

Günter SCHLUNGBAUM und Henning BAUDLER

Die Vielfalt innerer Küstengewässer an der südlichen Ostsee - eine Übersicht von der Flensburger Förde bis zum Kurischen Haff

Teil 1: Entwicklungsgeschichte, Morphologie, Hydrologie und Hydrographie

Abstract

The postglacial processes 12.000 BP have result in the development of various types of coastal inland waters, including „Förden“ (Flensburg to Rostock), „Bodden“ (Ribnitz-Damgarten to Usedom/ Wollin) and „Haffe“ (Balticum). All these types differ in water depth, in exposition to the open sea and in size of the drainage basin.

Every single type features a distinct ecological situation, due to marked differences in water quality and salinity. The salinity varies greatly within and between the different types of coastal inland waters. Depending on their geographical position, heavy graduations of salinity in time and space have been observed.

1 Die Ostsee und die Vielfalt der Südküste

Die Entwicklung und heutige Prägung der Ostseeküstengewässer steht in engem Zusammenhang mit der Gesamtentwicklung der Ostsee. Die **Ostsee** gehört zu den größten und ökologisch interessantesten **Brackwassergebieten** der Erde. Über die Nordsee ist sie mit dem Atlantischen Ozean verbunden. Sie hat den Charakter eines Nebenmeeres, liegt im humiden Klimabereich und ist im weitesten Sinne mit Wassertiefen meistens geringer als 200 m Bestandteil des Schelfmeeres. Während die Nordsee schon vor 180 Millionen Jahren ein Schelfmeer war, entstand die Ostsee erst nach der letzten Vereisung vor ca. 12.000 Jahren. Noch vor 15.000 Jahren war ihr heutiges Gebiet vom Inlandeis bedeckt. Die Bereiche der südlichen Ostsee wurden vor 18.000 Jahren eisfrei. Während der nun einsetzenden Geschichte hat sich der Charakter dieses Meeres ständig verändert. Der heutige Brackwassertyp hat sich als **Lymnia – Meer** vor 4000 Jahren und der des **Myameeres** erst mit 1.500 Jahren entwickelt (GESSNER, 1957; KÖSTER, 1996). In diesem Zusammenhang spielen die **Salzgehaltsverhältnisse** eine besondere Rolle.

1.1 Die heutigen Salzgehaltsverhältnisse in der Ostsee

Für Brackwässer gilt die Einteilung nach dem **VENEDIG-System** (Tab. 1), die für die Ostsee charakteristischen Salzgehaltsverhältnisse reichen vom (limnischen) oligohalinen bis zum Polyhalinikum. Im Übergangsbereich zur Nordsee liegen die Salzgehalte im unteren Bereich des Euhalinikums.

Tabelle 1 VENEDIG-System der Brackwasserklassifikation

- PSU: praktische Salinitätseinheit
- vgl. CASPERS 1959a, 1959b

Bereich	PSU
• Süßwasser (limnisch)	< 0,5
• Brackwasser (mixohalin)	0,5 – 30
- (mixo)oligohalin	- 0,5 – 5
-- β-oligohalin	-- 0,5 – 3
-- α-oligohalin	-- 3 – 5
- (mixo)mesohalin	- 5 – 18
-- β-mesohalin	-- 5 – 10
-- α-mesohalin	-- 10 – 18
- (mixo)polyhalin	- 18 – 30
• Meerwasser (euhalin)	>30

Damit hat die Ostsee selbst den Charakter eines **Ästuars** moderner Definition, d.h. die Salzgehaltsverhältnisse überspannen in abgestufter Form den gesamten Brackwasserbereich (BOWDEN, 1963; CAMERON u. PRITCHARD, 1963 oder SCHLUNGBAUM u. BAUDLER, 1997) – Tab. 2.

Tabelle 2 Allgemeine Salzgehaltsverteilung in der Ostsee (ohne Extremwerte) in PSU

- Verschiedene Quellen

Ostseegebiet	Oberflächenschicht	Tiefenwasser
Beltsee	10 - 18	15 - 30
Arkonasee	7 - 12	12 - 21
Bornholmsee	7 - 8	15 - 17
Gotlandsee	6 - 8	10 - 13
Finnischer Meerbusen	4 - 6,5	5 - 8
Bottensee	4 - 6	6 - 7
Bottenwiek	3 - 4	3 - 5

Brackwasser ist immer eine unterschiedliche Mischung von Meerwasser mit Süßwasser. Aufgrund der durch den Salzwasseranteil erhöhten Dichte gegenüber salzärmeren Wassermassen kommt es in der Ostsee zu **Schichtungen** von salzrei-

cherem Tiefenwasser und salzärmeren Oberflächenwasser (vgl. auch Tab. 2). Die Ausbildung dieser Schichtungen hat für innere Küstengewässer nur Bedeutung wenn größere Wassertiefen vorliegen. Brackwassertypisch ist auch das Auftreten von **Ionenanomalien**, d.h. die für das Meerwasser charakteristischen konstanten **Ionenrelationen** unterliegen durch den Süßwassereinfluß größeren Abweichungen. Die größten Anomalieerscheinungen treten beim Calcium- und Bicarbonatanteil auf (u.a. KREMLING, 1996).

Über die abgestuften Salzgehalte lassen sich die Lebensräume im Brackwasser gut typisieren. Diese Brackwasserverhältnisse in einem dazu noch geologisch äußerst jungen Meeresraum wirken sich bis heute auf die **Artenvielfalt** und damit auf die **ökologische Stabilität** aus. Allgemein sind Brackgewässer durch eine große Artenarmut gekennzeichnet. REMANE (1952) und KINNE (1971) haben die Verteilung der Artenzahlen in Abhängigkeit vom Salzgehalt entsprechend Abb. 1 beschrieben. GERLACH (zitiert in FRIEDRICH, 1965) hat in diese Betrachtungen die Nematodenfauna einbezogen.

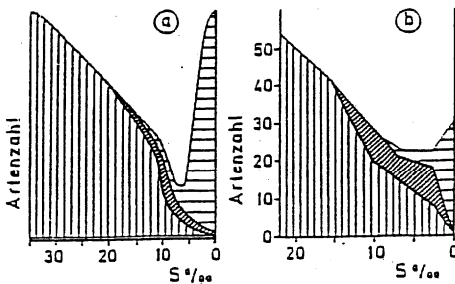


Abb. 1

Beziehungen zwischen Artenzahlen und Salzgehalten in der Hydrosphäre

a) nach REMANE, 1952, verallgemeinert von KINNE, 1971
b) nach Gerlach die Abhängigkeit der Nematodenfauna zitiert in FRIEDRICH, 1965

• aus: SCHNESE u. SCHLUNGBAUM; 1991

Die Artenzahlen sind im über viele hundert Millionen Jahre alten Weltozean und im ebenfalls uralten Süßwasser gegenüber dem Brackwasser sehr hoch. Die ökologischen Besonderheiten der Brackwässer zeigen speziell der faunistischen Elemente folgendes:

- einerseits verschwinden limnische Arten schon ab 3 PSU fast völlig,
- andererseits ist auch die marine Fauna bis 4 bis 7 PSU nur noch mit wenigen Arten vertreten.
- genuine **Brackwasserarten**, die ihre optimale Entwicklung unter Brackwasserbedingungen haben, sind aufgrund des jungen geologischen Alters dieses Gewässertyps nur in geringen Zahlen vertreten (in Abb. 1 schräg schraffiert).

Die unter Brackwasserbedingungen vorkommenden Arten sind meist **euryplastisch**, d.h. sie besitzen gegenüber Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoffbedingungen usw. hohe aber unterschiedliche Toleranzgrenzen. Brackgewässer sind also **ökologisch hochempfindliche Systeme**. Die aktuellen Salzgehalte haben eine besonde-

re **ökologische Steuerfunktion**. Diese ist entlang am **Salzgehaltsgradienten** der Ostsee und damit auch für jedes Küstengewässer sehr unterschiedlich.

1.2 Die unterschiedlichen Küsten- und Küstengewässertypen im Bereich der südlichen Ostsee

Für die Betrachtung der räumlich unterschiedlichen morphologischen Gestalt der inneren Küstengewässer ist eine nähere Untersuchung der Küstenformen und ihrer Morphogenese erforderlich. Die Charakteristik der vielseitig an der Ostsee verbreiteten Küstengewässer besteht nicht nur durch die räumlich unterschiedlich gegebenen hydrographischen Bedingungen. Ein einzigartiges Zusammenwirken von mehreren Faktoren der Morphologie, der Dynamik und später auch der Ökologie hat im Laufe der Geschichte der Ostsee nach der Eiszeit zum heutigen Erscheinungsbild beigetragen. Nach LAMPE (1996) gehören hier zu den bedeutendsten Faktoren:

- Art und Lagerung des die Küsten aufbauenden Gesteins,
- Erhaltung geologisch alter und Entstehung erdgeschichtlich sehr junger Reliefformen, auch in unterschiedlicher Kombination,
- Relative Bewegungen der Küste gegenüber dem Meeresspiegel, für den Bereich der südlichen Ostsee insbesondere der holozäne Meeresspiegelanstieg.

Für die gesamte südliche Ostseeküste von der dänischen Grenze bis nach Rußland ist das Vorherrschen von glazigenem Moränenmaterial, welches vom Inlandeis in unterschiedlich hoher Lage gegenüber dem heutigen Meeresspiegel akkumuliert wurde, von Bedeutung. **Endmoränen** und auch viele **Grundmoränen** liegen deutlich höher als der Meeresspiegel. Dagegen sind Gletscherzungenbecken und Schmelzwassertäler im unterschiedlichen Maß im Zuge des **pleistozänen Meeresspiegelanstiegs** überflutet wurden. Im Ergebnis dieses teilweise Erstickens der Moränenlandschaft wurden nicht nur überflutete Kernländer durch den Meereseinfluß der Abtragung ausgesetzt, sie wurden teilweise auch erheblich zurückverlegt. Als Küstenform herrscht so die Steilküste vor. Das entstandene und auch heute noch entstehende Abbruchmaterial wurde und wird mit der Strömung umverteilt und wieder abgelagert. Erfolgt diese Ablagerung in Buchten, kann es zu deren Auffüllung kommen und der Küstenverlauf ist dann eine Form der **Ausgleichsküste**. Oder über vom Kernland vorgeschobene Sandhaken entsteht durch den weiteren Materialtransport die Haken- oder **Nehrungsküste** (Abb. 2).

Mit diesen Prozessen ist meistens eine Abgrenzung von Meeresteilen verbunden, die dann den Typ der inneren Küstengewässer bilden. Für die südliche Ostsee sollen hier die folgende Küstentypen unterschieden werden:

- **Fördenküste:** Die Förden sind überflutete, schmale und tiefe Zungenbecken im ehemaligen Glazialrelief. Landseitig werden sie von Endmoränen umrahmt. Allgemein bleibt dabei der Küstenausgleich gering (Flensburger Förde, Kieler Förde). Von aufragenden Moränen kann aber auch Abbruchmaterial Buchten abriegeln (z.B. Schlei). Zu den Förden sind auch die Untertrave und die Unterwarnow zu zählen, die aber durch die vorgenommenen Vertiefungen der Fahrwässer starke anthropogene Prägung zeigen.

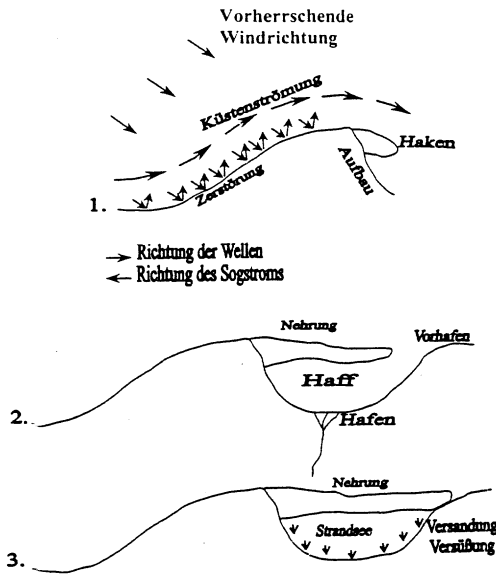


Abb. 2 Bildung einer Haff-Nehrungs-Küste
(=Ausgleichsküste)
1: Materialtransport und Hakenbildung
2: Haff- und Nehrungsbildung
3: Übergang zum Strandsee

- **Boddenküste:** Hier ist der Grad des Küstenausgleichs wesentlich größer. Die Bodden in Vorpommern sind breite, aber flache Gletscherzungenbecken oder auch tieferliegende Grundmoränen, die vom Meer bis an die sie umgebenden Hochlagen überflutet wurden, wobei in der ersten Phase Inselkerne (Archipel) entstanden. Mit der Verlangsamung der Transgression vor ca. 6.000 Jahren setzte, ausgehend vom Kernland oder den Inseln, die Bildung von sanft geschwungenen Haken und Nehrungen ein (vgl. Abb. 2), wodurch die Inseln miteinander verbunden wurden. Dabei kam es zur weitgehenden Abriegelung der vorher überfluteten Becken (Darß-Zingster Bodden, Rügener Binnenbodden). Zum Meer zugewandt entstand eine andere Form der Ausgleichsküste. Insgesamt

liegt der Typ der Doppelküste vor. Die Uferzonen der flachen Innengewässer unterliegen der stärkeren Verlandung. Das Oderhaff/Stettiner Haff ist mit den beiden Inselkernen Usedom und Wollin eigentlich ein typischer Bodden.

- **Haff-Nehrungsküste:** Diese Küstenform steht in enger Verwandtschaft zur Boddenküste. Sie tritt am formvollendetsten an den 3 großen Haffen von Weichsel, Nogat/Pregel und Memel mit den dazugehörigen enormen Sandakkumulationen der Putziger (Hel), Frischen und Kurischen Nehrung auf (Abb. 2). Die gewaltigen Sedimentmengen die zum großen Teil aus dem Abbruch benachbarter Kliffe aber auch aus den Frachten der einmündenden Flüsse stammen, wurden nicht nur für den Aufbau und Vortrieb der Nehrungssockel (z.B. Halbinsel Hel mit ca. 60 m mächtigen litorinzeitlichen Ablagerungen) verwendet. Durch Windentwicklung entstanden auch ausgedehnte Dünenmassive (z.B. Kurische Nehrung bis 70 m hoch). Damit stellt die Haff-Nehrungs-Küste zugleich eine **Dünenwalküste** dar. Durch das Wachsen der Nehrungen sind z.B. das Frische und das Kurische Haff bereits weitgehend vom Meer abgetrennt worden.

Weitere Küstentypen an der südlichen Ostsee sind die **Ausgleichsküste** in Nordpolen und die **Deltaküste** im Weichselmündungsgebiet. Bei der ersteren ist der Küstenausgleichprozeß so weit fortgeschritten, daß ehemalige Meeresrandgewässer schon lange als abgetrennte Strandseen existieren. Dagegen stellt die **Deltaküste** einen besonderen morphologischen Küstentyp dar. Deltas wurden von viel Sediment führenden Flüssen als breiter Übergangsraum zwischen Land und Meer mit Schwemminseln, verlandenden Altwässern und Restseen gebildet. Im Stettiner Haff hat sich im Swinegebiet die besondere Form des Rückflußdeltas gebildet (Kap. 3.10, Abb. 22).

Diese in den einzelnen Bereichen der südlichen Ostsee unterschiedlich aufgetretenen noch immer auftretenden Prozesse der **Küstendynamik** hat zur Herausbildung von drei charakteristischen Formen von **inneren Küstengewässern**, den **Förden, Bodden und Haffen** geführt.

2 Förden - Bodden - Haffe an der südlichen Ostseeküste

Die so in der nacheiszeitlichen Entwicklung entstandenen unterschiedlichen Typen innerer Küstengewässer zeigen hinsichtlich

- ihrer inneren Morphologie und der Gestaltung des Überganges zur offenen Ostsee
- ihrer Hydrologie, zusammengefaßt als Wasserhaushaltsbilanz
- ihrer Hydrographie (Salzgehaltsverhältnisse) nach Raum und Zeit

große Unterschiede, die nicht nur durch die geographische Lage am Südrand der Ostsee gegeben sind, aber ökologisch zu teilweise ganz unterschiedlichen Lebensräumen geprägt wurden. Letztlich ist jedes innere Küstengewässer ein Unikat in der Ostseelandschaft.

Bei aller Unterschiedlichkeit gibt es eine geographische Ordnung =

- westlicher Teil - **Förden** zwischen Flensburger Förde und Unterwarnow
- mittlerer Teil - **Bodden** zwischen Darß-Zingst und Stettiner Haff / Oderhaff
- östlicher Teil - **Haffe** im Raum von Polen bis zum Baltikum

Mit Abb. 3 wird die Lage der im Rahmen dieses Beitrages dargestellten inneren Küstengewässer skizziert.

Die wichtigsten geographischen, morphologischen und hydrologischen Angaben können der Tab. 3 entnommen werden.

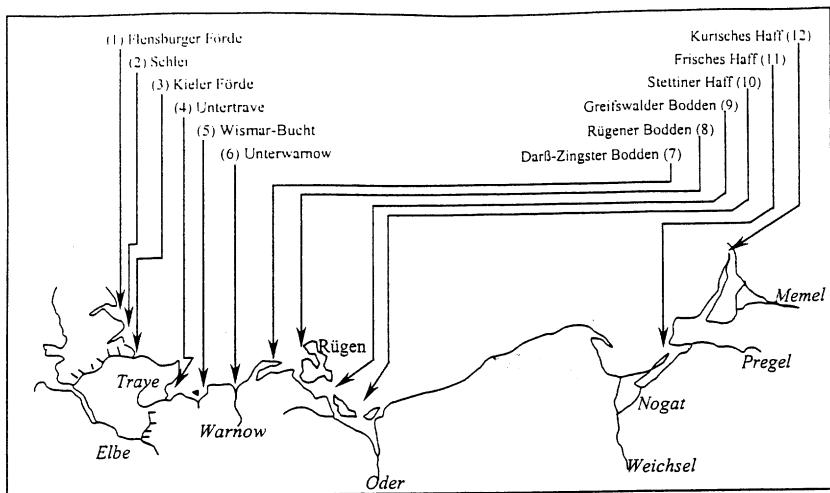


Abb. 3 Lageskizze der Förden, Bodden und Haffe im südlichen Ostseeraum

Tabelle 3 Wichtige morphologische und hydrologische Charakteristika für ausgewählte innere Küstengewässer an der südlichen Ostseeküste

- verschiedene Quellen, zusammengefaßt bei SCHLUNGBAUM u. BAUDLER, 2000 bzw. HELCOM 70|1998
- Bemerkung: Zuflüsse in Deutschland ab 50 km²-Einzugsgebiet

Gewässer/Nebengewässer Geographische Lage	Fläche F (km ²)	Tiefe		Wasser- volumen (10 ⁶ m ³)	Einzugsgebiet (ohne Wasserflächen)	
		mittel (m)	max (m)		Fläche (km ²)	bedeutende Zuflüsse (EZG + Abfluß)
Schleswig-Holstein						
- Flensburger Förde da- von:	ca.330 ca.220	-	38 18-	4.940 3.400	327	-
•Binnenförde/Mittelförde	54	20	13	60	620	Füsinger Au 243 km ² 14 m ³ /s
- Schlei (incl. Haddebyer und Selker Noor)		ca. 3				Hüttener Au 63 km ² 0,9 m ³ /s Koseler Au 55 km ² 0,8 m ³ /s Schwentine 714 km ² 4,3 m ³ /s (Nord-Ostsee-Kanal)
- Kieler Förde		11-15	(23)			

Gewässer/Nebengewässer Geographische Lage	Fläche F (km ²)	Tiefe		Wasser- volumen (10 ⁶ m ³)	Einzugsgebiet (ohne Wasserflächen)	
		mittel (m)	max (m)		Fläche (km ²)	bedeutende Zuflüsse (EZG + Abfluß)
- Untertrave					1.807	Trave 726 km ² 11 m ³ /s Wakenitz 270 km ² 2,7 m ³ /s Schwartau 223 km ² 2,2 m ³ /s Stepenitz 701 km ² 3,7 m ³ /s
dazu Dassower See EZG Meckl.-Vorpommern	(8)	(2-3)	(4,5)			
Mecklenburg-Vorpommern						
- Wismar – Bucht (incl. Breitling und Salzhaff)	169	ca. 6	12,1	1.014	1.059	Wallensteingraben (Abfluß Schweriner See) 156 km ² 0,8 m ³ /s Hellbach 210 km ² 1,5 m ³ /s Warnow 2.982 km ² 15 m ³ /s Peezer Bach 52 km ² 0,4 m ³ /s Recknitz 669 km ² 3,8 m ³ /s Barthe 292 km ² 1,6 m ³ /s Körkwitzer Bach 100 km ² 0,6 m ³ /s Saaler Bach 63 km ² 0,3 m ³ /s
- Unterwarnow	12,5	4	11	46,6	3.222	
- Darß – Zingster Bodden	197	ca. 2	16,5	397	1.578	
- Rügener Binnenbodden	159	ca. 3,5	10,3	553	312	
- Bodden Rügen/ Hidden- see	171	1,8	7,6	300		
- Strelasund	64,6	3,9	16	253	238	Prohner Bach 72 km ² 1,0 m ³ /s
- Greifswalder Bodden	510	5,8	13,5	2.960	665	Ryck 231 km ² 1,0 m ³ /s Ziese 115 km ² 0,5 m ³ /s Peene 5110 km ² 24 m ³ /s (Trebel/Tollense)
- Peenestrom, incl. Ach- terw. (= westl. Abfluß Oderhaff)	164	2,6	16	429	5.772	
Deutschl./Polen/Baltikum						
- Stettiner Haff/Oderhaff	660	3,4	8,5	3.310	122.712	D: Uecker 2.401 km ² (Randow) 7,8 m ³ /s Zarow 748 km ² 2,8 m ³ /s P: Oder 118.861 km ² 574 m ³ /s Nogat, Pregel, Passar- ge Memel 97.920 km ² (Neman) 664 m ³ /s
- Frisches Haff	838	2,6	5,0	2.300	23.439	
- Kurisches Haff	1.610	3,7	7,4	6.200	100.458	

Aus der Tab. 3 ist ersichtlich, daß die Größe der inneren Küstengewässer an der ca. 1000 km langen Südküste von etwa 50 km² bis zu 1600 km² reicht. In Abhängigkeit von den Tiefenverhältnissen ergeben sich auch große Unterschiede in den Wasservolumina. Gleiches kann von den Einzugsgebieten und von der Größe der einmündenden Flüsse festgestellt werden. Für die ökologische Prägung der einzelnen Gewässer ist zusätzlich von Bedeutung, daß die Abstufung der genannten Kriterien nicht parallelisiert sind. So reichen z.B. die Verhältnisse von Einzugsgebietgröße zur Gewässergröße von ca. 1 bis ca. 260 (vgl. Tab. 4), was wiederum für die Widerspiegelung von Nutzungen im Einzugsgebiet für die Gewässer von wesentlichem Einfluß ist.

