

# **OSTSEE-EXKURSION**

**JUNI 2002**

VACAT



Das Vorwort sagt: 22 Teilnehmer. Also:  
Wer fehlt hier? (Auflösung S. 57 unten)

# TEILNEHMERLISTE

Adressen der veranstaltenden Institute:

Institut für Meteorologie und Klimatologie,  
Universität Hannover  
Herrenhäuserstr. 2 30419 Hannover / Germany  
Tel. :+49-511-762-2677  
Fax :+49 (0)511 762 4418

Institut für Meteorologie und Geophysik,  
Universität Wien  
Althanstraße 14, A - 1090 Wien  
Tel.: +43 1 4277 51901  
Fax.: +43 1 4277 9519

Lehrveranstaltungsleiter:

Name	Email-Adresse
<b>Etling</b> Dieter (Hannover)	<a href="mailto:etling@muk.uni-hannover.de">etling@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Groß</b> Günter (Hannover)	<a href="mailto:gross@muk.uni-hannover.de">gross@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Haimberger</b> Leopold (Wien)	<a href="mailto:leopold.haimberger@univie.ac.at">leopold.haimberger@univie.ac.at</a>
<b>Hantel</b> Michael (Wien)	<a href="mailto:michael.hantel@univie.ac.at">michael.hantel@univie.ac.at</a>

Teilnehmer (Studenten):

Name	Email-Adresse
<b>Ali</b> Tahera	<a href="mailto:ali@muk.uni-hannover.de">ali@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Dikty</b> Sebastian	<a href="mailto:dikty@muk.uni-hannover.de">dikty@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Fleissig</b> Anne	<a href="mailto:fleissig@muk.uni-hannover.de">fleissig@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Gryschka</b> Micha	<a href="mailto:gryschka@muk.uni-hannover.de">gryschka@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Hamann</b> Ulrich	<a href="mailto:hamann@muk.uni-hannover.de">hamann@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Herbort</b> Florian	<a href="mailto:herbort@muk.uni-hannover.de">herbort@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Koppe</b> Katharina	<a href="mailto:koppe@muk.uni-hannover.de">koppe@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Pissulla</b> Darius	<a href="mailto:pissulla@muk.uni-hannover.de">pissulla@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Weusthoff</b> Tanja	<a href="mailto:weusthoff@muk.uni-hannover.de">weusthoff@muk.uni-hannover.de</a>
<b>Wuttke</b> Sigrid	<a href="mailto:wuttke@muk.uni-hannover.de">wuttke@muk.uni-hannover.de</a>

Name	Email-Adresse
<b>Brugger</b> Katharina	<a href="mailto:katharinabrugger@hotmail.com">katharinabrugger@hotmail.com</a>
<b>Chimani</b> Barbara	<a href="mailto:a9601678@unet.univie.ac.at">a9601678@unet.univie.ac.at</a>
<b>Kaufmann</b> Hildegard	<a href="mailto:h.kaufmann@gmx.at">h.kaufmann@gmx.at</a>
<b>Kummerer</b> Eva	<a href="mailto:a9705505@unet.univie.ac.at">a9705505@unet.univie.ac.at</a>
<b>Lichtenauer</b> Silke	<a href="mailto:a9804053@unet.univie.ac.at">a9804053@unet.univie.ac.at</a>
<b>Pistotnik</b> Georg	<a href="mailto:georg.pistotnik@aon.at">georg.pistotnik@aon.at</a>
<b>Steinheimer</b> Martin	<a href="mailto:martin@steinheimer.at">martin@steinheimer.at</a>
<b>Wielke</b> Lucia	<a href="mailto:a9804414@unet.univie.ac.at">a9804414@unet.univie.ac.at</a>



# INHALT

Teilnehmerliste	4
Vorwort	6
Route	7
Wetterlage	8
Messungen	11
Vorträge:	
<b>Ali Tahera</b> : Laderaum-Meteorologie	14
<b>Brugger Katharina</b> : Salz- und Sauerstoffgehalt der Ostsee	15
<b>Chimani Barbara</b> : Beobachtung von Meeresoberflächenparametern vom Satelliten aus	18
<b>Dikty Sebastian</b> : Die Beaufortskala	20
<b>Fleissig Anne</b> : Die Fram-Drift	22
<b>Gryschka Micha</b> : Der Seegang und seine Vorhersage	24
<b>Hamann Ulrich</b> : Meteorologische Schiffsroutenberatung im Seewetteramt	26
<b>Herbort Florian</b> : Meeresströmungen in der Ostsee	28
<b>Kaufmann Hildegard</b> : Meereis (in der Ostsee)	30
<b>Koppe Katharina</b> : Ostsee-Geographie und Entstehung	32
<b>Kummerer Eva</b> : Segeltechnik	33
<b>Lichtenauer Silke</b> : Sturmfluten	37
<b>Pissulla Darius</b> : Das Klima der Ostsee	41
<b>Pistotnik Georg</b> : Wasserhaushalt der Ostsee	43
<b>Steinheimer Martin</b> : Geschichte der Seefahrt	45
<b>Weusthoff Tanja</b> : Die Land-Seewindzirkulation	48
<b>Wielke Lucia</b> : Meteorologische Beobachtungen auf See	50
Impressionen	53

# VORWORT

Das *Institut für Meteorologie und Klimatologie* der Universität Hannover und das *Institut für Meteorologie und Geophysik* der Universität Wien führten vom 17. (Anreisetag) bis 21.6.2002 (Rückreisetag) eine gemeinsame maritim-meteorologische Exkursion in die westliche Ostsee durch. An ihr nahmen insgesamt 10 Studierende aus Hannover und 8 aus Wien teil; hinzu kamen als Reiseleitung drei Professoren (zwei aus Hannover, einer aus Wien) und ein Assistent aus Wien, was insgesamt 12 Hannover und 10 Wiener Teilnehmer ergab.

Die Exkursion diente dem Ziel, die meteorologischen Bedingungen im Bereich der Küstengewässer der Ostsee sowie das *Institut für Meereskunde an der Universität Kiel* (IfM) kennenzulernen. Den Hauptteil bildete dabei ein viertägiger Segeltörn mit der gecharterten niederländischen Kufftjalk *ENGELINA*. Mit ihm liefen wir die Häfen Bagenkop und Sonderborg an; eine Nacht wurde vor Anker in der Bucht *Kalvoere Rev* verbracht (ein Ankergrund nordwestlich vor Bojden Horneland, ein Teil der Insel Fyn). Während der Fahrt mit *ENGELINA* wurde durch regelmäßige Wetterbeobachtungen (Terminbeobachtungen und Dauerregistrierungen) die aktuelle meteorologische Situation im Bereich der maritimen Grenzschicht studiert; die Wetterverhältnisse waren fröhlich, der Wind lag zwischen 1 und 7 (in Böen 8) Beaufort. Ferner hielt jeder studentische Teilnehmer einen Kurzvortrag an Bord über ein selbstgewähltes Thema aus dem maritim-meteorologischen und ozeanographischen Bereich, bis hinein in die geographischen und geschichtlichen Aspekte der Ostsee. Der letzte Exkursionstag diente der Besichtigung des *IfM*.

