

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

KIELER MEERESFORSCHUNGEN

Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

Herausgegeben von G. WÜST (Institut für Meereskunde)
unter Mitwirkung von A. REMANE (Zoologisches Institut)

Band X

1954

Heft 2

Inhalt:

WÜST, Georg, Willi BROGMUS und Eberhard NOODT: Die zonale Verteilung von Salzgehalt, Niederschlag, Verdunstung, Temperatur und Dichte an der Oberfläche der Ozeane	137
WYRTKI, Klaus: Die Dynamik der Wasserbewegungen im Fehmarnbelt II . . .	162
KÄNDLER, Rudolf: Über das Laichen der Makrele (<i>Scomber scombrus</i> L.) in der Kieler Bucht	182
KAY, Hans: Untersuchungen zur Menge und Verteilung der organischen Substanz im Meerwasser	202
MARCUS, Eveline und Ernst: Über Phalinoglossacea und Acochlidiacea . . .	215
KUNZ, Helmut: Beitrag zur Kenntnis der Harpacticoiden der Deutschen Bucht	224
AX, Peter: Zwei neue Monocelididae (Turbellaria, Proseriata) aus dem Eulitoral der Nord- und Ostsee	229
NOODT, Wolfram: Crustacea Mystacocarida von Süd-Afrika	243
NOODT, Wolfram: Copepoda Harpacticoida von der chilenischen Meeresküste	247
SCHULZ, Erich: <i>Angeliara phreaticola</i> auf Ischia. Ein Beitrag zur Kenntnis und Verbreitung der Microparasellidae	253
JAECKEL, Siegfried G. A., jun.: Aculifera Aplacophora und Aculifera Placophora im Gebiet der Nord- und Ostsee	261

Die zonale Verteilung von Salzgehalt, Niederschlag, Verdunstung, Temperatur und Dichte an der Oberfläche der Ozeane¹⁾

Von G. Wüst, W. Brogmus und E. Noodt

1. Vorbemerkungen

Bei den Untersuchungen, die im Institut für Meereskunde seit 1950 über den Wasser- und Wärmehaushalt der Ozeane (1, 2, 3) und ihrer Nebenmeere (4, 5) durchgeführt werden, hat es sich als erforderlich herausgestellt, neue Fünfgradzonenwerte des Salzgehalts, der Temperatur und der Dichte an der Oberfläche der Ozeane (einschließlich ihrer Nebenmeere) und des ganzen Weltmeeres zu berechnen, um hierdurch die in anderen Arbeiten neu festgestellten Grundwerte von Niederschlag und Verdunstung zu ergänzen. Denn seit Krümmels grundlegenden Berechnungen von Fünfgrad-Zonenwerten des Salzgehalts und Zehngrad-Zonenwerten der Temperatur 1907 (6) sind trotz der inzwischen verbesserten Oberflächenkarten keine systematischen Neuberechnungen für das Weltmeer in solch umfassender Weise wie bei ihm erfolgt. Alle späteren, von anderen Autoren berechneten Zonen- bzw. Breitenwerte dieser Faktoren beziehen sich mehr auf die offenen Ozeane, d. h. auf Teilgebiete des Weltmeeres unter teilweiser bzw. völliger Vernachlässigung der Rand-, Zwischen- und Mittelmeere. Die Nebenmeere sind aber integrierende Bestandteile der Ozeane. Die Zonenwerte dieser Faktoren besitzen also erst ihre volle Bedeutung und sind dann erst streng vergleichbar, wenn man die den Ozeanen zugehörigen Nebenmeere bei der Berechnung einbezieht. Nur für einige spezielle Fragestellungen, wie z. B. für die Ableitung straffer gesetzmäßiger Beziehungen zwischen den zonalen Verteilungen von Oberflächensalzgehalt, Verdunstung und Niederschlag im Weltmeer empfiehlt es sich, wie wir 1936 (7) und kürzlich an anderer Stelle (3) gezeigt haben, das Europäische Mittelmeer und die Randmeere der Ozeane außer Betracht zu lassen und von den Nebenmeeren nur das Amerikanische und das Australasiatische Mittelmeer sowie das Nordpolarmeer und die subarktischen Zwischenmeere (Europäisches Nordmeer, Baffinmeer und Beringmeer) bei einer solchen zonalen Untersuchung einzubeziehen.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Neuberechnungen von Fünfgradzonenwerten der drei ozeanographischen Hauptfaktoren für die ganzen Ozeane und das ganze Weltmeer vorgelegt, die hinsichtlich ihrer kartographischen Grundlagen auf den uns zugänglichen, neuesten und umfassendsten Quellen beruhen und die daher geeignet sind, die entsprechenden bis heute in Spezialarbeiten und Lehrbüchern verwendeten Krümmelschen Grundwerte der Ozeane zu ersetzen. Bei dieser nach einheitlichem Plan durchgeführten Gemeinschaftsarbeit fielen die umfangreichen rechnerischen Auswertungen der Karten bezüglich der Temperatur dem im Titel an 2. Stelle genannten Autor und bezüglich des Salzgehalts dem an 3. Stelle genannten Verfasser zu. Zur Vervollständigung dieser neuen Reihen von ozeanographischen Grundwerten fügen wir im folgenden auch die Fünfgradzonenwerte von Niederschlag und Verdunstung auf dem Weltmeere bei, die einer der Verfasser bereits an anderer Stelle (3) auf Grund neuerer Untersuchungen veröffentlicht hat.

2. Areale der Fünfgradzonen der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere)

In seiner bekannten morphometrischen Untersuchung über die „Tiefen des Weltmeeres“ 1921 (8) hat E. Kossinna lediglich die Areale der Fünfgradzonen der offenen Ozeane, d. h. der Ozeane ohne Nebenmeere veröffentlicht und in seinen Tabellen die Areale der Nebenmeere nur summarisch (d. h. ihre Gesamtareale) beigelegt. Hierbei

¹⁾ Herrn Prof. Dr. A. Defant (Innsbruck) in Verehrung zum 70. Geburtstag gewidmet.

hat Kossinna die Grenzen zwischen den Ozeanen und den Nebenmeeren eindeutig nach geographischen Gesichtspunkten bestimmt. Diese auch für die vorliegende Untersuchung nicht unwichtige Frage der „Grenzen der Ozeane und ihrer Nebenmeere“ hat 1939 (9) und 1944 (10) einer der Verfasser eingehender und im wesentlichen in Übereinstimmung mit der Arbeit Kossinnas diskutiert und kartographisch genau festgelegt. Aber eine Forderung, die wir für unsere Neuberechnungen von Fünfgradzonenwerten der ozeanographischen Hauptfaktoren stellen müssen, war bisher unerfüllt: nämlich die genaue Kenntnis der Fünfgradzonen-Areale der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere). In seiner damaligen Arbeit (8) hat Kossinna, wie schon angedeutet, von einer Veröffentlichung der Fünfgradzonen-Areale der Mittel- und Randmeere, die er für die Ableitung seiner Schlußtafel E „Areal, Volum und mittlere Tiefe des Weltmeeres nach Fünfgradzonen“ natürlich auch berechnet hatte, aus Raumgründen abgesehen, aber sich in einer Fußnote (8, S. 25) bereit erklärt, diese Werte handschriftlich zur Verfügung zu stellen. Durch einen glücklichen Umstand sind diese wertvollen Berechnungen trotz des Krieges erhalten geblieben, und Herr Dr. E. Kossinna hat auf unsere Anfrage in dankenswerter Weise dem Kieler Institut für Meereskunde seine sorgfältigen Protokollhefte mit den gesuchten Werten zur weiteren Benutzung und Veröffentlichung in unserer Arbeit zur Verfügung gestellt. Durch die Summation der von Kossinna (8, Tab. A) veröffentlichten Areale der offenen Ozeane (ohne Nebenmeere) nach Fünfgradzonen und der uns im Dezember 1953 von ihm handschriftlich überlassenen Fünfgradzonen-Areale der Nebenmeere haben wir in Tabelle 1, Spalte 1—4 die Areale der Fünfgradzonen der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres (unter Einbeziehung aller Nebenmeere) erhalten. Diese Zahlenwerte beziehen sich, wie Kossinna (8) 1921 betont, auf das Besselsche Erdsphäroid, dessen Dimensionen er H. Wagners Tabellen im Geographischen Jahrbuch III (1870) entnommen hat. Wir haben die von Kossinna auf 4 Dezimalen (von den in 10^6 km² angegebenen Werten) berechneten Zonenareale hier auf 3 Dezimalen abgerundet in der Auffassung, daß die 3. Dezimale bei dem damaligen Stande der Forschung nicht allenthalben gesichert ist und daß bei Verwendung verschiedener kartographischer Grundlagen und verschiedener Berechnungsmethoden — *ceteris paribus*, d. h. bei gleicher Begrenzung der Ozeane — von verschiedenen Autoren etwas differierende Resultate erhalten werden. In der Tat ist Th. Stocks (11) 1938 zu Arealen der Fünfgradzonen (unsere Tab. 1, Spalte 5) gelangt, die — wenn wir von den Polarmeeren polwärts 60° N und S absehen — bis 0.021×10^6 km² von den Werten Kossinnas abweichen (in der Arktis erreichen diese Differenzen maximal —0.046, in der Antarktis infolge neuer Forschungen sogar —0.184 $\times 10^6$ km²). Selbst das Gesamtareal des Atlantischen Ozeans (einschl. Nebenmeere) ist nach Stocks um 0.269×10^6 km² kleiner als bei Kossinna. Für die beiden anderen Ozeane liegen solche auf größeren Karten beruhenden Neuberechnungen der Fünfgradzonen-Areale, wie die von Stocks, nicht vor. Daher haben wir uns entschieden, für die Berechnung der Zonenwerte der ozeanographischen Faktoren die in Spalte 1—4 von Tab. 1 aufgeführten Kossinnaschen Areale zu verwenden, was hierfür völlig ausreicht und zugleich sicherstellt, daß die bisher allgemein akzeptierten Fünfgradzonenwerte des ganzen Weltmeeres und das Gesamtareal der ozeanischen Bedeckung der Erde (mit 361.059×10^6 km²) beibehalten werden können.

3. Die zonale Verteilung des Oberflächensalzgehalts in den Ozeanen

a. Quellenmaterial und Methoden der Berechnung. Als neueste kartographische Grundlagen stehen für eine Neuberechnung der Fünfgrad-Zonenwerte des Salzgehalts die Übersichts- und Jahresmittelkarten von G. Schott (12) und H. U. Sverdrup (13) für den Indischen und Stillen Ozean und von G. Böhnecke (14) im Atlas des Bandes V des „Meteor“-Werkes für den Atlantischen Ozean zur Verfügung, die wir für gewisse

Tabelle 1 Areale der Fünfgradzonen der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeers (einschl. Nebenmeere) nach den handschriftlichen Originalberechnungen von E. Kossinna unter Beifügung der Werte von Th. Stocks für den Atlantischen Ozean

Zone 0	Atlantischer Ozean ¹⁾	Indischer Ozean ¹⁾	Stiller Ozean ¹⁾	Weltmeer ²⁾	Atlantischer Ozean	Bemerkungen
	10 ⁶ km ²	10 ⁶ km ²	10 ⁶ km ²	10 ⁶ km ²	10 ⁶ km ²	
nach Kossinna					n. Stocks ³⁾	
N 90—85	0,979	—	—	0,979	0,972	Nordpolarmeer (einschl. Nordteile v. Baffinmeer u. Europ. Nordmeer)
85—80	2,545	—	—	2,545	2,592	
80—75	3,742	—	—	3,742	3,721	
75—70	4,414	—	—	4,414	4,397	
N 90—70	11,680	—	—	11,680	11,682	
N 70—65	2,421	—	0,035	2,456	2,375	
65—60	2,478	—	0,645	3,123	2,474	
60—55	2,943	—	2,456	5,400	2,941	
55—50	2,250	—	3,279	5,529	2,252	
50—45	2,606	—	4,006	6,612	2,625	
45—40	3,762	—	4,649	8,411	3,770	
40—35	4,541	—	5,488	10,029	4,528	
35—30	4,538	—	6,268	10,806	4,551	
30—25	4,469	0,327	6,951	11,747	4,460	
25—20	4,477	0,916	7,961	13,354	4,462	
20—15	4,153	1,177	8,851	14,981	4,146	
15—10	3,895	2,840	9,818	16,553	3,886	
10—5	2,986	2,900	10,742	16,628	2,988	
5—0	3,666	3,269	10,452	17,387	3,667	
N 70—0	49,185	12,229	81,601	143,015	49,124	ohne Polarzonen
N 90—0	60,865	12,229	81,601	154,695	60,806	mit Polarzonen
S 0—5	3,232	3,715	9,845	16,792	3,243	
5—10	2,919	4,315	9,664	16,898	2,927	
10—15	3,070	5,018	9,123	17,211	3,074	
15—20	3,024	4,714	8,409	16,147	3,022	
20—25	3,249	4,287	7,914	15,450	3,259	
25—30	3,530	4,472	7,436	15,438	3,535	
30—35	3,685	5,008	7,089	15,782	3,683	
35—40	3,846	5,928	6,709	16,483	3,841	
40—45	3,851	5,730	6,252	15,833	3,850	
45—50	3,639	5,307	5,747	14,693	3,643	
50—55	3,320	4,795	5,273	13,388	3,313	
55—60	2,844	4,238	4,924	12,006	2,833	
S 0—60	40,209	57,527	88,385	186,121	40,221	ohne Polarzonen
60—65	2,261	3,645	4,395	10,301	2,275	Antarktischer Wasserring (Südpolarmeere)
65—70	1,976	1,487	3,352	6,816	1,911	
70—75	0,999	0,026	1,580	2,604	0,815	
75—80	0,158	—	0,364	0,522	0,171	
S 60—80	5,394	5,158	9,691	20,243	5,172	
S 0—80	45,603	62,685	98,076	206,364	45,393	mit Polarzonen
N 70—60 S	89,394	69,756	169,986	329,136	89,345	ohne Polarzonen
N 90—80 S	106,468	74,914	179,677	361,059	106,199	ganze Ozeane

¹⁾ Die Fünfgradzonenwerte der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere) sind erhalten durch Summation der von Kossinna (1921, Tab. A) veröffentlichten Areale der offenen Ozeane (ohne Nebenmeere) und der dem Institut für Meereskunde Kiel im Dezember 1953 von ihm handschriftlich überlassenen Berechnungen der Fünfgradzonen-Areale der Nebenmeere.

²⁾ Nach Kossinna, 1921, S. 69, Tab. E.

³⁾ Nach Stocks, 1938, S. 142—145, Tab. 42 u. 43.

Randgebiete der Ozeane durch Spezialbearbeitungen ergänzt haben, und zwar im Amerikanischen Mittelmeer durch die Ergebnisse von Parr (15), im Europäischen Nordmeer durch die Spezialkarten von F. Nansen und Bj. Helland-Hansen (16), im Hudson-Meer durch die Bearbeitung von Hachey (17) und im Labrador- und Baffinmeer durch die Monographie von E. H. Smith, F. M. Soule und O. Mosby (18). In den Polarmeeren sind durch die ozeanographischen Resultate der jüngsten Polar-Expeditionen auch hinsichtlich der Salzgehaltsverteilung gegenüber den genannten Übersichtskarten wesentliche Fortschritte erzielt worden: im gesamten antarktischen Wasserring besonders durch die zahlreichen Zickzackprofile und Stationen der „Discovery“-Expedition, über die Deacon (19) zusammenfassend und unter Beigabe einer Oberflächenkarte des Salzgehalts (19, Fig. 11) und von 19 Salzgehaltsschnitten 1937 berichtet hat, und im Nordpolarmeer durch die zwar noch vereinzelt modernen Salzgehaltsbestimmungen der „Driftenden Polstation“ und der Projekte „Skijump I und II“, über die Shirshov (20) und Worthington (21) vorläufige Mitteilungen gemacht haben. Eine wertvolle, im Kriege anonym erschienene Zusammenfassung über die „Naturverhältnisse des Sibirischen Seeweges“, d. h. des eurasischen Sektors des Nordpolarmeeres, entstammt der Feder von B. Schulz (22), der auch alle bis 1940 erreichbaren Salzgehalts- und Temperaturbeobachtungen auf Grund von Tabellen, Karten und Schnitten diskutiert hat. Aber trotz dieser ausgezeichneten Vorarbeiten, die wir unseren Berechnungen hier zugrundegelegt haben, bietet die Ableitung verlässlicher Salzgehalts-Jahresmittel für die Fünfgradzonen der beiden Polarmeere erhebliche Schwierigkeiten. Denn hier ist der Begriff der Meeresoberfläche, da ihre Wassermassen von einer mehr oder minder geschlossenen jahreszeitlich schwankenden Eisdecke überlagert werden, nicht mehr klar definiert und die unserer Berechnung zugrundegelegten Oberflächensalzgehalte beziehen sich auf das Oberflächenwasser in den Waken oder in künstlich durch das Eis gebohrten Löchern. Die hieraus extrapolierten Mittelwerte für die betr. Zonen gelten also streng genommen nicht für die Oberfläche, sondern für 1 bis 5 m Wassertiefe, je nach der mittleren Eisdicke. Noch bedenklicher ist, daß die überwiegende Mehrzahl der Salzgehaltsbestimmungen in den Polargebieten aus dem Sommerhalbjahr stammt, wo hauptsächlich infolge der Wirkungen der Eisschmelze der Oberflächensalzgehalt im merklichen jährlichen Gang sein Minimum hat. Aus all dem wird ersichtlich, daß die Mittelwerte des Salzgehalts polwärts von 70° N und von 60° S wahrscheinlich zumeist etwas zu niedrig sind und allgemein nur als hypothetische Näherungswerte gelten können. Von diesen eigentlichen Polarzonen abgesehen, haben wir uns bei den Neuberechnungen der Fünfgradzonenwerte des Salzgehalts im Prinzip einer Kombination der sog. „Stichprobenmethode“ mit der „Feldermethode“ bedienen können, bei welcher der gesuchte Zonenmittelwert durch möglichst genaue Schätzung des Salzgehalts (an 5 Fixpunkten pro $2\frac{1}{2}^{\circ}$ Feld) in den $2\frac{1}{2}^{\circ}$ Feldern der oben genannten Karten und durch zonenweise Mittelung all dieser $2\frac{1}{2}^{\circ}$ Feldwerte für die betreffende Fünfgradzone unter Einbeziehung aller Nebenmeere erhalten wird. Auf diese Weise wird eine hinreichend exakte Auswertung der Salzgehaltskarten zu Fünfgradzonen-Mittelwerten der ganzen Ozeane und — unter Berücksichtigung der neuen Zonenareale (Tab. 1) — des ganzen Weltmeeres erreicht. Aber auch diese Endwerte für die Fünfgradzonen zwischen 70° N und 60° S sind naturgemäß nicht frei von mehr oder minder zufälligen Fehlern und die zweiten Dezimalen haben vielfach nur rechnerische Bedeutung. Denn in den Salzgehaltskarten sind Beobachtungen aus verschiedenen Monaten und Jahren in den meisten Gebieten so verwendet, als ob in ihnen nur örtliche und nicht auch zeitliche Unterschiede enthalten wären, wie aus den Erläuterungen von G. Schott 1928 (23, S. 2) zu seiner flächentreuen Weltkarte des Oberflächensalzgehalts klar hervorgeht. Nur für größere Teile des Atlantischen Ozeans, den Nordindischen Ozean und das westliche Drittel der pazifischen Äquatorialregion liegen von