Tabelle 4 Verhältnis der Einzugsgebietgröße zur Gewässerfläche für ausgewählte Küstengewässer nach Tab. 3 / geordnet nach Verhältniszahl

Gewässer	F: Einzugsgebiet	F: Gewässer	Verhältnis
• Flensburger Förde	327 km ²	330 km ²	1,0
• Greifswalder Bodden	665 km ²	510 km ²	1,3
• Rügener Binnenbodden	312 km ²	159 km ²	2,0
• Wismar Bucht	1.059 km ²	169 km ²	6,3
• Darß-Zingster Bodden	1.578 km ²	197 km ²	8,0
• Schlei	630 km ²	54 km ²	11,5
• Frisches Haff	23.439 km ²	838 km ²	28,0
• Peenestrom (ohne Einfluß Oderhaff)	5.772 km ²	164 km ²	35,2
• Kurisches Haff	100.458 km ²	1.610 km ²	62,0
• Stettiner Haff	122.712 km ²	660 km ²	186
• Unterwarnow	3.222 km ²	12,5 km ²	258

Danach ergibt sich für die Unterwarnow eindeutig die ungünstigste Situation aus der Wirkung des Einzugsgebietes. Ähnliche Verhältnisse sind bei der Untertrave zu erwarten. Für den Greifswalder Bodden gibt es kaum eine Einzugsgebietwirkung.

2.1 Stark differenzierte Wasserhaushaltsbilanzen in den inneren Küstengewässern

Neben der unterschiedlichen Entwicklungsgeschichte und der damit zusammenhängenden verschiedenartigen Morphologie ist der Wasserhaushalt in seiner starken Differenzierung nach Raum und Zeit ein wichtiges und grundlegendes Element für die Ökosystemstruktur und Ökosystemdynamik. Der **Süßwasserzufluß** in seiner Größe und Verteilung und der in Abhängigkeit von der Morphometrie mit der jeweils vorgelagerten Ostsee stattfindende Wasseraustausch, als **Einstrom** und **Ausstrom** bezeichnet, bestimmen nicht nur die Salzgehaltsverhältnisse, sondern insgesamt die meisten Biotopfaktoren.

Das Spektrum reicht von sehr großen Süßwasseranteilen an der Wasserbilanz aus unterschiedlich großen Einzugsgebieten bis zu sehr kleinen, vgl. Tab. 1 bzw. Tab. 4. Direkte **Niederschlagseinträge** spielen mit Ausnahme bei den Rügener Binnenbodden und dem Greifswalder Bodden nur eine untergeordnete Rolle.

Die **Wasserhaushaltsbilanzen** der Förden, Bodden und Haffe berücksichtigen folgende Größen:

- Wassergewinn pro Zeiteinheit: $F + E + N$
- Wasserverlust pro Zeiteinheit: $A + V$

(F = Flußwasserzufuhr, E = Einstrom von der Ostsee, A = Ausstrom zur Ostsee, N = Niederschlag, V = Verdunstung – alle pro Zeiteinheit).

Über längere Zeiträume ist die Bilanz zwischen Wassergewinn und Wasserverlust ausgeglichen. In ein inneres Küstengewässer können ein oder mehrere Flußsysteme münden (vgl. auch Tab. 3). Für die Gewässerstruktur ist so nicht nur die Größe des Flußwasseranteils, sondern auch die Verteilung der Flußsysteme von Bedeutung. Der Wasseraustausch mit der Ostsee oder auch der über Verzweigungen kann sich sowohl in der Menge als auch in der Verteilung sehr unterschiedlich vollziehen. Der Übergang zur Ostsee kann entweder über eine flache Schwelle erfolgen oder geht mit zunehmender Tiefe allmählich in das Ostseegebiet über. Im letzteren Fall kann auch salzreiches Tiefenwasser aus der vorgelagerten Ostsee in die Küstengewässer gelangen. So können bezüglich des Wasserhaushaltes 3 **hydrologisch/morphologische Typen** für innere Küstengewässer an der südlichen Ostsee unterschieden werden (Abb. 4).

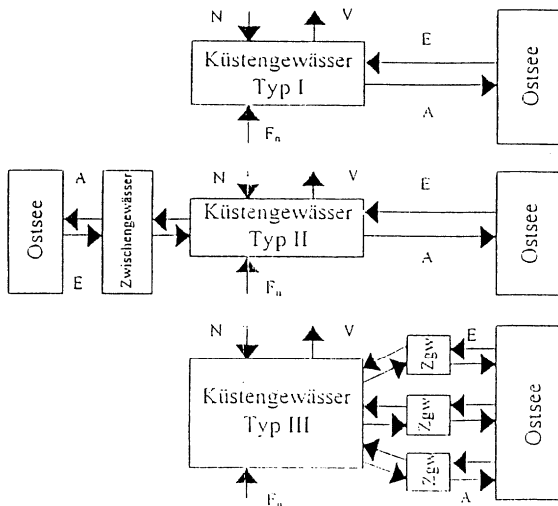


Abb. 4 Hydrologisch-morphologische Küstengewässertypen an der südlichen Ostsee (Zgw = Zwischengewässer / Übergangszonen z.B. Peenestrom, Swine, Dievenow am Stettiner Haff)

F_n = in alle Typen können bis zu n kleinere oder größere Flüsse münden

Küstengewässertypen

- **Typ Ia:**

(Gewässer mit größeren Wassertiefen und einer tieferliegenden Ostsee-Verbindung)

- **Flensburger Förde**
- **Kieler Förde**
- **Untertrave** (mit Einschränkungen)
- **Unterwarnow** (mit Einschränkungen)

- **Typ Ib:**

(Gewässer mit einer geringen Wassertiefe und einer etwas tieferliegenden Ostsee-Verbindung, in der Regel eine flache Schwelle)

- **Schlei**
- **Darß-Zingster Bodden**
- **Rügener Binnenbodden**
- **Frisches Haff**
- **Kurisches Haff**

- **Typ II:**

(mindestens zwei Ostseeverbindungen, wobei Zwischengewässer eingelagert sein können, unter bestimmten Bedingungen des Wasseraustausches können Durchflusssituationen entstehen)

- **Wismar Bucht:** Durch die Insel Poel ist der Zugang zur Ostsee zweigeteilt, einmal westlich Poel und einmal über den Breitling östlich Poel (Nebengewässer: Salzhaff)
- **Westrügener Bodden:** Eine Ostsee-Verbindung besteht am Süden der Insel Hiddensee (Gellenstrom) und eine am Nordende der Insel (Libben). Durch den Strelasund ist prinzipiell eine dritte aber indirekt liegende Verbindung möglich. Hier liegt aber dem Strelasund nachgeschaltet der Greifswalder Bodden. Als Rückstaugebiet der Westrügener Bodden können die Rügener Binnenbodden dienen.
- **Greifswalder Bodden:** Eine große Öffnung zur Ostsee besteht auf der Ostseite des Boddens und eine über den 26 km langen Strelasund (Westrügener Bodden) im Westen. Die Zweiteilung ist hier durch die Lage der Insel Rügen gegeben.

- **Typ III:**

Das einzige Beispiel ist mit dem **Stettiner Haff (Oderhaff)** –vgl. Abb. 22 gegeben. Durch die Inseln Usedom und Wollin wird die Haff-Verbindung mit der Ostsee über den langgestreckten **Peenestrom** (Achterwasser als Nebengewässer), die Swine, bzw. den Swinekanal und die ebenfalls langgestreckte Dievenow hergestellt.

Für ausgewählte Küstengewässer liegen längerzeitige Meßreihen für die Wasserhaushaltsbilanzen vor (Tab. 5).

Die weitaus größten Flußwasserzufuhren verzeichnen die drei großen Haffe (Stettiner-, Frisches- und Kurisches Haff). Für den Greifswalder Bodden und die Rügener Binnenbodden ist der Süßwasserzufluß aus dem Einzugsgebiet wesentlich kleiner als der Niederschlag. Der größte Einstrom von Ostseewasser wird dort ermittelt, wo große Öffnungen zur Ostsee bestehen (Greifswalder Bodden, Frisches Haff und Stettiner Haff). Zu dieser Gewässerkategorie sind auch die Flensburger und die Kieler Förde zu zählen. Selbst beim Frischen Haff mit einem relativ großen

Süßwasserzufluß überwiegt der Einstrom von Ostseewasser noch erheblich. Bei Gewässern mit relativ kleinen Süßwassereinträgen wird die Variabilität des Wasserhaushaltes durch die Austauschverhältnisse mit der Ostsee bestimmt (vgl. Tab. 5).

Entsprechend verhalten sich die Wassererneuerungsraten (WE in Tab. 6). Durch die Größe der Wasservolumina (Tab. 3) können erhebliche Differenzierungen beim Bezug der Wassererneuerung auf Flußwasserzufuhr oder die Austauschverhältnisse mit der Ostsee auftreten.

Tabelle 5 Mittlere Wasserhaushaltsbedingungen in ausgewählten Küstengewässern der südlichen Ostsee

- Quellen: (a) Kommission Flensburger Förde, 1980;
(b) NELLEN, 1974; (c) KÄNDLER, 1953;
(d) CORRENS, 1979 – ergänzt durch MERTINKAT, 1994;
(e) MIKULSKI, 1966

Küstengewässer	Typ	Datenreihe (Quelle)	(10 ⁹ m ³ a ⁻¹)						(%)	
			Wassergewinn			Wasser- verlust		Wasser- gewinn Σ = 100		Was- ser- verlust Σ = 100
			F	E	N	A	V	F	E	A
- Flensburger Förde	I	- (a)	0,21	-	-	-	-	-	-	-
- Schlei	I	- (b)	0,18	-	-	-	-	-	-	-
- Untertrave (ohne Dassower See)	I	- (c)	0,40	-	-	-	-	-	-	-
- Unterwarnow	I	1966-93 (d)	0,62	0,94		1,55		39,4	60,0	99,4
- Darß-Zingster- Bodden	I	1966-98 (d)	0,29	2,76	0,10	3,03	0,14	9,8	86,7	96,1
- Rügener Binnenbodden	I	1966-93 (d)	0,04	3,36	0,08	3,38	0,08	1,0	96,8	97,6
- Greifswalder Bodden	II	1966-93 (d)	0,11	34,62	0,2	34,71	0,31	0,3	98,9	99,1
- Stettiner Haff	III	1951-60 (e)	15,05	7,56	0,53	22,37	0,77	65,1	32,6	96,7
- Frischer Haff	I	1951-60 (e)	3,62	8,28	0,50	11,78	0,62	29,3	66,7	95,0
- Kurisches Haff	I	1951-60 (e)	22,12	1,93	1,15	24,52	0,68	87,8	7,6	97,3

Die theoretische Wassererneuerung durch Flußwasser ist in der Unterwarnow am größten. Es folgen die drei großen Haffe. Bei den übrigen in Tab. 6 genannten Gewässersysteme liegt die Wassererneuerung pro Jahr zwischen 0.04 und 0.7 mal pro Jahr.

Auch beim Bezug auf den Ostseewassereintrag steht die Unterwarnow mit 20.2 mal pro Jahr weit an der Spitze. Die Verhältnisse in der Untertrave dürften ähnlich sein. Die Folge ist, daß in der Unterwarnow die größten Gradienten in der Verteilung der Wasserkörper über das ganze Gewässer zu erwarten sind. Dagegen sind Gradienten zwischen Süßwasser und Ostseewasser im Kurischen Haff auf den unmittelbaren Mündungsbereich konzentriert, was wiederum mit der Ausweisung des Charakters einen Binnensees übereinstimmt.

Tabelle 6 Durchschnittlicher jährlicher Wasseraustausch (WE = Wassererneuerung) bezogen auf die Hauptbilanzglieder F, E, A

- Gewässer zwischen Unterwarnow und Kurischem Haff
- Synthese aus Tab. 1 und Tab. 4

Küstengewässer	Typ	Wasservolumen 10^6 m^3	Flußwasserzufuhr		Einstrom		Ausstrom	
			$10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$	WE/a	$10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$	WE/a	$10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$	WE/a
- Unterwarnow	I	46,6	620	13,3	940	20,2	1.550	33,3
- Darß-Zingster-Bodden	I	397	294	0,7	2.756	6,9	3.029	7,6
- Rügener Bodden	I	553	40	0,07	3.360	6,1	3.380	6,1
- Greifswalder Bodden	II	2.960	110	0,04	34.620	11,7	34.710	11,7
- Stettiner Haff	III	3.310	15.050	4,5	7.560	2,3	22.370	6,8
- Frisches Haff	I	2.300	3.620	1,6	8.280	3,6	11.780	5,1
- Kurisches Haff	I	6.200	22.120	3,6	1.930	0,3	24.520	4,0

2.2 Salzgehaltsverhältnisse in den inneren Küstengewässern

Die Salzgehaltsverhältnisse in den inneren Küstengewässern der Ostsee sind stark abhängig von den jeweiligen **Wasserhaushaltsbedingungen**, d.h. außer dem Einfluß des **Süßwassereintrages** bestimmen die **Wasseraustauschprozesse** mit der Ostsee die grundlegende Verteilung der Wasserkörper. Dabei spielen die morphologischen Daten eine wichtige Rolle. Von besonderer Bedeutung sind die Salzgehaltsverhältnisse in der jeweils vorgelagerten Ostsee (Kap. 1.1), so wie die Ostsee enthalten die **Förden, Bodden und Haffe** auch **Brackwasser**, wobei die Abstufungen vom Süßwasser bis zum Salzgehalt der vorgelagerten Ostsee umfassen. Also auch die inneren Küstengewässer entsprechen der **Ästuardefinition** wie sie unter 1.1 bereits diskutiert wurde.

In der Tabelle 7 sind die einzelnen inneren Küstengewässer mit ihren durchschnittlichen Salzgehalten entlang dem Salzgradienten der vorgelagerten Ostsee aufgeführt.

So sind auch für die inneren Küstengewässer große raum- / zeitliche Variabilitäten bezüglich des Salzgehaltes und der Salzgehaltsverteilung zu diskutieren. Die nachfolgende Übersicht demonstriert zusammenfassend die Verhältnisse zwischen den einzelnen Küstengewässern und der unmittelbar beeinflussenden Ostsee. Für diesen Vergleich wurden u.a. die folgend aufgeführten weiteren Kriterien berücksichtigt:

- bei tieferen Gewässern eine Differenzierung des Salzgehaltes nach Oberfläche (O) und Tiefe (T),
- das Vorhandensein einer Bodenschwelle im Übergangsbereich zur Ostsee,
- das mögliche Auftreten einer Schichtung.

Tabelle 7 Charakteristische Salzgehaltsdifferenzierungen für die inneren Küstengewässer entlang am Salzgehaltsgradienten der Ostsee

• Angaben in PSU

O = Oberfläche T = Tiefe KS = keine Schichtung

Salzgradient Ostsee (Oberfläche) PSU	Küstengewässer mit max. T. bzw. Tiefe am Übergang zur Ostsee	Bodenschwelle + / -	PSU	vorgelagertes Teilgebiet der Ostsee mit Salzgehalt	Ostsee-Großraumgebiet mit Salzgehalt
15 - 23 ↓	Flensburger Förde (bis 38 m tief)	-	O = 15 - 22 T = 20 - 38	Beltsee O = 15 - 23 T = 20 - 28	Beltsee O = 15 - 23 T = 20 - 28
↓	Schlei (Senken bis 13 m)	+	O = 5 - 9 T = 10 - 16	Kieler Bucht O = 13 - 20 T = bis 25	↓
13 - 20 ↓	Kieler Förde (Senken bis 20 m)	+	O = 15 - 22 T = 20 - 25	- " -	
↓	Untertrave (10 bis 18 m)	-	O > 0,5 - 12 T = 13 - 18	Lübecker Bucht O = 13 - 15 T = bis 25	
13 - 15 ↓	Wismar Bucht (ohne Salzhafl) (Senken bis 10 m)	+	O = ~ 11 T = bis 24	Mecklenb. Bucht O = ~ 11 T = bis 25	↓
11 ↓	Unterwarnow (bis 15 m)	-	O = 0,5 - 18 T = bis 20	- " -	
7 - 12 ↓	Darß - Zingster Bodden	+	O/T = 0,5 - 12 KS	Arkonasee O = 7 - 12 T = 12 - 21	Arkonasee O = 7 - 12 T = 12 - 21
↓	Westrügener Bodden (7 bis 8 m)	-	O/T = 8 - 10 KS	- " -	↓
↓	Rügener Binnenbodden (o. Kleinen Jasmunder B.) (bis 10 m tief)		O/T = 7 - 11 KS	- " -	
↓	Greifswalder Bodden (bis 13 m)	+	O/T = 6 - 8 KS	Oderbucht 7 - 9	
7 - 9 ↓	Stettiner Haff (ohne Peenestrom) (bis 8 m)	Ost + West	O/T = 0,5 - 5 KS		↓
↓	Frisches Haff (bis 5 m)	-	O/T = 0,5 - 7 KS	östl. Gotlandsee O = 6 - 8 T = 6 - 8	ö. Gotlands. O = 6 - 8 T = 6 - 8
6 - 8 ↓	Kurisches Haff (bis 7 m)	-	O/T = 0,5 - 5 KS		↓

3 Fallstudien für ausgewählte innere Küstengewässer der südlichen Ostsee (entsprechend Abb. 3)

3.1 Flensburger Förde (in Abb. 3 = Nr. 1)

– vgl. auch Abschnitt Fördenküste in Kap. 2

– Quellen und weiterführende Literatur:

BABENERD und ZEITZSCHEL (1985), Gemeinsames Komitee Flensburger Förde (1974) (1980), GRIPP (1949), KÄNDLER (1953) (1956) (1963), KÖSTER (1958), SCHLUNGBAUM (2000)

Das Relief der Flensburger Förde ist eine typisch eiszeitlich entstandene und tief in das Land eingeschnittene Talrinne (Abb. 5), die mit dem Meeresspiegelanstieg überflutet wurde.

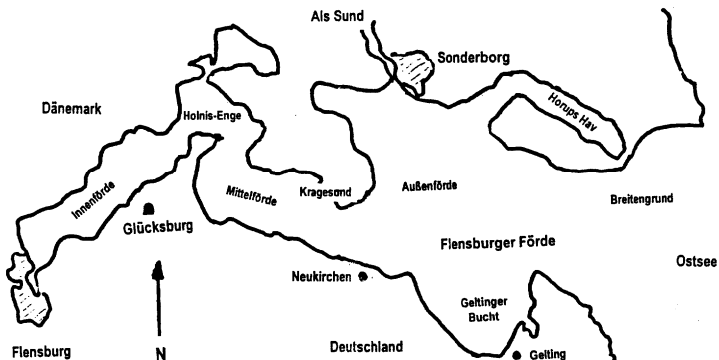


Abb. 5 Skizze der Flensburger Förde

Gliederung:

- Innenförde oder Schwellenförde: Flensburg bis Holnis
- Holnis-Enge mit einer auf 10m aufragenden Schwelle
- Mittelförde: Holnis-Enge bis Neukirchen / Kragesand
- Außenförde: eigentlich Charakter einer Ostseebucht

Für die Abgrenzung der Förde werden verschiedene Meinungen diskutiert. In den großen Abmessungen reicht die Förde von Flensburg bis zum Übergang zur Ostsee am Breitengrund und umfaßt eine Fläche von ca. 330 km² mit einem Wasservolumen von ca. 4.940 x 10⁶ m³. in einer anderen Betrachtung reicht der eigentliche Fördencharakter etwa bis zur Linie Neukirchen – Kragesand. Die dem Meer zugewandten Teile (=Außenförde) entsprechen mehr den Bedingungen einer Bucht, wobei auch

hier kleinere Förden als Nebengewässer zu finden sind. Das innere Gebiet zwischen Flensburg und Holnis-Enge wird als **Innenförde** bezeichnet. Sie ist eine **Schwellenförde**, die nach außen über eine 1,3 km breite Öffnung mit Tiefen von ca. 10 m mit der **Mittelförde** in Verbindung steht. Die größten Tiefen der Innenförde betragen 18 – 20 m und die Breite allgemein 3 km. Die Innenförde hat ein Wasservolumen von ca. $300 \times 10^6 \text{ m}^3$, davon liegen 13 % unter einer Wassertiefe von 10 m. Das Gebiet Holnis-Enge bis Neukirchen / Kragesand ist dann der übrige Teil der eigentlichen Förde und wird als **Mittelförde** bezeichnet. Bei 43 km^2 Oberfläche beträgt hier das Wasservolumen $600 \times 10^6 \text{ m}^3$. Im Unterschied zur Innenförde ist hier eine zunehmende Tiefe in Richtung Kragesand zu verzeichnen. Sie erreicht hier 30 m. Der sich anschließende Teil der **Außenförde** (ca. 140 km^2) erreicht dann in der Höhe Horup Hav die Wassertiefe von 38 m. Über den **Als Sund** im Norden besteht eine weitere Verbindung (Fjord-Charakter) zum kleinen Belt.

Der **Wasseraustausch** in der Flensburger Förde / Flensburger Bucht ist weitgehend von **Strömungen** und den **Wasserständen** in der westlichen Ostsee (Beltsee) abhängig. Salzgehalt und Wassertemperatur sind einer Jahresschwankung unterworfen. Durch aktuelle meteorologische Bedingungen sind kurzzeitige Fluktuationen möglich.

Zum Teil handelt es sich hierbei um Schwankungen im **Salzgehaltsniveau** der ganzen Förde und z.T. aber auch um Schwankungen der Salzgehaltsverteilung über die Tiefe. Der Wasserstand variiert in ruhigen Perioden noch mit der Gezeitenbewegung gleichmäßig über die ganze Förde. Bei unbeständiger Witterung können bei NO-Winden Wasserstände bis 3,1 m über normal und bei SW-Winden bis 2,5 m unter normal registriert werden. Solche Wasserstandsschwankungen haben sehr großen Einfluß auf die Einstrom- und Ausstrombedingungen. Die **Süßwasserzufuhr** zur Förde ist äußerst gering und hat so nur einen äußerst geringen Einfluß auf die Wasserhaushaltsbilanz und die Salzverhältnisse. In den Sommermonaten ist die Verdunstung größer als die gesamte Süßwasserzufuhr. Häufig können aufgrund der Salzgehaltgradientenbildung in der vorgelagerten Ostsee Dichteströmungen in Bodennähe auftreten. Geschwindigkeiten bis 43 cm/s sind gemessen worden. In der Innenförde tritt eine Sprungschicht in etwa 10 m Tiefe für 30 – 40 % der Jahreszeit auf. Aufgrund der Bodenschwelle bei Holnis kann das Bodenwasser bis zu 5 Wochen stagnieren, was wieder bei den vorhandenen Gewässerbelastungen einen erheblichen Einfluß auf die Gewässerqualität hat. In Abb. 6 sind charakteristische Temperatur- und Salzgehaltsverteilungen für die Flensburger Förde (Juni, September und Dezember 1973) dargestellt. Mit 18 – 22 PSU liegt ein typisches polyhalines Gewässer vor.