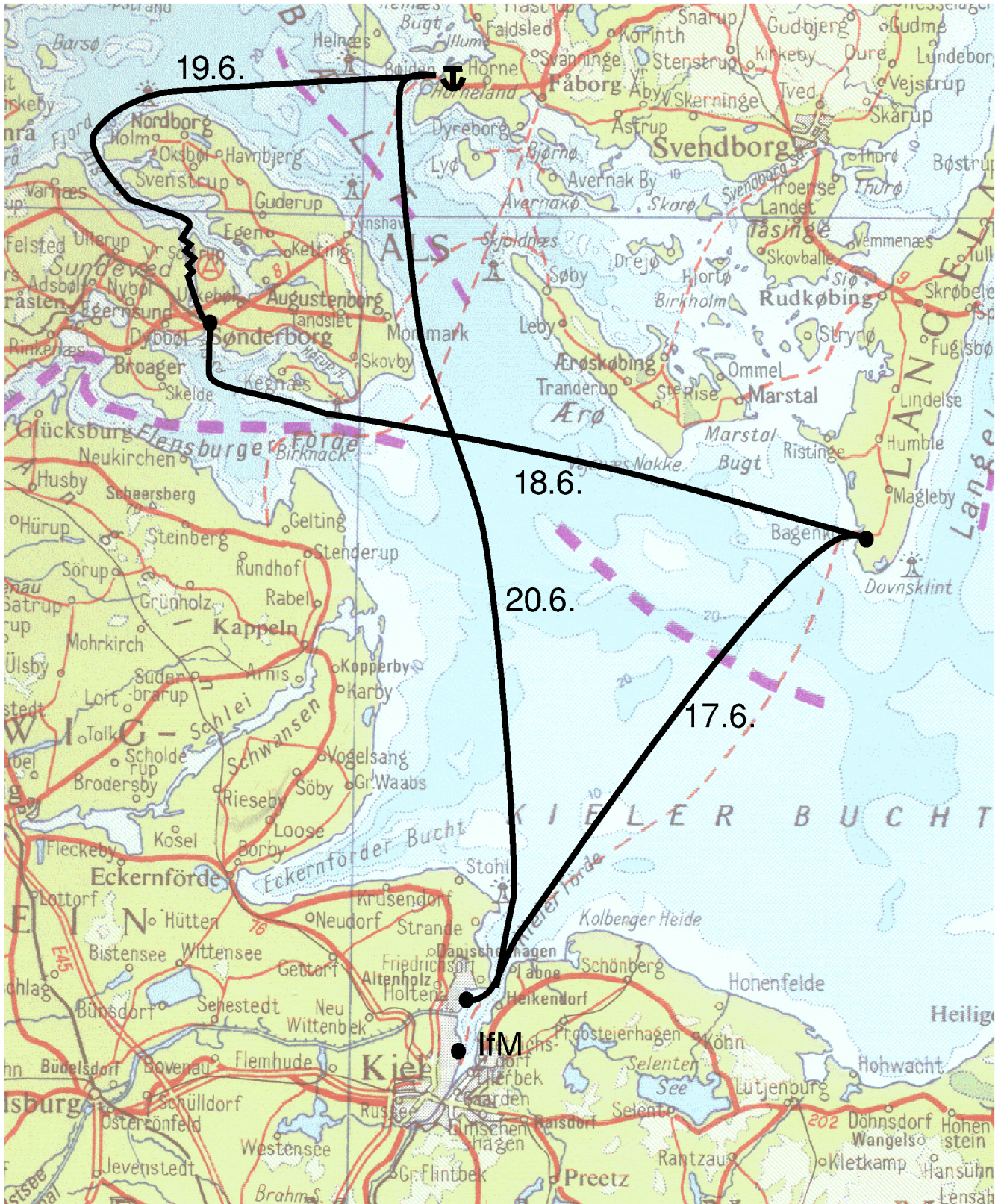
Die Exkursion erfreute sich der Unterstützung von Herrn Prof. Dr. E. Ruprecht (*IfM*) sowie der souveränen Führung von *ENGELINA* durch das Skipper-Paar *Sjoerd Faber* und Gefährtin *Clare Steyn*. Ihnen sei hiermit für Ihren verantwortungsvollen Einsatz bestens gedankt.

Der folgende Exkursionsbericht enthält Namen der Teilnehmer, Route und Zeitplan des Fahrtablaufs, die Wetterlage während der Fahrt und die Messungen auf *ENGELINA* sowie als Hauptteil Zusammenfassungen jedes der Kurzvorträge. Einer der schönsten Aspekte der Exkursion war das gegenseitige Kennenlernen zwischen den Kollegen aller Altersstufen der Universitäten von Hannover und Wien.

Prof. Dr. Dieter **Eting**  
Prof. Dr. Günter **Groß**

Univ.-Ass. Dr. Leopold **Haimberger**  
O.Univ.-Prof. Dr. Michael **Hantel**

# Unsere Segelroute





# WETTERVORHERSAGE UND WETTERLAGE WÄHREND DER OSTSEE-EXKURSION

Leopold Haimberger und Georg Pistotnik

Es war unser Ehrgeiz, auf See das Wetter nicht nur zu beobachten, sondern den Skipper mit einer Wetterprognose zu versorgen. Die dazu benötigten Unterlagen wollten wir uns per Internet verschaffen, was allerdings vor Ort nicht möglich war. Der Download von Wetterkarten über Handy, wie er zunächst geplant war, scheiterte an zu hohen Kosten. Wir ließen uns daher von Wien aus Wetterkarten per Fax schicken (im Bild als Beispiel die ECMWF-Vorhersagekarte von Montag für Dienstag, 18.6.), die wir dann auf dem Schiff interpretierten. Das klappte gut, nur am Donnerstag gab es keine Karten, weil wir in einer Bucht ankerten und so kein Fax empfangen konnten. Wir konnten sehen, dass es trotz vorhandener Karten recht schwierig ist, eine Windvorhersage zu liefern, die den Ansprüchen eines Skippers genügt (Windstärke +/- 1 Bft, Windrichtung +/- 30 Grad). Immerhin konnten wir das unten beschriebene herausragende Ereignis der Woche gut vorhersagen.

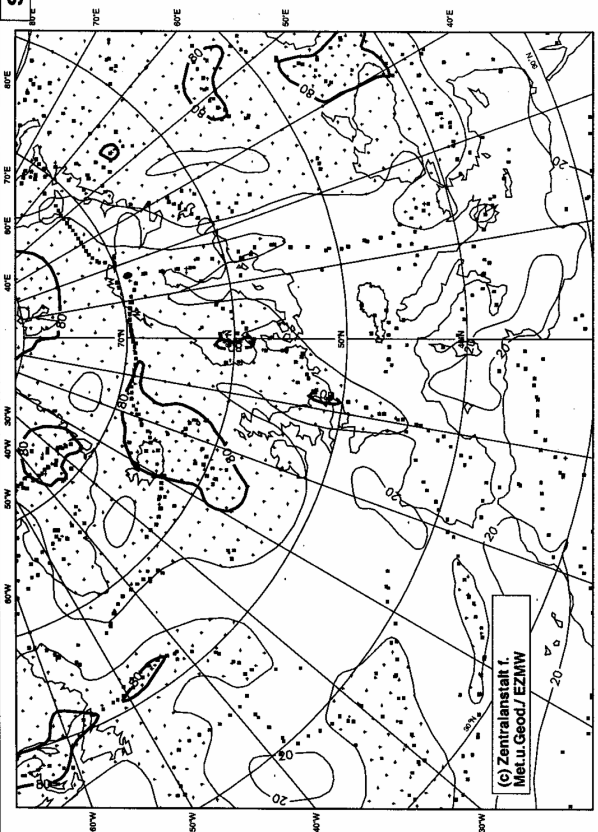
Die Großwetterlage während der Exkursionswoche war geprägt von einem ausgeprägten Trog über dem Ostatlantik und einem ebenso massiven Keil über Mitteleuropa.

Am Montag (17.6.), dem Tag unseres Auslaufens, und am Dienstag (18.6.) war dieser Keil auch für den deutschen und dänischen Ostseeraum wetterbestimmend. Im breiten Warmsektor eines für die Jahreszeit erstaunlich ausgeprägten, fast stationären Bodentiefs mit Kerndruck vorübergehend unter 970 hPa über den Färöer Inseln herrschten sonniges, sehr warmes und zunächst nur schwach windiges Wetter. Erst am Dienstag frischte der SE-Wind vor einer heranziehenden Kaltfront auf 4 Beaufort auf; in Kiel und auf den dänischen Inseln erreichten die Höchsttemperaturen an diesem Tag über 30°.

