Vorschlägen, um diese schädliche Erscheinung zu vermindern. Da die ozeanologischen Geräte und Anlagen ebenfalls der Korrosion ausgesetzt sind, kann der meereskundliche Apparate- und Anlagenbau aus den Erfahrungen beim Betrieb von Entsalzern Nutzen ziehen. Außerdem stellen die Entsalzungsanlagen ein geeignetes „Laboratorium“ dar, wo Ozeanologen und Techniker gemeinsam die Korrosionserscheinungen in ihrer Abhängigkeit von Wassertemperatur, Gehalt an gelöstem Sauerstoff, pH-Wert usw. näher untersuchen können.

Es liegt durchaus im Bereich des Möglichen, daß auch für die Küste der DDR die Frage der Aufbereitung von Ostseewasser für Trink- und Brauchwasserzwecke einmal akut wird, besonders dann, wenn es gelungen ist, die Kosten des produzierten Wassers so niedrig zu halten, daß sich die erforderlichen Investitionen rasch amortisieren. Gezielte Voruntersuchungen im Sinne der obigen Ausführungen liegen von dem Greifswalder Hygieniker H. W. HACKENBERG vor, der 1959 regelmäßig Wasserproben an 14 Punkten des südlichen Greifswalder Boddens entnahm und diese chemisch und bakteriologisch untersuchte. Dabei zeigten sich die bekannten, stark differenzierten Verhältnisse an der Küste. Besonderer Wert wurde auf die Erfassung der Abwasserverteilung gelegt und die Forderung abgeleitet, Abwässer so weit wie möglich vom Ufer weg und nur an solchen Stellen einzuleiten, wo ein seewärts setzender Strom bald für eine gründliche Durchmischung sorgt.

Für die ozeanologische Erkundung gilt es, sich bereits jetzt auf die zukünftige Entwicklung einzustellen und die komplexe Erforschung der Küstenzone des Meeres und der Ästuare verstärkt fortzusetzen. Es erscheint wichtig, daß neben der Durchführung der üblichen Feldarbeiten stationäre Meßeinrichtungen geschaffen werden, die möglichst alle der oben angeführten Größen fortlaufend messen.

Literatur

- BRADT, D. M., Review of desalination Processes — Distillation Processes. Journ. Am. Water Works Assoc. **52**, H. 5 (1960) S. 574—77.
 CYWIN, A. and FINCH, L. S., Federal Research and development program for saline water conversion. Journ. Am. Water Works Assoc. **52**, H. 8 (1960) S. 983—92.