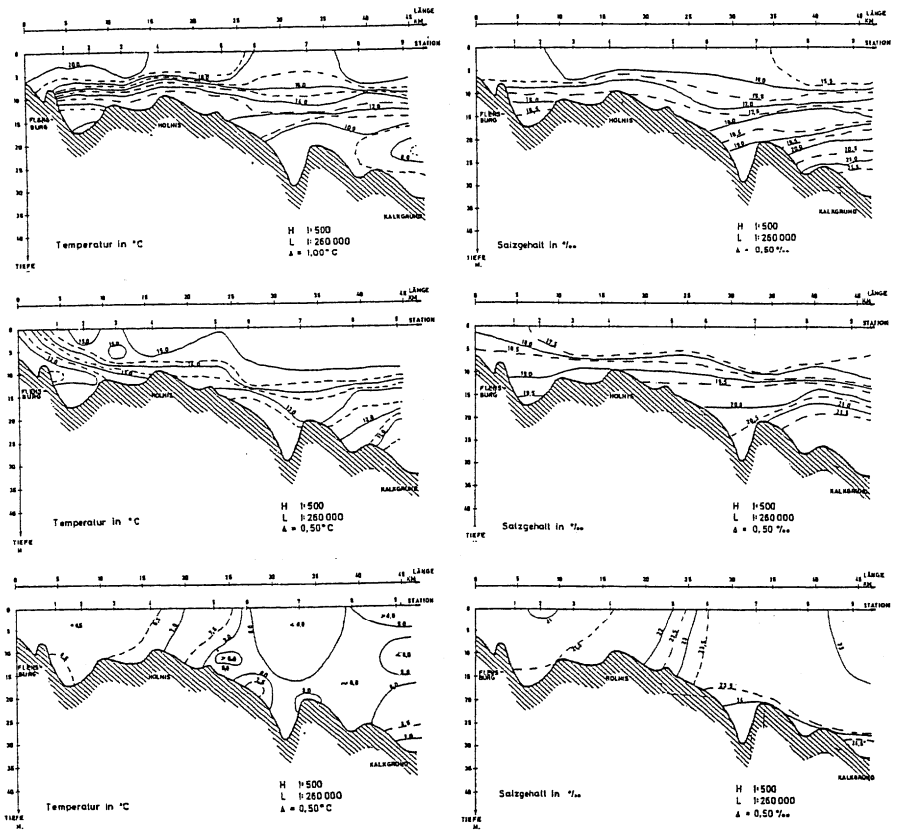


Abb. 6 Profile für die Wassertemperatur und Salzgehalt in der Flensburger Förde 1973 (oben: Juni, Mitte: September, unten: Dezember)

3.2 Schlei (in Abb. 3 = Nr. 2)

– Quellen und weiterführende Literatur:

BABENERD u. ZEITZSCHEL (1985), DELLING (1975), FEIBICKE (1994), GRIPP (1949), HELCOM (70/1998), KÄNDLER (1953) (1956), KÖSTER u. BONSEN (1969), NELLEN (1967), NELLEN u. RHEINHEIMER (1974), RIPL (1986), SCHIEWER u. GÖCKE (1996), SCHLUNGBAUM (2000), SCHLUNGBAUM u. BAUDLER (2000), USSKILAT (1975)

Die Schlei erweckt heute den Eindruck einer erweiterten Flußmündung, ist aber ebenfalls wie die Flensburger- und Kieler Förde eine eiszeitliche Förde (Abb.7). Sie

ist als Schmelzwasserrinne durch Abschmelzen eines Teils der Eckernförder Eiszunge entstanden. Durch die **Landsenkung** vor etwa 2.000 Jahren, Untersuchungen der Tiefensedimente belegen das, konnte das Ostseewasser bis in die innersten Teile der Schlei bis Schleswig vordringen.

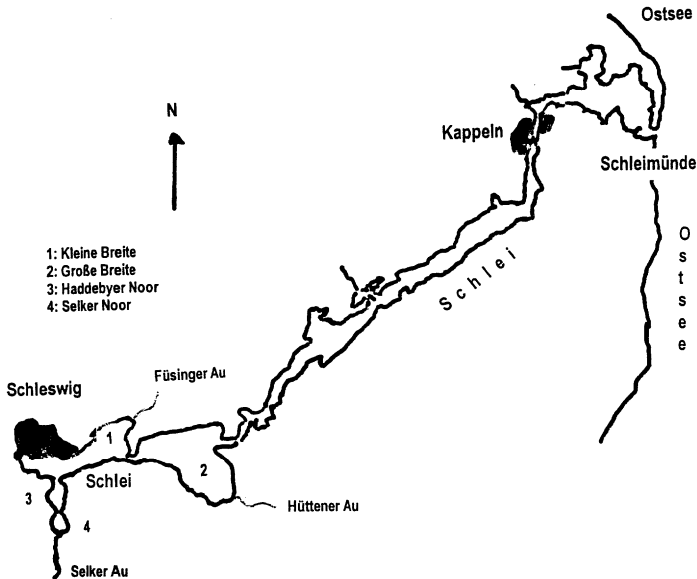


Abb. 7 Die Schlei zwischen Schleswig und Ostsee

Ein bis dahin bestehender **Süßwassersee** wurde zum **Ästuar**. Sie erstreckt sich heute 42 km in nordöstlicher Richtung und hat bei Schleimünde eine ostwärts gerichtete Ostseeverbindung. Ein teilweise **seenartiger** und teilweise **flußartiger Charakter** wird über enge Stellen miteinander verbunden. Nach einer haffartigen Erweiterung kurz vor der Ostseeverbindung wird die Ostsee über ein nur 5 m tiefes Fahrwasser erreicht. Die mittlere Tiefe im Gesamtgebiet liegt bei 3 m, das Fahrwasser hat bis Schleswig nur 4 bis 5 m Tiefe. Nur an schmalen Stellen der Verbindung der einzelnen Gewässerteile gibt es durch Strömungen Auswaschungen bis 10 bzw. 13 m. Charakteristisch für die Schlei sind die seenartigen Erweiterungen bei Schleswig:

- **Kleine Breite** 8 km², ca. 18*10⁶ m³,
 - **Große Breite** 12 km², ca. 30*10⁶ m³.
- Das topographische Einzugsgebiet der Schlei beträgt 620 km² (Tab. 3). In das Gebiet der inneren Schlei (Schleswig, Kleine Breite, Große Breite) werden ca. 50 %

des **Einzugsgebietes** entwässert. Über die Zuflußgebiete erhält die Schlei jährlich im Mittel $180 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ Süßwasser. Im Gegensatz zu den großen Förden ist der Salzgehalt mehr ästuartypisch abgestuft. Die **Salzgehaltsverhältnisse** werden im wesentlichen durch die Faktoren bestimmt:

- die Enge der Mündung bei Schleimünde und die nur 5m betragende Schwellentiefe,
- die wenigen, kleinen und vorwiegend im oberen Schleigebiet einmündenden Süßwasserzuflüsse,
- die allgemein geringe Tiefe der Förde.

Hervorgerufen durch die **Wasserstandsverhältnisse** in der vorgelagerten Ostsee, wieder verursacht durch die Windverhältnisse in diesem Gebiet, wird über **Ein- und Ausstromverhältnisse** auch der Wasserstand in der Schlei und auch die Höhe des Salzgehaltes festgelegt. Von großem Einfluß ist dabei der jeweils aktuelle Salzgehalt in der Beltsee. Bis Schleswig ergibt sich für den Salzgehalt folgendes:

- Wegen der geringen Tiefe bei Schleimünde bleibt salzreiches Tiefenwasser der Ostsee vom Eintritt in die Schlei ausgeschlossen.
- Da das Oberflächenwasser der Ostsee in dieser Region nur selten 20 PSU erreicht oder überschreitet, sind die höchstmöglichen Salzwerte vorgegeben. Im Raum Schleimünde bis Kappeln kann gering vermishtes Ostseewasser mit 15 bis 16 PSU angetroffen werden.
- Bis zum Inneren der Förde bei Schleswig nimmt der Salzgehalt auf 6 bis 7 PSU ab (vgl. Situation in Abb. 8).
- Lediglich bei oder länger andauernden Westwinden enthält die Schlei andere Brackwassermischungen, z.B. bei Schleswig 4 bis 5 PSU.
- Wegen der Flachheit der Gewässerteile kommt es nicht zur Ausbildung einer stabilen Schichtung. Festgestellte Vertikaldifferenzierungen überschreiten nicht 1 PSU.

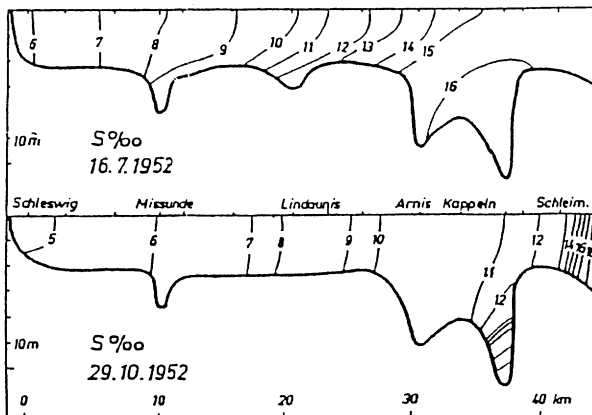


Abb. 8 Beispielsituationen für die Salzgehalte im Längsschnitt der Schlei
 • aus: KÄNDLER (1953)

Für die Schlei ist der vorwiegend mesohaline Charakter typisch. Größere oligohaline Lebensräume sind gegenüber der Stadt Schleswig im Süden des innersten Schleiteiles mit der **Haddebyer** - und der **Selker Noor** gegeben. Beide Noore sind jeweils untereinander und mit Schlei über enge flache Verbindungen verbunden. Beide haben eine durchschnittliche Tiefe von ca. 1,5 m, die maximalen Tiefen reichen bis 3,5 m bzw. 4,5 m. Auf beide Noore konzentriert sich der Hauptanteil des Süßwassergewinns für die Schlei. Nur unter extremen Wasserständen in der inneren Schlei kann salzreiches Wasser zurückströmen. So sind mit deutlicher Nord-Süd-Abstufung in der Haddebyer Noor Salzgehalte zwischen 2,3 und 5 (extrem 6) PSU und in der Selker Noor solche zwischen 1,5 und 4 PSU charakteristisch.

3.3 Kieler Förde (in Abb. 3 = Nr. 3)

- vgl. auch Fördenküsten in Kap.2
- Quellen und weiterführende Literatur: BABENERD u. ZEITZSCHEL (1985), BANSEMIER u. RHEINHEIMER (1974), GRIPP (1949), HELCOM (70/1998), KÄNDLER (1953) (1956) (1959) (1960), KREY (1941) (1959), KÖGLER u. ULRICH (1985), OHL (1959), SCHIEWER u. GÖCKE (1996), SCHLUNGBAUM (2000)

Entwicklungsgeschichtlich und in der morphologischen Gestaltung zeigt die Kieler Förde große Ähnlichkeiten zur Flensburger Förde. Der Kieler Förde vorgelagert ist die **Kieler Bucht** als Teil der Beltsee. Die Kieler Förde hat eine Länge von ca. 17

km. In der **Außenförde** werden Wassertiefen bis zu 20 m erreicht, sonst liegen die Tiefen zwischen 11 und 15 m. Lediglich im Bereich der Howaldt-Werft gibt es ein 150 x 300 m großes Baggerloch mit etwa 23m. Im Gegensatz zur Flensburger Förde hat die ca. 30 m tiefe Rinne der Beltsee keine Verbindung zur Kieler Förde. Ausgedehnte Flachbereiche mit maximal 17m riegeeln die Förde ab. Die Öffnung der Förde zur Ostsee zeigt nach Nordosten.

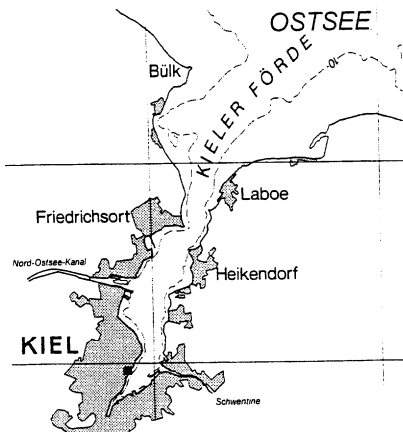


Abb. 9 Skizze der Kieler Förde mit Zufluß Schwentine und Nord-Ostsee-Kanal bei Holtenau

In die Förde mündet die **Schwentine**, ein etwa 30 km langer Abfluß aus dem Plöner See (Holsteinische Seenplatte). Dadurch erhält die Förde gegenüber der Flensburger Förde wesentlich mehr **Süßwasser**. Durch das Schleusensystem bei Holtenau bleibt der einmündende Nord-Ostsee-Kanal nahezu ohne Einfluß auf den Wasseraustausch.

Bedingt durch diese Strukturen kann nur Bodenwasser in die Kieler Außenförde einströmen, das die Flachbereiche überströmt. Trotzdem reichen die Tiefenverhältnisse aus, um **Schichtungen** auszubilden. In der Außenförde werden am Boden nur noch 21 PSU gemessen, also wesentlich weniger als in der Flensburger Förde. Auch die Bodentemperatur sinkt höchstens auf Werte um 9 bis 10 °C ab. Durch den Süßwassereintrag der **Schwentine** liegt der **Oberflächensalzgehalt** erheblich niedriger (14 bis 15 PSU). Damit erfüllt die Kieler Förde die Ästuarbedingungen auf der Ebene der **Meso- bis Polyhalinie**. Die in der Förde meistens auftretenden Schichtungen differenzieren auch andere Parameter zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser, z.B. Kriterien des Sauerstoffhaushaltes und der Nährstoffkonzentrationen.

3.4 Untertrave (in Abb. 3 = Nr. 4)

– Quellen und weiterführende Literatur:

BMU (1998), DIEHL (1992), DIEHL u. DIEHL (1979), HELCOM (70/1998), KÄNDLER (1971), KÖSTER (1961), SCHLUNGBAUM (2000)

Die Untertrave ist der zwischen Lübeck und Travemünde liegende brackwasserführende Teil der 118 km langen Trave. Sie ist ähnlich wie die Schlei kein in jüngster geologischer Vergangenheit erodierter Flußlauf, sondern wie die Förden bei Flensburg und Kiel ein in der Eiszeit entstandenes Tal, das später ebenfalls vom Meer überflutet wurde.

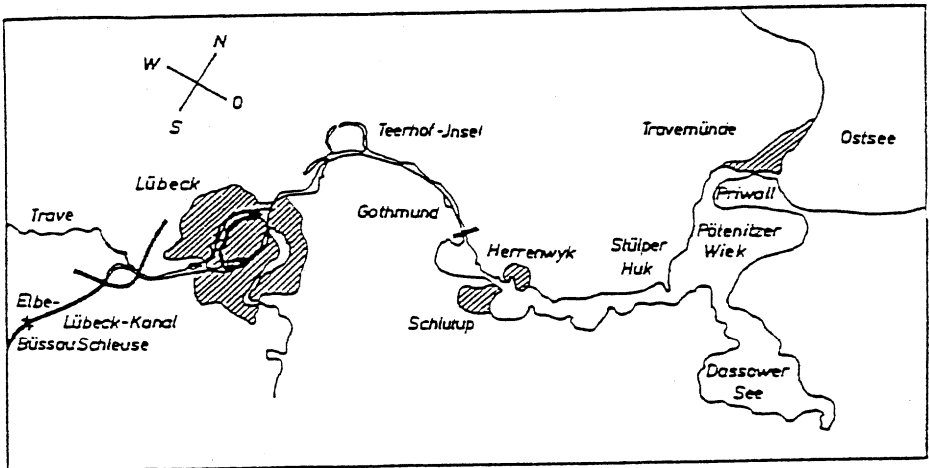


Abb. 10 Skizze der Untertrave zwischen Zusammenfluß von Trave und Elbe-Lübeck-Kanal und Ostsee, mit Dassower See und Stepenitzzufluß

Sie hat vom Meer aus gesehen anfangs den **Charakter eines Fjordes** mit seenartigen Erweiterungen durch die **Pötenitzer Wiek** und den **Dassower See**. Etwa 13 km von Travemünde entfernt (Höhe Herrenwyk) verengt sich das Gewässer zu einem flußartigen Wasserlauf, der nach weiteren 13 km am Zusammenfluß von **Trave** und **Elbe-Lübeck-Kanal** in den limnischen Teil übergeht. Eingebettet in diesem zweiten Teil ist der Durchlauf der Stadt Lübeck mit drei Wasserarmen.

Durch den Anschluß an das europäische Wasserstraßennetz über den Elbe-Lübeck-Kanal wurde der untere Flußlauf wesentlich durch wasserbauliche Maßnahmen verändert:

- Ab 1915 Vertiefung des Fahrwassers bis zur Holstenbrücke auf 8,5 m,
- Begradigung des Flußlaufes durch Durchstiche, z.B. in Höhe der Teerhof-Insel.
- Trennung der Untertrave vom oberen Flußsystem durch die Kanalschleuse.

Im Übergang zur Ostsee ist heute eine alluviale **Sandbarre** (Priwall), entstanden über Aufschwemmung von Sandmaterialien des Kliffs der mecklenburgischen Steilküste, vorhanden, die das Fahrwasser auf den ausgebauten Seekanal einengt. Zum Travegebiet gehört auch der ca. 8 km² große Dassower See mit den Tiefen von 2 bis 3 m (maximale Tiefe bis 4,2 m) als Ausflußgebiet der aus Mecklenburg-Vorpommern kommenden Stepenitz (55 km lang, Einzugsgebiet = 701 km²).

Durch das Fehlen einer Bodenschwelle im Mündungsgebiet der Untertrave in die Lübecker Bucht ist ein allmählicher Übergang von Tiefen zwischen 8 und 10 m auf Tiefen von 20 m der Lübecker Bucht gegeben. Bei nur 11,3 m³/s Süßwasserzufuhr werden die hydrologisch / hydrographischen Verhältnisse im wesentlichen durch den Einstrom und Ausstrom mit der Ostsee reguliert. Salzreiches Wasser aus den Tiefen der vorgelagerten Lübecker Bucht kann nicht in die oberen Bereiche der Untertrave vordringen. Über längere Zeiträume im Jahr ist die Ausbildung von **Sprungschichten** möglich. Dann fließt salzärmeres Wasser als Oberschicht, sich aber langsam mit salzreichem Tiefenwasser vermischt, in Richtung Ostsee ab (Abb. 11).

Bei aller Intensität der Wasseraustauschverhältnisse mit der Ostsee gibt es keinen nennenswerten Einfluß von Ebbe und Flut mehr. Es wird lediglich noch ein Springhub von 7 bis 15 cm ermittelt.

Die von der morphologisch / hydrologisch / hydrographischen Situation gegebenen komplizierten ökologischen Prägungen sind durch langanhaltende Abwässereinleitungen beeinflusst worden.

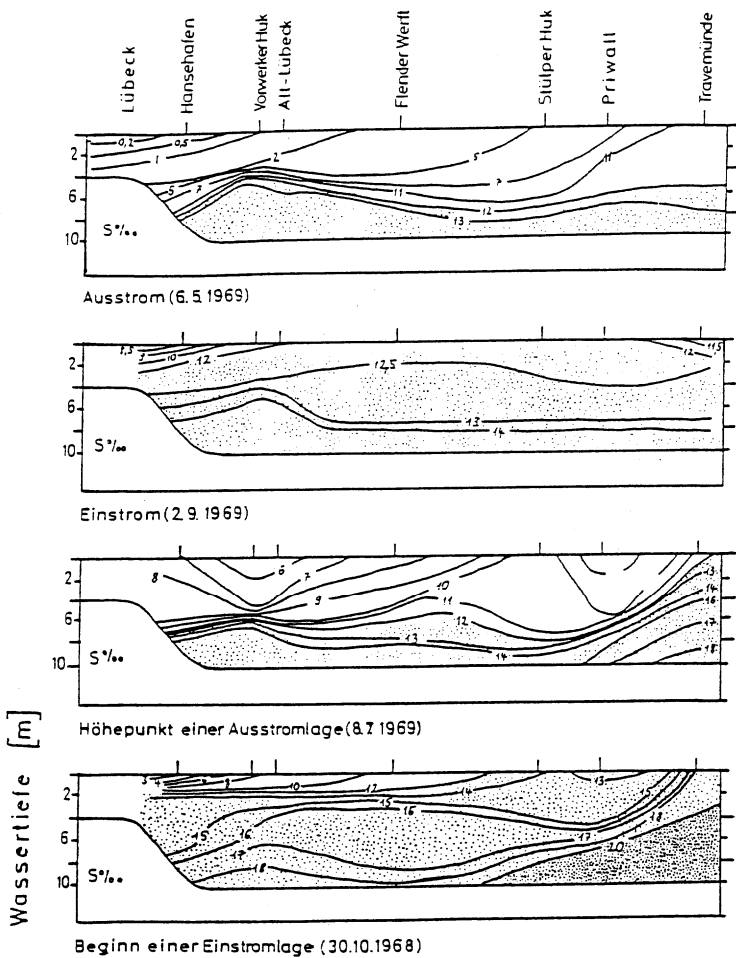


Abb. 11 Beispiele von Salzgehaltsverteilungen in der Untertrave bei wechselnden Einstrom- und Ausstrombedingungen

- aus: DIEHL u. DIEHL, 1979

3.5 Wismar Bucht (mit Salzhaff) (in Abb. 3 = Nr. 5)

– Quellen und weiterführende Literatur:

BACHOR (1996a) (1996b) (1997), BACHOR, v. WEBER u. WIEMER (1996), CORRENS (1976b), GESSNER (1957), GOSSELCK (1992) (1995), GOSSELCK u. v. WEBER (1997a) (1997b), HELCOM 70 (1998), SCHLUNGBAUM (2000), Umwelt-MV (1991...1997)

Die Wismar-Bucht gehört zusammen mit Salzhaff zum System der inneren Küstengewässer an der südlichen Ostsee (Abb. 12).

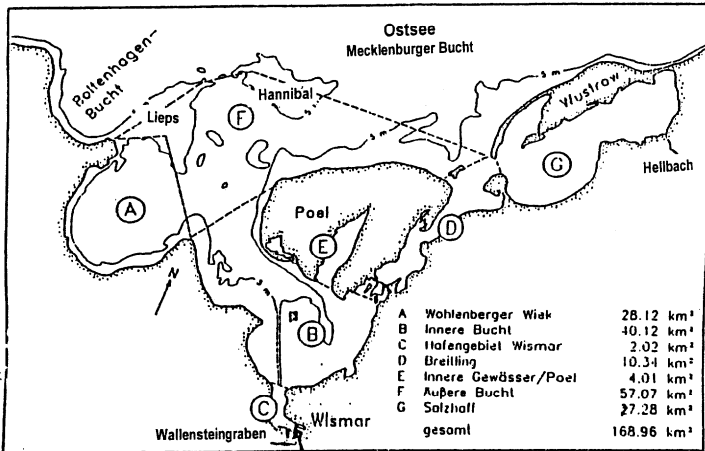


Abb. 12 Gliederung und Größenverhältnisse der Wismar-Bucht

- leicht verändert nach GOSSELCK, 1992

Auch in diesem Bereich ist die heutige Gestalt der Küste **postglazial** entstanden. Der Großraum der Wismar-Bucht gehört zum **nordwestmecklenburgischen Hügelland**. Im Zuge der Überflutung wurden zuerst die **Gletscherzungenbecken** der inneren Wismar-Bucht, der Wohlenberger Wiek und des Salzhaffs mit Meerwasser bedeckt. In der Folgezeit setzten dann auch in diesem Raum **Küstenausgleichsprozesse** ein, die einerseits zum Rückgang der angeschnittenen Grundmoräne führten (u.a. aktive Kliffs in Steilküstenformen) und andererseits auch alluviale Formen prägten. Ausgedehnte Strandwälle, Haken und marschähnliche Regionen sind hier als Ausdruck der Vielfalt zu nennen. Hier überlagern sich Prozesse, die sowohl ein **fördenartiges Gewässer** als auch ein **haffartiges** (z.B. Hakenbildung vom Festland ausgehend am Salzhaff entsprechend Abb. 2) prägten. Wenn Haken von der Insel Poel kommend zur weiteren Abriegelung von inneren Gewässerteilen führen, sind quasi auch **boddenähnliche Strukturen** gegeben.