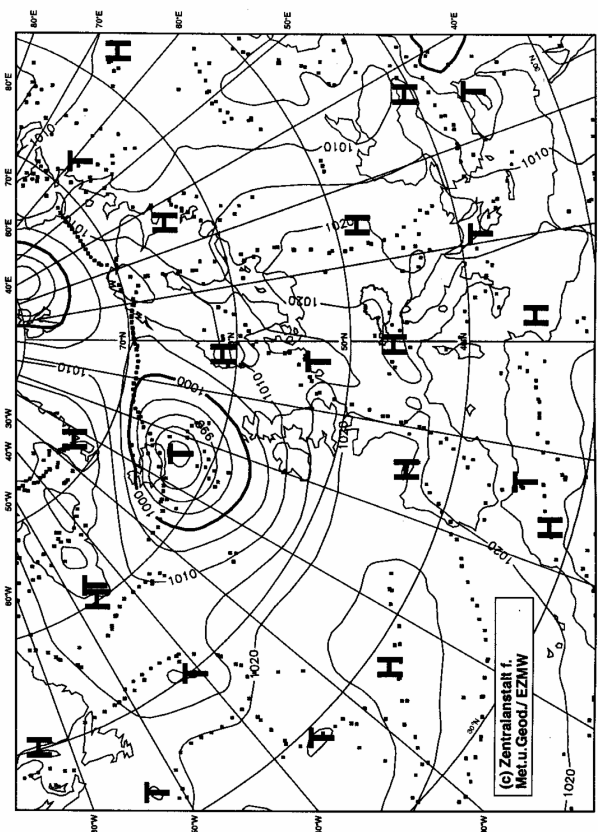
Am Dienstagabend überquerte schließlich (wie von der Besatzung vorhergesagt) die Kaltfront unser Segelrevier. Unmittelbar vor der Front bildete sich eine markante Gewitterlinie, die mit Sturmböen bis deutlich über 100 km/h und außergewöhnlich großem Hagel (in Kiel bis zu 5 cm!) in Norddeutschland und Dänemark zahlreiche Schäden anrichtete. Die Gewitterlinie erreichte uns im Hafen von Sønderborg um 19h50 Ortszeit mit kurzzeitig starken Regenschauern, stürmischem Westwind und einem kräftigen Druckanstieg.

Am Mittwoch (19.6.) und Donnerstag (20.6.) zog sich der mitteleuropäische Keil zunehmend südostwärts zurück, sodass der Ostseeraum an der Vorderseite des Atlantiktroges in eine südwestliche Höhenströmung gelangte. Der Mittwoch war hinter der abgezogenen Kaltfront, die von Finnland bis zur Iberischen Halbinsel stationär blieb, bei abflauendem W-Wind mit hohen Wolkenfeldern und mäßiger Quellwolkenbildung wieder freundlich, trocken und noch immer recht warm. Am Donnerstag zog eine neu entstandene Welle, die von den ECMWF-Karten nicht in vollem Ausmaß angezeigt wurde, über Norddeutschland und die Ostsee nordostwärts. Im Warmsektor erlebten wir einen bedeckten Tag mit wiederholtem Regen und bis auf 7 Beaufort auffrischendem SE-Wind, sodass wir hart am Wind südwärts nach Kiel zurücksegeln mussten.

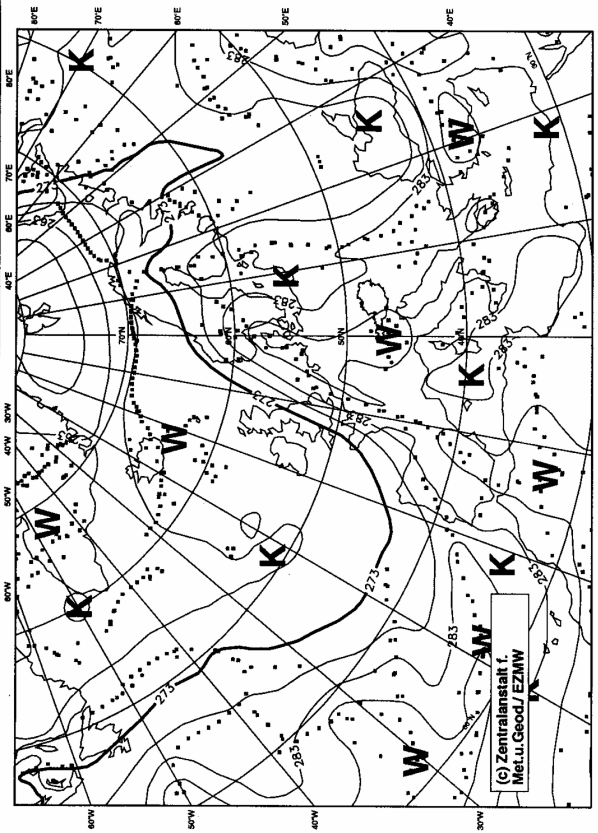
**Bild 1 (umseitig):** Vorhersagekarten über Europa für Di, 18.6.2002, 12UTC mit Start der Vorhersage am 17.6. 2002 12 UTC. Abgebildet sind die äquivalente relative Topographie 500 über 850 hPa, die mittlere relative Feuchte in den untersten 3km, der Barokline Zonen Index, sowie der reduzierte Bodendruck.



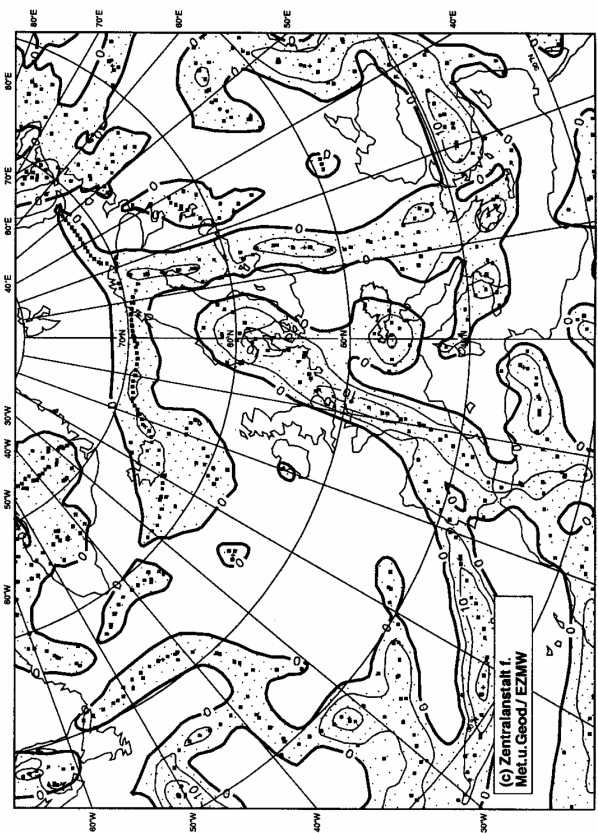
aeqFIX [ 80/30 % ] (AGL=17.06.) DI, 18.06.2002, 12 UTC



Pmsl [ 1000/5 hPa ] (AGL=17.06.) DI, 18.06.2002, 12 UTC



aeqRTP-T58 [ 273/5 K ] (AGL=17.06.) DI, 18.06.2002, 12 UTC



BAZI [ 000/5 K/m<sup>2</sup> 10<sup>11</sup> ] (AGL=17.06.) DI, 18.06.2002, 12 UTC