Böhnecke (14) und Schott (12) Versuche vor, die jahreszeitlichen Schwankungen des Salzgehalts zu erfassen, so daß hier eine gewisse Elimination der periodischen Einflüsse möglich ist. Da aber in den subtropischen, gemäßigten und höheren Breiten — bis etwa zur ozeanischen Polarfront — die jährliche Amplitude des Oberflächen-

Tabelle 2

Mittelwerte und Anomalien des Oberflächensalzgehalts der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen

Zone °	Atlantischer Ozean		Indischer Ozean		Stiller Ozean		Weltmeer	Bemerkungen	
	Salzgehalt SA (‰ ₀₀)	Anomalie SA—SW	Salzgehalt SI (‰ ₀₀)	Anomalie SI—SW	Salzgehalt SS (‰ ₀₀)	Anomalie SS—SW	Salzgehalt SW (‰ ₀₀)		
N 90—85	(30,5)*	—	—	—	—	—	(30,5)*	Nordpolarmeer (einschl. nördl. Teile des Baffin- und Europäisch. Nordmeeres)	
85—80		—	—	—	—	—			
80—75		(31,5)	—	—	—	—			(31,5)
75—70		(32,0)	—	—	—	—			(32,0)
N 90—70	(31,4)	—	—	—	—	—	(31,4)		
N 70—65	(33,5)	(0,1)	—	—	(30,0)*	(-3,4)*	(33,4)	Wärmeäquator	
65—60	(32,45)	(0,10)	—	—	(32,0)	(-0,35)	(32,35)		
60—55	32,90	0,24	—	—	32,37	-0,29	32,66		
55—50	34,56	1,15	—	—	32,63	-0,78	33,41		
50—45	34,80	1,11	—	—	32,98	-0,71	33,69		
45—40	34,90	0,76	—	—	33,53	-0,61	34,14		
40—35	36,47	1,36	—	—	33,98	-1,13*	35,11		
35—30	36,91	1,41	—	—	34,49	-1,01	35,50		
30—25	36,75	0,99	(39,57)	(3,81)	34,95	-0,81	35,76		
25—20	36,74	1,08	36,92	1,26	34,90	-0,76	35,66		
20—15	36,22	1,08	35,27	0,13	34,61	-0,53	35,14		
15—10	35,90	1,14	35,13	0,37	34,20	-0,56	34,76		
10—5	35,18	0,75	35,12	0,69	34,04*	-0,39	34,43*		
5—0	35,01*	0,28*	35,07	0,34	34,54	-0,19	34,73		
N 70—0	35,45	—	35,38	—	34,17	—	34,71		ohne Nordpolarmeer
S 0—5	35,65	0,58	35,01	-0,06	34,91	-0,16	35,07		ohne Südpolarmeer
5—10	36,04	0,79	34,83	-0,42	35,20	-0,05	35,25		
10—15	36,65	1,23	34,62*	-0,80*	35,45	0,03	35,42		
15—20	36,66	1,04	34,93	-0,69	35,65	0,03	35,62		
20—25	36,34	0,60	35,34	-0,40	35,70	-0,04	35,74		
25—30	35,98	0,30	35,69	0,01	35,53	-0,15	35,68		
30—35	35,53	0,07	35,81	0,35	35,17	-0,29	35,46		
35—40	34,97	-0,07	35,43	0,39	34,73	-0,31*	35,04		
40—45	34,42	-0,12*	34,66	0,12	34,51	-0,03	34,54		
45—50	34,07	-0,07	34,07	-0,07	34,24	0,10	34,14		
50—55	33,87	-0,09	33,85	-0,11*	34,12	0,16	33,96		
55—60	(33,88)	(-0,06)	33,88	-0,06	(34,02)	(0,08)	(33,94)		
S 0—60	35,31	—	34,84	—	35,03	—	35,03		
S 60—65	(33,96)	(0,01)	(33,94)	-0,01	(33,95)	(0,00)	(33,95)	Antarktischer Wasserring (Süd- polarmeer)	
65—70	(33,9)	(0,0)	(34,1)	(0,2)	(33,8)	(-0,1)	(33,9)		
70—75	(33,9)	(0,0)	(33,9)	(0,0)*	(33,9)	(0,0)	(33,9)		
75—80	(33,9)*	(0,0)	—	—	(33,9)*	(0,0)	(33,9)*		
S 60—80	(33,93)	—	(33,99)	—	(33,89)	—	(33,93)		
N 70—60 S	35,38	—	34,93	—	34,62	—	34,89	Ozeane (ohne Polar- meer)	
N 90—80 S	34,87	—	34,87	—	34,58	—	34,73	ganze Ozeane und ganzes Weltmeer	

Maxima fett, Minima mit *, eingeklammert Näherungswerte.

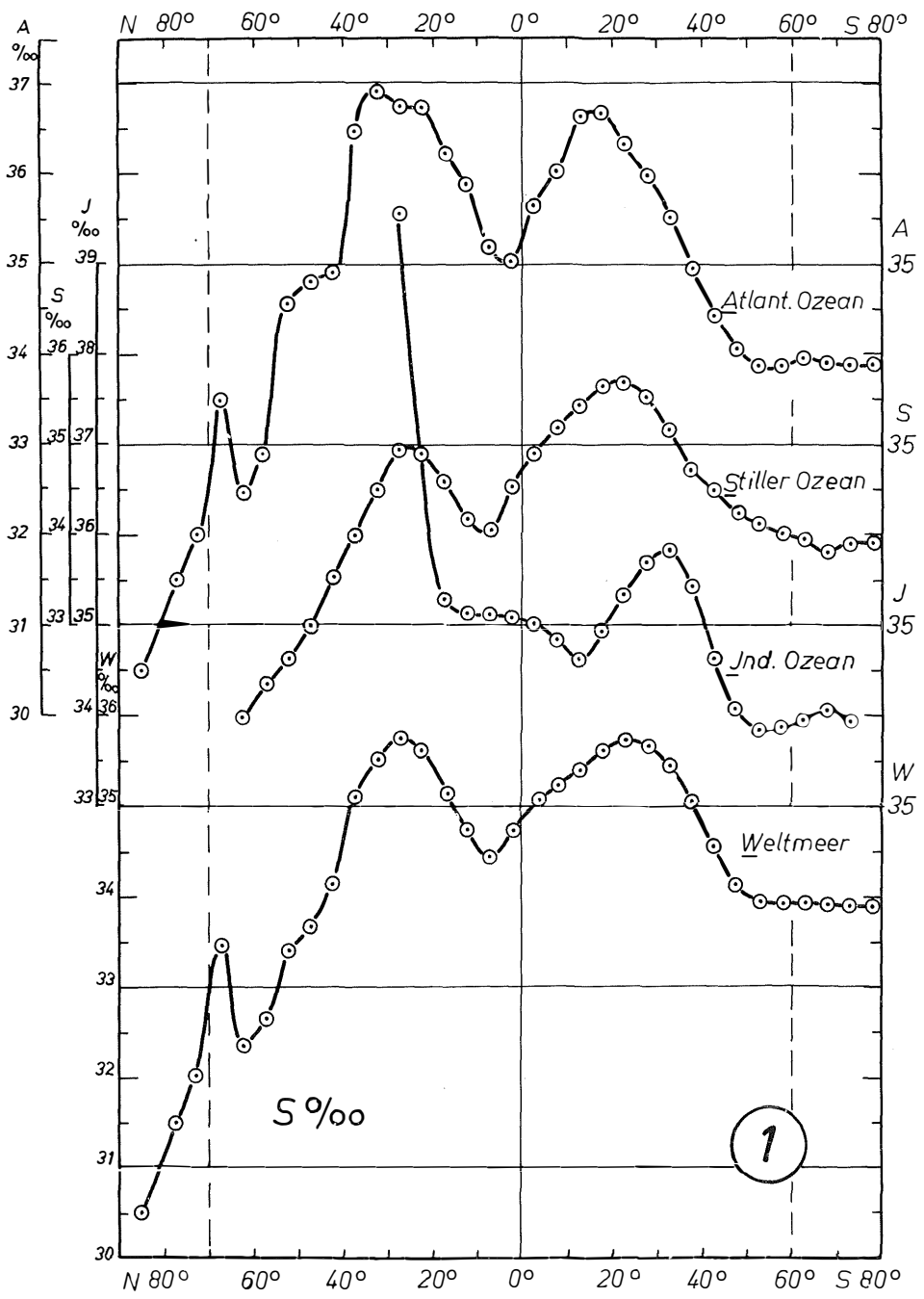
salzgehalts — wie S med (24) für den Nordatlantischen Ozean gezeigt hat — nur etwa $0,03\text{‰}$ bis rund $0,20\text{‰}$ betragen dürfte, sind die von den periodischen Einflüssen bei der Mittelung über die Fünfgradzonen herrührenden Fehler wahrscheinlich nur gering zu veranschlagen. Schätzungsweise möchten wir unseren neuen Fünfgradzonen-Mittelwerten für die Ozeane und das Weltmeer eine Fehlergrenze von $\pm 0,05\text{‰}$ im Salzgehalt geben, die Gesamtmittel für die Ozeanhälften, die ganzen Ozeane und das ganze Weltmeer dürften eine größere Genauigkeit, nämlich von etwa $\pm 0,02\text{‰}$ im Salzgehalt, besitzen¹⁾.

b. Zonale Verteilung. Die Ergebnisse unserer Neuberechnungen sind in übersichtlicher Form in Tabelle 2 enthalten, die alle Fünfgradzonen zwischen 90°N und 80°S — unter Einklammerung der noch hypothetischen Näherungswerte in den hohen Breiten — umfaßt. Die dazugehörigen Zonenareale findet man in Tabelle 1. Im Gegensatz zu Krümmel (6, S. 335) haben wir das Nordpolarmeer entsprechend dem geographischen (orographisch-morphologischen) Brauch (9, S. 3) als Nebenmeer des Atlantischen Ozeans betrachtet, also letzterem in unserer Aufteilung (nach Ozeanen) zugerechnet. Vom physikalisch-ozeanographischen Standpunkt aus stellt andererseits jedes der beiden Polarmeere eine Einheit dar. Beide können — wie dies auch im angelsächsischen Sprachgebrauch mit den Bezeichnungen „Arctic Ocean“ und „Antarctic (oder „Southern“) Ocean“ geschieht — in gewissem Sinne auch als selbständige Ozeane angesehen werden. Wir haben bei unserer zonalen Bearbeitung dieser Auffassung dadurch Rechnung getragen, daß wir in den Tabellen in einer notgedrungen schematischen Weise durch zwei Breitengrade (70°N und 60°S) eine gewisse Unterteilung in außerpolare und polare Zonen vorgenommen haben. Der Breitengrad von 70°N liegt dem Europäischen Nordkap, Jan Mayen und den Nordausgängen des Gebiets der Beringstraße sehr nahe, zerschneidet andererseits das Europäische Nordmeer und das Baffinmeer in zwei Teile, zieht jedoch fast die ganze Kanadische Strassensee zum Nordpolarmeer, was auch der geographischen Einteilung entspricht. Bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse über die Salzgehaltsverteilung in der Arktis genügt eine solche schematische Unterteilung, und erst später, wenn neue systematische ozeanographische Untersuchungen aus der Arktis vorliegen, wird man vielleicht dazu übergehen, den „Arktischen Ozean“ als einen selbständigen 4. Ozean anzusehen und ihn durch die in unserer Arbeit (über „die Grenzen der Ozeane und ihrer Nebenmeere“) angegebene orographisch-morphologische Weise bei der Berechnung von Zonenmitteln des Salzgehalts zu begrenzen. Der 5. Ozean wäre dann vom physikalisch-ozeanographischen Standpunkt der „Antarktische Wasserring“, den man orographisch-morphologisch auf die 3 großen Ozeane als „Atlantisches, Indisches und Pazifisches Südpolarmeer“ aufzuteilen pflegt. Hinsichtlich der Nordbegrenzung dieses „Antarktischen Ozeans“, die immer nur schematisch durch einen Breitengrad festgelegt werden kann, sind verschiedene Auffassungen möglich. Man kann den Breitengrad des Kap Hoorn (55°S), der südlichsten Bastion der Südkontinente, als die Nordgrenze des „Antarktischen Ozeans“ ansehen, wofür orographisch-

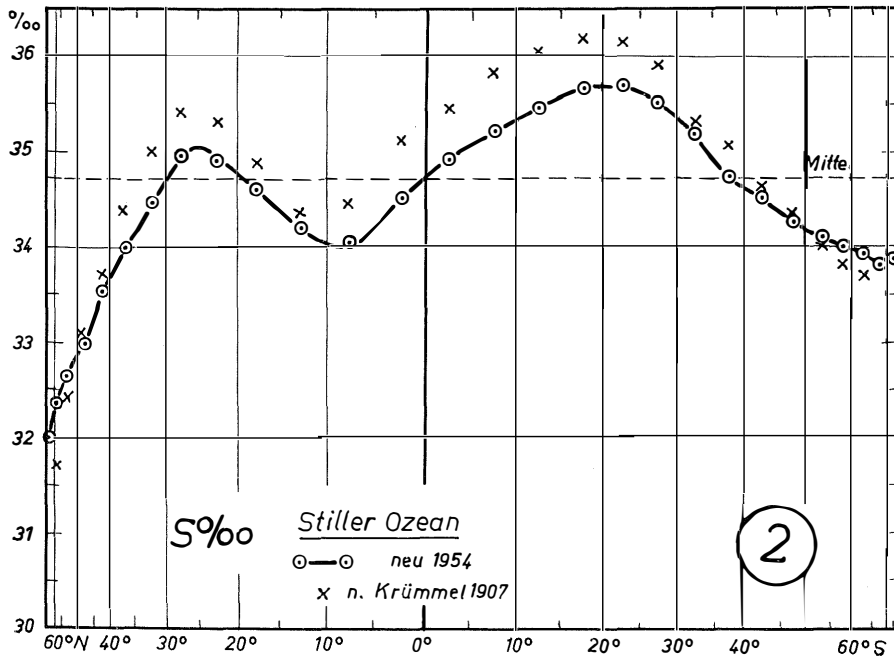
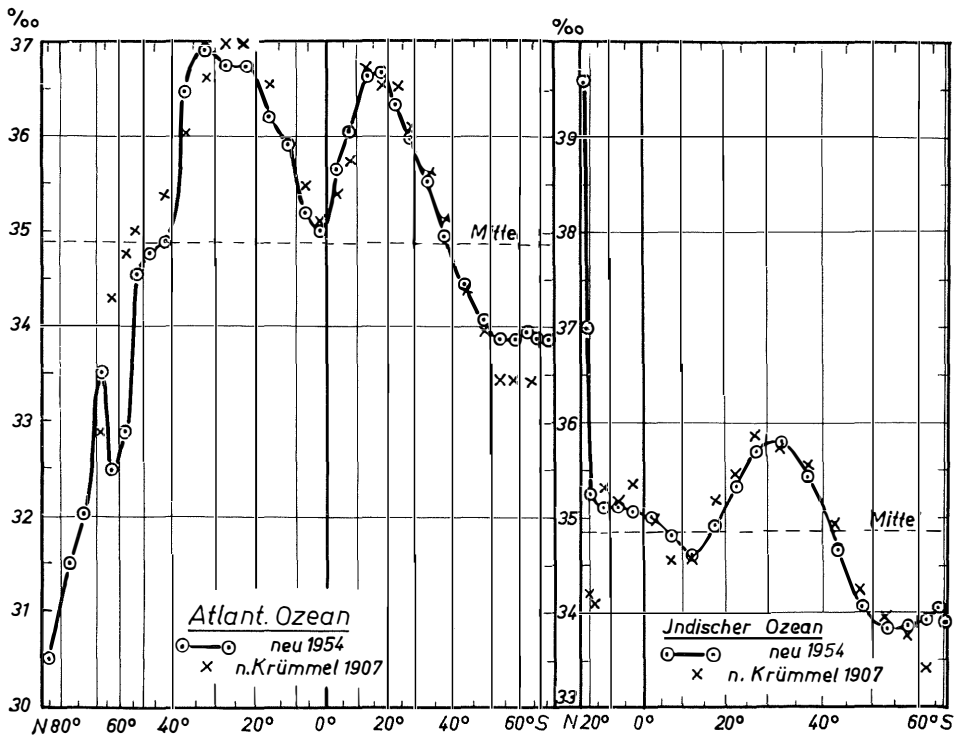
¹⁾ Dem kritischen Benutzer wird vielleicht auffallen, daß die Fünfgradzonen-Mittelwerte für das ganze Weltmeer (einschl. Nebenmeere), die wir im Archiv für Meteorologie im Juli 1954 bereits veröffentlicht haben, bis zu $0,02\text{‰}$ in einigen Zonen von den entsprechenden Werten in der nun vorgelegten Tab. 2 abweichen. Diese kleinen Unterschiede beruhen darauf, daß unsere erste Berechnung bei der Mittelung über den ganzen 5° -Streifen nur die Anzahl der $2\frac{1}{2}^{\circ}$ -Felder berücksichtigen konnte, während nunmehr bei der endgültigen Berechnung — durch das Entgegenkommen von Herrn Dr. E. Kossinna — die genauen Arealwerte der ganzen Ozeane zugrunde gelegt worden sind.

Legende zu der nebenstehenden Tafel 1

Zonale Verteilung des Oberflächensalzgehalts der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen.