Die ca. 170 km² große Wismar-Bucht ist in großen Bereichen nicht tiefer als 2 m. Weniger als 1 m Wassertiefe liegen in den östlichen Bereichen (Abschnitt D in Abb.

12) vor. Abgesehen von den gebaggerten Fahrrinnen weist die Wismar-Bucht nur in der Wohlenberger Wiek (Abb. 12-A) und am Boiensdorfer Werder Tiefen von 10 m auf. Die mittlere Wassertiefe der Wismar-Bucht wird mit 5 bis 6 m und die des Salz-
haffs mit 2,3 m angegeben.

Charakteristisch für die meisten Flachgebiete bis 3 m Tiefe ist die Bedeckung mit Mittel- und Feinsanden. In Stillwassergebieten gibt es auch Schlickakkumulationen. In den Senken und Rinnen setzt sich vorwiegend organisches / schlickiges Material ab. Die Wasserstandsschwankungen sind oft beträchtlich. Gezeiten haben aber keine nennenswerten Auswirkungen. Durch Windsituationen kann es aber zu Wasserspiegelschwankungen von ± 1 m kommen. Bei stärkerem Niedrigwasser fallen große Bereiche der flachen Regionen trocken; es entsteht das sogenannte **Wind- oder Pseudowatt** mit großer Bedeutung für nahrungssuchende Wattvögel und Möwen (Naturschutzräume).

Die vorhandenen und nur ca. 5 m messenden Untiefen von Lieps und Hannibal riegeln die Wismar-Bucht weitgehend von der Mecklenburger Bucht (westliche Ostsee) ab. Nur über das **Große Tief** (nordwestlich zwischen Poel und der Halbinsel Wustrow) und über das **Offen-Tief** zwischen **Hannibal** und **Lieps** kann salzreiches Tiefenwasser in die eigentliche Wismar-Bucht und das Salzhaff gelangen.

Weil größere **Süßwassereinträge** fehlen, wird die **Wasserhaushaltsbilanz** im wesentlichen nur durch die Einstrom- und Ausstromverhältnisse bestimmt. Die größten Süßwasserzufuhren erfolgen für die Wismar-Bucht über den **Wallenstein-graben** (Abflusssystem des Schweriner Sees) und für das Salzhaff durch den **Hellbach** (vgl. Tab. 3). dementsprechend gestalten sich auch die Salzgehaltsverhältnisse (Abb. 13).

Der jahrzehntelange Durchschnitt ist mit 11 PSU dem der Mecklenburger Bucht (Oberflächenbereich) sehr ähnlich. Die Schwankungsbreiten liegen zwischen ca. 8 und ca. 24 PSU in der Wismar-Bucht und von 6,8 bis 14,9 PSU im Salzhaff. Die höheren Salzgehalte sind auf das Tiefenwasser bei anhaltenden Südwestwinden, die zum **Aufquellen von Bodenwasser** führen, das dann in die flacheren Bereiche der Bucht einströmt, zurückzuführen. So ist zumindestens im Sommerhalbjahr unter Mitwirkung auch der Temperaturbedingungen die Ausbildung einer **Sprungschicht** möglich (vgl. auch Abb.12). In Auswertung mehrjähriger Messungen kann von einer typischen Entwicklung des Salzgehaltes im Jahresgang ausgegangen werden. Während die niedrigeren Werte wie in der vorgelagerten Mecklenburger Bucht auch in der Wismar-Bucht in den Sommermonaten gemessen werden, zeigt das Salzhaff insgesamt ausgeglichene Bedingungen. Die sich ausbildende Sprungschicht hat wieder Auswirkungen auf die Verteilung weiterer Strukturparameter. Dazu gehört z.B. die Einschränkung des Vertikalaustausches von Wassermassen. Die eigentliche Wismar-Bucht besitzt mesohalinen Charakter und entspricht nicht den Ästuarbedingungen mit einem abgestuften Salzgehalt. Für das Nebengewässer Salzhaff sind diese Bedingungen, wenn auch schwächer, noch gegeben.

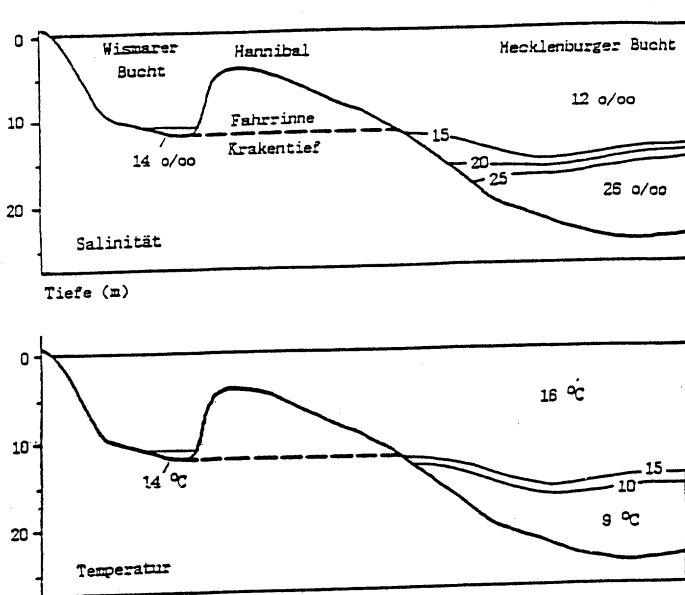


Abb. 13 Beispiel einer Schichtungssituation zwischen Wismar-Bucht, Wohlenberger Wiek und Mecklenburger Bucht (Juli 1990)

• aus: GOSSELCK, 1992

Auch die Wismar-Bucht ist durch langanhaltende Abwassereinträge ökologisch stark beeinträchtigt worden. Heute gilt der innere Teil der Wismar-Bucht als hocheutrophiertes Gewässer.

3.6 Unterwarnow (in Abb. 3 = Nr. 6)

– Quellen und weiterführende Literatur:

BACHOR (1996a) (1996b) (1997), BACHOR u. v. WEBER u. WIEMER (1996), CORRENS (1976a) (1976b) (1979), DVWK (1996), FREUND (1977), HELCOM (70/1998), LANGHOF (2000), MERTINKAT (1994), NAUSCH u. SCHLUNGBAUM u. BAADER (1983), SCHLUNGBAUM (2000), SCHLUNGBAUM u. SELIG (1996), SCHLUNGBAUM u. SCHÖNEFELDT u. KRECH u. BOMBA u. LUKAS (2001), SCHÖNEFELDT (2001), STAHL (1913), WUNDERLICH (1917), Umwelt MV (1991...1997)

Als Unterwarnow wird heute der 11,2 km lange brackwasserführende Teil zwischen Rostock und Warnemünde der 151 km langen Warnow bezeichnet. Die Warnow ist ein typisches Fließgewässer der mecklenburgischen **Jungmoränenlandschaft**. Die Schmelzwässer des sich zurückziehenden Gletschereises bildeten im späten Pleistozän bzw. im frühen Holozän die norddeutschen Ostseezuflüsse und auch einen großen Teil der Seen. Mit dem spätpleistozänen, vollständigen

Rückgang des Eises kam es zwangsläufig zum Trockenfallen der vormals von mächtigen Schmelzwasserströmen erfüllten Täler. Die weitere Entwicklung wurde dann maßgeblich durch die verschiedenen Stadien der Ostsee bestimmt.

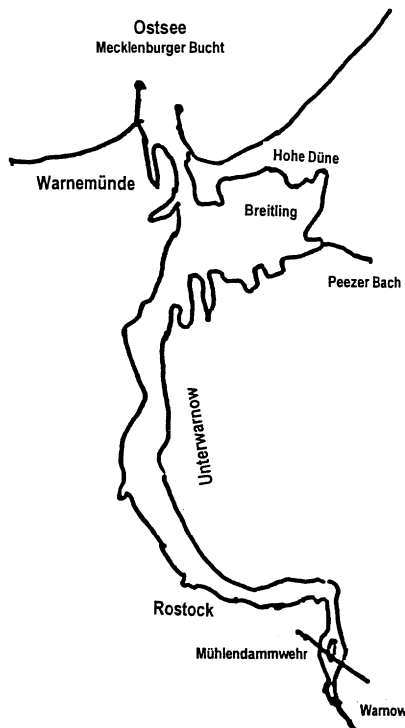


Abb. 14 Skizze der Unterwarnow zwischen Rostock und Warnemünde

Es bestehen zwischen **Warnow** und **Trave** große Ähnlichkeiten. Mit der Litorinatransgression im frühen Holozän wurden dann die tieferen Diluvialtäler überflutet. So beschreibt STAHL (1913) die Warnow zur Litorinazeit als eine 56 km in das Land eingreifende **Förde**, die bis zur Endmoräne reichte. So kann auch die Warnow in ihrem Unterlauf als ertrunkenes Flußtal bezeichnet werden. Heute ist die **brackige Unterwarnow** scharf von der **limnischen Oberwarnow** durch ein Wehr in der Stadt Rostock (Mühlendamm-schleuse) getrennt, was der Sicherung der Rohwasserversorgung für die Trinkwassergewinnung dient.

Das eigentliche Gebiet der Unterwarnow ist mit Breiten von 0,2 km (am Mühlendammwehr) bis 0,9 km relativ schmal. Über die haffartige Erweiterung des Breitling (ähnlich Schlei und Untertrave) ist die Mündung in die Ostsee heute als langer Seekanal wasserbaulich gestaltet. Die Mündung ist nordwärts gerichtet. Eine 2 km lange **Dünennehrung** trennt den Breitling von der Ostsee.

Für die **Wasseraustauschbedingungen** mit der vorgelagerten Ostsee sind wieder die Tiefenverhältnisse von Bedeutung. Der Fahrwasserbereich zwischen Ostsee und Seehafen (Südrand des Breitling) ist durch wiederholte Baggerungen heute auf 13 bis 15 m Wassertiefe gebracht worden. Dennoch entfallen im gesamten Unterwarnowgebiet (12,5 km²) nur 9,6% der Fläche auf Tiefen > 10 m. Ca. 64 % der Flächen liegen im Bereich von 0 bis 4 m. Damit ist das Gesamtgebiet der Unterwarnow gegenüber der Untertrave wesentlich flacher. Bei starkem Einstrom von Ostseewasser kann dieses als Mischwasser bis zur Mühlendamm-schleuse vordringen. Es wird vom salzärmeren Zustrom aus der Oberwarnow überschichtet.

Die um ca. 50% höhere durchschnittliche **Süßwasserzufuhr** aus der Oberwarnow führt dann auch zu anderen Verteilungen und Vermischungen mit dem Ostseewas-

ser. Insgesamt ist die Unterwarnow ein typisches durch Flußwasser geprägtes Ästuar. Der Wassergewinn über den Süßwasserzufluß liegt in der Meßreihe 1966 bis 1993 bei ca. 40 % (Tab. 5). Mit durchschnittlich $620 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ Flußwasserzufuhr wird das Wasser in der Unterwarnow theoretisch jährlich 13,3 mal ausgetauscht.

Der Wassergewinn über den Ostseewassereinstrom liegt mit durchschnittlich $940 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ wesentlich höher und entspricht ca. 60 % des gesamten Wassergewinns. Über den sich aus der Warnowbilanz ergebenden Ausstrom wird das Wasser jährlich 33,3 mal ausgetauscht, was einer theoretischen Wasseraufenthaltszeit von 10 bis 11 Tagen entspricht. Bei der Betrachtung der monatlichen Wasserhaushaltsbedingungen kann der Süßwassereintrag durchaus die Größe des Ostseewassereinstromes annehmen z.B. 1993/1994:

	Süßwassereintrag		Ostseewassereintrag
Januar 1994	$104 \times 10^6 \text{ m}^3$	Dezember 1993	$98 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
März 1994	$94 \times 10^6 \text{ m}^3$	Juli 1994	$91 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
April 1994	$97 \times 10^6 \text{ m}^3$	August 1994	$101 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
		Oktober 1994	$93 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Dementsprechend gestalten sich auch die Salzgehaltsverhältnisse in der Unterwarnow. In langjährigen Untersuchungen (1977 – 1993) wurden in der Unterwarnow als Extremwerte die folgenden Salzgehalte ermittelt:

- Warnemünde-Mole (n > 270) 5,5 bis 18,7 PSU
- Rostock-Stadthafen (n > 274) 0,1 bis 17,0 PSU

Typische Jahresmittelwerte sind z.B. 1992 5 bis 6 PSU für den Bereich Stadthafen und 12 PSU für Warnemünde. Diese Werte sind einerseits mit der Süßwasserzufuhr korreliert und hängen andererseits sehr stark von den Einstromverhältnissen ab.

Bedingt durch den gestalteten Tiefenverhältnisse kann sehr salzreiches Tiefenwasser aus der Mecklenburger Bucht der Ostsee in die Unterwarnow eindringen. Werte zwischen 18 und über 20 PSU sind möglich. Zungenartig kann dieses salzreichere Wasser bis in die mittlere und innere Unterwarnow vordringen. So sind auch **dichtebeeinflusste Vertikalschichtungen** möglich, die aber nur in Abhängigkeit von den aktuellen Wasseraustauschbedingungen über kürzere oder längere Zeiträume beständig sind. 1995 wurden für Vertikalprofile extreme Differenzierungen von bis zu 8 PSU beschrieben. Damit werden die für ein Flußwasserästuar charakteristischen Salzgehaltsstufungen vom (Süßwasser) - **oligohalinen bis zum α -mesohalinen** Bereich (kurzzeitig unter Extrembedingungen auch bis an die Grenze zum polyhalinen Bereich) gefunden. Es liegt eine große **raum / zeitliche Variabilität** vor.

Die Unterwarnow – auch bedingt durch die relativ großen Süßwassereinträge – gehört zu den am **stärksten belasteten inneren Küstengewässern in Deutschland**. Mitverantwortlich dafür waren bis 1996 die absolut unzureichend gereinigten Abwässer der Stadt Rostock und die großen Stoffzuführungen aus der Oberwarnow. Kennzeichnend für diese Situation sind die Auswirkungen auf den **Sauerstoffhaushalt**. 1991 wurden bis 200 % als Sauerstoffsättigungsindex registriert. Durch die re-

lativ hohen Salzgehalte zeigt das **Phytoplankton** schon ein relativ hohes Artenreichtum. Von den 190 bestimmten Phytoplanktonarten gehören 100 zu den Kieselalgen. Viele Arten sind mit einer großen ökologischen Amplitude ausgezeichnet. Wie die hydrologisch / hydrographischen Verhältnisse unterliegen auch die biologischen Verhältnisse großen raum / zeitlichen Schwankungen.

3.7 Darß-Zingster Bodden (in Abb. 3 = Nr. 7)

- vgl. auch Abschnitt Boddenküste
- Quellen und weiterführende Literatur:
 ARNDT (1994), BAADER (1982), BACHOR (1996a) (1996b) (1997), BACHOR u. v. WEBER u. WIEMER (1996), BAUDLER u. SCHLUNGBAUM (2000), BAUDLER u. SCHLUNGBAUM u. SCHULZ (2001), BEHRENS (1982), BENKE u. SCHLUNGBAUM (2001), BERG (1999), BROSI (1965a) (1965b), CORRENS (1976 b) (1977) (1979); GEORGI (1983), GESSNER (1937) (1957), HELCOM (70/1998), HÜBEL (1982), HUPFER (1959) (1960) (1973), HUPFER u. FOKEN (1977), HUPFER u. SCHLUNGBAUM u. VENTZ (1973), HURTIG (1954), LAMPE (1997), LINDNER (1972), MERTINKAT (1994), NAUSCH (1981), OTTO (1913), PANKOW u. WASMUND (1994), REINHARD (1953), REINICKE (1996), SCHIEWER u. GÖCKE (1996), SCHIEWER u. SCHLUNGBAUM u. ARNDT (1994), SCHLUNGBAUM (1978) (1979) (1982) (2000), SCHLUNGBAUM u. BAUDLER (1996) (1998) (2000) (2001), SCHLUNGBAUM u. NAUSCH (1982) (1988), SCHLUNGBAUM u. BAUDLER u. NAUSCH (1994), SCHLUNGBAUM u. VOIGT (2001), SCHNESE (1969), SCHNESE u. HÜBEL (1975), SCHÜTZE (1939), TIEPOLT (1993), WASMUND u. SCHIEWER (1994), Umwelt-MV.: (1991) (1992) (1993) (1994) (1996) (1997)

Die Darß-Zingster Bodden sind der westlichste Teil der vorpommerschen Bodden und Haffe. Sie erhielten, wie alle Bodden und Haffe, ihre Prägung im Stadium der jüngsten Vereisung (**Pommersches Stadium des Weichselglazials**).

Die Entwicklung dieser Bodden zeigt **große Ähnlichkeit zu der Rügensch Bodden**. Sie sind alle **erdgeschichtlich noch sehr jung**. Entscheidend für die Herausbildung des heutigen Oberflächenbildes der Landschaft war der in der **Litorinatransgression um 5000 v.Chr.** einsetzende Meeresspiegelanstieg. Noch in der letzten Phase dieser Überflutung vor etwa 2000 v.Chr. bestand anstelle der heutigen Boddenküste eine **buchtenreiche Meeresküste** mit mehreren vorgelagerten **diluvialen Inseln** und Untiefen (z.B. Fischland, Altdarß, sundische Wiese) – vgl. Abb. 15. Nach Ende der Litorinatransgression kam es an diesen Diluvialkurven zu Westost gerichteten Hakenbildungen, die schließlich weitgehend zusammenwuchsen und die heutigen Bodden vom Meer abtrennten. So ist hier der Charakter der **Doppelküste** entstanden, die seeseitig den Charakter der Ausgleichsküste besitzt und rückseitig die Bodden als buchtenreiche innere Seegewässer mit zunehmender **Verlandung** abgrenzt. Noch längere Zeit bestanden Öffnungen zwischen Bodden und Meer.

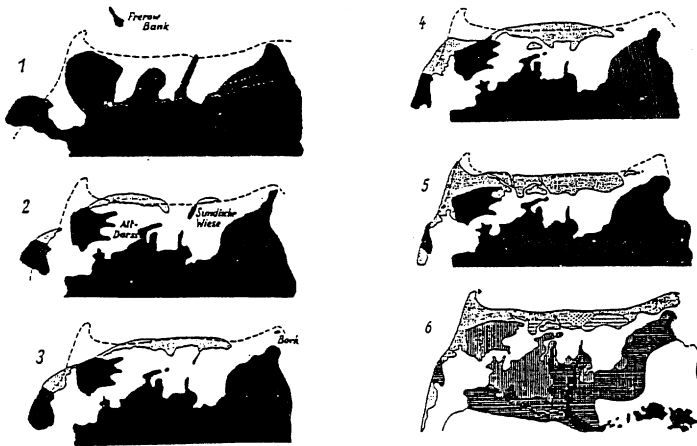


Abb. 15 Entstehungsphasen der Darß-Zingster Boddenlandschaft

Figur 1-5: schwarz: Diluvium punktiert: Alluvium

Figur 6 : einfach schraffiert: Kreidesand
doppelt schraffiert: Grundmoräne
schwarz: Staumoräne

- Verändert nach OTTO (1913), aus: GESSNER (1957)

So wurde eine Verbindung südlich von Wustrow (Saaler Bodden) erst 1395 geschlossen und 1872 führte die Sturmflut zur Versandung des Prerow-Stromes bei Prerow. Die so in den letzten 5 Jahrtausenden entstandenen Bodden liegen im Schutz großer Nehrungen als überflutete Hohlräume in der Moränenlandschaft mit einer weitgehenden Isolierung vom Zugang zur Ostsee.

Heute zeigen sich diese Bodden als ein System von vier Hauptbodden:

- Saaler Bodden mit Ribnitzer See (Abb. 16: Nr. 2 und Nr. 1)
- Bodstedter Bodden (Abb. 16: Nr. 3)
- Barther Bodden (Abb. 16: Nr. 5)
- Grabow (Abb. 16: Nr. 6),

die über Engstellen miteinander verbunden sind, z.B. zwischen 3 und 5 der Zingster Strom (Abb. 16: Nr. 4). Es entsteht der Eindruck einer perlschnurartigen Verknüpfung, darum auch als **Boddenkette** bezeichnet.

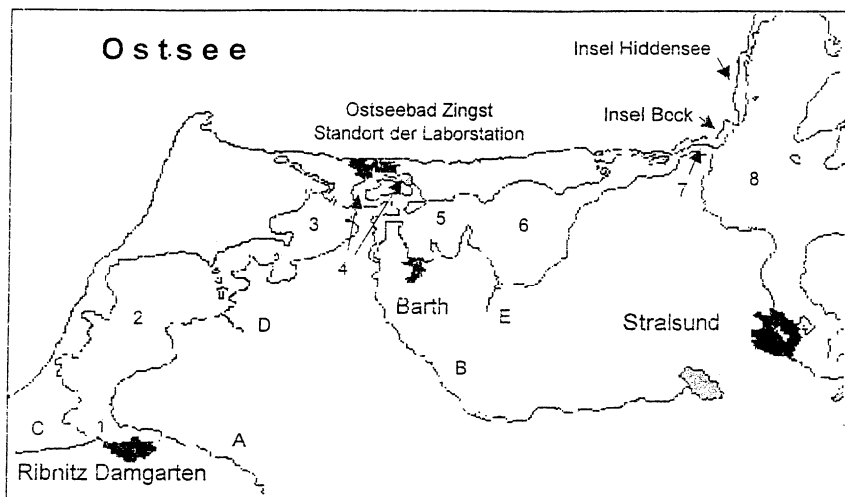


Abb. 16 Gewässergliederung und Zuflüsse am Darß-Zingst

1: Ribnitzer See, 2: Saaler Bodden, 3: Bodstedter Bodden, 4: Zingster Strom,
5: Barther Bodden, 6: Grabow, 7: Fahrwasser am Bock, 8: Übergang zu den Westrügener
Bodden / Strelasund

A: Recknitz, B: Barthe, C: Körkwitzer Bach, D: Saaler Bach, E: Zipker Bach

Die heutige Gliederung mit weiteren Teilgebieten ist in Tab. 8 zusammengefaßt dargestellt.