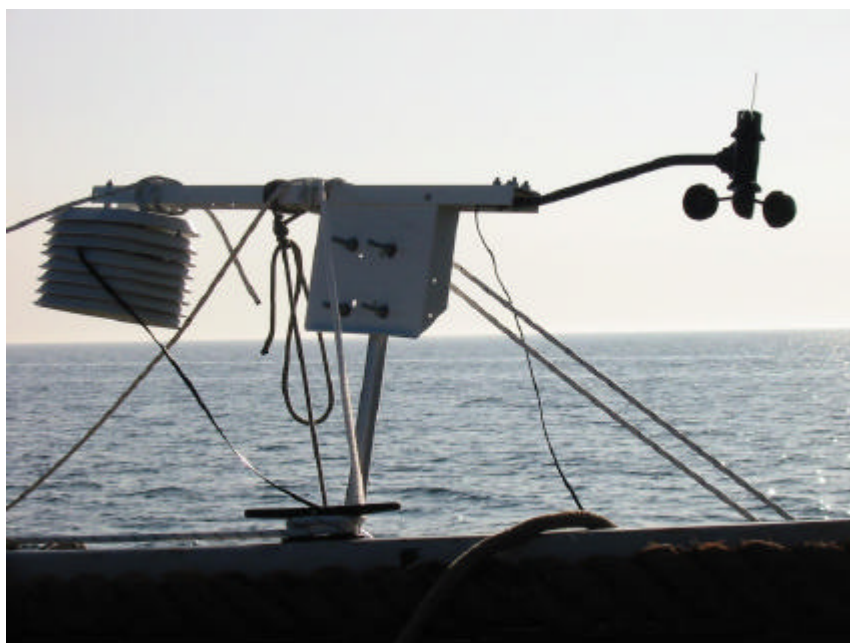
# Wetterbeobachtungen während der Ostsee-Exkursion

Leo Haimberger, Eva Kummerer und Martin Steinheimer

Wie es sich für eine Exkursion von Meteorologen gehört wurden während der Tage auf See Wetterbeobachtungen durchgeführt.

Die Ausrüstung an Messgeräten während der Ostsee-Exkursion bestand in 2 DAVIS-Meßstationen, bestückt mit Temperaturfühler, Feuchtefühler, Drucksensor und Anemometer, sowie 2 VAISALA Handmessgeräten zum Messen von Temperatur und Feuchte. Die Meeresoberflächentemperatur wurde mit einem Thermometer mit nicht näher bestimmter Meßgenauigkeit bestimmt.

Die Messfühler der DAVIS-Stationen wurden im Beiboot des Schiffes installiert (siehe Foto), der Datenlogger und der Drucksensor wurden unter Deck im Salon des Schiffes untergebracht. Die Temperatur- und Feuchtwerte in der obigen Tabelle wurden von der DAVIS-Station abgelesen. Die VAISALA-Geräte wurden nur zum Eichen der DAVIS-Temperatur und Feuchtwerte verwendet.



**Bild 1:** Aufstellung des Temperatur-Feuchtefühlers und des Anemometers im Beiboot des Schiffes

Die Messung mit dem DAVIS-Datenlogger hat sich insgesamt gut bewährt. Insbesondere konnte der Durchzug der markanten Kaltfront am 18.6. mit hoher zeitlicher Auflösung dokumentiert werden (siehe Zeitreihen unten). Weniger gut gelungen war die Windmessung, die auf einem Segelschiff praktisch nur auf der Mastspitze einen Sinn macht, was uns aber nicht möglich war. Am letzten Tag haben wir die Messfühler im Beiboot bei Windstärke 7 auf Empfehlung des Skippers vorzeitig abgebaut, um eine eventuelle Beschädigung durch ein hastig gerefftes Segel zu vermeiden.

Zusätzlich wurden Seegang, Wolkenbedeckung und besondere Wettererscheinungen registriert, wie aus untenstehender Tabelle ersichtlich ist.

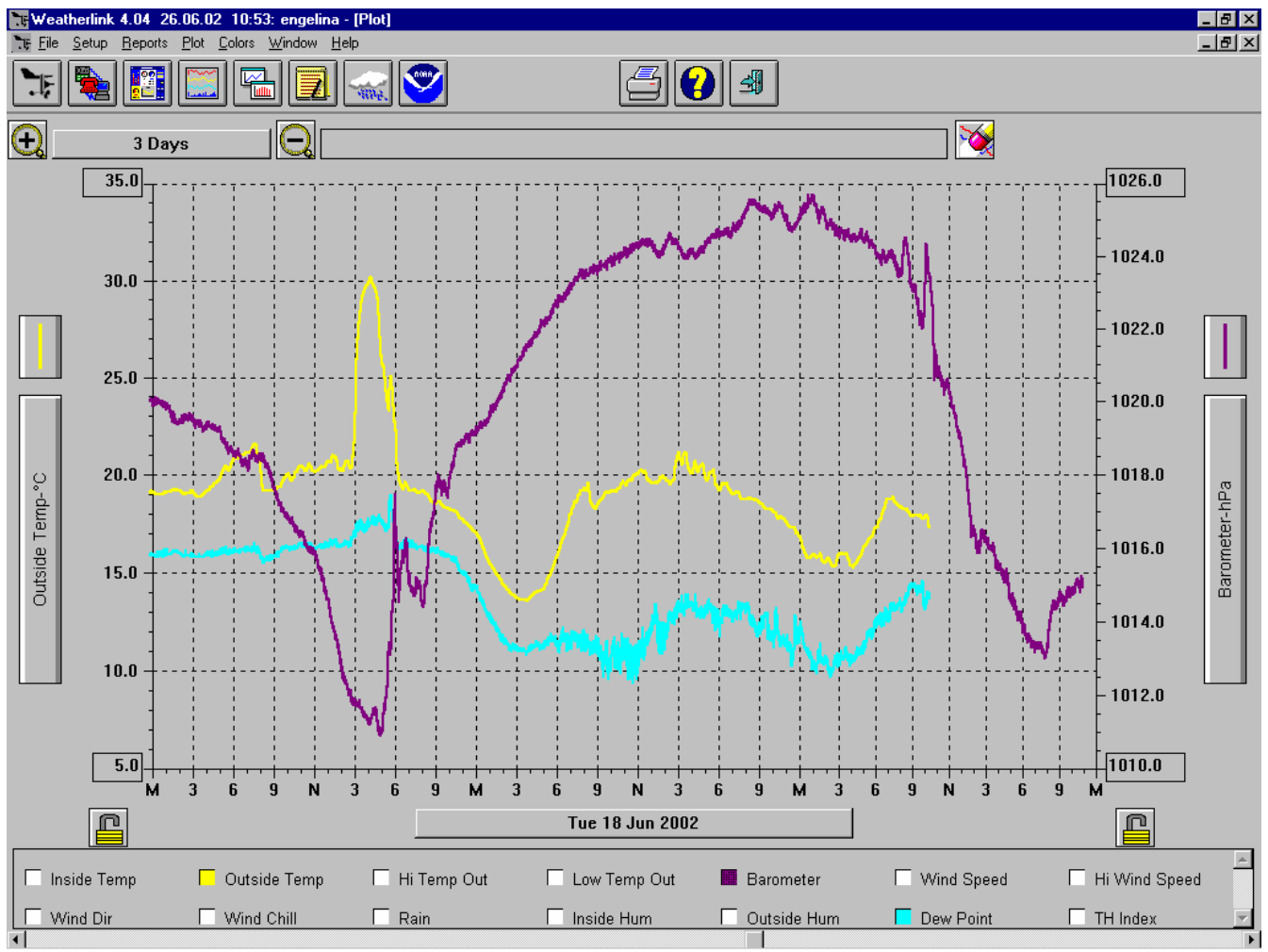
Beob.	Termin		Position		Daten (DAVIS)					Meer				Wetter			
	Datum	Zeit [local]	lambda	phi	p [hPa]	T [°C]	Td [°C]	dd [°]	ff [kn]	ff [Bft]	SST [°C]	N [1/8]	Nh [1/8]	CL	CM	CH	WW
Georg, Micha	17.06.	15:00	10°16'	54°29'	1019,7	25	16	-	-	2	-	1	1	Cu		Ci	
Georg, Micha	17.06.	18:00	10°26'	54°36'	1019,7	24	17	-	-	2	-	1	1	Cu			
Anne, Lucia	17.06.	21:00	10°37'	54°43'	1019,6	19	16	-	-	2	18	0	0				5
Anne, Lucia	18.06.	09:00	10°40'	54°45'	1018,1	20	16	195	10	3	-	1	0			Cc	
Hildegard, Uli	18.06.	12:00	10°22'	54°48'	1016,9	20	16	-	-	4	-	3	0		Ac		
Hildegard, Uli	18.06.	15:00	9°57'	54°50'	1014,6	21	17	-	-	4	-	6	1	Cu	Ac	Ci	
Kathi, Sigi	18.06.	18:00	9°47'	54°55'	1011,3	30	18	115	5	2	-	4	1	Cb	Ac,As	Ci	
Kathi, Sigi	18.06.	21:00	9°47'	54°55'	1015,3	19	16	270	4	2	-	8	6	Cb	Ac	Ci	29
Barbara, Darius	19.06.	09:00	9°47'	54°55'	1023,1	21	11	280	1	1	18	3	0			Ci	
Barbara, Darius	19.06.	12:00	9°44'	54°59'	1023,9	22	10	-	-	2	-	6	2	Cu		Ci	
Eva, Florian	19.06.	15:00	9°38'	55°04'	1024,2	20	12	-	-	2	18	6	4	Cu		Cc	
Eva, Florian	19.06.	18:00	9°51'	55°08'	1024,0	20	14	-	-	1	19	4	1	Cu	Ac	Cc	
Steini, Tanja	19.06.	21:00	10°00'	55°07'	1024,7	19	13	-	-	1	18	5	3	Cu,Sc	Ac	Cc,Ci	
Steini, Tanja	20.06.	09:00	10°06'	55°07'	1023,9	19	13	85	4	2	18	8	7	Sc	Ac	Cc	
Kathi, Sebastian	20.06.	12:00	10°05'	54°58'	1024,2	18	14	-	-	4	17	8	7	Sc	As		
Kathi, Sebastian	20.06.	15:00	10°09'	54°47'	-	-	-	-	-	7	-	8	7	Sc	As		