Tafel 1



Tafel 2

morphologische Gesichtspunkte sprechen. Vom physikalisch-ozeanographischen Standpunkt spricht aber manches dafür, diese Grenze auf 60° S zu verlegen, da hier im Durchschnitt die Packeisgrenze gelegen ist und die Zone 55°—60° S im größten Teil des Jahres schon mehr ein subantarktisches Regime hat. Der 60. südl. Breitengrad entspricht übrigens auch im Durchschnitt den Grenzen zwischen den „südpolaren“ und den „subpolaren Regionen“, die Schott (12, 25) in seiner Einteilung der Ozeane in „natürliche Regionen“ gewählt hat und die nur im atlantischen Sektor bis etwa 55° S vorstoßen. Aber wir betonen noch einmal, daß eine solche Begrenzung des „Antarktischen Wasserrings oder Ozeans“ durch den 60. Breitengrad, wie bei unserer Bearbeitung geschehen, schematisch und in gewissem Grade willkürlich bleiben muß. Unter Berücksichtigung der Areale haben wir die Salzgehaltsmittel für die Ozeanhälften, die Ozeane und das ganze Weltmeer einmal ohne und zum anderen unter Einbeziehung der Polarzonen (70°—90° N bzw. 60°—80° S) berechnet.

Läßt man diese Polarzonen außer Betracht, so erweist sich der Atlantische Ozean in beiden Hemisphären als der salzreichste, wie die folgenden Gesamtmittel lehren (vgl. unter Bemerkungen die älteren Mittelwerte Krümmels für die Nordozeane).

Tabelle 3
Mittlerer Oberflächen-Salzgehalt der Ozeane (ohne Polarzonen)

Zone	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Weltmeer	Bemerkungen
70° N—0°	35.45 ¹⁾	35,38 ²⁾	34,17* ³⁾	34,71	n. Krümmel (1907): 1) 35,82
0° —60° S	35.31	34,84*	35,03	35,03	2) 35,02 3) 34,60
70° N—60° S	35.38	34,93	34,62*	34,89	

Für die ganzen Ozeane und das ganze Weltmeer (einschl. Polarzonen und Nebenmeere) ergeben sich folgende neuen Mittelwerte des Salzgehaltes:

Tabelle 4
Mittlerer Oberflächensalzgehalt der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres

Zonen	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Weltmeer	
				neu	(n. Krümmel 1907)
90° N—80° S	34.87	34.87	34,58*	34,73	(34,49)

Durch die Einbeziehung des Nordpolarmeeres wird der Salzgehalts-Überschuß des Atlantischen Ozeans im Gesamtmittel soweit gemildert, daß er (mit 34,87‰) gegenüber dem Indischen Ozean verschwindet. Das Gesamtmittel für das ganze Weltmeer beläuft sich auf 34,73‰, liegt also merklich (nämlich um 0,24‰) höher als noch von Krümmel 1907 angenommen werden mußte. Für den Pazifischen Ozean errechnete damals Krümmel (6) einen mittleren Salzgehalt von 34,91‰, während unsere neue Berechnung zu dem (um 0,33‰ niedrigeren) Wert 34,58‰ führt.

Legende zu der nebenstehenden Tafel 2

Mittelwerte des Oberflächensalzgehalts der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen und unter Berücksichtigung ihrer Areale.

Berichtigung: In Tafel 2 ist die Linie des mittleren Salzgehaltes irrtümlich bei S = 34,68‰ statt bei S = 34,58‰ eingetragen.

Tafel 1 läßt klar die großen Gesetzmäßigkeiten erkennen, welche die zonalen Verteilungen des Salzgehalts in den Ozeanen und im Weltmeer auszeichnen, und gestattet auch einen ersten Vergleich zwischen den 3 Ozeanen. Die äquatorialen Minima des Salzgehalts sind auf die Nordhemisphäre zum mittleren meteorologischen oder Wärme-Äquator (in 5° — 10° N) hin verlagert mit Ausnahme des Indischen Ozeans, wo die geringsten Zonenwerte des Salzgehalts auf 10° — 15° S fallen. Die subtropischen Maxima des Salzgehalts liegen auf der Nordhemisphäre in allen 3 Ozeanen zwischen 25° und 35° N, auf der Südhemisphäre zwischen 15° — 25° S, wiederum mit Ausnahme des Indischen Ozeans, wo eine Südwärtsverlagerung auf 30° — 35° S statt hat. Klar tritt in den Kurven der große Salzgehaltsunterschied zwischen den antarktischen und den arktischen Zonen hervor, welcher letztere im Durchschnitt mit $31,4\text{‰}$ einen um $2,5\text{‰}$ niedrigeren Salzgehalt als die antarktischen (rd. $33,9\text{‰}$) aufweisen. Auffallend ist schließlich das sekundäre Salzgehaltsmaximum, das in 65° — 70° N im Atlantischen Ozean auftritt und sich aus der starken Depression der Zonenwerte zwischen 55° — 65° N durch die sehr niedrigen Salzgehalte des Hudsonmeeres und der Ostsee ergibt. Diese Erscheinung tritt auch in der Kurve für das Weltmeer auf, da der sonst überragende pazifische Einfluß auf die Gesamtmittel der Zonen bereits in 60° N zum Erliegen kommt.

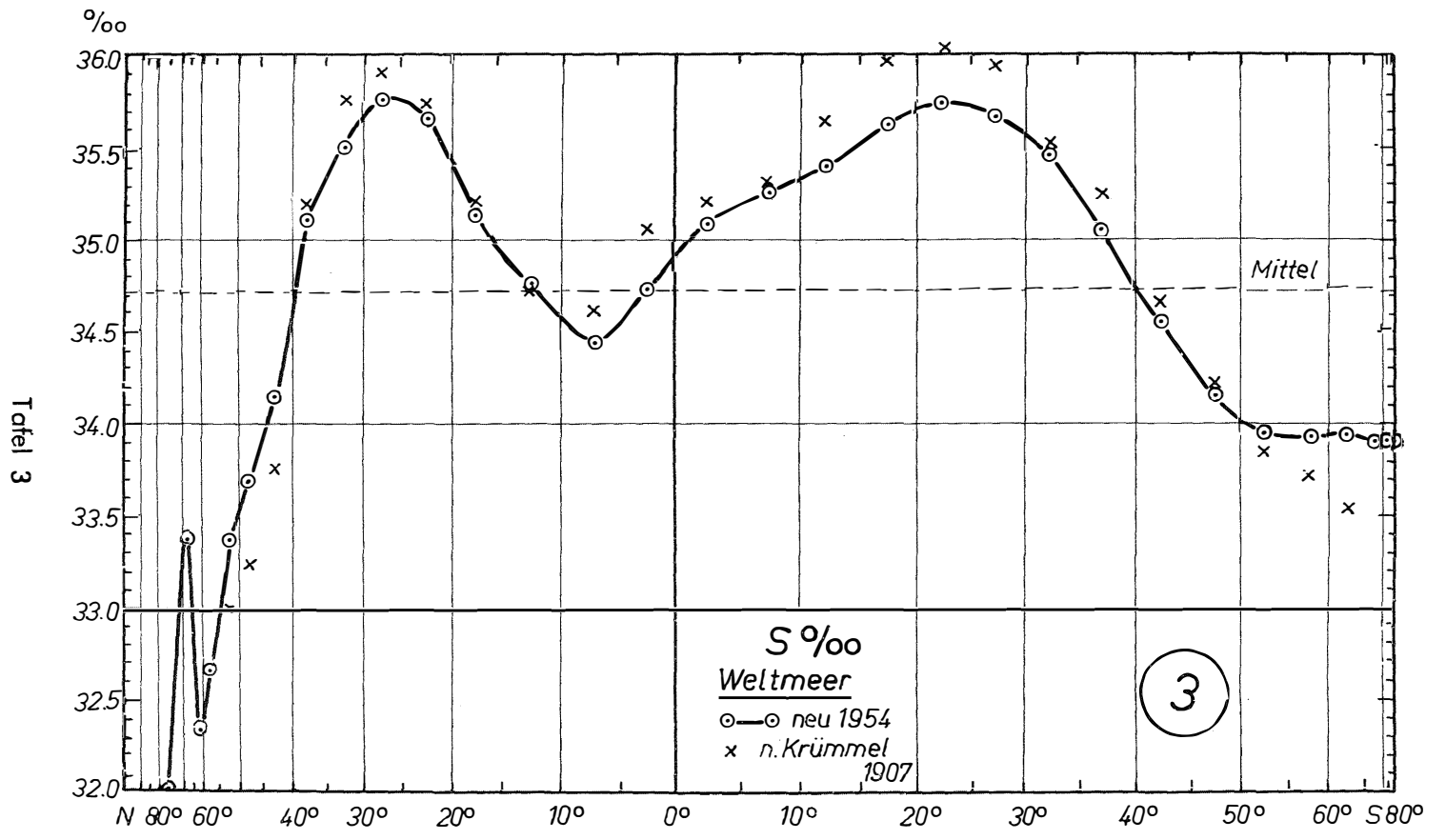
Tafel 1, welche die zonalen Verteilungen in der üblichen Weise graphisch veranschaulicht, hat den Vorzug, daß die Verhältnisse in den Ozeanen zonenweise unmittelbar verglichen werden können, aber andererseits den Nachteil, daß die verschiedenen Areale, welche die Fünfgradzonen in den verschiedenen Breiten und Ozeanen einnehmen, nicht zur Geltung kommen. In Tafel 2 und Tafel 3a sind nunmehr die unterschiedlichen Arealgrößen der Fünfgradzonen mitberücksichtigt, so daß man das anteilige Gewicht jeder Zone am Gesamtmittel des Salzgehalts für den betr. Ozean, das ebenfalls eingetragen ist, sofort ermessen kann. Hierdurch wird auch die Steigung der Kurven — gegenüber Tafel 1 — merklich verändert. Durch Kreuze sind in diesen Darstellungen die älteren Fünfgradzonenwerte Krümmels eingetragen, aus denen man erkennt, daß ein wesentlicher Fortschritt seit 1907 erzielt ist und daß zwischen 50° N und 40° S die älteren, wohl noch vorwiegend auf Aräometrierung beruhenden Bestimmungen fast allenthalben merklich höhere Salzgehalte, im Maximum bis $0,6\text{‰}$, ergeben haben. Nur in den Polarzonen ist das Gegenteil der Fall: hier liegen die neuen Salzgehaltswerte merklich (bis $0,4\text{‰}$) höher als noch Krümmel annehmen mußte.

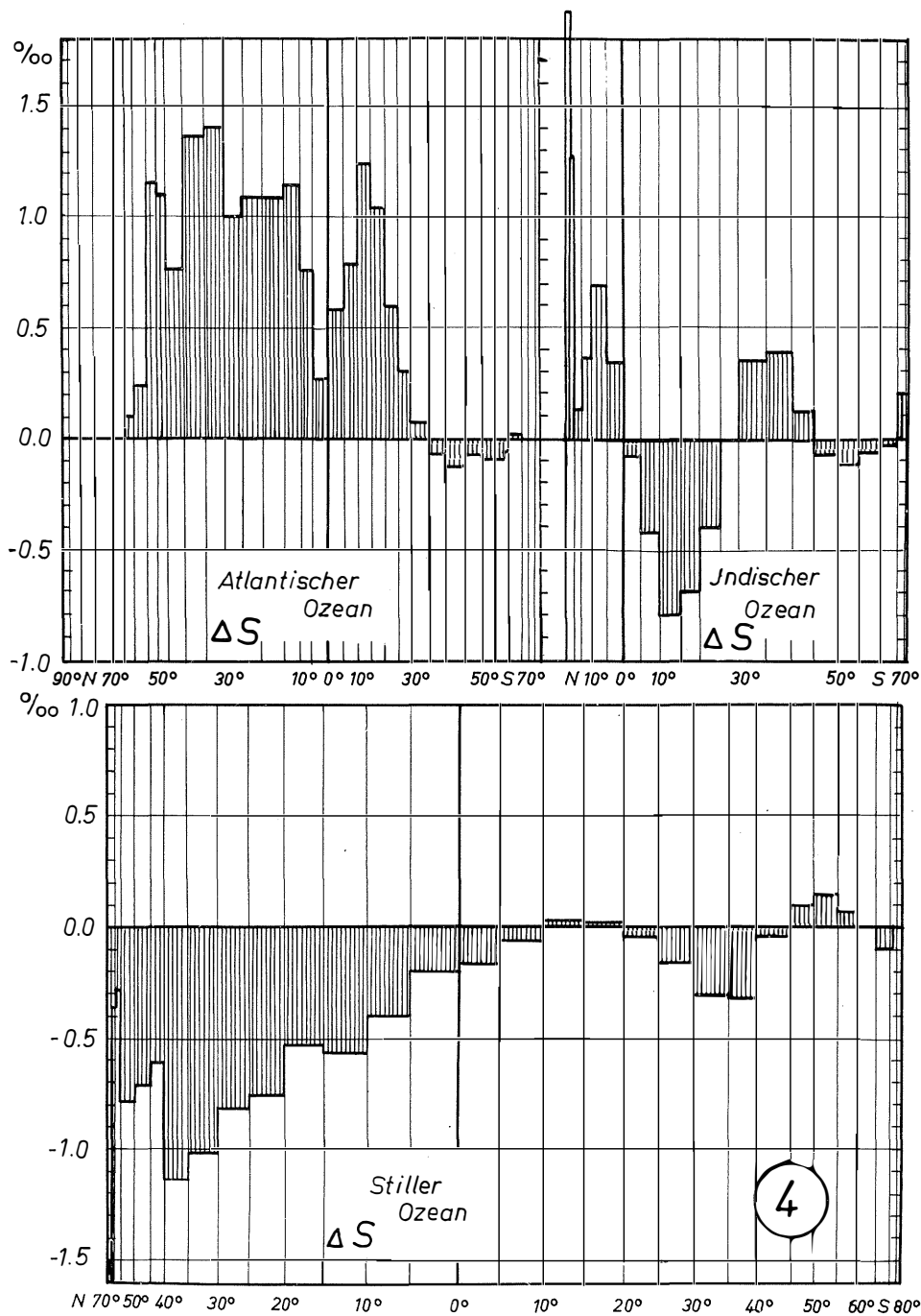
4. Die zonale Verteilung von Niederschlag und Verdunstung

Über die Grundlagen der Tabelle 5, welche die Fünfgrad-Zonenwerte des Niederschlags, der Verdunstung und der Differenz (V—N) für das Weltmeer (einschl. Nebenmeere) enthält, und über den Grad der Wahrscheinlichkeit der Werte können wir uns hier kurz fassen, da einer der Verfasser hierüber kürzlich an anderer Stelle (3) ausführlich berichtet hat. Hier sei nur erwähnt, daß die Fünfgrad-Zonenwerte des Niederschlags auf der Summation der Vierteljahrssummen beruhen, die F. Möller (26) aus seinen neuen flächentreuen „Vierteljahrskarten des Niederschlags für die ganze Erde“ 1951 abgeleitet hat. Die Fünfgrad-Zonenwerte der Verdunstung sind erhalten durch graphische Interpolation aus den Fünfgrad-Zonenwerten von Jacobs 1951 (27) und den Zehngrad-Zonenwerten der Gefäßverdunstung von Wüst 1920 (28), letztere reduziert mit dem Faktor 0,55 (vgl. Fig. 1). Die beiden Wertereihen von N und V sind naturgemäß noch in mancher Hinsicht mit Fehlerquellen behaftet und hypothe-

Legende zu der nebenstehenden Tafel 3

Mittelwerte des Oberflächensalzgehalts des gesamten Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen und unter Berücksichtigung ihrer Areale.





Tafel 4

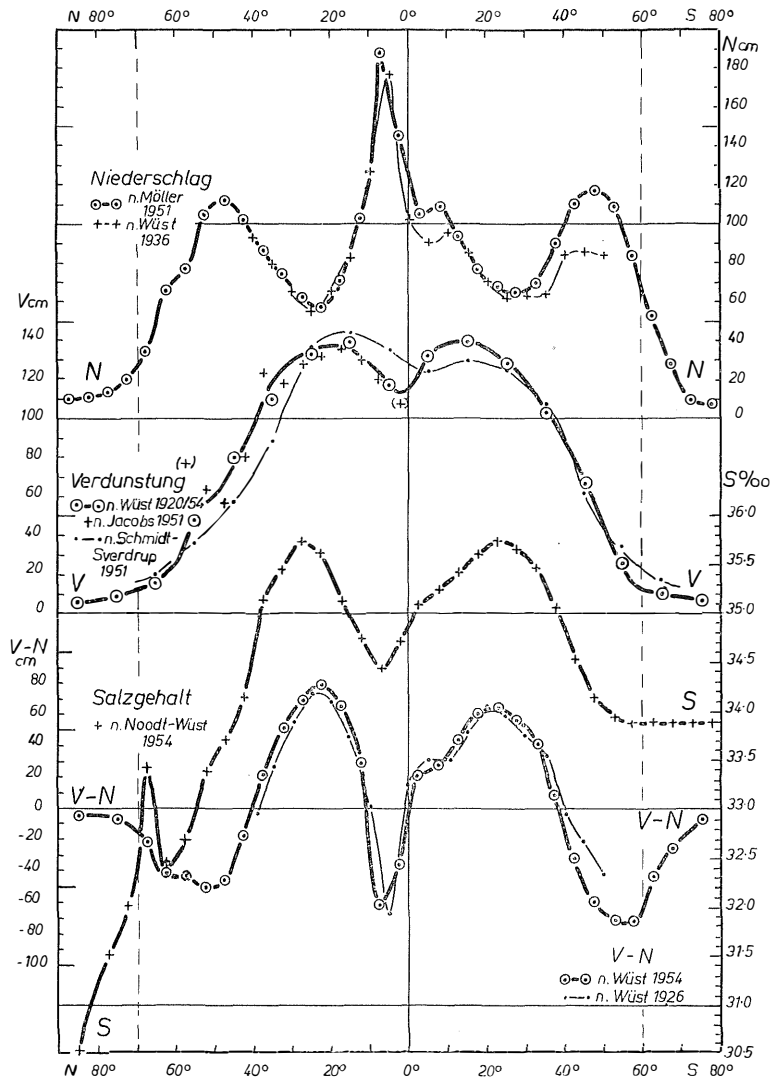


Fig. 1. Zonale Verteilung von Verdunstung, Niederschlag, V-N und Oberflächensalzgehalt für das gesamte Weltmeer (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen.

tisch. Doch ist es, wie Wüst 1954 (3) — z. T. im Anschluß an andere Autoren — gezeigt hat, in ihnen möglich gewesen, durch die Heranziehung aller denkbaren, mehr oder minder voneinander unabhängigen Beobachtungen und Methoden (direkte Messungen auf See und an den Küsten, Strahlungsberechnungen, Wasserhaushaltsbetrachtungen, Grenzschichtsbetrachtungen, aerologische Untersuchungen, Berechnungen aus anderen meteorologischen Beobachtungen) die Fehlergrenzen von N und V in einer Art „In-

Legende zu der nebenstehenden Tafel 4

Anomalien des Salzgehalts an der Oberfläche der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen und unter Berücksichtigung ihrer Areale.