Mit durchschnittlich 2 m Wassertiefe gehören die Darß-Zingster Bodden zum **Flachwassertyp der Ästuarie**. Ca. 47 % der Gewässerfläche liegen im Bereich von 0 bis 2 m, nur ca. 1,3 % der Flächen sind tiefer als 4 m. Heute besteht am östlichen Ende des Fahrwassers am Bock über den Gellenstrom zwischen Hiddensee und Bock eine Verbindung zur Ostsee. Hier treffen sich gleichzeitig auch der Westausgang des Strelasundes und das Südennde des Bodden zwischen Rügen und Hiddensee. Das kann in Abhängigkeit vom Strömungsgeschehen zu komplizierten Wasseraustauschbedingungen führen. Bei starkem Ausstrom aus dem Strelasund kann sich dieser als Einstrom in die Darß-Zingster Bodden fortsetzen. In diesem Falle ist der Boddeneinstrom salzärmer und auch belasteter als ein von der Ostsee kommender. Dennoch wird die Boddenkette eindeutig zum morphologisch / hydrologischen Typ I gezählt (vgl. Abb. 4). Die Öffnung zur Ostsee ist für die Gesamtboddenkette nach Osten gerichtet.

Dieser kettenartige Bau der Darß-Zingster Bodden führt zu speziellen Wasserhaushaltsbedingungen, die CORRENS (1979) zu einem **Kaskadenmodell** zusammengefaßt hat (Abb. 17).

Tabelle 8 Morphologische Gliederung der Darß-Zingster Bodden
- Ergänzungen zur Tab. 3: Reihe Darß-Zingster Bodden
verschieden Quellen

Boddengebiet	Fläche (km ²)	Wasservolu- men (10 ⁶ m ³)	Tiefe	
			mittel (m)	max (m)
- Saaler Bodden mit Ribnitzer See	80,9	174,5	2,2	4,2
- Koppelstrom	7,6	13,6	1,8	2,6
- Bodstedter Bodden	24,1	46,8	1,9	10,1
- Fitt	3,1	1,6	0,5	1,0
- Zingster Strom	2,7	5,7	2,1	16,5
- Prerower Strom	1,0	3,8	3,8	4,1
- Barther Bodden	19,4	34,1	1,8	6,0
- Barther Strom	2,1	3,3	1,6	2,0
- Grabow	41,5	93,8	2,3	4,5
- Aue bis Pramort	4,2	6,2	1,5	5,0
- Fahrwasser am Bock	10,2	13,7	1,3	5,0
Summe: Boddenkette	196,8	397,1	2,0	16,5

Die beiden Bilanzglieder **Niederschlag** und **Verdunstung** entsprechen sich nahezu und haben so keinen größeren Einfluß auf die Wasserhaushaltsbilanz. Die **Flußwasserzufuhr** liegt durchschnittlich knapp unter 10 % des Wassergewinns (Tab. 5). So ergibt sich ein **Einstrom-/ Ausstromverhältnis** von ca. 0,9 : 1. Damit ist der Einfluß des Ostseewassers für die Bilanz, zumindest im ostseehahen Gebiet, mit Priorität zu versehen.

Auf der Basis des Kaskaden-Modells kann der Wasserhaushalt (Pegeldifferenzmethode) für die Hauptgebiete der Bodden mit seiner Variabilität in monatlicher Auflösung bestimmt werden (Tab. 9).

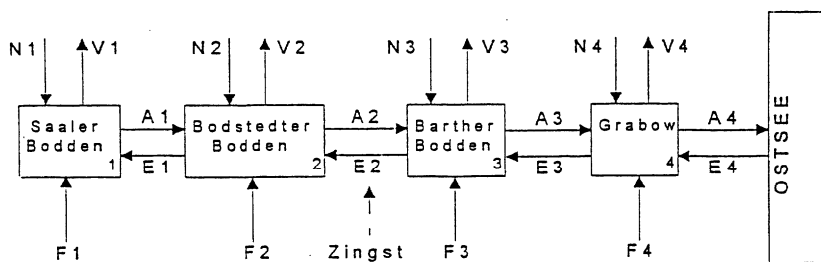


Abb. 17 Kaskadenmodell für die Wasserhaushaltsbedingungen in den Darß-Zingster Bodden
F: Flußwasserzufuhr E: Einstrom von der Ostsee
A: Ausstrom in Richtung Ostsee
V: Verdunstung N: Niederschlag
• aus: CORRENS (1979)

Tabelle 9 Mittel-, Minimal- und Maximalwerte 1966 – 1998 des Wasserhaushaltes für die Boddenkette und die vier Hauptgebiete, Werte in $10^9 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

- nach SCHLUNGBAUM u. BAUDLER 1996, 1998, 2000 auf Basis CORRENS, 1979 sowie MERTINKAT, 1994; PERLET 1999

	Bodden-ges.			Saaler B.			Bodstedter B.			Barther B.			Grabow		
	F	E	A	F1	E1	A1	F2	E2	A2	F3	E3	A3	F4	E4	A4
Mitt.	0,29	2,75	3,02	0,18	0,98	1,16	0,02	1,39	1,58	0,06	1,69	1,94	0,03	2,75	3,02
Min.	0,14	2,00	2,35	0,09	0,72	0,95	0,01	1,00	1,25	0,03	1,17	1,50	0,01	2,00	2,35
Max.	0,49	3,44	3,51	0,31	1,26	1,36	0,03	1,77	1,89	0,11	2,17	2,36	0,04	3,44	3,51

Im bewerteten 28jährigen Meßzeitraum wurden sowohl Zeiträume mit minimalen als auch mit maximalen Einstrom- und Ausstromverhältnissen festgestellt. Alle Schwankungen treten nach Menge und Zeit unabhängig voneinander auf. Sie haben grundlegenden Einfluß auf die hydrographischen Bedingungen (Salzgehaltsverhältnisse) und auch auf die aktuellen trophischen Verhältnisse im Boddensystem. Aufgrund der morphologischen Bedingungen und der aktuellen Wasserhaushaltsergebnisse ist der Übergang vom Süßwasser zum hier möglichen Ostseewasser sehr unterschiedlich und damit und damit auch das Maß der Wasse-
rerneuerung. Durchschnittlich setzt sich der Einstrom von Boddenteil zu Boddenteil entsprechend Tab. 10 fort, wobei mit zunehmendem Abstand von der Ostsee immer mehr Mischwasser bewegt wird.

Tabelle 10 Prozentuale flächenmäßige Verteilung der Einstrombedingungen in der Boddenkette (Basis: Durchschnittswerte Tab. 9)

Werte in %	Grabow E4	Barther B. E3	Bodstedter B. E2	Saaler B. E1
Mittel 1966 – 1998	100	61,4	50,5	35,7
Max.Einstromjahr 1984	100	63,2	51,6	36,6
Min.Einstromjahr 1969	100	58,2	49,7	35,8

Die Intensität des Einstromes in die Boddenkette entscheidet auch über die abgestuft prozentual nahezu gleichbleibende Intensität für die übrigen Boddenteile.

Aus der Bilanz ergeben sich über den Ausstrom (=Einstrom + Flußwasserzufuhr) im Verhältnis zum Wasservolumen der einzelnen Boddenteile die folgenden **Wassererneuerungsraten** (vgl. auch Tab. 6):

- Boddenkette insgesamt ca.7,6 mal / a
- Grabow ca. 32 mal / a
- Barther Bodden ca. 57 mal / a
- Bodstedter Bodden ca. 33 mal / a
- Saaler Bodden ca. 6 – 7 mal / a.

Von besonderer Bedeutung für die Prägung der Wasserbeschaffenheit ist, daß die **Flußwasserzufuhr** nicht den von der Ostsee gesteuerten Einstrom- und Ausstromverhältnissen unterliegt. Über die Höhe der Flußwasserzufuhr entscheidet allein die Niederschlagstätigkeit im Einzugsgebiet und die Größe des Einzugsgebietes. Werte zwischen $0,14$ und $0,49 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ dokumentieren das. Der Gesamtsüßwasserzufluß verteilt sich zu ca. 64 % auf den Saaler Bodden (hauptsächlich die Recknitz und daneben der Saaler Bach und der Körkwitzer Bach) und zu ca. 22 % auf den Barther Bodden (hauptsächlich die Barthe) – vgl. auch Tab. 3.

Ästuartypisch ist, das die Salzgehaltsverhältnisse sehr eng mit den hydrologischen Bedingungen korreliert sind. Auf der Basis 40jähriger (täglicher) Untersuchungen am Zingster Strom, zwischen Bodstedter Bodden und Barther Bodden in der Mitte der Boddenkette liegend (in Abb. 16 Gebiet Nr. 4) kann ein langjähriges Mittel für diese Gewässerregion im Mittelwert von 5,5 PSU gesichert belegt werden. Für die einzelnen Boddenteile gelten ohne Einbeziehung von Extremwerten die in Tab. 11 angegebenen Wertespannen.

Tabelle 11 Durchschnittliche Salzgehaltsverhältnisse (PSU) in den Darß-Zingster Bodden (vgl. auch Übersicht in Kap. 2.2)

	Saaler B.	Bodstedter B.	Barther B.	Grabow	vorgelagerte Ostsee
Mittel	1...3	3...4	5...6	7	8...12
Max.	3...4	6...7	8...10	9...14	15
Min.	0,5	1...1,5	1,5...2	2...4	7

Die Entwicklung der Jahresmittelwerte (mit extremen Monatsmittelwerten) am Meßpunkt Zingster Strom wird für den Zeitraum 1960 bis 1998 (über 14.200 Tage-seinzelwerte) in Abb. 18 wiedergegeben. Danach gab es Perioden länger anhaltender übernormale und auch unternormale Salzgehalte. Der höchste gemessene Tageseinzelwert für Zingst lag im Januar 1976 bei 15 PSU, ein Zeitpunkt mit erheblichem Wasserstau vor Hiddensee nach einem Weststurm (dort wurden am Boddenzugang 22 PSU ermittelt).

Bei Situationen mit äußerst geringem Süßwasserabfluß kann sich salziges Wasser weit in die Flußläufe einstauen, z.B. bei der Recknitz bis in den Raum Bad Sülze/ Marlow oder bei der Barthe bis nach Barth / Redebas.

Insgesamt gehören die Darß-Zingster Bodden zum **oligohalinen bis β -mesohalinen Lebensraum**, wobei sich die mesohalinen Zonen in Richtung Ostsee häufen und der innere Bodden zum Oligohalinikum neigt. Die größten Salzgehaltsgradienten liegen in den Mündungsbereichen der Zuflüsse. An den engen Übergangsbereichen von Boddenteil zu Boddenteil treten hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf, z.B. an der Meiningenbrücke am Zingster Strom bis 100 cm / s . Das hat dann auch einen schnellen Wasseraustausch zur Folge und

Salzgehaltsdifferenzierungen von 1 PSU/h sind möglich. Im ostseenehen Teil werden sogar 2 PSU/h ermittelt.

Diese großen raum- / zeitlichen Variabilitäten in Hydrologie und Hydrographie und hinzukommend die Boddenmorphologie prägen dann auch den ökologischen Status dieses Küstengewässers schon naturgegeben mit großen Differenzierungen. Langanhaltende anthropogene Belastungen ordnen sich hier verschärfend ein. Heute liegt ein hocheutrophes (bis polytroph / hypertroph) Gewässersystem vor.

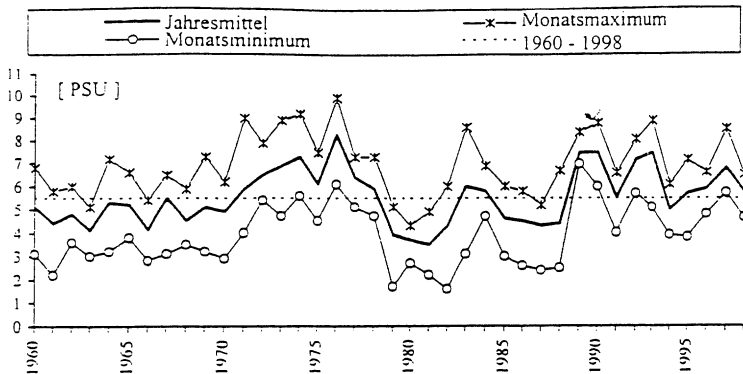


Abb. 18 Entwicklung des Salzgehaltes im Zingster Strom 1960 bis 1998 auf der Basis von Jahresmittelwerten bzw. extremen Monatsmittelwerten

3.8 Rügener Bodden (Bodden zwischen Rügen und Hiddensee sowie Rügener Binnenbodden) – in Abb. 3 = Nr. 8

- vgl. auch Abschnitt Boddenküste
- Quellen und weiterführende Literatur:

BACHOR (1996a) (1996b) (1997), BACHOR u. v. WEBER u. WIEMER (1996), CORRENS (1976 b) (1977) (1979), CORRENS u. JAEGER (1979) (1982), GESSNER (1937) (1940) (1957), HELCOM (70/1998), HÜBEL (1965) (1982), HÜBEL u. DAHLKE (1991) (1992), JESCHKE (1996), LAMPE (1981) (1997), MERTINKAT (1994), OVERBECK (1956) (1964), REINICKE (1996), SCHIEMENZ (1898a, b), SCHLUNGBAUM (2000), SCHLUNGBAUM u. BAUDLER (2000), SCHMIDT (1957), SCHNESE (1969), SCHNESE u. HÜBEL (1975), SCHÜTZE (1931), SCHWARZ (1960), THRAMS (1937) (1939a) (1939b), THRAMS u. STOLL (1938), Umwelt-MV.: (1991) (1992) (1993) (1994) (1996) (1997), WASMUND (1939)

In großer Analogie zu den Boddengewässern südlich von Darß-Zingst vollzog sich auch die Entwicklung der Rügener Bodden. Noch in der Ancylus-Zeit der Ostsee-Entwicklung (vor 9000 bis 7000 Jahren) verlief die Uferlinie wesentlich nördlicher als heute. Bereits 4000 v. Chr. – mit einsetzender Litorinatransgression – soll das Ostseeufer die heutige Linie erreicht haben. Ähnlich wie am Darß-Zingst lag im Rügener Bereich ein Inselarchipel vor dem Festland. Vier Hauptinseln (**Dornbusch, Wittow, Jasmund und Rügener Zentralkern**) und mit Sicherheit noch weitere kleinere Inseln wurden zu Stützpunkten der Haken – und dann der Nehrungsbildungen (vgl. Abb. 2 und Abb. 19).



Abb. 19 Entwicklung der Rügensch Gewässer
 – schwarz: Diluvium – punktiert: Alluvium
 • aus: GESSNER (1937)

So lieferte der Dornbusch das Material für das **Hiddenseer Flachland**. Mit der intensiven Entwicklung der Insel Hiddensee mit einem nach Süden gerichteten Landzuwachs (1694 bis 1835 = ca. 1300 m und von 1885 bis 1911 ca. 150 m) ist für die dahinter liegenden Rügener Gebiete eine Barriere entstanden, die das Hauptmassiv vor den Weststürmen geschützt hat und noch schützt. Zwischen Hiddensee und Rügen ist ein vielgefächertes **Stillwassergebiet** (Westrügener Bodden) entstanden (vgl. Abb.20), was für die weitere Entwicklung der Rügener Binnenbodden von wesentlicher Bedeutung war.

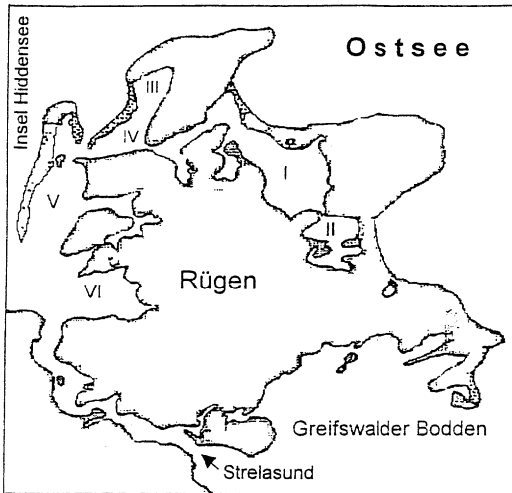


Abb. 20

Gliederung der Rügener Bodden

- Bodden zwischen Hiddensee und Rügen (Westrügener Bodden)
- Nordrügensche Binnenbodden

- in Anlehnung an GESSNER, 1937

Hauptboddengebiete:

- I: Großer Jasmunder Bodden
- II: Kleiner Jasmunder Bodden
- III: Wiek Bodden
- IV: Rassower Strom
- V: Vitter Bodden/Schaproder Bodden
- VI: Kubitzer Bodden

Durch die Schließung der Nehrungen zwischen Wittow und Jasmund (= **Schaabe**) im Norden der Insel und zwischen Jasmund und Zentral-Rügen (= **Schmale Heide**) im Osten bei Binz hat die Rügener Boddenlandschaft ihr heutiges Gepräge erhalten. So entstanden der **Große und der Kleine Jasmunder Bodden**. Noch bis 1860 soll eine Öffnung zur Ostsee vorhanden gewesen sein. Weitere alluviale Landbildungen gab es im Südostteil der Insel im Raum **Binz / Granitz** und **Mönchgut** bei Thiessow. Darin eingebettet waren die Bildung des **Schmachter Sees** bei Binz und das **Selliner Sees**.

Das heutige Rügener Boddensystem (Abb. 20) zwischen Strelasund – Bock – Hiddensee auf der einen Seite und bis zum Kleinen Jasmunder Bodden auf der anderen Seite umfaßt eine Gewässerfläche von rund 330 km² (Tab. 12 bzw. Tab. 3). Das Gesamtgebiet wird heute in die Bodden zwischen Hiddensee und Rügen (= **Westrügener Bodden**) und den **Rügener Binnenbodden** unterteilt. Mit Ähnlichkeit zu den Darß-Zingster Bodden können auch die Rügener Binnenbodden als **Gewässerkette** verstanden werden. Auf der Strecke vom Kleinen Jasmunder Bodden bis zum Übergang zu den Westrügener Bodden liegen größere Gewässerteile im Nebenschluß, z.B. am Lebbiner Bodden der Tetzitzer See, der Breetzer Bodden und die Neuendorfer Wiek sowie am Rassower Strom der Wiek Bodden.

Tabelle 12 Morphometrische Gliederung der Rügener Boddengewässer
 • Ergänzung zur Tab.3 • verschiedene Quellen

Boddengebiet	Fläche (km ²)	Wasser- Volumen (10 ⁶ m ³)	Tiefe	
			mittel (m)	max (m)
Bodden zwischen Hiddensee und Rügen	171,3	300,5	1,8	7,6
- Vitter Bodden	12,4	17,7	1,4	6,0
- Schaproder Bodden	46,6	86,3	1,9	6,5
- Udarser Wiek	20,7	10,7	0,3	6,5
mit Koselower See, Wittenberger Strom und Breite				
- Kubitzer Bodden	35,4	52,0	1,5	4,3
- Gewässer zwischen Schaproder Bodden und Kubitzer Bodden und Strelasund	56,2	133,8	2,4	7,6
Rügener Binnenbodden	158,6	553,5	3,5	10,3
- Rassower Strom	20,0	49,6	2,5	6,0
- Wieker Bodden	16,0	41,1	2,6	4,9
- Breetzer Bodden	11,6	24,5	2,1	4,1
- Neuendorfer Wiek	3,7	4,6	1,2	2,0
- Breeger Bodden	9,7	23,5	2,4	4,2
- Lebbiner Bodden/Tetzitzer See	16,6	19,7	2,0	4,1
- Großer Jasmunder Bodden	58,6	312,8	5,3	10,3
- Kleiner Jasmunder Bodden	28,4	77,7	2,8	5,0

Im Unterschied zur Darß-Zingster Boddenkette sind die Rügener Binnenbodden tiefer. Mit 32,8 km² der Gewässerflächen sind rund 25 % der Rügener Bodden tiefer als 6 m (CORRENS 1975):

Gewässertiefe	Fläche km ²	Fläche %
0 bis 2 m	46,9	36
2 bis 4 m	36,5	28
4 bis 6 m	14,0	10,8
6 bis 10 m	32,5	25
> 10 m	0,3	0,2

Treten in der Ostsee um Hiddensee aus dem Westen kommende Wasserströmungen auf, so wird salzreicheres Wasser entweder vom Norden oder über den Gellenstrom vom Südwesten in die Westrügener Bodden einströmen. Ausstrom tritt dann auf, wenn der Wasserstand in den inneren Bodden des Darß-Zingst, Rügens oder des Strelasundes höher als in der Ostsee ist. So sind die Westrügener Bodden als **Durchzugsstraße** für in verschiedene Richtungen fließendes Wasser zu werten. Salzgehalte zwischen 8 und 10 PSU sind hier im allgemeinen anzutreffen. Die immer wieder erfolgten **Baggerungen** des Fahrwassers zwischen Stralsund und Gellen-

strom (= Westansteuerung Stralsund) haben natürlich Bedeutung für den Wasserdurchsatz. Das Ausmaß von erfolgten Sandtransporten durch die Baggerungen in diesem Gebiet wird für 1906 bis 1951 mit $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ angegeben.

Baggerungen sind auch von wesentlichem Einfluß für den Wasseraustausch mit den Rügener Binnenbodden. Zwischen 1961 und 1963 erfolgten solche zur Verbesserung der Schifffahrtsbedingungen zwischen Rasser Strom und Großem Jasmunder Bodden. Der Wasseraustausch wurde zunächst wesentlich verbessert.

Ein in die Gegenrichtung gehender sehr markanter Eingriff in das hydrographische Geschehen der Binnenbodden war die Schließung der **Lietzower Pforte** (Übergang vom Kleinen zum Großen Jasmunder Bodden) im Jahr 1868 mit dem Bau eines Straßendamms und später der Eisenbahnlinie nach Saßnitz. Erst in der jüngeren Vergangenheit sind hier Maßnahmen für eine Verbesserung des Wasseraustausches getroffen worden. Bereits 30 Jahre nach der Schließung wurde in der Fachliteratur über eine drastische **Verschlechterung der hydrobiologischen Situation** berichtet. Die Zunahme verstärkter Algenblüten und der Gewässerverschlammung sind beispielhafte Indikatoren dafür.

Eine weitere Besonderheit ergibt sich für die Rügener Binnenbodden aus der Wasserhaushaltsbilanz. Bei kleinem Einzugsgebiet von 312 km^2 (Gewässerfläche 159 km^2) und dem Fehlen größerer Bach- / Flußsysteme erhält dieses Gewässersystem durchschnittlich nur $40 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ an Flußwasser. Dem steht ein nahezu doppelt so hoher Niederschlagseintrag gegenüber. Damit wird der Gesamtwassergewinn nicht ($\text{Einstrom } 336 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$) wesentlich beeinflusst.

Die Wassererneuerung für das ganze Binnenboddensystem bis zum Großen Jasmunder Bodden ergibt sich so mit ca. 7 mal / a.

Durch die in relativ geringen Grenzen schwankenden Salzgehalte in den vorgelagerten Westrügener Bodden kommt es auch bei diesen Gewässerteilen trotz intensiver Wasseraustauschbedingungen nicht zu größeren Schwankungen. Durch das Vorliegen von Salzgehaltsmessungen über mehr als 80 Jahre kann aber der Einfluß der Baggerungseingriffe nachvollzogen werden. Während SCHIEMENZ (1898) für den großen Jasmunder Bodden Werte noch im Bereich von 5,5 bis 5,8 PSU angibt, liegen die Ergebnisse bei späteren Autoren höher (Tab. 13).