lambda	geographische Länge
phi	geographische Breite
p	Luftdruck
T	Lufttemperatur
Td	Taupunkt
dd	Windrichtung
ff	Windstärke
SST	Meeresoberflächentemperatur
N	Bedeckungsgrad
Nh	Bedeckungsgrad der tiefen Wolken
CL	Wolkenarten: tiefe Wolken
CM	Wolkenarten: mittelhohe Wolken
CH	Wolkenarten: hohe Wolken
WW	besondere Wettererscheinungen (Synop-Code: 5 = trockener Dunst, 29 = Gewitter in der letzten Stunde)

### Interpretation der Zeitreihe des Datenloggers:

Neben den dreistündigen Beobachtungen konnten wir mit dem Datenlogger zeitlich hochauflösende Meßreihen erfassen. Die unten abgebildete Zeitreihe reicht vom 18.6.2002 00UTC bis 20.6.2002 24UTC. Die Druckkurve lässt sich wie folgt interpretieren: Am 18.6. war Druckfall vor dem Eintreffen der Kaltfront zu beobachten. Ab 17 UTC begann mit Eintreffen der Konvergenzlinie der Druck sprunghaft zu steigen, um ab 18 Uhr bis zum Eintreffen der eigentlichen Kaltfront wieder etwas zu sinken. Ab etwa 21 Uhr begann der eigentliche nach Kaltfronten typische Druckanstieg. Der 19.6. war von Zwischenhocheinfluß gekennzeichnet. Am 20.6. begann der Druck in den Morgenstunden mit Herannahen einer Welle aus Norddeutschland erneut zu fallen. Die Welle zog westlich an uns vorbei, eine eingelagerte Gewitterstörung um ca. 8 UTC, die von kräftigem Regen begleitet war, passt zeitlich mit einer

Spitze in der Druckkurve überein. Mit fallendem Druck frischte der Wind kräftig auf. Ab 20 UTC begann der Druck verbunden mit einer Winddrehung auf West wieder zu steigen.



An der Temperaturkurve ist am 18.6. ein Anstieg bis etwa 8UTC zu beobachten, der mit einem abrupten Abfall endet. Die Ursache dafür ist das Auslaufen vom Hafen Bagenkop. Auf See blieb die Temperatur relativ konstant, bis wir um etwa 17 Uhr im Hafen von Sonderborg einliefen. Die dort lagernde schwüle Landluft und der fehlende Fahrtwind trieben die Temperaturen auf 30 Grad. Allerdings nur für etwa 2 Stunden, bis zum Eintreffen der Gewitterlinie in Sonderborg. Das Absinken der Temperatur bei Eintreffen der Gewitterlinie, sowie das weitere Absinken nach Durchzug der Kaltfront um 21UTC ist realistisch. An den nächsten Tagen wurde ein typischer Tagesgang der Temperatur gemessen, der trotz Ortsveränderung relativ ungestört ist. Die Temperaturreihe bricht früher ab als die Druckreihe, weil wegen des starken Windes am Donnerstag der Messfühler abgebaut wurde.

An der Taupunktskurve kann man auch ganz gut erkennen, dass die Kaltfront am 18.6. wirklich erst um ca. 21 Uhr durchgezogen ist, denn erst ab dann sinkt der Taupunkt merklich. Am 19.6. herrschte Schönwetter und man konnte den typischen Tagesgang in der Taupunktskurve beobachten. Die kurzfristigen Schwankungen am 19.6. haben wahrscheinlich in der Nähe zum Festland ihre Ursache.



## VORTRÄGE

**Seminar: Maritime Meteorologie**  
**Thema: Laderaum-Meteorologie**

Die Laderaum-Meteorologie ist ein Teilbereich der Angewandten Maritimen Meteorologie. Sie umfasst sowohl die Untersuchung der mikroklimatischen Bedingungen in Containern während ihres Transportes an Land und auf See, als auch die allgemeinen Probleme, die bei Schiffsreisen durch verschiedene Klimazonen, im Schiffsladeraum auftreten.

Das Seewetteramt in Hamburg, Geschäftsfeld Seeschifffahrt des DWD, beschäftigt sich seit etwa 1930 mit der Entstehung von Ladungsschäden auf Schiffstransporten. Beratungen für Unternehmen der Handelsschifffahrt, Versicherungen und der Transport-, Import- und Exportwirtschaft werden vom DWD angeboten, um über die Ursachen der Schäden aufzuklären und bei den Vorbereitungen der Reisen Unterstützung anzubieten, da durch fehlerhafte Lagerung und Transport jährlich Schäden in Höhe von Millionen Euro entstehen.

Die häufigsten Schäden treten durch so genannte Schweißwasserbildung auf. Änderungen der äußeren klimatischen Bedingungen, wie zum Beispiel eine Fahrt von warme in kältere Regionen, bewirkt im Innern der Container und Laderäume die Bildung von Schweißwasser an den Decken und Seitenwänden, welches die Ladung durchnässt und zu verschiedenen Schäden, je nach Ware, führen kann. Typische Beispiele sind muffig riechender Rohkakao oder Rohkaffee, verblockter Zucker, verschimmelte Früchte oder verrostete Metallteile.