Tabelle 5

Mittelwerte von Niederschlag, Verdunstung und der Differenz (V—N)
im Weltmeer (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen

Zone °	Niederschlag ¹⁾		Verdunstung ²⁾		V—N		Bemerkungen	
	cm/Jahr	10 ³ km ³ / Jahr	cm/Jahr	10 ³ km ³ / Jahr	cm/Jahr	10 ³ km ³ / Jahr		
N 90—85	(10)*	(0,1)	(6)*	(0,2)*	(—0,4)	(—0,2)	Nordpolarmeer (einschl. nördl. Teile v. Baffin- meer u. Europ. Nordmeer)	
85—80	(11)	(0,3)		(0,2)*	(—0,4)	(—0,2)		
80—75	(13)	(0,5)		(10)	(0,8)	(—0,6)		(—0,5)
75—70	(19)	(0,8)			(0,8)	(—0,6)		(—0,5)
N 90—70	14,6	1,7	8,8	1,0	—5,8	—0,7		
N 70—65	34	0,8	12	0,3	—22	—0,5		
65—60	65	2,0	20	0,6	—45	—1,4		
60—55	77	4,2	34	1,8	—43	—2,3		
55—50	105	5,8	55	3,1	—50*	—2,8		
50—45	112	7,4	66	4,4	—46	—3,0*		
45—40	102	8,6	84	7,1	—18	—1,5		
40—35	86	8,6	108	10,8	22	2,2		
35—30	74	8,0	125	13,5	51	5,5		
30—25	63	7,4*	132	15,5	69	8,1		
25—20	57*	7,6	137	18,3	80	10,7		
20—15	70	10,5	135	20,4	65	9,8		
15—10	103	17,0	132	21,8	29	4,8		
10—5	187	31,1	126	21,0	—61*	—10,2*	Wärmeäquator	
5—0	146	25,4	113*	19,7*	—33	—5,7		
N 70—0	101,0	144,4	110,6	158,3	9,6	13,9	ohne Polarzonen	
N 90—0	94,4	146,1	102,9	159,3	8,5	13,2	mit Polarzonen	
S 0—5	105*	17,6*	125	21,0	20	3,4		
5—10	109	18,4	137	23,2	28	4,8		
10—15	94	16,2	139	23,9	45	7,7		
15—20	76	12,3	137	22,1	61	9,8		
20—25	68	10,5	133	20,6	65	10,1		
25—30	65*	10,0*	123	19,0	58	9,0		
30—35	70	11,0	110	17,4	40	6,3		
35—40	90	14,8	96	15,8	6	1,0		
40—45	110	17,4	78	12,3	—32	—5,1		
45—50	117	17,2	56	8,2	—61	—8,9		
50—55	109	14,6	39	5,2	—70	—9,4*		
55—60	84	10,1	12	1,4	—72*	—8,7		
S 0—60	91,45	170,1	102,1	190,1	10,7	20,0	ohne Polarzonen	
60—65	53	5,5	10	1,0	—43	(—4,5)	Antarktischer Wasserring (Südpolarmeer)	
65—70	(29)	(2,0)	(9)	(0,6)	(—20)	(—1,4)		
70—75	(11)	(0,3)	(6)*	(0,2)*	(—4)	(—0,1)		
75—80	(9)*	(0,0)*		(0,2)*	(—4)	(—0,1)		
S 60—80	38,4	7,8	9,0	1,8	—29,4	—6,0		
S 0—80	86,2	177,9	93,0	191,9	6,8	14,0	mit Polarzonen	
N 70—60 S	95,6	314,5	105,75	348,4	10,15	33,9	ohne Polarzonen	
N 90—80 S	89,75	324,0	97,3	351,2	7,55	27,2	ganzes Weltmeer	

¹⁾ Niederschlag nach Möller (1951, Tab. 1) durch Summation der Vierteljahrssummen.

²⁾ Verdunstung von Wüst (1954) neu ermittelt durch graphische Interpolation aus den Fünfgradzonenwerten von Jacobs (1951, Fig. 7) und den Zehngradzonenwerten der Gefäßverdunstung von Wüst (1920, Tab. 20), letztere reduziert mit dem Faktor 0,55 (vergl. Fig. 1).

*) Minima, fett Maxima, eingeklammerte Werte hypothetisch.

dizienbeweis“ weitgehend einzuengen. Eine wesentliche Stütze haben darüberhinaus die neuen in Tab. 5 niedergelegten Auffassungen über die zonale Verteilung von N und V durch die 1954 (3) abgeleiteten gesetzmäßigen (mathematisch formulierten) Beziehungen zwischen V , S und N gefunden, die sich auf alle Fünfgradzonen des Weltmeeres — zwar unter Vernachlässigung der Randmeere und des Europäischen Mittelmeeres und mit Ausnahme der arealmäßig stark zurücktretenden eisbedeckten Polarzonen — beziehen. Diese zwei einfachen linearen Gleichungen gestatten es, die jährlichen Verdunstungshöhen V in den Fünfgradzonen des so begrenzten Weltmeeres aus den Zonenwerten des Salzgehalts S und des Niederschlags N mit einer mittleren Abweichung von nur ± 7 bzw. $\pm 8\%$ rechnerisch abzuleiten. Für eine Beurteilung der Stichhaltigkeit der so gewonnenen Ergebnisse ist es bemerkenswert, daß die drei zonalen Verteilungen von S , N und V auf drei voneinander unabhängigen Grundlagen beruhen und auch die Konstruktionen der Isohalinen und Isohyeten sowie die Ableitung der Zonenmittel der Verdunstung voneinander unabhängig sind. Zwar werden die absoluten Beträge von Niederschlag und Verdunstung in Bezug auf ihre Endmittel für das gesamte Weltmeer durch die Beziehung $V_m = N_m + A_L$ gegenseitig kontrolliert, und es bleibt bei der Lückenhaftigkeit der Beobachtungen naturgemäß noch ein gewisser Spielraum, der aber in den Mittelwerten für das Weltmeer $\pm 10\%$, in den Zonenwerten $\pm 15\%$ nicht übersteigen dürfte. Die Straffheit der von uns 1954 abgeleiteten weitreichenden zwei Beziehungen zwischen V , S und N ist im Hinblick auf die Zahl der möglichen Fehlerquellen nur daraus zu erklären, daß offenbar bei der Mittelung über die ganze Breite der Fünfgradzonen im Weltmeer die auf den West- und Ostseiten der Ozeane entgegengesetzten Wirkungen der ozeanischen Zirkulation und der Vermischung zum großen Teil eliminiert werden und daß auch die sonstigen Fehlerquellen sich hierbei gegenseitig weitgehend aufheben. Die unterste Zeile von Tabelle 5 enthält die Wasserbilanz für das ganze Weltmeer, sowohl in Wasserhöhe als auch in Wassermengen. Bei dem heutigen Stande der Forschung ergibt sich die mittlere Verdunstungshöhe des Weltmeeres zu $97,3$ cm/Jahr, die mittlere Niederschlagshöhe zu $89,75$ cm/Jahr und der Abfluß vom Lande, in Wasserhöhe umgerechnet, zu $7,6$ cm/Jahr. Die entsprechenden Wassermengen sind für V_m $351\,200$ km³/Jahr, für N_m $324\,000$ km³/Jahr und für den Abfluß vom Lande $27\,200$ km³/Jahr. Dieser Wert für A_L stimmt gut überein mit einer neuen Schätzung von Reichel (29), der durch eine andere Methode zu einem Betrage von 28800 km³/Jahr gelangt ist.

5. Die Beziehungen zwischen Oberflächensalzgehalt, Verdunstung und Niederschlag

a) Im Weltmeer. Aus den beiden untersten Kurven von Fig. 1 ergibt sich deutlich, daß der früher von uns für das offene Weltmeer festgestellte parallele Verlauf von S und $(V-N)$ auch bei Einbeziehung aller Nebenmeere für alle Zonen zwischen 55° N und 60° S erhalten bleibt, daß jedoch zwischen 55° N und 70° N durch den Einfluß besonders salzarmer Nebenmeere (Hudsonmeer, Ochotskisches Meer, Ostsee) diese Relation versagt. Wir wollen nunmehr das Ausmaß dieser gesetzmäßigen Beziehungen für alle Fünfgradzonen zwischen 55° N und 60° S prüfen. Dies geschieht am besten durch die Eintragung der Fünfgrad-Zonenwerte in das Koordinatensystem $S/(V-N)$. Wir erkennen aus Fig. 2, daß sich die Punkte der nördlichen und der südlichen Zonen in zwei langgestreckten Punktwolken anordnen, durch die in erster Annäherung zwei divergierende Beziehungsgeraden gelegt werden können, die eine für das nördliche, die andere für das südliche Regime. Sie gehorchen folgenden Gleichungen, denen wir die in unserer früheren Arbeit (3) für das offene Weltmeer gefundenen gegenüberstellen:

Tabelle 6
 Beziehungen zwischen S und V—N im Weltmeer (ohne Polarzonen) auf Grund
 von Fünfgrad-Zonenwerten

Zonen	Weltmeer einschl. aller Neben- meere (neu)	Weltmeere ohne Randmeere und Mittelmeer (3, S. 00)
70° N—10° N	—	$S_N = 34,47 + 0,0150 (V-N) \pm 0,11\text{‰}$
55° N—10° N	$S_N = 34,40 + 0,0176 (V-N) \pm 0,24\text{‰}$	—
60° S—10° N	$S_S = 34,94 + 0,0118 (V-N) \pm 0,11\text{‰}$	$S_S = 34,92 + 0,0137 (V-N) \pm 0,09\text{‰}$

Man erkennt, daß bei Einbeziehung aller Nebenmeere nicht nur die Streuung merklich größer ist als bei Weglassung der Randmeere und des Mittelmeeres, sondern auch die

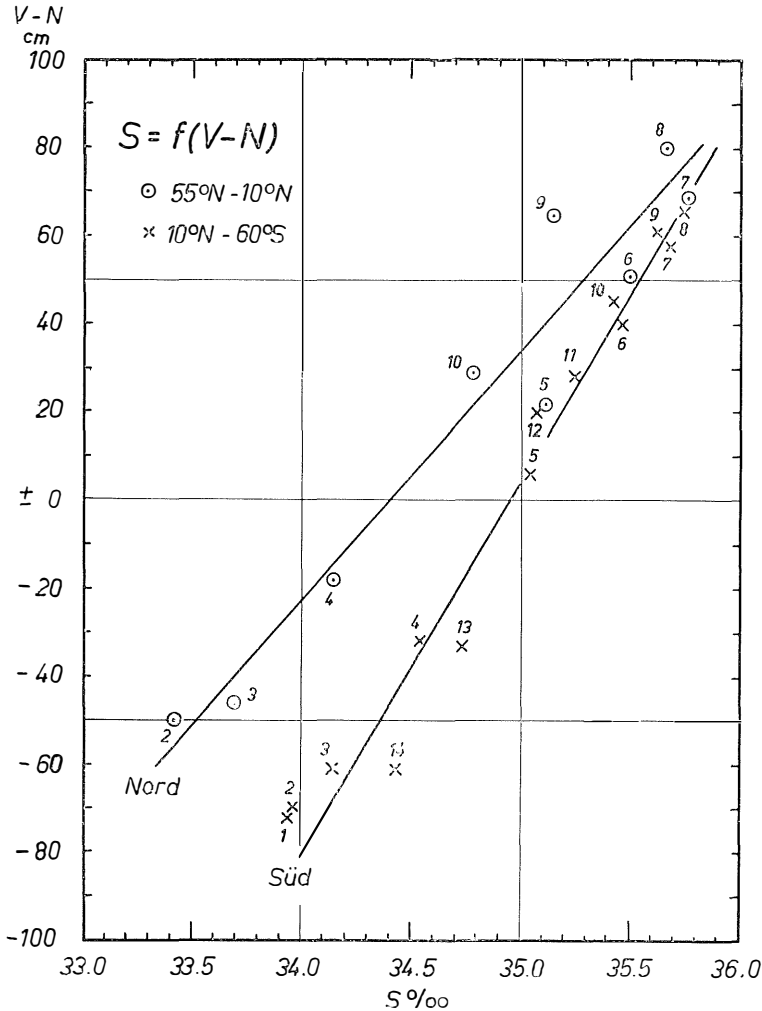


Fig. 2. Beziehung zwischen den Fünfgrad-Zonenwerten von $S\text{‰}$ und $V-N$ im Weltmeer (einschl. Nebenmeere) zwischen 55° N und 60° S. (Die Zahlen an den Punkten und Kreuzen beziehen sich auf die Numerierung der Fünfgradzonen in Tab. 7.)

Beiwerte der Gleichungen differieren, besonders im nördlichen Regime, wo Lage und Steigung der Beziehungsgeraden wesentlich von unseren früheren abweichen. Berechnet man mit den zwei neuen Gleichungen die Salzgehalte in den Fünfgradzonen zwischen 55° N und 10° N und zwischen 10° N und 60° S und betrachtet man die Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung zunächst als Fehler, so erhält man die in Tab. 7 zusammengestellten Salzgehaltsreihen und aus den Quadraten der Differenzen die mittleren Abweichungen, die sich zu $\pm 0,24\text{‰}$ im Norden und $\pm 0,11\text{‰}$ im Süden ergeben (gegenüber nur $\pm 0,11\text{‰}$ und $\pm 0,09\text{‰}$ in unserer früheren Arbeit [3]).

Wir können die Ergebnisse unserer neuen Bearbeitung wie folgt formulieren: Die große zonale Verteilung des Oberflächensalzgehalts im Weltmeer (einschl. aller Nebenmeere), d. h. ihre planetarische Gesetzmäßigkeit, wird — abgesehen von den Polarzonen — hauptsächlich durch die Unterschiede der Größe (V—N) bestimmt, in zweiter Linie machen sich besonders nördlich von 10° N die kontinentalen Einflüsse (im Sinne von Dietrich [30]) geltend, die zu einer allgemeinen Senkung des Salzgehalts (von durchschnittlich $0,45\text{‰}$) im Vergleich zu den südlichen Regionen (bei ähnlichen Werten von [V—N]) führen und drittens gelangen durch den verschiedenen Grad der Süßwasserzufuhr vom Lande die Randmeere und das Mittelmeer zu stärkeren störenden Wirkungen, die sich teils negativ, teils positiv in Anomalien des Salzgehalts bemerkbar machen, wie es in den starken Differenzen zwischen beobachteten und berechneten Salzgehalten in unserer Tabelle 7 in Erscheinung tritt. Nur in den polaren Zonen gelangen außerdem die Einflüsse der Vereisung zu maßgeblicher Wirkung, im Nordpolarmeer verstärkt durch eine abnorme Süßwasserzufuhr von den Nordkontinenten. Man könnte hiernach zu der Annahme gelangen, daß der Transport salzreicher bzw. salzärmer Wassermassen — offenbar infolge der entgegengesetzten Wirkungen der Meeresströmungen auf den Ost- und Westseiten der Ozeane — für diese gesetzmäßigen Wechselbeziehungen zwischen Ozean und

Tabelle 7
Beobachtete und berechnete Mittelwerte des Salzgehalts für Fünfgradzonen des Weltmeeres (einschl. Nebenmeere)

Zone		Nord (nördlich 10° N)			Zone		Süd (südlich 10° S)		
Nr.¹	Grad	Salzgehalt ‰ ₀₀		Differenz	Nr.	Grad	Salzgehalt ‰ ₀₀		Differenz
		beob.	ber.¹)	beob. - ber.			beob.	ber.²)	beob. - ber.
1	N 60—55	—	—	—	1	S 60—55	33,94*	34,09*	—0,15
2	N 55—50	33,41*	33,52*	—0,11	2	S 55—50	33,96	34,12	—0,16
3	N 50—45	33,69	33,59	0,10	3	S 50—45	34,14	34,22	—0,08
4	N 45—40	34,14	34,08	0,06	4	S 45—40	34,54	34,56	—0,02
5	N 40—35	35,11	34,79	0,32	5	S 40—35	35,04	35,01	0,03
6	N 35—30	35,50	35,30	0,20	6	S 35—30	35,46	35,41	0,05
7	N 30—25	35,76	35,61	0,15	7	S 30—25	35,68	35,62	0,06
8	N 25—20	35,64	35,81	—0,17	8	S 25—20	35,74	35,71	0,03
9	N 20—15	35,14	35,54	—0,40	9	S 20—15	35,62	35,66	—0,04
10	N 15—10	34,78*	34,91*	—0,13	10	S 15—10	35,42	35,47	—0,05
11	—	—	—	—	11	S 10— 5	35,25	35,27	—0,02
12	—	—	—	—	12	S 5— 0	35,07	35,18	—0,11
13	—	—	—	—	13	N 0— 5	34,73	34,55	0,18
14	—	—	—	—	14	N 5—10	34,41*	34,22*	0,19
55° N—10° N mittlere Ab- weichung		—	—	$\pm 0,24$	10° N—60° S mittlere Ab- weichung		—	—	$\pm 0,11$

¹) Berechnet nach der Formel $S_N = 34,40 + 0,0176 (V-N)$.

²) Berechnet nach der Formel $S_S = 34,94 + 0,0118 (V-N)$.