Tabelle 13 Entwicklung der Salzgehaltsverhältnisse in den Rügener Binnenbodden

- ausgewählte Ergebnisse nach HÜBEL u. DAHLKE, 1991

in PSU		Großer Jasmunder Bodden	Kleiner Jasmunder Nord Bodden Süd	
Schiemenz	vor 1898	5,5...5,8	2,5	–
Zeitraum	1960 – 1963	7,0...7,4	3,1...3,7	
Zeitraum	1980 – 1985	8,2...8,6	3,5...4,5	
Zeitraum	1986 – 1990	7,4...10,6	2,8...5,8	4,2...4,4

Im Kleinen Jasmunder Bodden ist eine deutlichere Nordsüd- Differenzierung erkennbar.

Insgesamt sind durch die Manipulationen an der Morphologie des Boddensystems erhebliche ökologische Einflüsse ausgeübt worden (weitere in Teil 2, dieses Heft).

Die Rügener Binnenbodden bis zum Jasmunder Bodden gehören zum mesohalinen Lebensraum, mit geringen Abstufungen in den Nebenbodden. Der Kleine Jasmunder Bodden ist dem Oligohalinikum zuzuordnen. Heute gelten für den mesohalinen Gewässerbereich eutrophe und für den oligohalinen polytrophe bis hypertrophe Bedingungen.

3.9 Greifswalder Bodden (mit Strelasund) – in Abb. 3 = Nr. 9

– vgl. auch Abschnitt Boddenküste

– Quellen und weiterführende Literatur:

BACHOR (1996a) (1996b) (1997), BACHOR u. v. WEBER u. WIEMER (1996), BAUMANN (1915), BIRR (1968) (1970) (1988), BORNHÖFT (1884), CORRENS (1976b) (1977) (1979), GOMOLKA (1971) (1987), HELCOM (70 / 1998), KLIEWE u. JAHNKE (1972), KOLP (1976), LAMPE (1997), MERTINKAT (1994), MÜLLER (1934), PRAESENT (1914), REINICKE (1989) (1996), SCHLUNGBAUM (2000), SCHLUNGBAUM u. STOLLE u. WESTPHAL u. NAUSCH (1989), SCHMIDT (1957), SCHNESE (1968) (1969) (1973), SCHNESE u. HÜBEL (1975), SCHOKNECHT (1973), STIGGE (1989), SUBKLEW (1955), WILLE (1998), UMWELT – M.V. (1991...1997)

Der Greifswalder Bodden ist ein Teilbereich im großen System der **südbaltischen Boddenküste** (=Boddenausgleichsküste). Wesentliche Landschaftsbausteine sind die nördlich liegende Insel Rügen (973 km²), der östliche Rand wird durch die **Insel Ruden** (0,4 km²) und den nach Norden zur Insel Rügen zeigenden **Thiessower Haken** sowie den nach Süden ausgerichteten **Peenemünder Haken** (Insel Usedom) gebildet. Zwischen Thiessower Haken und der Insel Ruden liegt die breite und flache **Boddenrandschwelle** (nur 1,5 m bis 2,5 m tief). Zu den noch größeren Inseln im Bodden gehören die **Insel Vilm** (0,96 km²) im Norden und am Südrand die **Insel Koos** (1,49 km²), die **Insel Riems** (0,28 km²) und die **Insel Struck** (2,1 km²). Im Süden reicht die **Dänische Wiek** ca. 4 km in das Festland hinein. Hier münden der **Ryck** und die **Ziese**. Die Küsten, insbesondere im nordöstlichen Bereich sind reich strukturiert und zeichnen sich durch Haken und Nehrungen aus.

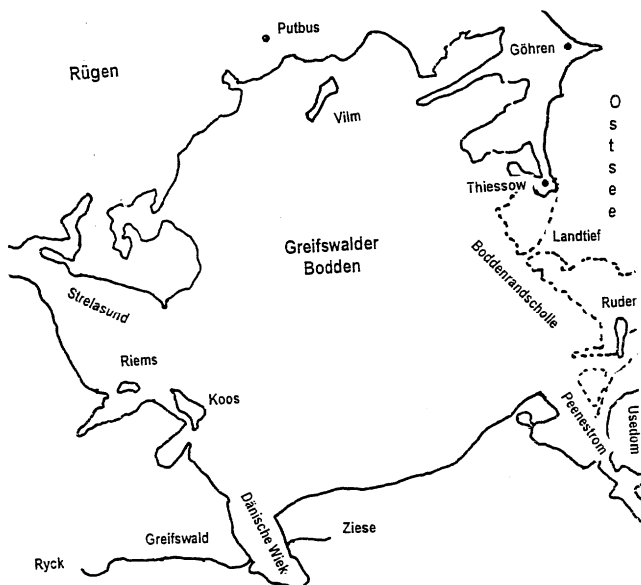


Abb. 21 Skizze des Greifswalder Boddens

Das 510 km² große Becken mit Ausdehnungen von West nach Ost von 25 km sowie Nord nach Süd von 24 km selbst hat seinen Ursprung als Staubecken des mehrfach unterbrochenen Abschmelzprozesses von spätglazialen Inlandeisen. Mit dem ca. 26 km langen und nur 2,2 km breiten **Strelasund** lag im Süd / Südwesten der Insel Rügen ein Abfluß des Schmelzwassers in Richtung Ostsee. Die Meeresspiegelschwankungen der letzten 5 Jahrtausende um die heutige Mittelwasserlinie boten Zeit und Möglichkeiten zu den beginnenden küstenausgleichenden Vorgängen. Bis zum Beginn des 14. Jahrhunderts soll noch eine Landverbindung zwischen den Inseln Rügen und Rügen bestanden haben. Ein schweres Sturmhochwasser hat zu ihrer Zerstörung geführt. Die bereits als Ostbegrenzung genannte Boddenrandschwelle ist noch heute ein Zeugnis davon. Unterbrochen ist diese Schwelle nur durch das **Landtiefhahwasser**, das Loch (eine natürliche Auskolkung) und eine Baggerinne (Ostansteuerung der Häfen Greifswald und Stralsund).

Die heutigen Küstenformen sind im Süden des Boddens verhältnismäßig ausgeglichen und im Norden stark gegliedert. Die **ökologische Charakteristik** wird wesentlich durch das **Bodenrelief** geprägt. Es zeigt eine deutliche Zweiteilung. Das Gebiet westlich der Linie östlich der dänischen Wiek im Süden und der Insel Vilm im Norden wird von einem allmählich von West nach Ost einfallenden 6 bis 9 m tiefen Becken eingenommen. Ostwärts davon treten zahlreiche Untiefen auf. In diesem stärker gegliederten Teil wechseln Riffe und Sandbänke, welche meistens als Grund bezeichnet werden, mit tiefen rinnenförmigen Einschnitten ab. Hier liegt mit 13,5 m die größte Tiefe. Weiter nach Osten steigt das Bodenplateau zur Boddenrandschwelle an: sie ist ca. 11,5 km lang und 2 km breit. Sie besteht im wesentlichen aus

Sandgrund. Sonst ist der Boden des Boddens mit Schlick, Sanden und Tongeröllmischungen bedeckt, wobei im Boddeninnern die Schlickflächen mit ca. 66% den größten Anteil haben. Der Schlick von grauschwarzer bis hellgrauer Farbe ist unterschiedlich mit Sand durchmischt und von *Furcellaria* besiedelt. In Tiefen ab 6 m wird unbewachsener blauschwarzer Schlick charakteristisch. Durch die zunehmende Eutrophierung nimmt der organisch geprägte Schlick zu und Schwefelwasserstoffentwicklung wird festgestellt.

Aufgrund der morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Gestaltung ist die mittlere Tiefe mit 5,8 m größer als in anderen Bodden- und Haffgewässern. Ca. 52 % der Gesamtfläche sind tiefer als 6 m und nur 14,5 % liegen im Bereich bis 2 m (Tab. 14):

Tabelle 14 Verteilung der Wassertiefenbereiche im Greifswalder Bodden
• nach CORRENS, 1979

Tiefenhorizont	Fläche (km ²)	Fläche (%)
0 bis 2 m	73,8	14,5
2 bis 4 m	84,2	16,5
4 bis 6 m	85,5	16,8
6 bis 10 m	248,7	48,7
> 10 m	18,0	3,5
	510,2	100

Das gegenüber der Gewässerfläche sehr kleine Einzugsgebiet in der Größe von 665 km² ist die Hauptursache für äußerst geringe, vom Lande kommende Süßwassereinträge. Der **Süßwassergewinn** über den Niederschlag kann bis zu 3 mal höher liegen (Tab. 5). So liegt der Wassergewinn für Süßwasser mit ca. $0,4 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{a}^{-1}$ nur bei 11% des Wasservolumens. Das bedeutet auch, daß nur im Bereich der dänischen Wiek (Ryck und Ziese) eine typische Salzgehaltsabstufung bis zum Süßwasser vorkommt.

Der Hauptwasseraustausch erfolgt mit der Ostsee über Einstrom- und Ausstromsituationen. Der Wassergewinn durch Einstrom mit $34,62 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{a}^{-1}$ entspricht einerseits 98,3 % des Gesamtgewinns (Tab. 5) und ist andererseits 11,7 mal größer als das Boddenwasservolumen. Damit wird das Wasservolumen insgesamt ca. 11,7 mal pro Jahr erneuert (Tab. 6).

Die Zugehörigkeit des Greifswalder Boddens zum **morphologisch- hydrologischen Typ II** (Abb. 4) erfolgt der Wasseraustausch mit der Ostsee über zwei Verbindungen:

- im Osten über die flache aber sehr breite Boddenrandschwelle
- im Westen über den 26 km langen und als Zwischengewässer einzuordnenden Strelasund.

Der Einstrom in den Greifswalder Bodden über den Strelasund beträgt im langjährigen Mittel etwa 13 % des Gesamteinstromes und der Ausstrom entsprechend

16,5%. Der Wasserkörper des Greifswalder Boddens wird also überwiegend durch den direkten Austausch mit der Ostsee erneuert. Für den $253 \times 10^6 \text{ m}^3$ fassenden Strelasund ergeben sich die folgenden Bilanzwerte (Tab. 15).

Tabelle 15 Mittlere und extreme Wasserhaushaltsbedingungen im Strelasund
 • berechnet nach CORRENS (1979), ergänzt MERTINKAT (1994)

Werte in $10^6 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ langjährige Werte	Strömung in Richtung Greifswalder Bodden	Strömung in Richtung Ostsee
Mittel	4.520	9.220
Minimum	2.330 (1978)	5.530 (1974)
Maximum	7.590 (1981)	13.290 (1984)
Wasseraustausch x mal/a	9,2...17,9...30	21,9...36,4...52,5

Auf der Basis wieder langjähriger Beobachtungen kann der Salzgehalt im nördlichen und zentralen Greifswalder Bodden mit 6 bis 8 PSU angegeben werden. Er liegt damit nur um ca. 1 PSU niedriger als in der vorgelagerten Oderbucht der Ostsee. Lediglich im Südosten des Boddens werden durch den Einfluß des Peenestromes, abhängig von den dortigen Ausstrombedingungen, teilweise erheblich niedrigere Salzgehalte gefunden, im Durchschnitt 3 bis 8 PSU, wobei auch noch niedrigere und noch höhere Werte festgestellt wurden. Dichteschichtungen mit größerer Stabilität treten bedingt durch höhere Salzgehaltsgradienten im Vertikalprofil nur im südöstlichen Boddenteil auf.

Für den Strelasund liegen die langjährigen Salzgehalte bei Stralsund im Bereich von 6 bis 10 PSU und am Eingang zum Greifswalder Bodden in dessen Bereich.

Der Greifswalder Bodden und auch der Strelasund sind als eindeutig β -mesohaline Gewässer einzustufen. Bezüglich seiner Morphologie, Hydrologie und Hydrographie besitzt der Greifswalder Bodden die Voraussetzungen für eine gute Wasserbeschaffenheit.

3.10 Stettiner Haff / Oderhaff – mit Peenestrom und besonderer Berücksichtigung des Kleinen Haffs – (in Abb. 3 =Nr. 10)

- vgl. auch Abschnitt Boddenküste
- Quellen und weiterführende Literatur:

BACHOR (1996a) (1996b) (1997), BACHOR u. v. WEBER u. WIEMER (1996), BRANDT (1996), CORRENS (1972) (1973) (1975) (1976b) (1977) (1979), FISCHER (1917), GESSNER (1957), HAACK (1960), HELCOM (70|1998), LAMPE (1997), LAWA (1999), LEIPE et al. (1998), MERTINKAT (1994), MIKULSKI (1966), NEUHAUS (1933), REINICKE (1996), SCHLUNGBAUM (2000), SCHLUNGBAUM u. BAUDLER (2000), SCHNESE (1968), SCHOKNECHT u. CORRENS (1973), WILLE (1998), UHLEN (1927), UMWELT –MV (1991...1997)

Die für die nordostdeutsche Ostseeküstenlandschaft charakteristische **Boddenausgleichsküste** endet im Osten mit dem Stettiner Haff im deutsch-polnischen Grenzraum. Der westliche Teil (im wesentlichen der deutsche Teil) wird allgemein auch als **Kleines Haff** (ca. 40 % der Gesamtfläche) und der östliche (polnische) Teil als **Großes Haff** bezeichnet (Abb.22). Insgesamt wird das Odermündungsgebiet durch die Inseln **Usedom** (Deutschland / Polen) und **Wollin** (Polen) von der Ostsee abgetrennt. Dahinter liegt seenartig das Odermündungsgebiet, das Stettiner oder Oderhaff.

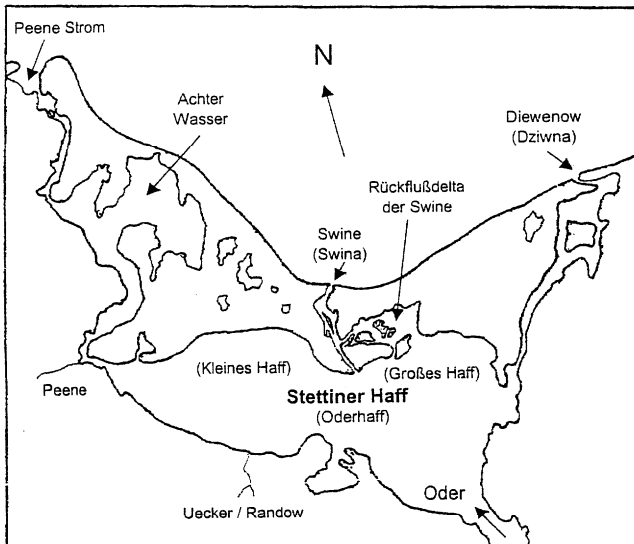


Abb. 22 Skizze und Gliederung des Stettiner Haffs

- modifiziert nach GESSNER (1957)

Die extreme Verbreiterung der Oder im Rückland der beiden Inseln hängt mit der postglazialen Herausbildung des **Haffstausees** zusammen. Heute existieren für den Abfluß des Süßwasserüberschusses in Richtung Ostsee drei Verbindungen mit der

Oderbucht: Peenestrom, Swine (Swina) mit Piatowski-Kanal und **Dievenow** (Dziwna). Alluviale Prozesse haben insbesondere die Struktur der Außenküste ständig verändert. Durch die auch hier stattgefundenen / stattfindenden Haken- und Nahrungsbildungen wurden / werden die Haff- / Ostsee- Verbindungen ständig verändert. Dazu gehören beispielsweise der Peenemünder Haken im Norden der Insel Usedom, die Schließung mehrerer ebenerdiger weiterer Ostseeverbindungen am Achterwasser und die Herausbildung der Swine-Niederungen bei Swinemünde / Swinoujscie im Osten der Insel. Auch auf der Insel Wollin traten solche Prozesse auf. So ist die heutige Außenküste wenig gegliedert. Anders ist die Situation am Haffnordufer. Während die Südküste von Usedom noch relativ wenig strukturiert ist und als größte Besonderheit nur über den **Usedomer See** ($3,6 \text{ km}^2$), der über eine schmale Rinne noch heute mit dem Haff verbunden ist, verfügt, ist die Wolliner Südküste sehr stark strukturiert. Besonders im Swine-Gebiet tritt die Erscheinung eines **Rückflußdeltas** auf.

Im eigentlichen Sinne ist das Stettiner Haff mehr ein Boddengewässer, wenn man von der heute allgemein gültigen Definition ausgeht (z.B. Nahrungsbildungen von vorgelagerten Inseln). Es muß aber eingeräumt werden, daß eine scharfe Trennung zwischen beiden Gewässertypen nicht möglich ist. Eine andere Möglichkeit der Unterscheidung ist mit dem Flußwasseranteil am Gesamtwassergewinn gegeben (vgl. Tab.5.

	% Flußwasseranteil	
	Bodden	Haffe
Darß-Zingster Bodden	9,8	
Rügener Binnenbodden	1,0	
Greifswalder Bodden	0,3	
Stettiner Haff		65,1
Frisches Haff		29,3
Kurisches Haff		87,8

Danach ist das Stettiner Haff wieder ein typisches Haff. Das Stettiner Haff ist mit seiner morphologische Gestaltung und der damit eng im Zusammenhang stehenden Hydrologie das einzige innere Küstengewässer der **Typkategorie III**. Besonders im westlichen Peenestrom und der östlichen Dievenow sind die Ostseeverbindungen deutlich mit Zwischengewässern geprägt, z.B. am Peenestrom die **Krumminer Wiek** und das **Achterwasser**.

Der durchschnittlich sehr hohe Süßwassergewinn mit $15,05 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ erfolgt zu 95 % aus der Oder. Der Rest verteilt sich auf mehrere kleinere Flußsysteme, wovon auf deutschem hauptsächlich die Uecker mit der Randow und die Zarow zu nennen sind.

Durch den relativ hohen Wassereintrag aus dem **Peenestrom** in das Oderhaff mit 29 % ist auch mit Süßwassereinträgen aus dem **Peenefluß** zu rechnen. Dieser mündet am südlichen Ende des Peenestromes unweit des Haffbeginns. Die Peene ist der größte Ostseezufluß in Mecklenburg-Vorpommern.

Der Wasseraustausch mit der Pommerschen Bucht (auch Oderbucht) wird in seiner Größe auch durch die relative Häufigkeit der Strömungsrichtungen bestimmt. Für

die Meßreihe von 1902 bis 1940 ergibt sich die folgende Verteilung (nach CORRENS, 1973):

Gewässerteil	Ausstrom	Einstrom	Stromstille
	%	%	%
Peenestrom	67	29	4
Swine / Swina	80	20	0
Dievenow / Dzwina	70	22	8

Danach überwiegt der Ausstrom gegenüber dem Einstrom um das 2,3- bis 4-fache. Perioden längerer Stromstille gibt es in der relativ kurzen Verbindung der Swine nicht. Die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten im Peenestrom bis zum Südausgang am Haff betragen beispielsweise 1970 bei Ausstrom (Richtung Ostsee) 15,8 cm/s (max. 48 cm/s) und bei Einstrom 21,2 cm/s (max. 90 cm/s).

Im Raum Wolgast (etwa Mitte bis nördlich im Peenestrom) liegen diese Werte allgemein höher. Hier wurden 1970 Maximalwerte für den Einstrom bis 112 cm/s und für den Ausstrom bis 80 cm/s gemessen. Die Verschiedenheit zwischen Differenzen im Einstrom und Ausstrom hängt mit der Pufferkapazität der südlich von Wolgast liegenden Nebengewässer zusammen.

Am **Gesamtwasseraustausch zwischen Haff und Ostsee** sind die drei Verbindungen sehr unterschiedlich beteiligt. So ergibt sich für den Ausstrom aus dem Haff ein Anteil für das Swinegebiet (Alte Swine und Kanal) von etwa 75 %. Auf den Peenestrom entfallen 15 % und auf die Dievenow 10 %. Das Verhältnis ist bei Einstromlagen etwa ähnlich, wobei über die Swine ein noch größerer Anteil verzeichnet wird und bei der Dievenow ein kleinerer. Es muß berücksichtigt werden, daß durch die wesentlich kürzere Verbindung über die Swine und den größeren Wasseranteil direkt Ostseewasser in das Haff eingetragen wird, während über die beiden anderen Ostseeverbindungen ein mehr mit Süßwasser vermisches Brackwasser in wesentlich kleineren Mengen in das Haff gelangen.

Dementsprechend werden die **Salzgehaltsverhältnisse** beeinflusst. Durch den mit 65,1 % deutlich überwiegenden Flußwasseranteil am Gesamtwassergewinn sind wesentlich geringere Salzgehalte zu erwarten. Vom Süßwasser beginnend liegen die Salzgehalte im Haff bis 3, höchstens 4 PSU. Lediglich in den unmittelbaren Wirkungsräumen von einströmenden Ostseewasser werden auch höhere Salzgehalte gefunden. So zeigt der Bereich der Swine auf relativ kurzen Strecken größere **Salzgehaltsgradienten**.

Für den Peenestrom ergibt sich so in Abhängigkeit von den Strömungsverhältnissen eine Salzgehaltsdifferenzierung von 7 bis 8 PSU am Übergang zur Ostsee bzw. zum Greifswalder Bodden bis ca. 0,8 PSU am Haffeingang. Bei Wolgast, ca. 18 km von der Ostsee entfernt, werden Werte zwischen 2 und 5 PSU ermittelt. Werte von 2 PSU sind auch am Haffeingang des Peenestromes nach längeren Einstromperioden möglich.

Der Großteil des Stettiner Haffs ist also als **oligohaliner Lebensraum** ausgewiesen. Lediglich Regionen an der Swine können dem Mesohalinikum zugerechnet

werden. Aufgrund des relativ schnellen Süßwasserdurchstromes gilt das Haff von Natur aus als ein Gewässer mit relativ niedriger Produktivität. Heute muß aber durch die lange Zeit wirkende hohe Nährstoffbelastung und die weitgehende Verschlam- mung großer Gewässerflächen von einem hocheutrophen (polytroph bis hypertroph) Zustand ausgegangen werden.

3.11 Frisches Haff und Kurisches Haff (in Abb. 3 = Nr. 11 und 12)

- vgl. auch Abschnitt Haff / Nehrungsküste (Dünenwallküste)Quellen und weiterführende Literatur: CERVINKAS (1957), GESSNER (1957), HELCOM (70|1998), MIKULSKI (1966), PAUL (1944), PRATJE (1931), PUSTELNIKOV (1983) (1998), SCHLUNGBAUM (2000), UHL (1939)

So wie die Haff - Nehrungsküste selbst mit großen Teilen der Boddenküsten viele Ähnlichkeiten aufweist, gibt es diese auch im Vergleich der Gewässer. Dennoch sind das Frische Haff und das Kurische Haff im System der inneren Küstengewässer an der südlichen Ostseeküste mit charakteristischen Besonderheiten ausgestattet. Sie sind nicht nur mit 838 km² bzw. 1610 km² flächenmäßig die größten Küstengewässer dieser Art (vgl. Tab. 3), sie weisen auch in ihrer Hydrologie und Hydrographie Spezifika auf. Beide sind gegenüber den Boddengewässern mit hohen bzw. sehr hohen Süßwasseranteilen in ihrer Wasserbilanz gekennzeichnet (vgl. Tab. 5), wobei die Flüsse durch ihre Lage des Mündungsgebietes unterschiedlich für die Gewässer wirksam werden.