Allgemein kommt es zur Bildung von Schweißwasser, wenn die Lufttemperatur im Innern des Laderaums oder Containers unter den dort herrschenden Taupunkt sinkt. Zusätzlich kann die Luftfeuchte des Innenraums auch aufgrund von hygroskopischen Waren, wie zum Beispiel Holz, angehoben werden, was dann eine Zunahme des Taupunkts nach sich zieht. Infolgedessen kann schon eine minimale Abnahme der Lufttemperatur zu Schweißwasserbildung führen. Abhilfe gegen solche Schäden leisten hochtechnisierte Belüftungssysteme an Bord der Schiffe oder in den Containern selbst. Durch den rechtzeitigen Einsatz dieser Systeme können die meisten Schäden verhindert werden. Doch auch das Umfahren so genannter Gefahrenzonen kann zur Vermeidung von Schäden beitragen. Typische Gefahrenzonen sind Gebiete mit extremen klimatischen Bedingungen wie zum Beispiel die Hitze im Roten Meer oder kaltes Auftriebswasser an verschiedenen Küsten. Aus ökonomischen Gründen wird jedoch das Umfahren dieser Gebiete oft ausgeschlossen.

In den letzten Jahren richtete sich das Interesse der Forschung verstärkt auch auf die Bedingungen der Container bei Zwischenlagerungen in verschiedenen Häfen sowie auf den Landtransport, um die Lagerung der Waren beim Transport von A nach B zu optimieren.

**Literatur:**

Jens, H., 2000, *Maritim-Meteorologischer Gutachten-Service*,  
<http://www.dwd.de/services/gfsf/sfgutacht.html> , 22.05.2002

Baak, R.-W., *Laderaummeteorologische Untersuchungen und Beratungen des Deutschen Wetterdienstes*, Vortrag, <http://www.tis-gdv.de/tis/vortraeg/baak/baak.htm> , 22.05.2002

Zöllner, R., 1984, Laderaum-Meteorologie, *Promet*, 14. Jg., Heft 2/3

# Salz- und Sauerstoffgehalt der Ostsee (Klimatologie)

Katharina Brugger

Der Salzgehalt ist neben der Temperatur und dem Druck eine der Zustandsgrößen zur Beschreibung des reinen Meerwasser. Die Benützung der integralen Größe "Salzgehalt" ist möglich, da die Zusammensetzung der Salze des Meerwassers im offenen Ozean als nahezu konstant angenommen werden darf. Der Salzgehalt  $S$  ist gegeben durch die Masse  $S$  pro Masse Meerwasser. Heute wird der Salzgehalt meistens mittels einer Methode beruhend auf der elektrischer Leitfähigkeit gemessen.

Der Salzgehalt der Ostsee beträgt durchschnittlich 2 psu<sup>1</sup>, das erscheint im Vergleich mit dem Pazifik (34,62 psu), dem Atlantik (34,90 psu) oder mit dem Roten Meer (41 psu) relativ gering.<sup>2</sup> Auch verringert sich der Salzgehalt mit zunehmenden Abstand zur Nordsee.

Aber warum hat die Ostsee so eine geringe Salzkonzentration?

Die Ostsee ist eines der größten Brackwassermeeren und lebt mit all seinen Lebensformen zwischen Süßwasser und Meerwasser einerseits vom Wasseraustausch mit der Nordsee und andererseits von den großen Süßwasserzuflüssen. Die Ostsee ist mit der Nordsee über ein enges, flaches und stark strukturiertes Übergangsgebiet verbunden: über den schmalen Öresund zwischen Dänemark und Schweden und über die Beltsee zwischen Fünen und Seeland. Vor allem die Darßer Schwelle (18 m Satteltiefe) in der Beltsee und die Drogen-Schwelle im Öresund (7m Satteltiefe) sind die Schlüsselstellen im Austauschgeschehen.

Etwa 500 km<sup>3</sup> Flusswasser pro Jahr (langjähriges Mittel) fließen in die Ostsee. Ungefähr die Hälfte stammt von den sieben größten Zuflüssen, wie etwa die Nawa, die Memel oder die Weichsel.



Die Wasserbilanz der Ostsee führt im Mittel zu einem Ausstrom relativ salzarmen Wasser in der Oberflächenschicht und einem Einstrom salzreicheren Wassers in der Bodenschicht des Übergangsgebietes zwischen Nord- und Ostsee.

Die Flusswasserzufuhr übersteigt den Salzwasserzufluss aus der Nordsee. Dieser Überschuss verursacht einen ostseeauswärts gerichteten Strom von salzärmeren Wasser in das Skagerrak. Die mittlere Zirkulation der Ostsee ist, insgesamt gesehen, schwach, dagegen ist die kleinräumige und kurzfristige Variabilität hoch. Durch den Zustrom von Flusswasser und durch die Niederschläge bildet sich in der Ostsee eine salzarme, spezifisch leichtere Oberflächenschicht, die charakteristische Jahrgänge ozeanographischer Größen wie z.B. Temperatur, Salzgehalt, Dichte oder Sauerstoffgehalt aufweist. Das über die Schwellen in die Ostsee gelangende salzreichere Wasser breitet sich entsprechend seiner Dichte in den tieferen Wasserschichten aus. Dadurch existiert ganzjährig eine stabile Dichteschichtung, die durch einen als Sprungschicht bezeichneten Dichteübergang die Wassermasse in Oberflächen- und Tiefenwasser mit unterschiedlichen Eigenschaften teilt.

Nicht nur die Horizontalzirkulation im Tiefenwasser wird durch die kaskadenförmig angeordnete Beckenstruktur der Ostsee behindert, auch die Vertikalzirkulation ist durch die stabile Dichteschichtung ohnehin eingeschränkt, wobei der Austausch durch die permanente Sprungschicht weitgehend

<sup>1</sup> Maßeinheit psu – Practical Salintiy Unit: 1 psu = g Salz / kg Meerwasser

<sup>2</sup> nach Bergmann, Schaefer; Erde und Planeten, Zahlenwerte und Tabellen

unterbunden ist. Diese Eigenschaften machen deutlich, dass der Wasseraustausch zwischen Nord und Ostsee von erheblicher Bedeutung für das Tiefenwasser ist.

Wegen des kanalartigen Charakters des Übergangsbereiches zwischen Nord- und Ostsee kommen nur zwei Strömungsrichtungen in Betracht: Einstrom in die Ostsee und Ausstrom aus der Ostsee. Im Mittel sind es jährlich etwa 60 Fälle jeder Art, die einander jeweils abwechseln. Die Ausstromperioden dauern im Durchschnitt bis zu etwa 20 Tagen, die Einstromperioden nur bis zu etwa 10 Tagen.

Der Ausstrom ist i. A. von geringerer Bedeutung für Veränderungen der ozeanographischen Verhältnisse in der Ostsee. Hingegen können die Einstromlagen unter dem Einfluss starker westlicher Winde im Sommer auftreten, die i. A. aber nur von kurzer Dauer sind. Dabei wird zunächst das salzarme Oberflächenwasser zur Ostsee zurückgedrängt, bevor es zum Einstrom von Kattegat-Mischwasser kommt. Besonders am Ende einer sommerlichen Einstromlage können größere Mengen salzreichen Wassers in der Tiefe über die Darßer Schwelle in die Ostsee gelangen.

Da das einströmende Wasser entsprechend seiner Herkunft von der weniger geschichteten, bewegten und deshalb gut durchlüfteten Nordsee salzreich und weitgehend sauerstoffgesättigt ist, werden chemische wie biologische Eigenschaften und damit auch wesentliche Züge der Sedimentbildung in der Ostsee durch den langfristigen Verlauf der Einstromereignisse bestimmt.