Atmosphäre von untergeordneter Bedeutung ist, insofern man für die Beziehungen zwischen den drei Faktoren S, V und N Fünfgrad-Zonenmittel des ganzen Weltmeeres ins Auge faßt. Letzten Endes greifen natürlich doch ozeanische und atmosphärische Zirkulation in diese Beziehungen ein. Denn im langjährigen Mittel ist die zonale Verteilung des Oberflächensalzgehalts stationär, und der Salzgehalt steigt nicht etwa kontinuierlich in den Gebieten, in denen $(V-N)$ größer ist als 0 und sinkt nicht beständig dort, wo diese Differenz kleiner ist als 0. Es sind gerade die Meeresströmungen und die sonstigen Zirkulations- und Vermischungsprozesse, die dafür sorgen, daß die Unterschiede des Salzgehalts von Zone zu Zone in der festgestellten Höhe stationär erhalten bleiben.

b) Die Anomalien des Salzgehalts in den Ozeanen

Eines der interessantesten Probleme der Wechselbeziehungen zwischen Ozean und Atmosphäre ist durch die Aufgabe gegeben, die Faktoren im einzelnen gegeneinander abzuschätzen, durch deren Zusammenwirken die starken Anomalien in den absoluten Beträgen des Salzgehalts in den Ozeanen in Bezug auf die „normale“ Verteilung im Weltmeer, in Sonderheit der starke Salzgehaltsüberschuß des Atlantischen und das große Salzgehaltsdefizit des Stillen Ozeans zustandekommen. Wie 1936 (7) gezeigt worden ist, können auch in dieser Frage die Beziehungskurven $S/V-N$ mit Erfolg verwendet werden. Jedoch von vornherein ist hierbei mit einer stärkeren Streuung der Punkte zu rechnen, besonders im Atlantischen Ozean, wo wegen seiner Schmalheit und seiner reichen Ausstattung mit Nebenmeeren die „störenden“, von Zone zu Zone wechselnden Einflüsse der Süßwasserzufuhr vom Lande besonders stark in Erscheinung treten. Der Versuch von 1936 (7) hat wahrscheinlich gemacht, daß „der im Vergleich zum Atlantischen geringe Oberflächensalzgehalt des Pazifischen in der Hauptsache eine Folge merklich höherer Niederschläge und etwas geringerer Verdunstung ist.“ Aber dies können nicht die alleinigen Ursachen sein. „Hinzu kommt der stärkere Salz- entzug nach der Tiefe durch die Vermischung mit dem salzarmen Zwischenwasser, das im Nord- und Südpazifischen (zwischen 40° N und 50° S) eine ozeanweite Verbreitung besitzt.“ Im Nordatlantischen fehlt hingegen der subpolare Zwischenstrom durch den Einfluß des Golfstromsystems und der Einströmung salzreichen Mittelmeerswassers aus der Straße von Gibraltar, das sich fast in der ganzen Ozeanbreite in 1000 bis 1250 m in Beimischungen bemerkbar macht. In der erwähnten Arbeit (7) ist auch der Versuch unternommen, aus dem angenähert parallelen Verlauf der Beziehungskurven $S/V-N$ für die einzelnen Ozeanhälften grobe Näherungswerte für diese zusätzlichen Einflüsse von Vermischung und Zirkulation, d. h. für die Salzgehaltsanomalien der Ozeane, zu finden. Es muß aber betont werden, daß unsere Kenntnisse über die Verdunstungsunterschiede zwischen den Ozeanen noch weitgehend hypothetisch sind (besonders auf der Südhemisphäre). Lediglich über die Niederschlagsunterschiede ist durch die neuen Karten von F. Möller (26) eine festere Grundlage geschaffen; eine rechnerische Auswertung dieser Karten zu Fünfgrad-Zonenwerten des Niederschlags für die einzelnen Ozeane hat Möller nicht veröffentlicht¹⁾. Da sich also die Unterlagen für eine solche Spezialbearbeitung der Ozeane mittels der Beziehung $S/V-N$ nicht wesentlich erweitert und verfeinert haben, erscheint eine Wiederholung unseres Deutungsversuches von 1936 noch verfrüht. Wir verweisen daher auf die dortigen Ergebnisse und wollen uns hier darauf beschränken, die Salzgehaltsanomalien der

¹⁾ Herr Prof. Dr. F. Möller (Univ. Mainz) hat auf unsere Bitte in seinem Institut vorläufige Fünfgrad-Zonenmittel des Niederschlags für die drei Ozeane zwischen 55° N und 40° S aus seinen Vierteljahrskarten berechnen lassen und uns zur Verfügung gestellt, wofür wir unseren Dank aussprechen. Aus diesen Werten ergeben sich folgende Niederschlagsanomalien in Bezug auf die zonale Verteilung im Weltmeer:
(Fortsetzung Seite 151)

Fünfgradzonen in den drei Ozeanen in Bezug auf die „Normalwerte“ zu betrachten, die wir durch die betr. Zonenmittel des ganzen Weltmeeres repräsentiert sehen. Aus Tafel 4, bei der wiederum auf die Arealgrößen Rücksicht genommen ist, geht klar hervor, daß der Atlantische Ozean in allen Fünfgradzonen zwischen 65° N und 35° S z. T. beträchtliche positive Salzgehaltsanomalien aufweist, die im Maximum 1,4‰ erreichen. Im Indischen Ozean zeigen nur die Zonen zwischen 0°—30° N und 30°—45° S einen (und zwar schwächeren) Salzüberschuß. Fast der ganze Stille Ozean hat ein merkliches Salzgehaltsdefizit, das in 35°—40° N mit $-1,13‰$ (von der Zone 65°—70° N mit $-3,4‰$ abgesehen) seine größten Ausmaße annimmt; nur in fünf Fünfgradzonen treten im Stillen Ozean schwache positive Anomalien auf.

5. Die zonale Verteilung der Oberflächentemperatur in den Ozeanen

a) Quellenmaterial und Methoden der Berechnung

Eine besonders umfassende und moderne Bearbeitung der Temperaturverhältnisse an der Oberfläche der Ozeane, die der Scripps Institution of Oceanography (La Jolla) zu verdanken ist, stellt der vom Hydrographic Office in 2. Auflage herausgegebene „World Atlas of Sea Surface Temperatures“ (31) dar. Er enthält 12 sorgfältig gezeichnete flächentreue Monatskarten, welche Isothermen für alle 2,5° Fahrenheit (= 1,39° C), in Gebieten mit stärkeren horizontalen Gradienten für alle 5° Fahrenheit (= 2,78° C) aufweisen, auch die höheren Breiten bis zu den ebenfalls eingetragenen Eisgrenzen berücksichtigen und ein sehr enges (1°-Feld) Gradnetz enthalten, was für die quantitative Auswertung nach der Felder- bzw. Stichprobenmethode sehr vorteilhaft ist. Für jedes 5°-Feld wurden bei unserer Berechnung der Zonenwerte an je 4 symmetrisch verteilten Fixpunkten die Temperatur (in F.) aus dem Isothermenbild geschätzt—dann für alle 5°-Zonen des betr. Ozeans mit der Rechenmaschine über alle 12 Monate addiert, durch die in Tab. 1 enthaltenen Zonenareale dividiert und auf 1/10° C umgerechnet. Wegen der systematischen Fehler der Monatsmittel auf Grund von Handelsschiffsbeobachtungen, die ja das Hauptmaterial der Monatskarten bilden und von Dietrich (32) im Sommer in unseren Breiten auf $-0,1^{\circ}$ bis $-0,2^{\circ}$ C, im Winter auf $+0,5^{\circ}$ bis $0,6^{\circ}$ C geschätzt werden, würde eine Berechnung der Fünfgradzonen-Mittelwerte auf 2 Dezimalen nur eine rechnerische Bedeutung haben. Unsere neuen Zonenwerte beruhen durch die Addition von 12 Monatskarten und je 4 Fixpunkten pro Fünfgradfeld auf einem gewaltigen Zahlenmaterial und dürften hinreichend exakt sein, wenn man die genannten systematischen Fehler der kartographischen Unterlagen außer Betracht läßt. Die Reichhaltigkeit des Materials, die schon zu Krümmels

Niederschlagsanomalien (cm/Jahr) in den Ozeanen zwischen 55° N und 40° S nach Fünfgradzonen (nach Möller)

Zone °	N55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	0-5	5	10	15	20	25	30	35	40 S
	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	0-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40		
Niederschlagshöhe Weltmeer cm/Jahr	105	112	102	86	74	63	57 ²	70	103	187	146	105 ²	109	94	76	68	65 ²	70	90		
Anomalien cm/Jahr																					
Atlant. Oz.	23	1	-5	-1	-3	-4	-12	-22	-35	-26	1	-64	-95	-76	-55	-34	-15	-18	-8		
Ind. Ozean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stiller Oz.	-12	2	2	3	2	-1	6	12	17	26	3	-10	-6	22	34	32	26	18	9		

Vergleicht man diese Anomalien des Niederschlags mit denen des Salzgehalts in den einzelnen Zonen und Ozeanen, so findet man eine bemerkenswerte Gegenläufigkeit, welche unsere obige Annahme bestätigt, daß die Niederschlagsanomalien einen wesentlichen Beitrag liefern zu den Salzgehaltsanomalien der Ozeane.

Zeiten ziemlich groß war und im „World Atlas“ noch umfassender ist, läßt eine Verbesserung der Zonenwerte durch weitere Vermehrung der Handelsschiffsbeobachtungen nicht erwarten. Was not tut, ist die Verfeinerung der Schiffsbeobachtungen auf möglichst zahlreichen über die Ozeane verteilten Fixpunkten (Wetterbeobachtungsschiffen, Feuer-

Tabelle 8

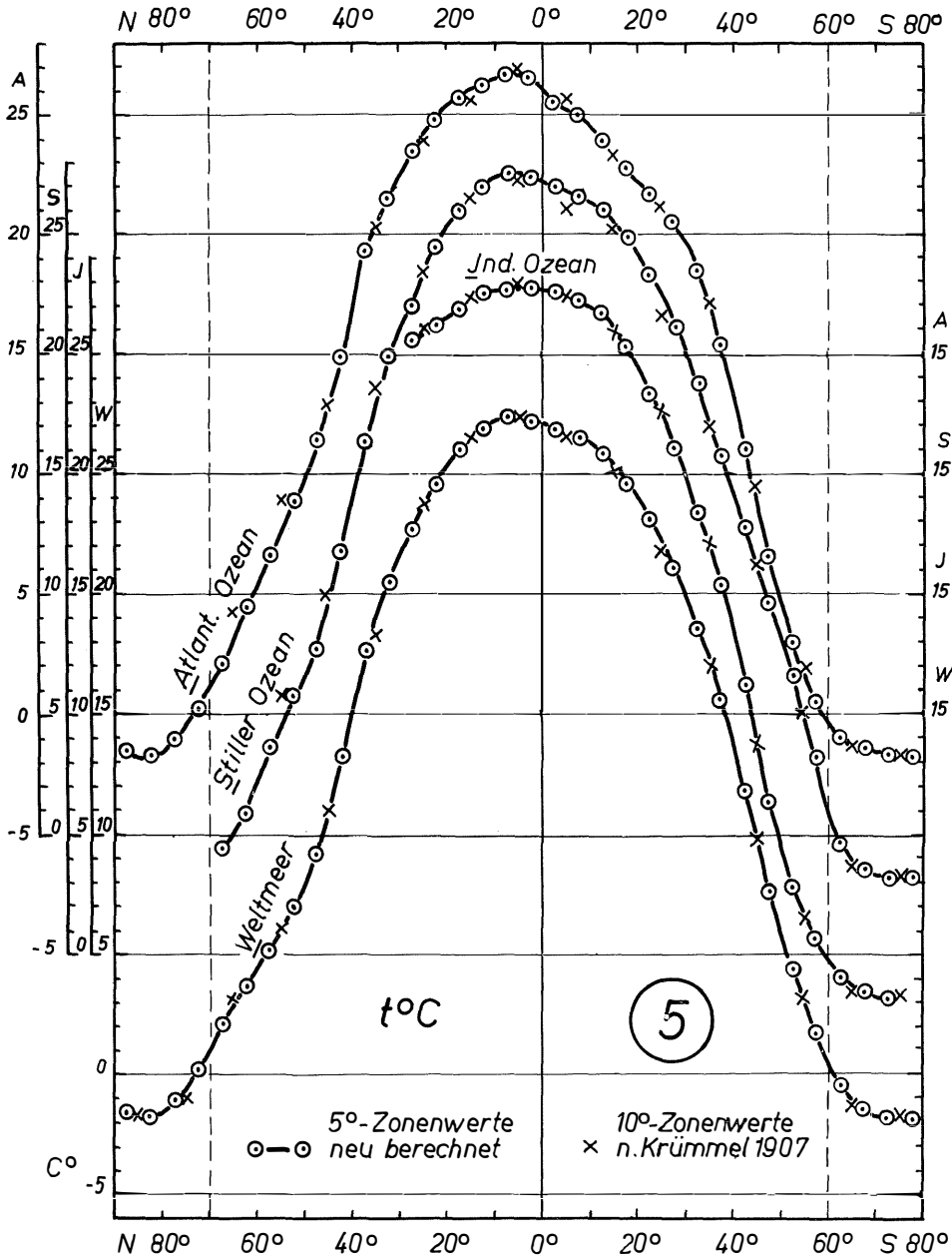
Mittelwerte und Anomalien der Oberflächentemperatur der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen

Zone	Atlantischer Ozean		Indischer Ozean		Stiller Ozean		Weltmeer	Bemerkungen
	Temperatur t _A (° C)	Anomalie t _A —t _W	Temperatur t _I (° C)	Anomalie t _I —t _W	Temperatur t _S (° C)	Anomalie t _S —t _W	Temperatur t _W (° C)	
N 90—85	(-1,6)	—	—	—	—	—	(-1,6)	Nordpolarmeer (einschl. nördl. Teile v. Baffin- meer u. Europ. Nordmeer)
85—80	(-1,7)*	—	—	—	—	—	(-1,7)*	
80—75	(-1,0)	—	—	—	—	—	(-1,0)	
75—70	(-0,2)	—	—	—	—	—	(-0,2)	
N 90—70	(-0,75)	—	—	—	—	—	(-0,75)	
N 70—65	(2,1)	(0,0)*	—	—	(-0,6)*	(-2,7)	(2,1)	Wärmegäquator
65—60	(4,4)	(0,7)	—	—	(0,8)	(-2,9)*	(3,7)	
60—55	6,6	1,4	—	—	3,6	-1,6	5,2	
55—50	8,8	1,8	—	—	5,8	-1,2	7,0	
50—45	11,4	2,2	—	—	7,7	-1,5	9,2	
45—40	14,9	1,7	—	—	11,8	-1,4	13,2	
40—35	19,3	1,7	—	—	16,2	-1,4	17,6	
35—30	21,5	1,0	—	—	19,8	-0,7	20,5	
30—25	23,5	0,8	25,6*	2,9	22,0	-0,7	22,7	
25—20	24,8	0,2	26,2	1,6	24,4	-0,2	24,6	
20—15	25,7	-0,3	26,8	0,8	26,0	0,0	26,0	
15—10	26,2	-0,7	27,5	0,6	27,0	0,1	26,9	
10—5	26,7	-0,7*	27,6	0,2*	27,5	0,1	27,4	
5—0	26,6	-0,6	27,8	0,6	27,4	0,2	27,2	
N 70—0	18,87	—	27,18	—	21,46	—	21,06	
S 0—5	25,5	-1,4	27,6	0,7	27,0	0,1*	26,9	ohne Polarzonen
5—10	25,0	-1,5	27,3	0,8	26,6	0,1	26,5	
10—15	23,9	-1,9	26,7	0,9	26,0	0,2	25,8	
15—20	22,7	-1,9*	25,3	0,7	24,9	0,3	24,6	
20—25	21,7	-1,3	23,4	0,4	23,3	0,3	23,0	
25—30	20,6	-0,5	21,2	0,1	21,2	0,1*	21,1	
30—35	18,4	-0,1	18,4	-0,1	18,7	0,2	18,5	
35—40	15,4	-0,2	15,4	-0,2	15,8	0,2	15,6	
40—45	11,0	-0,8	11,2	-0,6	12,8	1,0	11,8	
45—50	6,6	-1,1	6,3	-1,4	9,6	1,9	7,7	
50—55	3,0	-1,4*	2,9	-1,5*	6,6	2,2	4,4	
55—60	(0,5)	(-1,2)	(0,7)	(-1,0)	(3,2)	1,5	(1,7)	
S 0—60	16,07	—	16,80	—	19,64	—	17,99	
S 60—65	(-1,0)	(-0,6)	(-0,9)	(-0,5)	(0,3)	(0,7)	(-0,4)	Antarktischer Wasserring (Süd- polarmeer)
65—70	(-1,3)	(+0,1)	(-1,5)	(-0,1)	(-1,4)	(0,0)	(-1,4)	
70—75	(-1,7)	(+0,1)	(-1,8)*	(0,0)	(-1,8)	(0,0)	(-1,8)	
75—80	(-1,8)*	(0,0)	—	—	(-1,8)*	(0,0)*	(-1,8)*	
S 60—80	(-1,26)	—	(-1,08)	—	(-0,71)	—	(-0,79)	
N 70—60 S	17,61	—	18,62	—	20,51	—	19,32	ohne Polarzonen
N 90—80 S	14,64	—	17,27	—	19,37	—	17,54	ganze Ozeane

Maxima fett, Minima *, eingeklammert Näherungswerte.

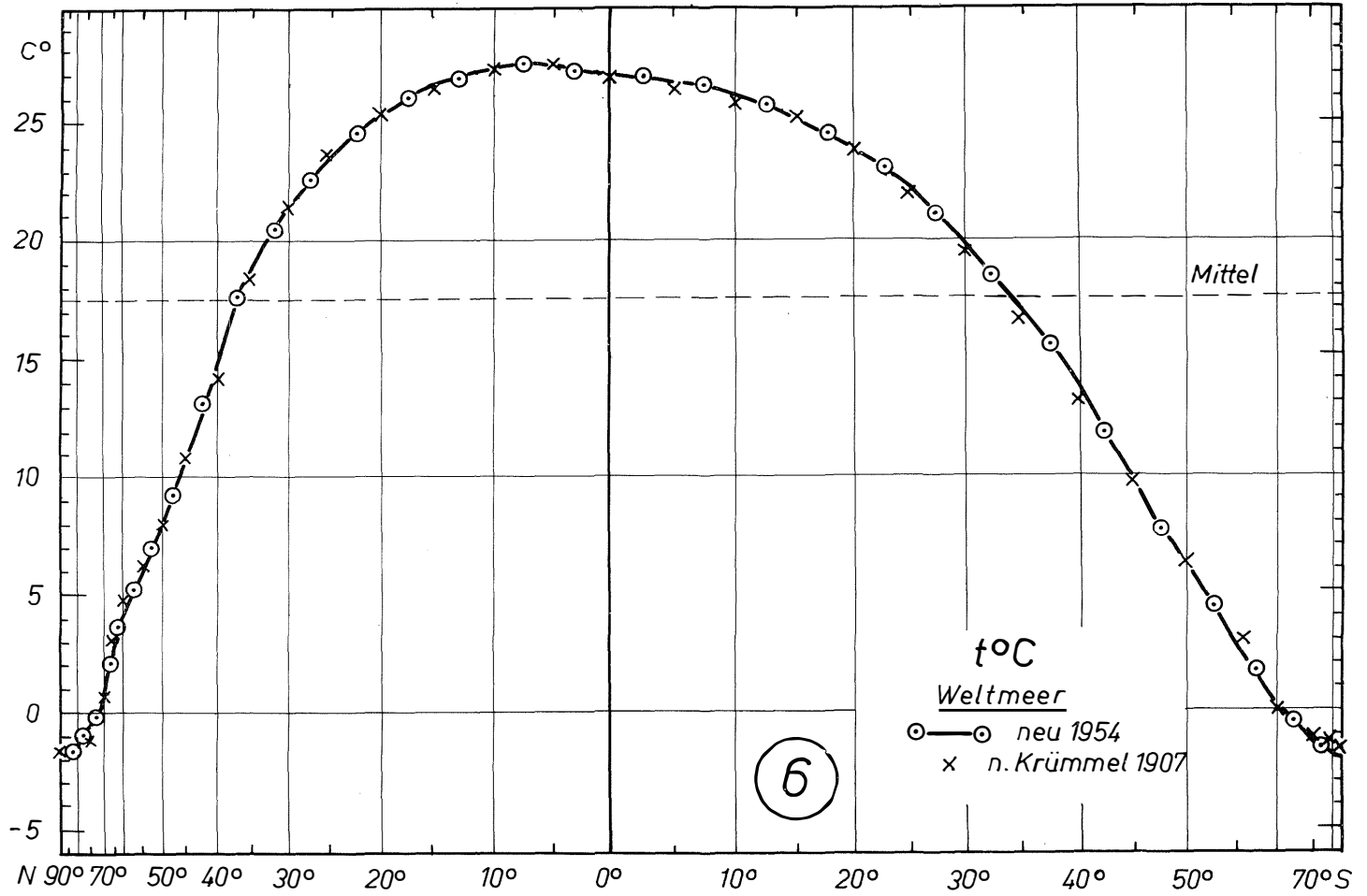
Legende zu der nebenstehenden Tafel 5

Zonale Verteilung der Oberflächentemperatur der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen.