- Deutsche Gesellsch. f. chem. App.-wesen, Süßwasser aus dem Meer. Dechema-Monographie 47, Nr. 781—834, 2 Bd. (1963).
 GEYER, J., Water conservation (Conf. on Desalin. Res. Woods Hole 1961). Proc. Nat. Res. Council Wash., Publ. 942 (1963).
 GIRELLI, A. (Ed.), Fresh Water from the Sea. Proceedings of the Intern. Symp. in Milan 20./21. 4. 1964. Pergamon Press Oxford usw. (1965).
 HACKENBERG, H. W., Die hygienische Bedeutung des Meerwassers in der Wasserversorgung des Menschen. In: Das Wasser in seiner Bedeutung für Leben, Gesundheit und Krankheit des Menschen. VEB G. Fischer Verlag, Jena 1963.
 HANSEN, H., Gewinnung von Süßwasser aus Meerwasser als verfahrenstechnisches Problem. Die Wasserwirtschaft (Stuttgart) **54**, H. 5 (1964) S. 126—33.
 HODGES, C. H., THOMPSON, T. L. and GROH, J. E., Separate component multiple-effect solar distillation. Interim Rep. No. 1, Ariz. Univ. Inst. of Atm. Phys., Solar Energy Lab. (1962).
 HOWE, E. D., Fresh water from salt water: a reassessment. New Scientist (London) **13**, H. 271 (1962) S. 196—99.
 HOWE, E. D., Saline water conversion. UNESCO, Arid Zone Research Series No. 18 (1962) S. 271—97.
 LOF, G. O. G., Review of Desalination Processes — Solar distillation. Journ. Am. Water Works Assoc. **52**, H. 5 (1960) S. 578—84.
 MORRIS, S. B., Outlook for economic use of fresh water from the sea. Journ. Am. Soc. Civ. Eng. **87**, H. 2. (Pt. 1) (1961) S. 15—26.
 NIETSCH, B., Entsalzung von Meerwasser durch Ausfrieren. Gas, Wärme, Wasser (Wien) **18**, H. 1 (1964) S. 15—16.
 SAGER, G., Blaue Kohle — eine Energieform der nahen Zukunft. Energietechnik **9**, H. 7 (1959) S. 317—20; oder Der Bau des Gezeitenkraftwerkes „Rance“ bei St. Malo. Die Technik **17**, H. 5 (1962) S. 371—73.
 SANDELL, D. J., Review of Desalination Processes — Freezing Processes. Journ. Am. Water Works Assoc. **52**, H. 5 (1960) S. 568—74.
 SIEVEKA, E. H., Review of Desalination Processes — Membran Processes. Journ. Am. Water Works Assoc. **52**, H. 5 (1960) S. 556—68.
 SILCOCK, B., Trinken wir morgen Meerwasser? Die Wasserwirtschaft (Stuttgart) **53**, H. 1 (1963) S. 1—2.
 STROBEL, J. J., Review of Desalination Processes — Recent Development. Journ. Am. Water Works Assoc. **52**, H. 5 (1960) S. 553—56.

Abschluß der Arbeit: 1. 3. 65

Ergänzte Fassung: 1. 10. 65

Anschriften der Autoren

- Dr. P. HUPFER, Geophysikal. Institut der Karl-Marx-Universität
 Leipzig, 701 Leipzig, Schillerstr. 6
 Dr. Z. MIKULSKI, Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny,
 Warszawa 86, ul. Podleśna 61
 Dipl.-Chem. K. H. ROHDE, Dr. habil. G. SAGER, R. SAMMLER
 Institut für Meereskunde, 253 Warnemünde, Seestr. 15

E. F. SAWARENSKI / D. P. KIRNOS

Elemente der Seismologie und Seismometrie

(Übersetzung aus dem Russischen)

Von den Autoren ergänzt und in deutscher Sprache neu bearbeitet
herausgegeben von WOLFGANG ULLMANN

1960. XV, 512 Seiten — 291 Abbildungen, — dav. 4 auf 4 Falttafeln — 28 Tabellen — gr. 8°
Ganzleinen MDN 54,—

Seit der Herausgabe des Lehrbuches „Vorlesungen über Seismometrie“ von dem russischen Gelehrten B. Golitzin (deutsche Bearbeitung von O. Hecker) im Jahre 1914 sind außer Beiträgen in Lehr- und Handbüchern nur sehr wenig deutschsprachige Darstellungen auf dem Fachgebiet der Erdbebenforschung erschienen.

Um so mehr ist die Herausgabe dieses Lehrbuches in deutscher Bearbeitung begrüßt worden. Die umfassende mathematisch-physikalische Behandlung der zwei Hauptprobleme — „Ausbreitung elastischer Wellen“ und „Theorie der seismischen Instrumente“, wird auch erfahrenen Wissenschaftlern viele Anregungen vermitteln. Einen wesentlichen Teil nimmt die Beschreibung der auf Grund der theoretischen Überlegungen neu entwickelten Instrumente ein. Ein ausführliches Literaturverzeichnis über Einzelarbeiten sowjetischer Fachwissenschaftler bildet eine wertvolle Ergänzung.

Bestellungen durch eine Buchhandlung erbeten



AKADEMIE - VERLAG · BERLIN