Im Herbst und Winter können anhaltende Weststürme zu extremen Einstromlagen führen, bei denen große Mengen salz- und sauerstoffreichen Wassers in die Ostsee transportiert werden. Diese als Salzwassereinbrüche bezeichneten Ereignisse sind von entscheidender Bedeutung für die ozeanographischen Bedingungen im gesamten Tiefenwasser der Ostsee, weil nur dieses Wasser eine Dichte erreicht, um bis in die grundnahen Schichten der zentralen Becken vorzudringen. Dort verursacht es eine Umschichtung des Wasserkörpers und trägt zu einer wesentlichen Erhöhung des Salz- und Sauerstoffgehaltes bei. Es führt zu einer Verbesserung der Lebensbedingungen und kann nach längeren sauerstoffarmen oder sauerstofflosen Perioden zur schrittweisen Wiederbesiedlung des Meeresbodens beitragen.

Seit Mitte der 70er Jahre hat jedoch sich die Häufigkeit und Intensität der Salzwassereinbrüche deutlich verringert. Die letzte Gruppe von Einbrüchen, die markante Auswirkungen auf das Tiefenwasser der Ostsee hatte, trat 1975-1977 auf. Seitdem geht der Salzgehalt in der Ostsee drastisch zurück, und in den letzten neun Jahren wurde kein Salzwassereinbruch mehr registriert.

Das während eines Salzwassereinbruchs in die Ostsee einströmende Wasservolumen beträgt im Mittel  $100 \text{ km}^3$ . Bei dem bisher stärksten beobachteten Einbruch im November/Dezember 1951 gelangten über  $200 \text{ km}^3$  Wasser mit einem mittleren Salzgehalt von 2,2 % in die Ostsee. Das entspricht beispielsweise einer Salzmenge von knapp 5 Mrd. Tonnen.

Die Ostsee war früher als oligotrophes, d.h. schlecht ernährtes Meer bekannt. Heute kann man sie als eutroph, d.h. gut ernährt, bezeichnen.

Mikrobiologische Vorgänge (Bakterien u.a.) und Plankton sind für die Stoffumsätze und Lebensvorgänge im Meer sehr viel wichtiger als höher organisierte Lebewesen. Trotz der Belastung durch Schadstoffe und Umweltgifte ist in der Ostsee die Menge des Phytoplanktons im Laufe der vergangenen 40 Jahre erheblich größer geworden und damit die Produktion der pflanzlichen Biomasse. Die Algenzellen sterben ab, setzen sich nach einer gewissen Zeit als weicher Schlamm am Meeresboden ab und verursachen dort schließlich Sauerstoffmangel. Algen brauchen zum Wachstum und zur Vermehrung Licht und Nährstoffe. Im Frühjahr sind Phosphor und Stickstoff als wichtigste Nährsalze im Oberflächenwasser reichlich verfügbar und fördern das Algenwachstum. Die "Frühjahrsblüte", wie man ihre Massenvermehrung nennt, bricht dann zusammen, wenn die Nährstoffe aufgebraucht sind. Die Algen leben dann sparsam und nutzen die geringen verfügbaren Nährstoffrestmengen immer wieder in einem Recycling-Verfahren. Aber bei Starkwindlagen wird auch im Sommer gelegentlich nährstoffreiches Tiefenwasser an die Oberfläche gewirbelt und kann dort üppiges Planktonwachstum bewirken. Es kommt dann zu Sommerblüten des

Phytoplanktons, das oft in wolkenartigen Verteilungen auftritt. Wetterlage, Hydrographie und Biologie wirken hierbei aufs engste zusammen.

Die geringe Durchmischung des Wassers ist eine der Ursachen dafür, dass die Ostsee auf Meerverschmutzung besonders empfindlich reagiert. So kann es auch aufgrund der stabilen Schichtung vor allem im Tiefenwasser zu sogenannten Stagnationsperioden kommen, die durch die Abnahme des Sauerstoffgehalts und die darauffolgende Bildung von Schwefelwasserstoff gekennzeichnet sind. In dieser Zeit sterben vermehrt die Lebewesen dieser Schicht und die Algenproduktion nimmt zu. Solche Stagnationsperioden können nur durch Einströmen größerer Mengen salzreichen Wassers aus der Nordsee unterbrochen werden.

Das Leben in der Ostsee ist durch diese Ein- und Ausstromlagen und mit der damit verbundenen Konzentrationsänderungen dennoch erheblich beeinflusst. Viele Meeresorganismen können Brackwasser nur bis zu einem Minimum-Salzgehalt ertragen. Sie können in der Ostsee deshalb immer dann weiter vordringen, wenn der Salzgehalt steigt, müssen sich aber zurückziehen, wenn er sinkt. Hiervon ist die Ostseefischerei nicht unerheblich betroffen.

Zitierte und weiterführende Literatur bzw. Links:

Bergmann, Schaefer; Erde und Planeten, Kapitel 2: Ozeanographie

[www.bsh.de](http://www.bsh.de) - Bundesamt für Schifffahrt und Hydrologie

<http://wrzx05.rz.uni-wuerzburg.de/geo-graduiertenkolleg/schin/disse.htm> - Dissertation über Salzwassereinbrüche

<http://www.ginko-web.de/facharbt/oekoost/ostseeoeko.htm> - über das Ökosystem Ostsee

[www.hamburger-bildungsserver.de](http://www.hamburger-bildungsserver.de)

# Beobachtung von Meeresoberflächenparametern vom Satelliten aus

**Barbara Chimani**

## gemessene Parameter:

- \* Höhe des Meeresspiegels
- \* Wellen
- \* Oberflächenwind
- \* Oberflächentemperatur
- \* Färbung des Ozeans
- \* Oberflächenströmungen
- \* ...

## Höhe des Meeresspiegels:

wird mittels Altimeter bestimmt. Dabei wird die Höhe des Satelliten über Meeresoberfläche durch Laufzeitbestimmung eines ausgesandten Signals bestimmt und von der Höhe des Satelliten über dem Geoid bzw. Orbitzentrum subtrahiert.

Durch genügend Beobachtungen an allen Stellen der Ozeane kann dadurch auch Information über Meeresströmungen oder Ozeangrund gewonnen werden.

Probleme: Wassergehalt der Atmosphäre, genaue Position des Satelliten

## Wellen:

Die Wellen können auf mehrere Arten vermessen werden. Eine ist mittels eines Altimeters, wobei die Information über die Rauigkeit der Meeresoberfläche aus der zurückgestreuten Energie gewonnen wird (je rauher desto stärker wird gestreut), die über die Wellenhöhe auf Grund des Anstieges der Kurve der Echoenergie (je höher die Welle, desto flacher ist der Anstieg).

Problem: meisten Modellen die Zusammenhang Welle-Wind behandeln fehlt die Validierung für die Zustände am offenen Meer.

## Oberflächenwind:

Dazu wird Scatterometer benutzt. Dies sendet fächerförmigen Strahl aus und mißt mit einer Vielzahl unterschiedlicher Winkel die Energie des zurückgestreuten Echos, die hauptsächlich von der Rauigkeit der Oberfläche abhängt.

Problem: Zusammenhang zwischen Energie des Echos und Windgeschwindigkeit großteil empirisch,

## Oberflächentemperatur:

wird mit passiven Mikrowellenradiometer bestimmt. Diese mißt die von der Oberfläche ausgesandten Strahlungen. Da die Messung von z.B. atmosphärischen Wasserdampf und Regen, beeinflusst wird, wird die Messung noch dadurch unterstützt, daß auch Frequenzen benutzt werden, die auf den Wassergehalt der Atmosphäre ansprechen.