Tafel 5

Tafel 6



schiffen, Forschungsschiffen), um die an den Handelsschiffsbeobachtungen anzubringenden mittleren Korrekturen in allen Zonen der Ozeane anbringen zu können. In den Polarzonen treten bei der Ableitung zuverlässiger Zonenmittel infolge der Eisbedeckung und der Lückenhaftigkeit der Messungen ähnliche Schwierigkeiten auf wie bei der von uns schon erörterten Ableitung von Salzgehaltsmitteln (S. 140). In den arktischen Regionen haben wir die Monatskarten des „World Atlas“ noch ergänzt durch die von Hachey (17) mitgeteilten Temperaturmessungen aus dem Hudson-Meer sowie durch die Bearbeitungen, die B. Schulz (22) für den eurasischen Sektor des Nordpolarmeeres auch hinsichtlich der Temperaturverteilung geboten hat. In den vereisten Gebieten der Polarmeere, deren Eisgrenzen im N durch die „Monthly Ice Charts“ (33), im S hauptsächlich durch die Ergebnisse der Discovery-Expedition (19) festgelegt sind, haben wir unseren Berechnungen der Temperaturen der Schmelztemperaturen zugrundegelegt. Auch die Zonenmittel der Temperatur können in den Polarzonen nur als hypothetische Näherungswerte gelten und sind daher, zumal sie sich im Grunde vielfach auf eine Wassertiefe von 1—5 m je nach Eisbedeckung beziehen, in Tab. 8 eingeklammert.

b) Zonale Verteilung

Tab. 8, welche die neuen Mittelwerte und Anomalien der Oberflächentemperatur nach Fünfgradzonen enthält, ist ganz analog wie Tab. 2 der Mittelwerte und Anomalien des Oberflächensalzgehalts angelegt. Durch den 70. nördl. und 60. südl. Breitengrad sind wiederum aus den auf S. 142 angegebenen Gesichtspunkten die Polarzonen abgetrennt; in 5°—10° N liegt der mittlere Wärmeäquator.

Zunächst wollen wir uns wieder den Gesamtmitteln zuwenden.

Tabelle 9
Mittelwerte der Oberflächentemperaturen der Ozeane

Zone °	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Weltmeer	Bemerkungen
N 70—0	18,87*	(27,18)	21,46	21,06	} ohne Polarzonen
S 0—60	16,07*	16,80	19,64	17,99	
N 70—60 S	17,61*	18,62	20,51	19,32	
N 90—80 S	14,64*	17,27	19,37	17,54	mit Polarzonen

Der Stille Ozean ist der wärmste, der Atlantische der kälteste, eine Tatsache, auf die bereits Krümmel (6) aufmerksam machte. Durch die Einbeziehung des Nordpolarmeeres zum Atlantischen Ozean erweist sich die thermische Benachteiligung des letzteren mit 14,64° (gegenüber 19,37° beim Pazifischen) noch stärker als bei Krümmel, der das Nordpolarmeer als selbständigen Ozean behandelte und für den Mittelwert des Atlantischen Ozeans 16,91° errechnete. Die Mittelwerte für den ganzen Indischen, den ganzen Stillen Ozean und das ganze Weltmeer sind bei Krümmel 17,03°, 19,10°, 17,37°, differieren also nur um rund 0,2° bis 0,3° von unseren Werten. Überraschend ist, wie aus Taf. 5 und Taf. 6 klar hervorgeht, daß auch in den Zonenmitteln der Temperatur zwischen Krümmels Berechnung und der unsrigen eine weitgehende Übereinstimmung besteht. Die meisten 10°-Zonenwerte Krümmels fallen mit unseren

Legende zu der nebenstehenden Tafel 6

Zonale Verteilung der Oberflächentemperatur des gesamten Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen und im Jahresmittel unter Berücksichtigung der Zonenareale.

neuen Kurven fast zusammen, die Abweichungen betragen in der Regel nur 1—2 Zehntel und nur ganz vereinzelt treten im Atlantischen und Stillen Ozean größere Differenzen auf, so in 50°—60° N etwa 1,2° und in 0—10° S etwa 0,5° bis 0,8°. In unserer auf den neuen Fünfgrad-Zonenwerten beruhenden Kurve für das Weltmeer besteht in Taf. 6 fast eine völlige Deckung mit den Fünfgrad-Breitentemperaturen, die Krümmel auf graphischem Wege aus seinen Zehngrad-Zonentemperaturen abgeleitet hat. Auch diese Tatsache beweist, daß bereits 1907 das Material an Schiffsbeobachtungen der Temperatur so reichhaltig war, daß es zur Konstruktion von klimatologischen Mittelkurven und für die Ableitung brauchbarer Zonenwerte genügte.

Taf. 5 gibt in der üblichen Darstellungsform ein klares Bild von den Gesetzmäßigkeiten der zonalen Temperaturverteilung in den Ozeanen und im Weltmeer und gestattet zugleich eine vergleichende Betrachtung der Thermik der 3 Ozeane. Bisher ist es noch nicht möglich gewesen, die gesetzmäßigen Beziehungen, die zwischen der zonalen Verteilung der Oberflächentemperatur und den Faktoren des Wärmehaushalts an der Grenzfläche Ozean—Atmosphäre bestehen, quantitativ so exakt zu erfassen, daß — ähnlich wie bei der Beziehung S/V—N — hierfür eine mathematische Formulierung gefunden werden kann. Erst nach Verfeinerung der Wärmebilanzen wird eine befriedigende Deutung dieser Zusammenhänge möglich sein, und wir wollen uns bis dahin unter Hinweis auf die vorliegenden qualitativen Versuche versagen, neue Deutungsversuche zu geben. Taf. 6 stellt die mittlere zonale Temperaturverteilung des Weltmeeres unter Berücksichtigung der Areale der Fünfgradzonen dar und läßt wiederum erkennen, daß die Polarzonen mit ihren Minimalwerten anteilmäßig für die Mitteltemperatur des Weltmeeres nur wenig ausgeben. In der thermischen Begünstigung der N-Hemisphäre erkennen wir in erster Linie wiederum die stärkeren kontinentalen Einflüsse im Norden.

c) Anomalien

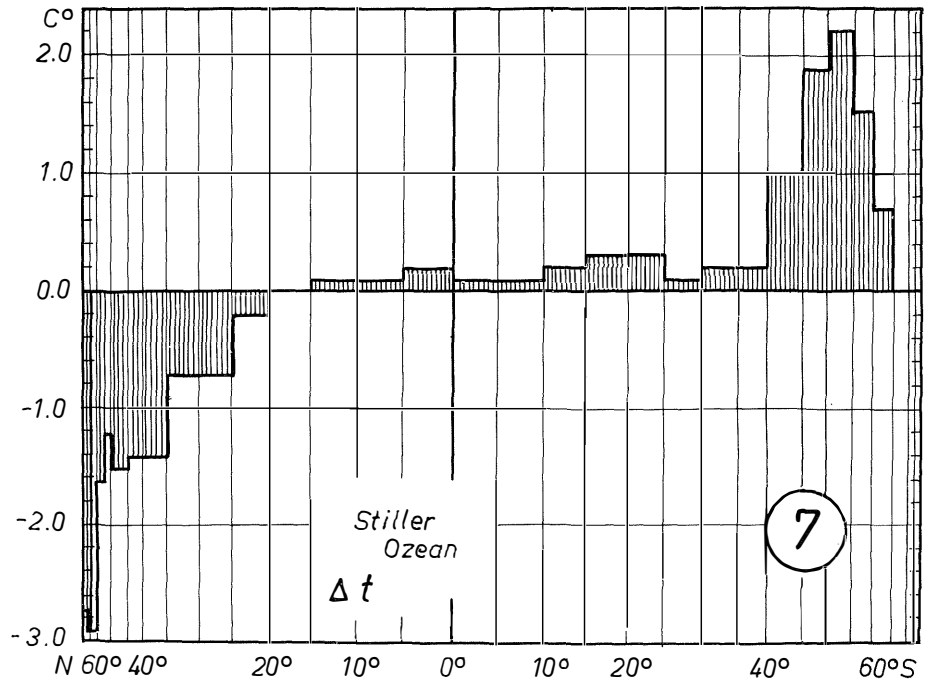
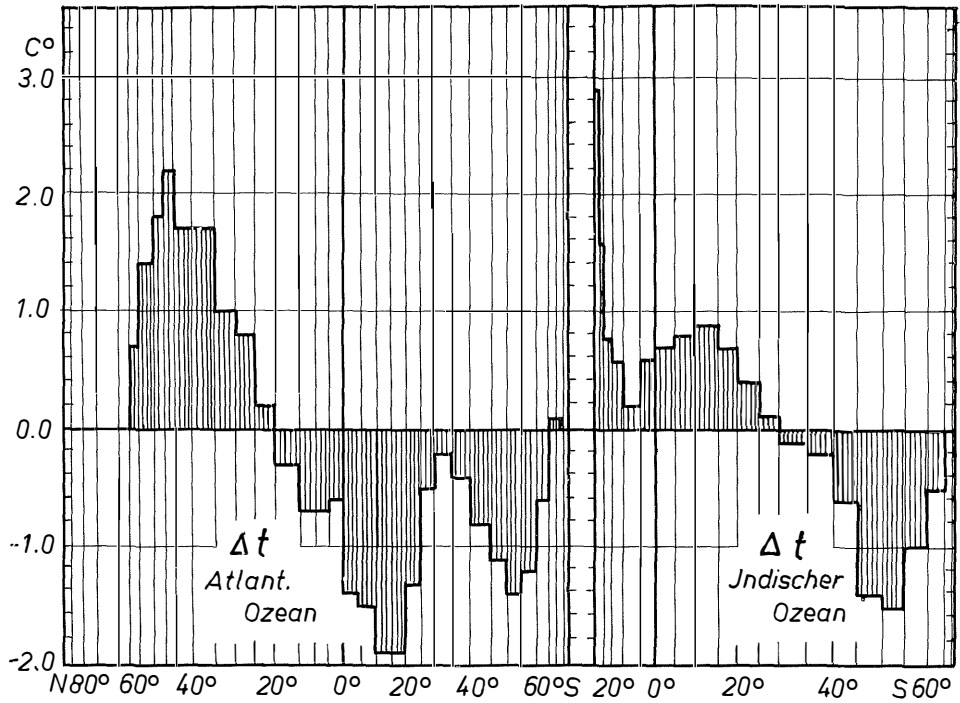
Betrachtet man die Fünfgrad-Zonenmittel des Weltmeeres als die Normalwerte, so erhält man durch Differenzbildung Ozean—Weltmeer für die einzelnen Zonen die Anomalien der Oberflächentemperatur, die wiederum unter Berücksichtigung der Zonenareale in Taf. 7 übersichtlich zusammengestellt sind. Bemerkenswert ist die Gegenläufigkeit zwischen Atlantischem Ozean und Stilleem Ozean: wo ersterer positive Anomalien aufweist, d. h. in 20° N—60° N, dort finden wir Wärmedefizite im Stillen Ozean. Das Umgekehrte ist zwischen 20° N und 65° S der Fall. Der Indische Ozean zeigt Wärmeüberschuß zwischen 30° N und 30° S und Wärmedefizite südlich von 30° S. Das unterschiedliche thermische Verhalten in den höheren Breiten der Südozeane zwischen 45°—60° S hat Dietrich (30) auf Grund seiner neuen Isoanomalienkarten gedeutet, worauf wir verweisen.

6. Die zonale Verteilung der Dichte an der Oberfläche der Ozeane

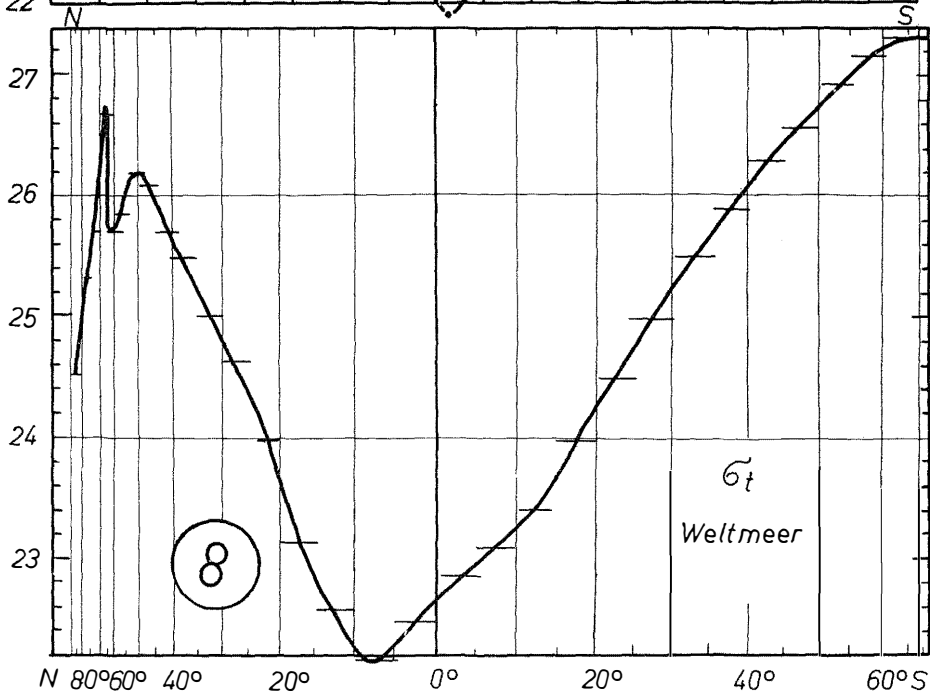
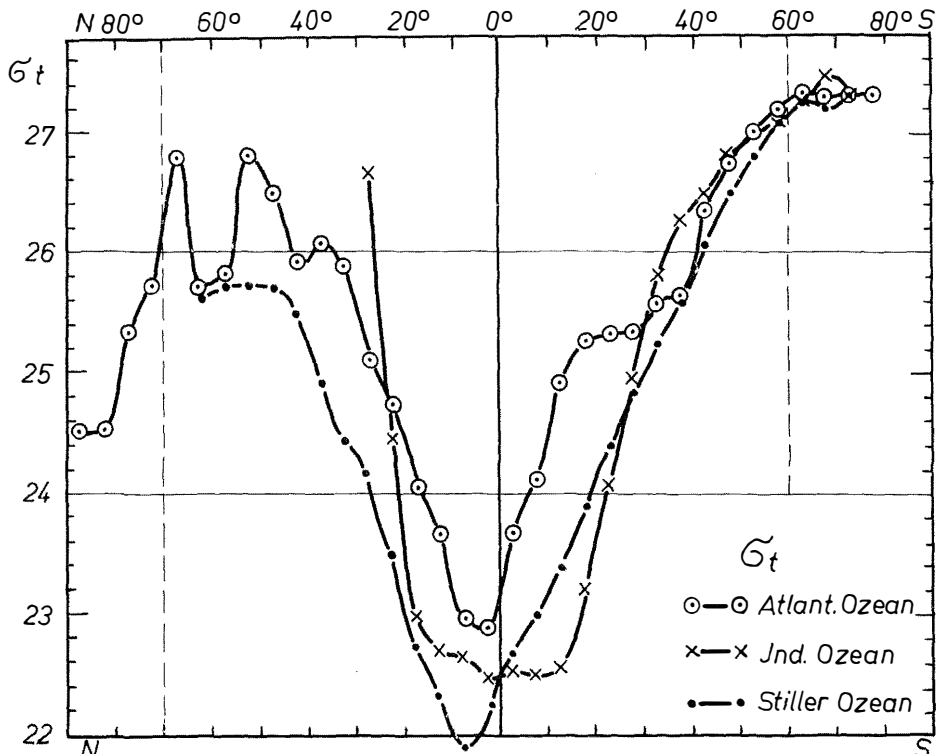
Zur Erlangung zuverlässiger Zonenmittel der Dichte wäre es erforderlich, von Monats- bzw. Vierteljahrskarten der Dichte auszugehen, die auf einer statistischen Bearbeitung aller Einzelbestimmungen der Dichte in den Ozeanen beruhen. Solche Karten existieren noch nicht für das Weltmeer. Denn der bisher allein für den Atlantischen Ozean im Atlas von Band V des „Meteor“-Werkes vorliegende kartographische Versuch einer Jahresmittelkarte der Dichte beruht auf Eingrad- bzw. Zweigradfeld-Mittelwerten der Dichte, die aus — im übrigen nicht streng korrespondierenden — Mittelwerten der

Legende zu der nebenstehenden Tafel 7

Anomalien der Oberflächentemperatur der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen und unter Berücksichtigung ihrer Areale.