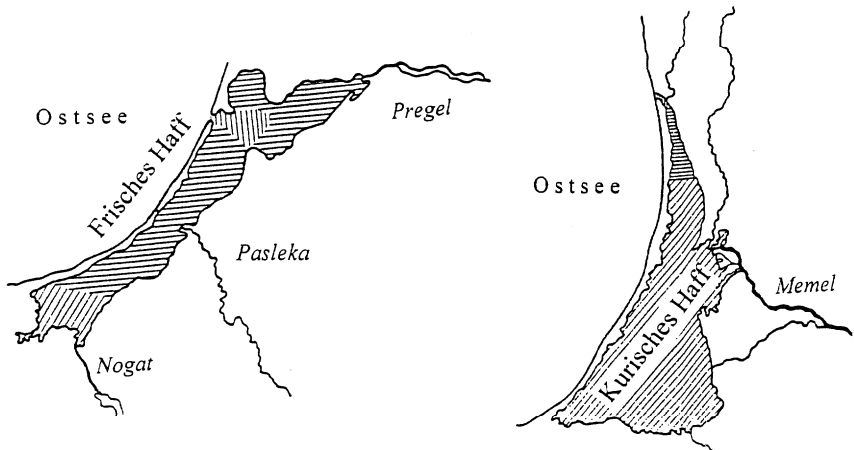


Abb. 23 Skizzen von Lage und Gestalt des Frischen und des Kurischen Haffs mit Angaben zur Verteilung der hydrographischen Verhältnisse

- Schraffur : senkrecht Ostseewasser, waagerecht mesohalines Wasser, schräg oligohalines Wasser
- modifiziert nach GESSNER (1957)

Die Flüsse münden beim Frischen Haff – auch Weichselhaff genannt – verteilt von Süd nach Nord auf der gesamten Länge der ca. 90 km langen Landseite und beim Kurischen Haff ist das Memeldelta auf die mittlere Lage der ebenfalls ca. 90 km langen Nord – Süd – Ausdehnung charakteristisch. Diese Verteilung und die absoluten Süßwassereinträge gestalten die Lebensräume charakteristisch.

Die Verteilung der Süßwassereinträge für beide Haffe ergibt sich wie folgt:

• Frisches Haff:			
Flußwassereintrag	$3,62 \times 10^9 \text{ m}^3\text{a}^{-1}$		=100 %
- davon	Pregel		44 %
	Nogat (= Haffweichsel)		17 %
	Pasleka (= Passarge)		14 %
			75 %
• Kurisches Haff:			
Flußwassereintrag	$22,12 \times 10^9 \text{ m}^3\text{a}^{-1}$		=100 %
- davon	Memel (Nemunas)		98 %

Bedingt durch die großen Unterschiede bei den Gewässerflächen, aber nahezu identischen mittleren Tiefen mit 2,6 m bzw. 3,7 m (Tab. 3), ergibt sich für die Wassererneuerung allein durch Flußwasser ein entsprechend unterschiedlicher Faktor von 1,6 bzw. 3,6 mal/a (Tab. 6).

Beide Haffe haben jeweils am Nordende eine westwärts gerichtete Verbindungsrinne zur Ostsee, zusätzlich durch Baggerungen gestaltet. Dadurch gehören beide Gewässer dem morphologisch-hydrologischen Typ I an (Abb. 4). Aufgrund der in Tab. 5 angegebenen Bilanzdaten für den Wasserhaushalt ergeben sich sehr verschiedenartige Ausstrom-/Einstrom-Verhältnisse von

- Frisches Haff	(Enge bis Pillau)	1,4
- Kurisches Haff	(Enge bis Memel / Klaipeda)	12,7.

Die gesamte Wassererneuerung (Tab. 6) liegt bei 5,1 mal/a im Frischen Haff und bei 4,0 mal/a im Kurischen Haff.

Diese stark unterschiedlichen Wasserhaushaltsbilanzen wirken entsprechend auf die aktuellen **Salzgehaltsverhältnisse** (vgl. auch Abb. 23):

- **Frisches Haff:** Aufgrund des größeren Einstromdruckes von Ostseewasser kommt es in der unmittelbaren Nähe der Ostseeverbindung zu ostseewasserähnlichen Salzgehaltbedingungen mit 6 bis 7 PSU, also für diese Region der Ostsee deutlich im Bereich des **β -Mesohalinikums**. Ein **oligohaliner Lebensraum** ist mit Werten bis 3 PSU, meistens bis 2 PSU, deutlich auf den südlichen Gewässerraum begrenzt. Hier wirkt der prozentual niedrigere Nogatzufluß mehr als der bilanzmäßig intensivere Pregelzufluß, der sich aber unmittelbar auf die Region der Ostseeverbindung konzentriert. Im Pregelgebiet ist das Oligohalinikum auf das unmittelbare Mündungsgebiet beschränkt. Der übrige Bereich des Haffes gehört ebenfalls, wenn auch mit geringeren Salzgehalten, zum β -Mesohalinikum. Die jahreszeitliche Variabilität äußert sich durch

geringere Salzwerte im Zeitraum Januar bis März (Werte unter 1 PSU und sonst bei geringerem Schmelzwasserabfluß zwischen 1 bis 2 PSU) und höheren Werten zwischen August und Dezember.

Dieser heute vorliegende hydrographische Zustand ist in jüngerer Geschichte oft empfindlich beeinflusst worden. So bildete sich aus dem Mesohalinikum des Haffs in der Entstehungsgeschichte ein vom Süßwasserdurchfluß geprägtes Gebiet. Einen extrem hohen Süßwasserfluß erhielt das Haff bei dem Hochwasser 1855, weil das Weichselwasser durch eine Eisbarriere in der Danziger Mündung nicht den normalen Weg über die Danziger Weichsel nehmen konnte. Durch den Bau eines Schleusensystems an den Ostarmen der Weichsel hat sich der Süßwasserfluß in Richtung Haff auf ca. 10 %, bei Hochwasser sogar auf 1 % verringert und die heutigen Werte (Tab. 5) angenommen. Die erfolgte Vergrößerung der Hafföffnung bei Pillau und die zurückgegangene Süßwassermenge haben gute Voraussetzungen für die Wiederausbildung des Mesohalinikums auf den größten Teil der Haffflächen gegeben. Das hat zu erheblichen Veränderungen in der Ökologie des Frischen Haffs geführt.

1895 wurden bis auf Cordylophora - Ansiedlungen im östlichen Haffteil nur Süßwasserlebensgemeinschaften angetroffen. Bereits 1924 fehlen dann charakteristische Arten des Süßwasserplanktons. Auch Auswirkungen auf die vorkommende Fauna sind festgestellt worden.

- **Kurisches Haff:** Das Kurische Haff hat aufgrund des extrem hohen Süßwasseranteils in der Bilanz mehr den Charakter eines Binnensees. Ostseewasserähnliche Bedingungen sind kaum zu finden. Ein mesohaliner Salzgehalt liegt nur im Nordteil vor. Das ist auch eine Folge der Situation, nach der das Süßwasser der Memel in der Mittellage der Haffausdehnung eintritt. Die festgestellten Salzgehaltsdifferenzen liegen meistens unterhalb 0,3 PSU. Damit scheidet der Salzgehalt dieses Küstengewässers als **ökologischer Faktor** völlig aus.

Zusammenfassung

Die nacheiszeitliche Entwicklung hat den Südraum der Ostsee mit einer Vielfalt von inneren Küstengewässern ausgestaltet. Das Spektrum reicht von den Förden von Flensburg bis zur Warnow, den Bodden zwischen Darß-Zingst und Usedom/Wollin sowie den Haffen im Baltikum. Differenzierte Küstenprozesse haben zu unterschiedlichen Prägungen geführt. Sie sind flacher oder tiefer, zur Ostsee offener oder abgeschlossener, enthalten mehr oder weniger Süßwasser.

Die ökologische Situation in den Förden, Bodden und Haffen reicht von nahezu Süßwasserverhältnissen bis zu polyhalinen Bedingungen in den Gewässern an der westlichen Ostsee. Dabei sind die Salzverhältnisse nach Raum und Zeit sehr verschiedenen und variabel. Entscheidend dafür ist auch die Lage der einzelnen Gewässer entlang am Salzgehaltsgradienten der Ostsee. Dieser reicht von 15-23 PSU im Oberflächenwasser der Beltsee bis zu 6-8 PSU in der östlichen Gotlandsee. Das bedeutet, daß für die inneren Küstengewässer der westlichen Ostsee, z.B. Schlei oder Unterwarnow, erheblich größere Salzgehaltsabstufungen zu erwarten sind als im Raum der Bodden und Haffe.

Im Beitrag werden entwicklungsgeschichtliche, morphologische, hydrologische und hydromorphische Gemeinsamkeiten und Verschiedenheiten der folgenden Küstengewässer in Form von Fallstudien diskutiert:

- Förden: Flensburger Förde, Schlei, Kieler Förde, Untertrave und Unterwarnow,
- Bodden: Darß-Zingster Bodden, Westrügener Bodden, Rügener Binn bodden, Greifswalder Bodden und Stettiner Haff (dieses Haff ist aufgrund seiner Genese den Bodden zuzuordnen),
- Haffe: Frisches Haff und Kurisches Haff.

Alle Gewässer besitzen mit der abgestuften Salzgehaltsverteilung Ästuarcharakter. Nur für die Wismar-Bucht sind diese Eigenschaften nur schwach ausgeprägt.

Die diskutierten Verschiedenheiten stellen eine wesentliche Grundlage für die unterschiedlichen ökologischen Verhältnisse dar.

Literatur

- ARNDT, E. A. (1969). Zwischen Düne und Meeresgrund - Tiere und Pflanzen des Ostseeraumes. Urania Verlag Leipzig - Jena - Berlin: 376 S.
- ARNDT, E. A. (1994). Struktur und Dynamik des Makrozoobenthos in der Darß-Zingster Boddenkette im Laufe der letzten 25 Jahre unter besonderer Berücksichtigung der Makrozoobenthosentwicklung im Saaler Bodden von 1986 bis 1990. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 2: 98-120.
- BAADER, G. (1982). Nährstoffkreisläufe an der Sediment / Wasser- Kontaktzone von Flachwasserökosystemen. Dissertation, Univ. Rostock.
- BABENERD, B. und ZEITZSCHEL, B. (1985). Trends für eintragsrelevante Fakten und für die Nährstoffkonzentrationen im Wasser der Kieler Bucht - ein Beitrag zur Erforschung der Eutrophierung der Nord- und Ostsee. Ber. Institut für Meereskunde Kiel Nr. 148.
- BACHOR, A. (1996a). Ergebnisse der Güteüberwachung der inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns. BODDEN 3: S 117-136.
- BACHOR, A. (1996b). Nährstoffeinträge aus Mecklenburg-Vorpommern in die Ostsee. Wasser und Boden 8: 33-36.
- BACHOR, A. (1997). Nährstoffeinträge in die vorpommerschen Bodden. BODDEN 5: 25-44.
- BACHOR, A.; v. WEBER, M. und WIEMER, R. (1996). Die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit der Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns. Wasser und Boden 8: 26-32.
- BANSEMER, K. und RHEINHEIMER, G. (1974). Bakteriologische Untersuchungen über die Bildung von Schwefelwasserstoff in einer Vertiefung der inneren Kieler Förde. Kieler Meeresforsch. XXX: 91-98.
- BAUDLER, H. und SCHLUNGBAUM, G. (2000). Extreme hydrographische Situationen im Bereich der Darß-Zingster Boddenkette. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 1999 (Rostock), Tutzing: 383-388.
- BAUDLER, H.; SCHLUNGBAUM, G. und SCHULZ, F. (2001). Bibliographie der Darß-Zingster Bodden. In: H. BENKE u. G. SCHLUNGBAUM: Die Darß-Zingster Bodden - Monographie einer einzigartigen Küstenlandschaft, Meer und Museum (Stralsund) 16: 162-189.^{*)}
- BAUMANN, E. (1915). Beiträge zur Kenntnis des Greifswalder Boddens. - II. Morphometrie des Boddens, XV. Jahresbericht Geogr. Ges. Greifswals: 1-44.
- BEHRENS, J. (1982). Soziologische und produktionsbiologische Untersuchungen an den submersen Pflanzengesellschaften der Darß-Zingster Boddengewässer. Dissertation, Univ. Rostock.
- BENKE, H. und SCHLUNGBAUM, G. (2001). Die Darß-Zingster Bodden - Monographie einer einzigartigen Küstenlandschaft. Meer und Museum, Schriftenreihe des Deutschen Meeresmuseums Stralsund 16: 1-190. (mit 32 Beiträgen von 44 Autoren).
- BERG, G. (1999). Beiträge zur Geschichte des Darßes und des Zingstes. 3. Aufl., Scheunen-Verlag.
- BIRR, H. D. (1968). Über die hydrographischen Verhältnisse des Strelasundes unter besonderer Berücksichtigung von Wasserstand, Strömung und Salzgehalt. Geogr. Ber. 46, 1: 33-50.

- BIRR, H. D. (1970). Hydrographie des Strelasundes - Beiträge zur Erforschung der Küstengewässer der DDR unter besonderer Berücksichtigung nautischer Erfordernisse. Dissertation, Potsdam.
- BIRR, H.-D. (1988). Zu den Strömungsverhältnissen des Strelasundes. Beitr. Meereskd., Berlin, 58: 3-8.
- BORNHOFFT, E. (1884). Die geologischen Verhältnisse des Greifswalder Boddens. Dissertation, Univ. Greifswald.
- BOWDEN, K. F. (1986). Estuaries and coastal waters. Proc. Royal Soc. Ser. a265/1322: 320-325 (London).
- BRANDT, K. (1896). Über das Stettiner Haff. Wiss. Meeresuntersuchungen N.F. 1, 2: 107-141.
- BROSIN, H. J. (1965 a). Die mittleren Salzgehaltsverhältnisse in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst. Beitr. z. Meereskunde 16: 7-14.
- BROSIN, H. J. (1965 b). Hydrographie und Wasserhaushalt der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst. Veröff. Geophys. Inst. Univ. Leipzig 18, 3: 277-381.
- CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. (1963). Estuaries. In: The Sea New York 306-324.
- CASPER, H. (1959a). Die Einteilung der Brackwasser-Regionen in einem Ästuar. Estratto DALL' ARCHIVO DI OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA; Vol. XI, Suppl. 153-169.
- CASPER, H. (1959b). Vorschläge einer Brackwassernomenklatur („The Venice-System“), Int. Rev. Ges. Hydrobiol. 44, 2: 313-316.
- CERVINKAS, E. (1957). Kai Kuric Kursin marin vadenslygio kitima ypatumai. Lietuvas TSR MA daibai, Ser. B. Vilnius.
- CORRENS, M. (1972). Beiträge zur Hydrographie des Kleinen Haffs und des Peenestroms. Dissertation, Humboldt-Univ. Berlin.
- CORRENS, M. (1973). Beitrag zum Wasserhaushalt des Oderhaffs. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math. nat. R. 22, 6: 693-704.
- CORRENS, M. (1975). Untersuchungen über den Wasserhaushalt des Kleinen Haffs (Oderhaff). Wasserversorgung-Wassertechnik 25, 1: 8-11.
- CORRENS, M. (1976 a). Beitrag zur Hydrographie der Unterwarnow. Acta Hydrophys. 21: 183-226.
- CORRENS, M. (1976 b). Charakteristische morphometrische Daten der Bodden- und Haffgewässer der DDR. Vermessungstechnik 24, 12: 459-461.
- CORRENS, M. (1977). Grundzüge von Hydrographie und Wasserhaushalt der Boddengewässer an der Küste der DDR. Acta hydrochim. hydrobiol. 5, 2: 517-526.
- CORRENS, M. (1979). Der Wasserhaushalt der Bodden- und Haffgewässer der DDR als Grundlage für die weitere Erforschung ihrer Nutzungsfähigkeit zu Trink- und Brauchwasserzwecken. Habilitationsschrift, Humboldt - Univ. Berlin.
- CORRENS, M., JAEGER, F. (1979). Beiträge zur Hydrographie der Nordrügensch Bodden - I. Einführung in das Untersuchungsgebiet, Wasserstandsverhältnisse und Wasserhaushalt. Acta Hydrophysica 24: 149-177.
- CORRENS, M., JAEGER, F. (1982). Beiträge zur Hydrographie der Nordrügensch Bodden - II. Strömungsverhältnisse, Salz- und Sauerstoffhaushalt. Acta Hydrophysica 27: 5-22.
- DELLING, D. (1975). Untersuchungen am Oligohalinikum der Schlei - I. Haddebyer und Selker Noor als Beispiele oligohaliner Lebensräume. Kieler Meeresforsch. 31: 111-150.
- DIEHL, D.; DIEHL, M. (1979). Die Untertrave als Mischzone von Süßwasser- und Meeresorganismen. In: DIEHL M. (1979). Berichte des Vereins "Natur und Heimat" und des Naturhistorischen Museums zu Lübeck: "Lebensraum Untertrave", H. 16: 176 S.
- DIEHL, M. (1992). Lübecker Bucht und Untertrave. Ber. d. Vereins "Natur und Heimat" und des Naturhistorischen Museums Lübeck Heft 23/24: 208 S.
- DUPHORN, K.; KLIEWE, H.; NIEDERMEYER, R.-O.; JANKE, W. und WERNER, F. (1995). Die Deutsche Ostseeküste. Sammlung Geologischer Führer 88. Ed. O.F. GEYER u. R. LEINFELDER, Gebr. Bornträger Berlin-Stuttgart.
- DVVK (1996). Flußlandschaft - ökologische Entwicklungskonzepte, BMBF - Vorhaben "Sanierungskonzepte für kleine Fließgewässer". Merkblätter Wasserwirtschaft 240: 1-285 (Deutscher Verein für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.).
- FEIBICKE, M. (1994). Innere Schlei - Stoffeinträge und Prozesse. Gewässerökologie Norddeutschlands (Landesumweltamt Potsdam) 1: 66-73.
- FISCHER, R. (1917). Der Abfluvorgang der Ostseehaffe und ihrer Zuflüsse, besonders der Peene. Petzermanns Geogr. Mitt. 63: 235-237.
- FREUND, K. - H. (1977). Die Unterwarnow - gesellschaftliche Bedeutung, Belastung und Beschaffenheit. Habilitationsschrift, Univ. Rostock.

- GEMEINSAMES KOMITEE FLENSBURGER FÖRDE (1974). Untersuchungen der Flensburger Förde, 8 Teilberichte. Selbstverlag Aaburaa.
- GEORGI, F. (1983). Untersuchungen zur Variabilität von Qualität und Quantität des Sestons in den Darß-Zingster Boddengewässern. Dissertation, Univ. Rostock.
- GESSNER, F. (1937). Hydrographie und Hydrologie der Brackwässer Rügens und des Darß. Kieler Meeresforsch. 2: 1-80.
- GESSNER, F. (1940). Produktionsbiologische Untersuchungen im Arkonabecken und den Binnengewässern von Rügen. Kieler Meeresforsch. 3: 449-459.
- GESSNER, F. (1957). Meer und Strand. 2. Aufl.; VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin: 426 S.
- GOMOLKA, A. (1971). Untersuchungen über die Küstenverhältnisse und die Küstendynamik des Greifswalder Boddens. Dissertation, Univ. Greifswald.
- GOMOLKA, A. (1987). Untersuchungen über geomorphologische Veränderungen an Boddenküsten in den letzten drei Jahrhunderten unter besonderer Berücksichtigung des Greifswalder Boddens. Habilitationsschrift, Univ. Greifswald.
- GOSSELCK, F. (1992). Makrozoobenthos, Phytal und Makrophyten in der Wismar-Bucht und des Salzhaffs. In: Ziel- und Funktionsstudie für den Naturschutz im Raum Wismar-Bucht einschließlich Salzhaff. Univ. Rostock, FB Biologie, unveröff.
- GOSSELCK, F. und v. WEBER, M. (1997). Die Eutrophierung ein Problem der Wismar-Bucht. Meer und Museum (Stralsund) 13: 36-40.
- GRIPP, K. (1949). Die Entstehung der Förden. Schr. d. Naturwiss. Verw. Schleswig-Holstein (Kiel) 24.
- HAACK, E. (1960). Das Achterwasser - eine geomorphologische und hydrologische Untersuchung. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin: 106 S.
- HELCOM 70|98. Baltic Sea Environment Proceedings 70|98 - The third BALTIC SEA Pollution Load Compilation (PLC3). Helsinki 1998.
- HÜBEL, H. (1992). Fünf Jahrzehnte produktionsbiologischer Untersuchungen in den Brackgewässern Rügens und des Darß. Wiss. Zeitschr. Univ. Greifswald, Math.-nat. R. 31: 3-9.
- HÜBEL, H.; DAHLKE, S. (1991). Stoffhaushalt und Belastungsgrad des Kleinen Jasmunder Boddens. - Studie, Biologische Station Hiddensee, unveröff.: 45 S.
- HÜBEL, H.; DAHLKE, S. (1992). Ökosystemanalyse - Kleiner Jasmunder Bodden. Forschungsvorhaben Wasser 10204397 - Umweltbundesamt und Staatliches Amt f. Umwelt und Natur Rostock.
- HUPFER, P. (1959). Zur Hydrographie der Boddengewässer südlich des Darß. Wiss. Z. Univ. Leipzig, Math.-nat. R. 11: 175-186.
- HUPFER, P. (1960). Beitrag zum Problem des Wasseraustausches in der Boddenkette südlich des Darß. Z. Fischerei Hilfswiss. N. F. 9: 447-456.
- HUPFER, P. (1973). Hydrologisch-meteorologische Verhältnisse, Wasser- und Wärmehaushalt im östlichen Teil der Darßer Boddenkette in der Zeit vom 29.5. bis 3.6.1972. Wiss. Z. Univ. Rostock R. 22, 10: 1067-1077.
- HUPFER, P. (1978). Die Ostsee - kleines Meer mit großen Problemen. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig: 152 S.
- HUPFER, P.; FOKEN, W. (1977). Zum Verhalten des mittleren Salzgehaltes in der Ostsee- und Boddenküste von Zingst im Zeitraum 1961-75. Wasserwirtschaft-Wassertechnik 27, 3: 83-85.
- HUPFER, P.; SCHLUNGBAUM, G.; VENTZ, D. (1973). Der Salzgehalt in den Boddengewässern während der synoptischen Boddenaufnahme 1972. Wiss. Z. Univ. Rostock R. 22, 10: 1079-1083.
- HURTIG, Th. (1954). Die mecklenburgische Boddenlandschaft und ihre entwicklungsgeschichtlichen Probleme. Verlag deutscher Wissenschaften, Berlin: 148 S.
- JESCHKE, L. (1996). Entwicklungsgeschichte der Bodden. Bodden 3: 3-18.
- KÄNDLER, R. (1953). Hydrographische Untersuchungen zum Abwasserproblem in den Buchten und Förden der Ostseeküste Schleswig-Holsteins. Kieler Meeresforsch. 11: 176-200.
- KÄNDLER, R. (1956). Die hydrographischen Verhältnisse in den Buchten und Förden der Ostseeküste Schleswig-Holsteins im Hinblick auf die Abwasserbelastung. Arbeiten des Deutsch. Fischerei-Verbandes 7: 17-24.
- KÄNDLER, R. (1959). Hydrographische Beobachtungen in der Kieler Förde. Kieler Meeresforsch. 15: 145-156.
- KÄNDLER, R. (1960). Typen der Salzgehaltsschichtung in der Kieler Förde. Kieler Meeresforsch. 12: 164-179.