Tafel 7



Tafel 8

Temperatur und des Salzgehalts berechnet sind. Aber wegen der höchst komplizierten und nicht linearen Abhängigkeit der Dichte von Temperatur und Salzgehalt ist es nicht gleichgültig, ob man von den Einzelwerten der Dichte oder von Mittelwerten der Temperatur und des Salzgehalts für Flächeneinheiten bei der Ableitung von Dichtemitteln ausgeht, wie folgendes konstruiertes Beispiel lehrt:

Tabelle 10
Fehlerquellen in der Berechnung von σ_τ
bei Verwendung von Mittelwerten von t und S ‰

	t C°	S ‰	σ_τ berechnet	
			aus den Einzelwerten von t und S	aus den Mittelwerten von t und S
Einzelwerte	25,0	35,5	23,74	—
	20,0	35,5	25,16	—
	15,0	35,0	26,00	—
	10,0	35,0	26,98	—
Mittelwerte	17,5	35,25	25,47	25,61

Man erkennt, daß bei der Berechnung der Dichte aus den Mittelwerten von t und S das Ergebnis bereits in diesem Fall um $-0,14$ verfälscht ist. Man hat also mit solchen systematischen Fehlerquellen bei der üblichen Konstruktion von Dichtekarten zu rechnen, die ausnahmsweise bis 0,5 in den σ_τ -Werten steigen und in solchen Fällen auch bei der Konstruktion der Dichtelinien natürlich ins Gewicht fallen können, ohne zwar die großen Züge der regionalen Verteilung zu beeinflussen. Man muß also immer beachten, daß die Hundertstel von σ_τ , die man mit den praktischen Tabellen von Kalle-Thorade (34) bei der Berechnung der Dichte aus Temperatur und Salzgehalt auf rasche und sichere Weise erhält, bei Verwendung von Mittelwerten von t und S nur rechnerische Bedeutung haben und daß diese Unsicherheit in ungünstigen Fällen sogar bis in die Zehntel gehen kann.

Diese Bemerkungen müssen wir deshalb vorausschicken, weil wir nunmehr bei der Ermittlung der Zonenmittel von σ_τ — mangels ausreichender kartographischer Grundlagen für das Weltmeer — ganz auf die Berechnung aus den Zonenmitteln der Temperatur und des Salzgehalts angewiesen sind. Unsere in Tabelle 11 niedergelegten σ_τ -Mittel sind also nicht frei von systematischen Fehlern und können lediglich eine bis in die Zehntel reichende Vorstellung von den zonalen Unterschieden geben. Die in der Tabelle mitgeteilten Hundertstel von σ_τ haben rein rechnerische Bedeutung. Aus Tab. 11 und Taf. 8 ergeben sich unter diesen Einschränkungen die großen Gesetzmäßigkeiten im zonalen Verlauf der Dichte in den Ozeanen und im Weltmeer¹⁾. Man erkennt, daß in der zonalen Anordnung von σ_τ die Temperatur den Ausschlag gibt. Das absolute σ_τ -Minimum fällt in allen drei Ozeanen auf die Zonen zwischen 0° und 10° N, deckt sich also im Durchschnitt aller drei Ozeane, d. h. im Weltmeer völlig mit der Lage des Wärmeäquators in 5°—10° N. Die absoluten Maxima der Dichte werden

¹⁾ Die von uns zur Kontrolle aus der Jahresmittelkarte der Dichte (im Atlas Bd. V des „Meteor“-Werkes) durchgeführte Berechnung der Fünfgrad-Breitenwerte im Atlantischen Ozean ergibt eine gute Übereinstimmung mit unserer Kurve. Die Abweichungen betragen im Durchschnitt 0,06 im Nordatlantischen, 0,05 im Südatlantischen Ozean und maximal 0,21 (50° N) in σ_τ .

Legende zu der nebenstehenden Tafel 8

Zonale Verteilung der Dichte an der Oberfläche der ganzen Ozeane und des gesamten Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen. Unten bei Berücksichtigung der Zonenareale.

Tabelle 11

Aus den Mittelwerten von Temperatur und Salzgehalt berechnete Mittelwerte und Anomalien der Dichte an der Oberfläche der ganzen Ozeane und des ganzen Weltmeeres (einschl. Nebenmeere) nach Fünfgradzonen

Zone	Atlantischer Ozean		Indischer Ozean		Stiller Ozean		Weltmeer	Bemerkungen	
	Dichte σ_T	Anomalie $\Delta\sigma_T$	Dichte σ_T	Anomalie $\Delta\sigma_T$	Dichte σ_T	Anomalie $\Delta\sigma_T$	Dichte σ_T		
N 90—85	(22,55)*	—	—	—	—	—	(24,55)*	Nordpolarmeer (einschl. nördl. Teile v. Baffin- meer u. Europ. Nordmeer)	
85—80	(24,55)	—	—	—	—	—	(24,55)		
80—75	(25,35)	—	—	—	—	—	(25,35)		
75—70	(25,72)	—	—	—	—	—	(25,72)		
N 90—70	(25,25)	—	—	—	—	—	(25,25)		
N 70—65	(26,79)	(0,1)	—	—	(24,12)*	(-2,6)	(26,71)	Wärmeäquator	
65—60	(25,73)*	(0,0)*	—	—	(25,67)	-0,1	(25,73)*		
60—55	25,83	0,0	—	—	25,76	-0,1	25,84		
55—50	26,82	0,6	—	—	25,74	-0,5	26,19		
50—45	26,53	0,5	—	—	25,74	-0,3	26,08		
45—40	25,94	0,2	—	—	25,51	-0,2	25,70		
40—35	26,08	0,6	—	—	24,93	-0,6*	25,48		
35—30	25,89	0,9	—	—	24,45	-0,6*	25,03		
30—25	25,13	0,5	26,63	2,0	24,20	-0,4	24,62		
25—20	24,74	0,8	24,44	0,5	23,47	-0,5	23,98		
20—15	24,04	0,9	23,00	-0,2	22,76	-0,4	23,16		
15—10	23,67	1,1	22,67	0,1	22,14	-0,5	22,59		
10—5	22,98	0,8	22,63	0,5	21,85*	-0,3	22,18*		
5—0	22,87*	0,4	22,49*	0,0	22,27	-0,2	22,47		
N 70—0	25,11	—	22,90	—	23,51	—	24,01		ohne Nordpolarmeer siehe Anmerkung
S 0—5	23,69	0,8	22,55	-0,3	22,67	-0,2	22,85		
5—10	24,14	1,0	22,51	-0,6	23,01	-0,1	23,09		
10—15	24,94	1,5	22,58	-0,8*	23,39	0,0	23,42		
15—20	25,26	1,3	23,22	-0,7	23,88	-0,1	23,96		
20—25	25,34	0,8	24,09	-0,4	24,39	-0,1	24,51		
25—30	25,37	0,4	24,98	0,0	24,86	-0,1	24,99		
30—35	25,59	0,1	25,81	0,3	25,24	-0,3	25,52		
35—40	25,65	-0,2*	26,24	0,3	25,60	-0,3*	25,89		
40—45	26,34	0,1	26,49	0,2	26,07	-0,2	26,29		
45—50	26,76	0,2	26,80	0,2	26,48	-0,1	26,58		
50—55	27,01	0,1	27,00	0,1	26,80	-0,1	26,94		
55—60	(27,19)	(0,0)	27,18	(0,0)	(27,11)	(-0,1)	(27,18)		
S 0—60	25,63	—	25,08	—	24,65	—	24,99	ohne Südpolarmeer siehe Anmerkung	
S 60—65	(27,33)	(0,0)	(27,30)	(0,0)	(27,26)	(0,0)	(27,30)	Antarktischer Wasserring (Süd- polarmeer)	
65—70	(27,29)	(0,0)	(27,45)	(0,2)	(27,21)	(-0,1)	(27,29)		
70—75	(27,30)	(0,0)	(27,30)	(0,0)	(27,30)	(0,0)	(27,30)		
75—80	(27,30)	(0,0)	—	—	(27,30)	(0,0)	(27,30)		
S 60—80	27,31	—	(27,34)	—	(27,25)	—	(27,30)		
N 70—60 S	25,35	—	24,70	—	24,10	—	24,56	Ozeane ohne Polar- meere, s. Anmerkung	
N 90—80 S	25,43	—	24,88	—	24,27	—	24,74	ganze Ozeane siehe Anmerkung	

Anmerkung: Die Gesamtmittel für die Ozeanhälften, die ganzen Ozeane und das Weltmeer sind — unter Berücksichtigung der Areale — aus den Fünfgrad-Zonenmitteln der obigen Tabelle berechnet (und nicht aus den Gesamtmitteln von t und S).

mit 27,3 in den hohen Südbreiten zwischen 60° S und 80° S, also in der Antarktis erreicht. Auf der Nordhemisphäre liegen die Maxima wesentlich tiefer (25,8—26,8) und fallen überdies auf die subpolaren Zonen zwischen 50° N und 70° N. In der eigentlichen Arktis, d. h. im Nordpolarmeer, erreicht die Dichte infolge der großen Süßwasserzufuhren vom asiatischen und vom nordamerikanischen Kontinent und wegen der stärkeren Vereisung ein sekundäres Minimum von 24,6. Daß ein solches unterschiedliches Verhalten der Arktis und der Antarktis in Bezug auf die Dichte für die ozeanische Zirkulation und für die Bildung der polaren Bodenwasserarten von einschneidender

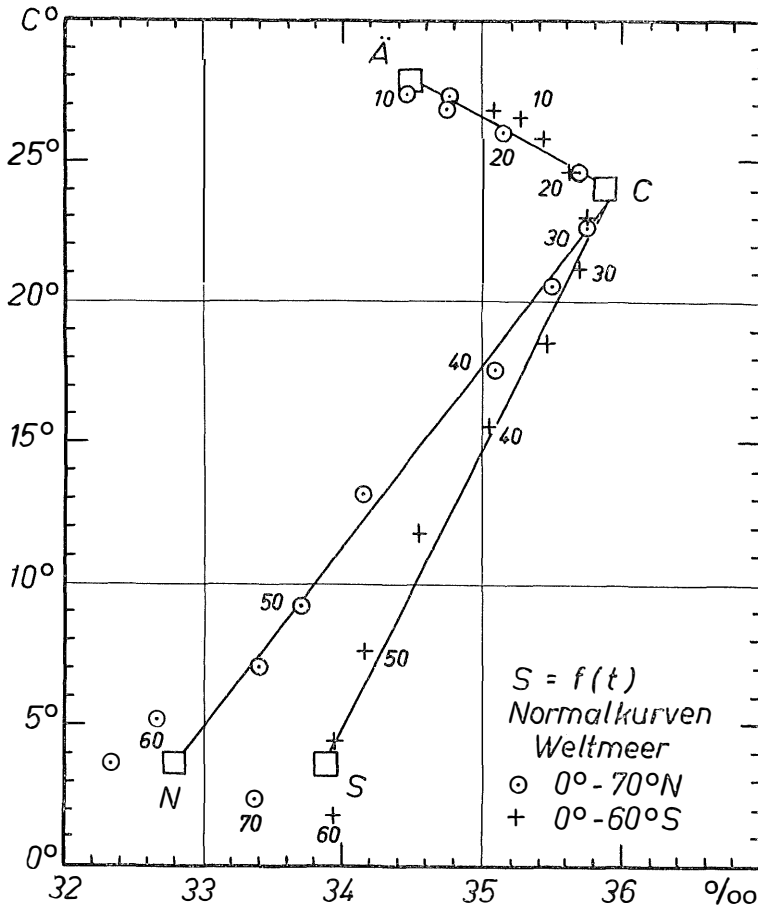


Fig. 3. Beziehungen zwischen den Fünfgrad-Zonenwerten von Temperatur und Salzgehalt (t/S-Diagramm) für das Weltmeer (einschl. Nebenmeere) zwischen 70° N und 60° S nebst Normalkurven. (Die Ziffern an den Punkten und Kreuze bezeichnen für alle 10° Breite die betr. Fünfgradzonen, und zwar jeweils den höheren Breitengrad der Begrenzung, also z. B. 50 bedeutet 40—50° usw.)

Bedeutung sein muß, ist ohne weiteres einleuchtend. Das mehrfache Auf und Ab der Dichte zwischen 50° N und 70° N hängt eng zusammen mit dem Auftreten von salzarmen Nebenmeeren in diesen Zonen, die besonders geringe Dichtewerte aufweisen. In Tab. 11 sind auch die Dichteanomalien für die drei Ozeane berechnet, die sich aus den Differenzen zwischen den korrespondierenden Zonenwerten des betr. Ozeans

und des Weltmeeres ergeben. Mit Rücksicht auf die erörterten Fehlerquellen sind diese Anomalien nur auf Zehntel angegeben. Man erkennt, daß der Atlantische Ozean allenthalben zwischen 70° N und 60° S einen z. T. merklichen Dichteüberschuß (bis maximal 1,5 in 10°—15° S) besitzt — von einem kleinen Rücksprung in 35°—40° S abgesehen. Der Stille Ozean weist in allen Breiten zwischen 70° N und 60° S ein Dichte-defizit auf, das 0,6 in 30°—40° N erreicht (von dem lokalen stärkeren negativen Wert im Beringmeer abgesehen).

Die Gesamtmittel der Dichte für die einzelnen Ozeane und Ozeanhälften (ohne Polarzonen) und das ganze Weltmeer differieren beträchtlich, je nachdem, ob man sie aus den Zonenmitteln der Dichte unter Berücksichtigung der Areale, wie in Tab. 11 geschehen, berechnet oder aus den Gesamtmitteln der Temperatur und des Salzgehalts ableitet. Letztere sind in Tab. 12 enthalten.

Tabelle 12

Gesamtmittel der Dichte σ_τ für die Ozeane und das Weltmeer, abgeleitet aus den korrespondierenden Gesamtmitteln der Temperatur und des Salzgehalts

Zonen °	Atlantischer Ozean	Indischer Ozean	Stiller Ozean	Weltmeer
70° N— 0°	25,41	(22,96)	23,75	24,27
0°—60° S	25,99	25,46	24,89	25,31
70° N—60° S	25,68	25,08	24,36	24,88
90° N—80° S	25,96	25,36	24,62	25,20

Diese Werte sind merklich höher als die entsprechenden, in Tab. 11 mitgeteilten, und zwar in wechselndem Ausmaß bis maximal 0,53. Bildet man aber die Differenzen zwischen den korrespondierenden σ_τ -Gesamtmitteln der einzelnen Ozeane und denen des Weltmeeres, welche letztere man als die „Normalwerte“ ansieht, so kommt man bei beiden Berechnungsverfahren zu Anomalien, die fast bis auf die Zehntel übereinstimmen, wie folgende Tab. 13 lehrt.

Tabelle 13

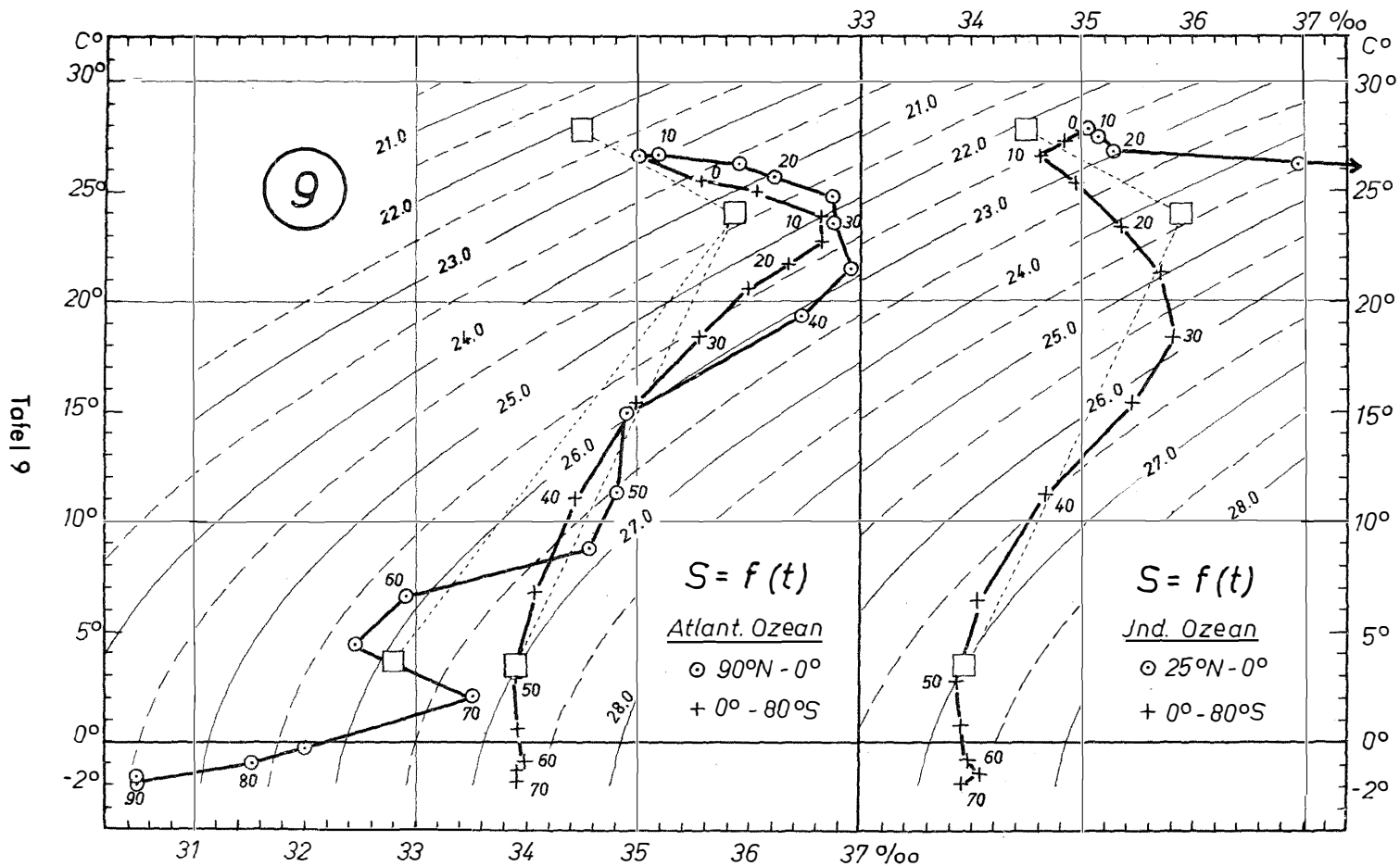
Anomalien der Gesamtmittel der Dichte σ_τ an der Oberfläche der Ozeane, nach zwei verschiedenen Berechnungsverfahren