- KÄNDLER, R. (1963). Hydrographische Untersuchungen über die Abwasserbelastung der Flensburger Förde. Kieler Meeresforsch. 19: 142-157.
- KÄNDLER, R. (1971). Untersuchungen über die Abwasserbelastung der Untertrave. Kieler Meeresforsch. 27: 20-27.
- KINNE, O. (1971). Salinität (Kap. 4). In: Marine Ecology 1: 683-1244.
- KLIEWE, H. (1957). Die spät- und nacheiszeitliche Formenentwicklung der Insel Usedom. Habilitationsschrift, Univ. Greifswald.
- KLIEWE, H. und JANKE, W. (1972). Verlauf und Sytem der Marginalzonen der letzten Vereisung auf dem Territorium der DDR. Wiss. Z. Univ. Greifswald, Math.-nat. R. 21, 1: 31-37.
- KÖGLER, F.C. und ULRICH, J. (1985). Bodengestalt und Sedimente der Kieler Förde. Schr. Naturwiss. Verein Schleswig-Holstein (Kiel), 55: 1-33.
- KOLP, O. (1976). Submarine Ufertrassen der südlichen Ost- und Nordsee als Marken des holozänen Meeresspiegelanstiegs und der Überflutungsphasen der Ostsee. Geogr. Mitt. 120, 1: 1-23.
- KOMMISSION FLENSBURGER FÖRDE (1980). Sedimentuntersuchungen 1979 in der Flensburger Förde. Sekretariat Aabenraa (Appenrade).
- KÖSTER, R. (1958). Die Küsten der Flensburger Förden – ein Beispiel für Morphologie und Entwicklung einer Bucht. Schr. Naturwiss. Verein Schleswig-Holstein (Kiel) 29, 1: 5-18.
- KÖSTER, R. (1961). Junge eustatische und tektonische Vorgänge im Küstenraum der südwestlichen Ostsee. Meyniana (Kiel) 11: 23-81.
- KÖSTER, R. (1996). Entstehung der Ostsee (Kap. 3.1). In: RHEINHEIMER G.. (Ed.). Meereskunde der Ostsee. 2. Aufl., Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York.
- KÖSTER, R. und BONSEN, U. (1969). Die Schlei und ihrer Anreinerlandschaften. In: H. SCHLENGER, K. H. PAFFEN u. R. STEWIG: Das Schleswigsche Hügelland – ein geographischer-landeskundlicher Exkursionsführer: 230-240 (Kiel, Verlag Hirt).
- KREMLING, K. (1996). Ionenanomalien (Kap. 5.1.1). In: RHEINHEIMER G. (Ed.). Meereskunde der Ostsee. 2. Aufl., Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York.
- KREY, J. (1941). Nährstoff- und Chlorophylluntersuchungen in der Kieler Förde 1939. Kieler Meeresforsch. 4: 1942.
- KREY, J. (1959). Über den Gehalt von gelösten anorganischem Phosphor in der Kieler Förde 1952-1957. Kieler Meeresforsch. 15: 17-28.
- LAMPE, R. (1981). Gewässerzustand und Sedimente eines polytrophen Flachsees (Schmachter See / Rügen) - ein Beitrag zur physiogeographischen Prozeßforschung. Habilschrift, Univ. Greifswald.
- LAMPE, R. (1996). Küstentypen der Ostsee (Kap. 3.2). In: RHEINHEIMER G. (Ed.). Meereskunde der Ostsee. 2. Aufl., Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York.
- LAMPE, R. (1997). Langfristige Uferlinienveränderungen und ihre Auswirkungen auf Inventar und Stoffhaushalt von Küsten und Küstengewässern im Bereich der vorpommerschen Boddenlandschaft. Schr. R. f. Landschaftspf. u. Natursch. 52: 17-24.
- LANGHOF, A. S. (2000). Küstenentwicklung im Warnowmündungsbereich vom Postglazial bis zur Gegenwart. Diplomarbeit Univ. Rostock/ FB Landeskultur und Umweltschutz.
- LEIPE, T.; EIDAM, J.; LAMPE, R.; MEYER, H.; NEUMANN, T.; CSADCZUK, A.; JANKE, W.; PUFF, T.; BLANZ, T.; GINGELE, F.-X.; DANNENBERGER, D. & WITT, G. (1998). Das Oderhaff – Beiträge zur Rekonstruktion der holozänen geologischen Entwicklung und anthropogenen Beeinflußung des Oder-Ästuars. Meereswiss. Berichte/ Marine Science Report 28 (IOW Rostock-Warnemünde).
- LINDNER, A. (1972). Soziologisch - ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst. Dissertation, Univ. Rostock.
- LOZAN, J. L. et al. (Ed) (1996). Warnsignale aus der Ostsee. Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin: 384 S.
- MERTINKAT, L. (1994). Wasserhaushaltsdaten der Bodden- und Haffgewässer. BSH, unveröffentlicht (Ergänzung zu Correns, 1979).
- MIKULSKI, Z. (1996). Wasserhaushalt der baltischen Haffe. Beitr. Meereskunde 19: 5-17.
- MÜLLER, W. (1934). Salzgehalts- und Strömungsverhältnisse des Greifswalder Boddens. Mitt. Naturwiss. Ver. Neuvorpommern und Rügens 61: 3-119.
- NAUSCH, G. (1981). Die Sedimente der Darß-Zingster Boddenkette - Zustandsanalyse und Stellung im Stoffkreislauf. Dissertation, Univ. Rostock.

- NAUSCH, G.; SCHLUNGBAUM, G.; BAADER, G. (1983). Sedimentchemische Untersuchungen in Küstengewässern der DDR - XIX. Zur Beschaffenheit der Oberflächensedimente im Bereich der Ober- und Unterwarnow. Wiss. Z. Univ. Rostock 32, N - Reihe 5: 15-19.
- NELLEN, W. (1967). Ökologie und Fauna (Makrovertebraten) der brackigen und hypertrophen Ostseeförde Schlei. Arch. Hydrobiol. 63: 273-309.
- NELLEN, W.; RHEINHEIMER, G. (1974). Chemisch, mikrobiologische und planktologische Untersuchungen in der Schlei im Hinblick auf deren Abwasserbelastung (Sammelheft). Kieler Meeresf. 26, 2: 105-215.
- NEUHAUS, E. (1933). XXI. Studien über das Stettiner Haff und seine Nebengewässer - I. Untersuchungen über die allgemeinen hydrographischen und biologischen Verhältnisse. Z. f. Fischerei XXXI.
- NIEDERMEYER, R.-D.; KLEWE, H.; JANKE, W. (1988). Die Ostseeküste zwischen Boltenhagen und Ahlbeck. – ein geologischer und geomorphologischer Überblick. Geogr. Bausteine N.R. 30, 164 S., Haack (Gotha-Leipzig).
- OHL, H. (1959). Temperatur- und Salzgehaltsmessungen an der Oberfläche des Kieler Hafens in den Jahren 1952-1957. Kieler Meeresf. 15: 157-160.
- OTTO, Th. (1913). Der Darß und der Zingst. 13. Jahresber. d. Geogr. Gesellsch. Greifswald.
- OVERBECK, J. (1956). Untersuchungen über die Standortverhältnisse an den Wuchsorten von *Fucus vesiculosus* in den Gewässern von Hiddensee und Rügen. Arch. Protistenkunde 101: 401-442.
- OVERBECK, J. (1964). Der Fe / P - Quotient des Sedimentes als Merkmal des Stoffumsatzes in Brackwässern. Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen 10: 430-447.
- PANKOW H., WASMUND N. (1994). Produktionsbiologie und Soziologie des Makro- und Mikrophytobenthos der Darß-Zingster Boddenkette. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 2: 61-68.
- PAUL, K.-H. (1944). Morphologie und Vegetation der Kurischen Nehrung – I. Gestaltung und Bodenformen in ihrer Abhängigkeit von der Pflanzendecke. NOVA ACTA LEOPOLDINA, N. F. 13, 96: 217-378.
- PERLIT (1990). Vgl. MERTINKAT (1994), Fortführung der Datenaufnahme
- PRAESENT, H. (1914). Beiträge zur Kenntnis des Greifswalder Boddens - I. Vorläufiger Bericht über die hydrographischen Untersuchungen, XIV. Jb. Geogr. Ges. Greifswald.
- PRATJE, O. (1931). Die Sedimente des Kurischen Haffs. Fortschritte der Geologie und Paläontologie, 10.
- PUSTELNIKOV, O. (1983). Biogeochemie des Kurischen Haffs. – (russ.) Akademie der Litauischen SSR, Abt. Geographie, Vilnius: 158 S.
- PUSTELNIKOV, O. (1998). Geochemistry of Sediments of the Curonian Lagoons Baltic Sea. Institute of Geography (Litauische Geographische Gesellschaft), Vilnius: 234 S.
- REINHARD, H. (1953). Der Bock. Petermanns Geogr. Mitt.: 251 S. (Gotha).
- REINICKE, R. (1989). Der Greifswalder Bodden - geographisch/geologischer Überblick, Morphogenese und Küstendynamik. In: Der Greifswalder Bodden, MEER und MUSEUM 5: 3-9 (Meeresmuseum Stralsund).
- REINICKE, R. (1996). Boddenküste. Hinstorff-Verlag. Rostock.
- REMANE, A. (1952). Die Besiedlung des Sandbodens im Meere und die Bedeutung der Lebensformtypen für die Ökologie. Zool. Anz. Suppl. 16: 327-359.
- RIPL, W. (1986). Restaurierung der Schlei - Forschungsbericht. TU Berlin, FB 14.
- SCHIEMENZ, P. (1898a). Über den Einfluß der Absperrung des Kleinen Jasmunder Boddens auf die Zusammensetzung seiner Tier- und Pflanzenwelt. Fischereizeitung 1: 718-721.
- SCHIEMENZ, P. (1898b). Untersuchungen über die Fischereiverhältnisse des Kleinen Jasmunder Boddens. Mitt. Dt. Seefischereivereins 14, 12: 397-441.
- SCHIEWER, U.; GÖCKE, K. (1996). Ökologie der Bodden und Förden (Kap. 6.6). In: RHEINHEIMER G. (Ed.). Meereskunde der Ostsee. 2. Aufl., Springer Verlag Berlin - Heidelberg - New York.
- SCHIEWER, U.; SCHLUNGBAUM, G.; ARNDT, E. A. (1994). Monographie der Darß-Zingster Bodden-gewässer 1992. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 2: 5-213.
- SCHLUNGBAUM, G. (1978). Komplexe ökologische Untersuchungen an den Darß-Zingster Bodden-gewässern unter besonderer Berücksichtigung des Nährstoffkreislaufes. Geogr. Ber. 88, 3: 161-176.
- SCHLUNGBAUM, G. (1979). Untersuchungen über die Sedimentqualität in den Gewässern der Darß-Zingster Boddenkette unter besonderer Berücksichtigung der Stoffaustauschprozesse zwischen Wasser und Sediment. Habilschrift, Univ. Rostock: 130 S. + Anlage.

- SCHLUNGBAUM, G. (1982). Sedimentchemische Untersuchungen in den Küstengewässern der DDR. -Teil 10: Die Rolle der Stoffaustauschprozesse an der Sediment / Wasser-Kontaktzone eutropher Flachgewässer und Möglichkeiten zur Untersuchung am Beispiel des Phosphat-kreislaufes - ein Überblick am Beispiel der Darß-Zingster Boddenkette. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 10, 2: 119-134.
- SCHLUNGBAUM, G. (2000). Förden-Bodden-Haffe an der südlichen Ostseeküste - eine strukturelle Vielfalt von Küstengewässer-Ökosystemen. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 1999 (Rostock), Tutzing: 1-20.
- SCHLUNGBAUM, G. und BAUDLER, H. (2000). Struktur und Funktion der Küstengewässer, Kap. 1.2 in R. Guderian und G. Gunkel (Ed.). *Handbuch der Umweltveränderungen und Ökotoxikologie Bd III A Aquatische Ökosysteme*: 45-80 (Springer Verlag).
- SCHLUNGBAUM, G. und BAUDLER, H. (2001). Wasserhaushalt und Salzgehaltsverhältnisse in den Bodden – ein Vergleich mit anderen Küstengewässern. *Meer und Museum (Stralsund)*, 16: 17-24.
- SCHLUNGBAUM, G. und KRECH, M. (2000). Ästuar an der südlichen Ostsee und die Wasserrahmenrichtlinie. – Teil 1: Ökologische Gliederung. *Wasser und Abfall*, 12: 12-13.
- SCHLUNGBAUM, G. und KRECH, M. (2001). Ostsee-Übergangsgewässer in der EU-Wasserrahmenrichtlinie – Hintergrundkonzentrationen für Nährstoffe in Förden, Bodden und Haffen (Teil 2). *Wasser und Abfall*, 4: 14-21.
- SCHLUNGBAUM, G. und VOIGT, B. (2001). Die Darß-Zingster Bodden – ein junges Gewässersystem in einer noch nicht alten Landschaft. *Meer und Museum (Stralsund)*, 16: 5-16.
- SCHLUNGBAUM, G.; BAUDLER, H. (1996). Gewässergütebericht für die Darß-Zingster Boddenkette 1994 / 95 mit Vergleichen zur Langzeitentwicklung. im Druck. Dokumentation.
- SCHLUNGBAUM, G.; BAUDLER, H. (1999). Gewässergütebericht Darß-Zingster Boddenkette II, 1996-1999, unveröffentlicht.
- SCHLUNGBAUM, G.; BAUDLER, H.; NAUSCH, G. (1994). Die Darß-Zingster Boddenkette- ein typisches Flachwasserästuar. *Rostocker Meeresbiolog. Beitr.* 2: 5-26.
- SCHLUNGBAUM, G.; NAUSCH, G. (1982). Boddeneutrophierung / Boddennutzung, Bericht zur Ökosystemanalyse der Küstengewässer. unveröff. Forschungsbericht, Univ. Rostock / Sektion Biologie.
- SCHLUNGBAUM, G.; NAUSCH, G. (1988). Nutrient turn over at the sediment water interface in shallow eutrophic coastal waters. *Kieler Meeresforschung. Sonderheft 6*: 184-190.
- SCHLUNGBAUM, G.; NAUSCH, G.; BAUDLER, H. (1994). Sedimentstruktur und Sedimentdynamik in den Darß-Zingster Boddengewässern. *Rostocker Meeresbiolog. Beitr.* 2: 27-40.
- SCHLUNGBAUM, G.; SCHÖNEFELDT, K.; KRECH, M.; BOMBA, I. und LUKAS, A. (2001). 5 Jahre Dauerbetrieb der Zentralen Kläranlage Rostock – Auswirkungen auf das Ökosystem der Unterwarnow und auf die Ostsee. *Rostock. Meeresbiolog. Beitr.* 9, im Druck.
- SCHLUNGBAUM, G.; SELIG, U. (1996). Die Warnow - ein typischer norddeutscher Flachlandfluß und seine Bedeutung für den Nährstoffeintrag in die Ostsee. *Rostocker Meeresbiolog. Beitr.* 4: 67-84.
- SCHLUNGBAUM, G.; STOLLE, S.; WESTPHAL, H.; NAUSCH, G. (1989). Sedimentchemische Untersuchungen in den Küstengewässern der DDR. - XXX. Zur Beschaffenheit der Sedimentoberflächenschicht des Greifswalder Boddens. *Wiss. Z. Univ. Rostock, N. - Reihe 38*, 5: 18-22.
- SCHMIDT, H. (1953). Der Strelasund und seine morphologischen Probleme. Diplomarbeit, Univ. Greifswald.
- SCHMIDT, H. (1957). Morphologische Probleme um den Kleinen und Großen Jasmunder Bodden. Dissertation, Univ. Greifswald.
- SCHNESE, W. (1968). Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Greifswalder Boddens. Habilitationsschrift, Univ. Greifswald.
- SCHNESE, W. (1969). Die Stellung des Greifswalder Boddens im System der angrenzenden Küstengewässer. *Wiss. Z. Univ. Greifswald, Math.-nat. R.* 28, 1/2: 181-187.
- SCHNESE, W. (1973). Untersuchungen zur Produktionsbiologie des Greifswalder Boddens (südliche Ostsee) - II. Die Hydrographie, Salzgehalt, Temperatur und Sestongehalt. *Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-nat. R.* 22, 6 / 7: 141-156.
- SCHNESE, W.; HÜBEL, H. (1975). Über den Verlauf und die Größe der Phytoplankton- und Zooplanktonproduktion in Brackwässern mit abgestuftem Salzgehalt. *Limnologica* 10: 459-465.
- SCHNESE, W.; SCHLUNGBAUM, G. (1991). Ökosysteme des Meeres (Kap. 6.3 im Lehrbuch der Ökologie Ed. Schubert R). *Gustav Fischer Verlag Jena*, 3. Aufl., 6: 424-464.

- SCHOKNECHT, G. (1973). Einige Untersuchungsergebnisse über die Wasserbeschaffenheit des Greifswalder Boddens. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 1, 4: 387-395.
- SCHOKNECHT, G.; CORRENS, M. (1973). Untersuchungen über Salzhaushalt und Temperaturverhältnisse des Kleinen Haffs. *Wiss. Zeitschr. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-nat. R.* 22, 6: 705-717.
- SCHÖNEFELDT, K. (2001). Das Unterwamow-Ästuar – Hydromorphologie – Ökologische Gewässerstruktur – Stoffbilanzen. Diplomarbeit Univ. Rostock/ FB Biowissenschaften.
- SCHÜTZE, H. (1931). Die Haken und Nehrungen der Außenküste von Rügen. *Pomm. Geogr. Ges. Greifswald* 49 / 50, 1. Beitr.: 1-155.
- SCHÜTZE, H. (1939). Morphologischer Beitrag zur Entstehung des Darß und des Zingst. *Geologie der Meere und Binnengewässer* (Berlin).
- SCHWARZ, S. (1960). Hydrographisch - meteorologische und biologische Beobachtungen in den Brackgewässern um Hiddensee. *Int. Rev. Ser. Hydrobiol.* 45: 327-338.
- STAHL, R. (1913). Aufbau, Entstehung und Geschichte mecklenburgischer Torfmoore. *Mitt. aus der Großherzoglich - Mecklenburgischen Landesanstalt* 24: 6-16.
- STIGGE, H.J. (1989). Der Wasserkörper Bodden und seine Hydrodynamik. In: *Der Greifswalder Bodden, MEER und MUSEUM* (Meeresmuseum Stralsund) 5: 10-14.
- SUBKLEW, H. J. (1955). Der Greifswalder Bodden, fischereibiologisch und fischereiwirtschaftlich betrachtet. *Z. Fisch. Hilfswiss. N. F.* 4: 545-588.
- TIEPOLDT, L. (1993). Landerschließung, Landnutzung und Landerhaltung in der nordwestpommerschen Boddenlandschaft. Univ. Rostock, Dissertation FB Landeskultur und Umweltschutz (u. Biologie).
- TRAHMS, O. K. (1937) Zur Kenntnis der Salzgehaltsverhältnisse und des Phytoplanktons der Hiddensee und Rügenschens Boddengewässer. *Arch. Hydrobiol.* 32: 75-80.
- TRAHMS, O. K. (1939 a). Beiträge zur Ökologie küstennaher Brackgewässer - 1. Das Phytoplankton des Großen Jasmunder Boddens. *Arch. Hydrobiol.* 35: 529-551.
- TRAHMS, O. K. (1939 b). Beiträge zur Ökologie küstennaher Brackgewässer - 2. Die Bodenfauna und Bodenflora des Großen Jasmunder Boddens. *Arch. Hydrobiol.* 36: 1-35.
- TRAHMS, O. K.; STOLL, K. (1939). Hydrobiologische und hydrochemische Untersuchungen in den Rügenschens Boddengewässern während der Jahre 1937 und 1938. *Kieler Meeresforsch.* 3: 61-98.
- UHDEN, R. (1927). Beiträge zur Morphologie des Oderhaffgebietes. 43 / 44. *Jahrb. d. Geogr. Gesellsch. Greifswald.*
- UHL, J. (1939): Neue Anschauungen über die Entstehung des Frischen Haffs und der Frischen Nehrung. *Geologie d. Meere und Binnengewässer* (Berlin) 3.
- UMWELT - M.V. (1991). Gewässergütebericht 1990 - Gütezustand der Gewässer in Mecklenburg - Vorpommern. Umweltministerium / Schwerin: 200 S.
- UMWELT - M.V. (1992). Gewässergütebericht 1991 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer und der Küstengewässer in Mecklenburg - Vorpommern. Umweltministerium / Schwerin: 149 S. + Anlagen.
- UMWELT - M.V. (1993). Gewässergütebericht 1992 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer und der Küstengewässer in Mecklenburg - Vorpommern. Umweltministerium / Schwerin: 146 S.
- UMWELT - M.V. (1994). Gewässergütebericht 1993 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg - Vorpommern. Umweltministerium / Schwerin: 170 S.
- UMWELT - M.V. (1995). Gewässergütebericht 1994 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg - Vorpommern. Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt / Schwerin: 232 S.
- UMWELT - M.V. (1997). Gewässergütebericht 1995 - Gütezustand der oberirdischen Gewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg - Vorpommern. Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Umwelt / Schwerin: 296 S.
- USSKILAT, F (1975). Untersuchungen am Oligohalinikum der Schlei - II. Über die Ostracodengemeinschaften des Haddebyer und Selker Noors. *Kieler Meeresforsch.* 31: 151ff.
- v. WEBER, M und GOSSELCK, F. (1997). Morphologie und hydrographie der Wismar-Bucht. *Meer und Museum* (Stralsund) 13: 33-36.
- WASMUND, Ch (1939). Die Sedimentationsgeschichte des Großen Jasmunder Boddens (Insel Rügen). *Geologie d. Meere und Binnengewässer* 3: 506-526.

- WASMUND, N.; SCHIEWER, U. (1994). Überblick zur Ökologie und Produktionsbiologie des Phytoplanktons der Darß-Zingster Boddenkette (südliche Ostsee). Rostocker Meeresbiolog. Beitr. 2: 41-60.
- WILLE, A. (1998). Untersuchungen zu Nährstoffaustauschraten an der Sediment - Wasser - Grenzschicht in Flachwasserökosystemen - ein Beitrag zur Bilanzierung des Stoffaustausches im Oderästuar. Dissertation, Univ. Greifswald.
- WUNDERLICH, E. (1917). Die Oberflächengestaltung des Norddeutschen Flachlandes I. Teil: Das Gebiet zwischen Elbe und Oder. Veröff. d. Geogr. Institutes Univ. Berlin 3: 361 S.

Verfasser

Prof. Dr. habil. Günter Schlungbaum
Dr. Henning Baudler
Universität Rostock
FB Biowissenschaften
Wismar. Str. 8
18051 Rostock