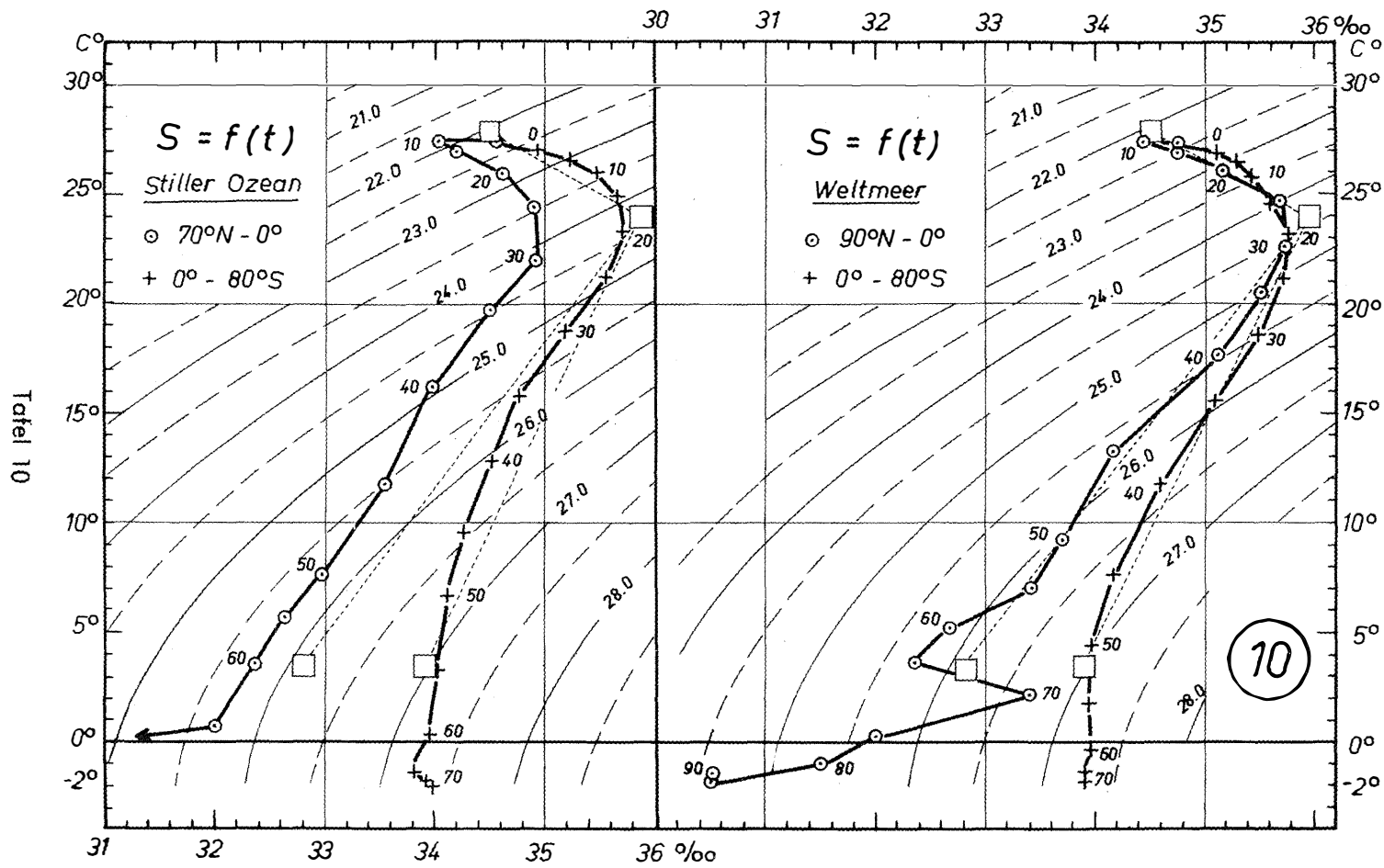
Zone °	Atlantischer Ozean		Indischer Ozean		Stiller Ozean	
	I	II	I	II	I	II
70° N— 0°	1,1	1,1	-1,3	-1,1	-0,5	-0,5
0°—60° S	0,7	0,6	0,1	0,1	-0,4	-0,3
70° N—60° S	0,8	0,8	0,2	0,1	-0,5	-0,5
90° N—80° S	0,8	0,7	0,15	0,1	-0,6	-0,5

Diese Werte geben uns ein klares Bild von den Dichteanomalien der ganzen Ozeane (einschl. Nebenmeere), bezogen auf die Mittelwerte des ganzen Weltmeeres.

Legende zu der nebenstehenden Tafel 9

Beziehungen zwischen Temperatur, Salzgehalt und Dichte (S/t-Diagramme) nach den Fünfgrad-zonenmitteln für den Atlantischen und den Indischen Ozean (einschl. Nebenmeere).





7. Die Beziehungen zwischen den Zonenmitteln von Temperatur und Salzgehalt in den Ozeanen nach den S/t-Diagrammen

Einen Gesamtüberblick über die Beziehungen zwischen Temperatur und Salzgehalt in ihren Fünfgradzonen-Mitteln für das Weltmeer und die Ozeane gestatten die S/t-Diagramme, in die wir auch die Schar der Dichtekurven eintragen können. In diesen Diagrammen sind die korrespondierenden Werte von t , S und σ_t jeweils nur durch einen Punkt gekennzeichnet. Die Verbindungslinien zwischen diesen Punkten geben bekanntlich einen Einblick in die Vermischungsverhältnisse und erlauben, die Hauptwasserkörper, die in Vermischung treten, nach ihren Eigenschaften aus der Lage der Wendepunkte in unserem Koordinatensystem angenähert zu definieren, wie Helland-Hansen (35), Jacobsen (36), Defant-Wüst (37) und andere Autoren gezeigt haben.

Aus Fig. 3, in die wir alle korrespondierenden Fünfgrad-Zonenwerte von Temperatur und Salzgehalt des Weltmeeres zwischen 70° N und 60° S unter Angabe der betr. Zone und unter Kennzeichnung der betr. Hemisphäre eingetragen haben, enthüllt sich mit überraschender Klarheit ein Gesetz, welches die zonale Verteilung dieser Faktoren bestimmt. Hieran ändert sich auch nichts durch den Umstand, daß die Temperatur-Zonenmittel und die Salzgehalts-Zonenmittel nicht streng korrespondierende Werte darstellen, da erstere auf einer Fülle von sich über alle Monate verteilenden Beobachtungen pro Fünfgradfeld beruhen, letztere aber nur auf vergleichsweise vereinzelte Messungen. Die Punkte und Kreuze in unserem Koordinatensystem sind trotz dieser Fehlerquellen so verteilt, daß wir mit guter Annäherung drei Beziehungsgerade hindurchlegen können, durch deren Schnitt- und Endpunkte zugleich die drei Hauptwasserkörper, d. h. die Wasserkörper mit extremen Eigenschaften, an der Oberfläche des Weltmeeres fixiert werden und die wir als die „Normalkurven“ — oder genauer als die normalen Beziehungsgeraden — in der zonalen thermohalinen Anordnung des Weltmeeres bezeichnen können. Die Divergenz der Beziehungsgeraden zwischen Nord- und Südhemisphäre (polwärts des Centralwassers) ist ein Gegenstück zur Divergenz der Beziehungsgeraden, die wir in Fig. 2 im S/V—N-Diagramm festgestellt haben. Die Hauptwasserkörper definieren wir wie folgt:

Tabelle 14
Hauptwasserkörper an der Oberfläche des Weltmeeres,
nach dem S/t-Diagramm

Wasserart	Temperatur t C°	Salzgehalt S ‰	Aus t und S ber. Dichte σ_t
Äquatorialwasser	27,8	34,5	22,0
Central-Wasser	24,0	35,9	24,3
Nördliches Subpolarwasser . .	3,5	32,8	26,2
Südliches Subpolarwasser . . .	3,5	33,9	27,0

Bei der Streuung der Punkte kann es sich hierbei nur um eine schematische Ermittlung der Charakteristika der dominierenden Wasserkörper handeln. Man könnte auch daran denken, nach dem in der Arbeit von Defant-Wüst (37) näher angegebenen Verfahren aus den Beziehungsgeraden Ä—C, C—N und C—S den Grad der Vermischung zwischen den Hauptwasserkörpern für alle Fünfgrad-Zonenmittelwerte abzuschätzen. Man hätte dann nur jede der 3 Beziehungsgeraden in 100 gleiche Abschnitte zu teilen

Legende zu der nebenstehenden Tafel 10
Beziehungen zwischen Temperatur, Salzgehalt und Dichte (S/t-Diagramme) nach den Fünfgradzonenmitteln für den Stillen Ozean und das Weltmeer (einschl. Nebenmeere).

und die Lage der Punkte bzw. Kreuze innerhalb dieser Einteilung in unserem Koordinatensystem abzulesen. Da beispielsweise der Punkt N 50 (d. h. für die Zone 45° N bis 50° N) bei einer solchen Teilung (von C aus) auf der Strecke C—N nahe dem Teilstrich 70 zu liegen käme, würde man bei Anwendung dieses Verfahrens zu der Annahme gelangen, daß an dem in dieser Zone existierenden „Mischwasser“ (von $t = 9,2^{\circ}$ und $S = 33,69$) das Nördliche Subpolarwasser mit ca. 70%, das Centralwasser mit ca. 30% beteiligt sei. Eine solche Schlußfolgerung, die bei der Anwendung der Kernschichtmethode in den tieferen Schichten des Atlantischen Ozeans (38) gezogen werden kann, ist für die Meeresoberfläche nicht zutreffend. Denn zwischen den Hauptwasserkörpern mit ihren extremen Eigenschaften werden an der Meeresoberfläche unter Einfluß der sich mit der Breite ändernden Faktoren V und N und ihrer Differenz (V—N) noch eine Reihe anderer Wasserkörper mit weniger extremen Eigenschaften gebildet. Da aber, wie unsere Fig. 2 lehrt, auch lineare Beziehungen zwischen den Zonen-Mittelwerten von S und (V—N) bestehen, kommen im Koordinatensystem S/t praktisch alle Zonenwerte der thermohalinen Eigenschaften auf oder nahe den linearen Verbindungsstücken Ä—C, C—N und C—S zu liegen. Hieraus können wir aber nur schließen, daß beispielsweise der Punkt N 50, d. h. die Zone 45° N—50° N, thermohaline Eigenschaften besitzt, welche denen aus einem Mischwasser aus 70% N-Wasser und 30% Ä-Wasser entsprechen würden; wir können aber nicht sagen, daß die in 45°—50° N (im Durchschnitt für das ganze Weltmeer) beobachtete Wasserart durch die Vermischung dieser beiden dominierenden Wasserkörper N und Ä tatsächlich entstanden ist.

Bemerkenswert ist, daß das Central-Wasser (im Gesamtmittel für das Weltmeer) in beiden Hemisphären dieselben Charakteristika aufweist und daß sich die Punkte zwischen der Zone 5° N—10° N und der Zone 20° N—25° N sowie zwischen den Zonen 5° N—10° N und der Zone 15° S—20° S um dieselbe Gerade Ä—C scharen. Die mit der geographischen Breite wachsende Divergenz der Geraden C—N und C—S belegt wiederum die Sonderstellung der Nordhemisphäre. Besonders in den Zonen nördl. von 20° N kommen in wachsendem Ausmaße die kontinentalen Einflüsse auf den thermohalinen Charakter der Meeresoberfläche zur Geltung.

Diese Gesetzmäßigkeiten gelten in dieser Klarheit nur für die mittleren Verhältnisse im Weltmeer. Die durchschnittlichen thermohalinen Abweichungen der einzelnen Ozeane von dem „normalen“ Bild veranschaulichen die S/t-Diagramme in Taf. 9 und 10. Im Atlantischen Ozean, besonders in seiner Nordhälfte, finden wir die stärksten Abweichungen von der normalen Beziehungsgeraden durch den Zickzackverlauf der tatsächlichen Beziehungskurve, im Stillen Ozean finden wir auf der Nordhemisphäre praktisch eine Parallelverschiebung zu niedrigeren Salzgehalten entsprechend einem über alle Breiten annähernd gleichbleibenden kontinentalen Einfluß (ostasiat. Randmeere). Der Nordindische Ozean nimmt infolge seiner salzreichen Nebenmeere und seiner nördlichen Begrenzung durch den gewaltigen asiatischen Kontinent in durchschnittlich 25° N eine Sonderstellung ein. Auf der Südhemisphäre zeigen alle drei Ozeane eine stärkere Annäherung an die Normalkurve entsprechend dem mit der geographischen Breite immer stärkeren Zurücktreten der Landmassen und dem völligen Fehlen von Nebenmeeren, d. h. den kontinentalen Einflüssen. Im einzelnen lassen die Abweichungen der tatsächlichen Beziehungskurven von den „normalen“ über diese großen Züge hinaus noch eine Fülle von Besonderheiten der einzelnen Ozeane erkennen.

Literaturverzeichnis

1. Wüst, G.: Wasserdampf und Niederschlag auf dem Meere als Glieder des Wasserkreislaufs. *D. Hydr. Ztschr.* 3, 1/2, Hamburg (1950). — 2. derselbe: Die Kreisläufe des Wassers auf der Erde. *Schr. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein*, XXV, Kiel (1951). — 3. derselbe: Gesetzmäßige Wechselbeziehungen zwischen Ozean und Atmosphäre in der zonalen Verteilung von Oberflächensalzgehalt, Verdunstung und Niederschlag. *Arch. f. Meteorologie, Ser. A*, Wien (1954). — 4. derselbe: Der Wasserhaushalt des Mittelländischen Meeres und der Ostsee in vergleichender Betrachtung. *Riv. Geofisica pura et applicata*, 21, Genua (1952). — 5. Brogmus, W.: Eine Revision des Wasserhaushalts der Ostsee. *Kieler Meeresforschungen* IX, 1 (1952). — 6. Krümmel, O.: *Handbuch der Ozeanographie*, Band I. Stuttgart (1907). — 7. Wüst, G.: Oberflächensalzgehalt, Verdunstung und Niederschlag auf dem Weltmeere, nebst Bemerkungen zum Wasserhaushalt der Erde. *Festschr. Nr. Krebs*, Stuttgart (1936). — 8. Kossinna, E.: Die Tiefen des Weltmeeres. *Veröff. Inst. f. Meereskunde N.F.R.A.* 9, Berlin (1921). — 9. Wüst, G.: Die Grenzen der Ozeane und ihrer Nebenmeere. *Beiheft Ann. d. Hydr. usw. Mai* 1939, Berlin (1939). — 10. derselbe: Die Grenzen und Namen der Ozeane und ihrer Nebenmeere (erweiterte Fassung von 9.). *Völker und Meere*, Leipzig (1944). — 11. Stocks, Th.: Statistik der Tiefenstufen des Atlantischen Ozeans. *Wiss. Erg. D. Atlant. Exp. „Meteor“* III, 2, Berlin (1938). — 12. Schott, G.: *Geographie des Indischen und Stillen Ozeans*. Hamburg, Taf. XXVII (1935). — 13. Sverdrup, H. U.: *The oceans. Their physics, chemistry and biology*. New York, Chart VI (1946). — 14. Böhnecke, G.: *Atlas zu Bd. V des „Meteor“-Werkes. Beilage XXVII ff.* Berlin (1936). — 15. Parr, A. E.: *Bull. Bingham Oceanographic Coll. V*, 1. u. 4 (1935 u. 1937). — 16. Helland-Hansen, Bj. u. Fr. Nansen: *The Norwegian Sea*, Bergen (1909). — 17. Hachey, H. B.: *Biological and oceanographic conditions in Hudson Bay. Contr. Canad. Biol. and Fish. N.S.* VII D Hydr. (1931). — 18. Smith, E. H., F. M. Soule u. O. Mosby: *Marion and General Greene expeditions to Davis Strait and Labrador Sea 1928—1935*. Washington (1937). — 19. Deacon, G. E. R.: *The Hydrology of the Southern Ocean. Discovery Reports XV*, Cambridge (1937). — 20. Shirshov, P. P.: *Oceanological observations. Compt. Rend. de l'Ac. d. Sciences* XIX, 8, Moskau (1938). — 21. Worthington, L. V.: *Oceanographic Results of Project Skijump I and Skijump II in the Polar Sea 1951—52*. *Trans. Am. Geophysical Union*, 34, 4 (1953). — 22. Anonym (B. Schulz): *Die Naturverhältnisse des Sibirischen Seeweges*. 2. Aufl. O.K.M. Berlin (1941). — 23. Schott, G.: Die Verteilung des Salzgehalts im Oberflächenwasser der Ozeane. *Ann. d. Hydr. usw. H. V*, Berlin (1928). — 24. Smed, J.: *Annual and Seasonal Variations in the Salinity of the North Atlantic Surface Waters. Rapp. et Proc. Verb.* 112, 78 (1943). — 25. Schott, G.: *Geographie des Atlantischen Ozeans*. Hamburg (1942). — 26. Möller, F.: *Vierteljahrskarten des Niederschlags für die ganze Erde. Petermanns Mitt.* 95, 1 (1951). — 27. Jacobs, W. C.: *The Energy Exchange between Sea and Atmosphere and some of its Consequences*. Univ. Calif. Press (1951). — 28. Wüst, G.: *Die Verdunstung auf dem Meere*. *Veröff. Inst. f. Meereskunde*, Berlin (1920). — 29. Reichel, E.: *Der Stand des Verdunstungsproblems. Ber. Dtsch. Wetterdienst U.S.-Zone Nr. 35* (1952). — 30. Dietrich, G.: *Kontinentale Einflüsse auf Temperatur und Salzgehalt des Oberflächenwassers. D. Hydr. Ztschr.* 3, 1/2 (1950). — 31. *World Atlas of Sea Surface Temperatures. Sec. Ed.* Hydrographic Office U.S. Navy, Washington 1944 (Reprint 1948). — 32. Dietrich, G.: *Über systematische Fehler in den beobachteten Wasser- und Lufttemperaturen auf dem Meere und ihre Auswirkung auf die Bestimmung des Wärmeumsatzes zwischen Ozean und Atmosphäre. D. Hydr. Ztschr.* 3, Hamburg (1950). — 33. *Monthly Ice Charts. Arctic Seas. Hudson Bay to Kara Sea. Met. Off. London* (1944). — 34. Kalle, K. und H. Thorade: *Tabellen und Tafeln für die Dichte des Seewassers (σ_t)*. Aus dem Archiv der D. Seewarte usw. 60 2, Hamburg (1940). — 35. Helland-Hansen, Bj.: *Nogen hydrografiska metoder. Skand. Naturforsker möte. Kristiania (Oslo)* 1916. — 36. Jacobsen, J. P.: *Contribution to the Hydrography of the North Atlantic. The „Dana“-Exp. 1921—22*. Copenhagen (1920). — 37. Defant, A. und G. Wüst: *Die Mischung von Wasserkörpern im System S = f(t)*. *Rapp. et Proc.-Verb.* 67, Kopenhagen (1930). — 38. Wüst, G. und A. Defant: *Schichtung und Zirkulation des Atlantischen Ozeans. Wiss. Erg. d. D. Atlant. Exp. „Meteor“*, Band VI, 1. Teil, Berlin (1936).