Problem: Verfälschung der Ergebnisse durch Landmassen, Ausstrahlung durch Wellen und Schaum beeinflusst, Messung durch Wasser in der Atmosphäre beeinflusst

## Färbung des Ozeans:

Zur Bestimmung wird z.B. der Coastal Zone Colour Sensor (CZCS) genutzt. Dieses mißt mit Wellenlängen von ~ 433-680nm. Durch die Färbung ist z.B. die Phytoplanktonkonzentration, oder die Verschmutzung der Meere zu sehen. Auch aufsteigendes Tiefenwasser ist dadurch bemerkbar.

Problem: durch viele verschiedene Komponenten beeinflusst

## Oberflächenströmungen:

Die Information darüber kann aus den verschiedenen Messungen gewonnen werden. So zeigen sowohl die Altimetermessungen, als auch die Messungen der Meeresoberflächentemperatur und Ozeanfarbe deutliche Signale, wodurch eine Kombination aus den verschiedenen Parametern sinnvoll erscheint.

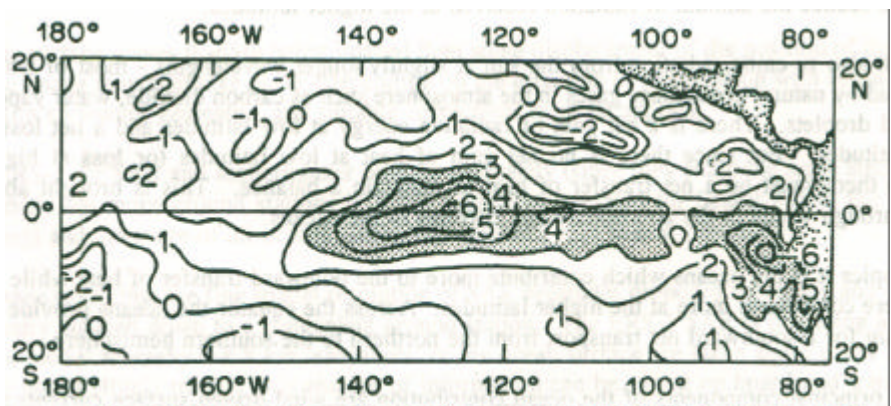
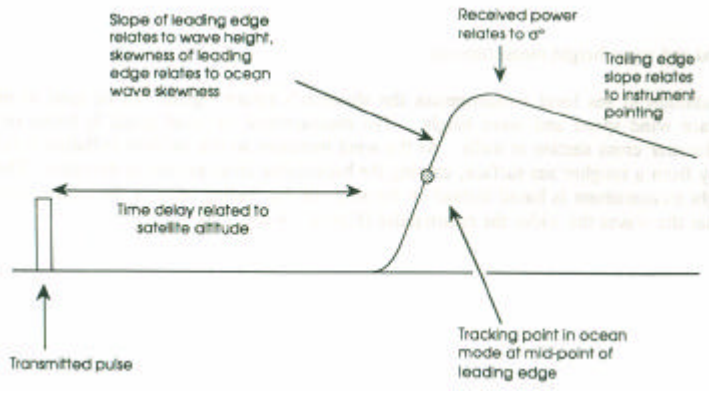
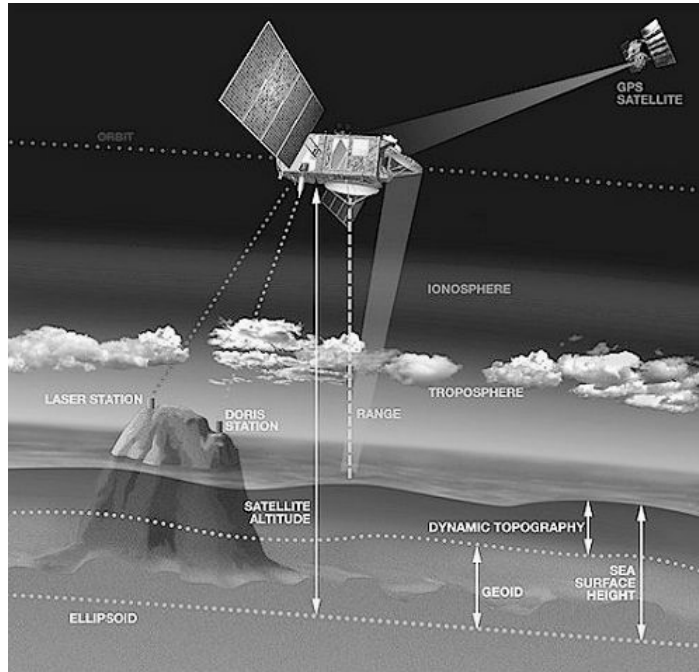


Figure 2.3 Anomalies of sea surface temperature in the eastern tropical Pacific at the 1982-83 maximum El Nino event

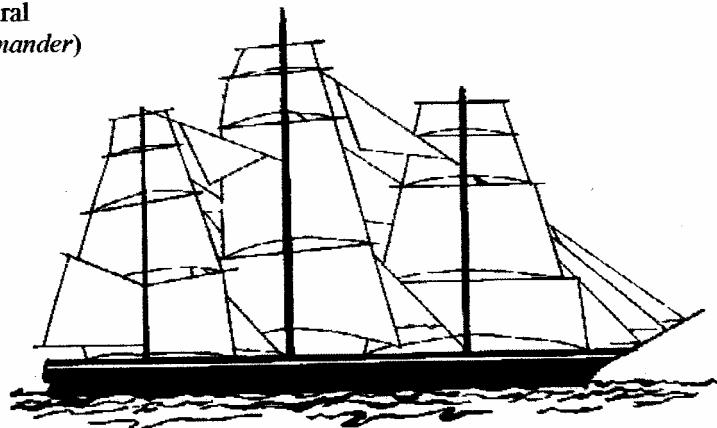
# Die Beaufort-Skala



Admiral Beaufort. From: Crown copyright.

Aus der Geschichte (Admiral Sir Francis Beaufort):

- 1774 Geburt in County Meath, Irland
- 1787 Eintritt in die Royal Navy als Kabinenjunge
- 1790+ kontinuierliches führen eines *meteorological journal*
- 1796 Leutnant auf der *H.M.S. Phaeton*
- 1805 Erstes Kommando über die *H.M.S. Woolwich*, Mission: hydrographische Studien
- 1812 Verwundung => Ausscheiden aus dem seemännischen Dienst
- 1829 Berufung in die Admiralität, Schwerpunkt: Planung hydrographischer Expeditionen
- 1838 *Wind Force Scale*, offizieller Gebrauch bei Logbucheintragungen
- 1846 Beförderung: Rear Admiral
- 1848 Knighthing (*Knight Commander*)
- 1855 Ruhestand
- 1857 Tod



Die ursprüngliche *Wind Force Scale*:

- Seit 1806 benutzt Beaufort 13 Windstärken zur Beurteilung des Windes in seinem *meteorological journal*.
- Als Referenz benutzt er später die Standard Frigate der Royal Navy von 1831
- Einteilung der WFS in 3 Teile durch Beauforts Protégé, Commander Robert Fitzroy

## Beaufort Wind Force Scale As Communicated to Commander Fitzroy (1831)

0	Calm		
1	Light Air	Or just sufficient to give steerage way.	
2	Light Breeze	Or that in which a man-of-war with all sail set, and clean full would go in smooth water from.	1 to 2 knots
3	Gentle Breeze		3 to 4 knots
4	Moderate Breeze		5 to 6 knots
5	Fresh Breeze		Royals, etc.
6	Strong Breeze	Or that to which a well-conditioned man-of-war could just carry in chase, full and by.	Single-reefed topsails and top-gal sail
7	Moderate Gale		Double reefed topsails, jib, etc.
8	Fresh Gale		Treble-reefed topsails etc.
9	Strong Gale		Close-reefed topsails and courses
10	Whole Gale	Or that with which she could scarcely bear close-reefed main-topsail or reefed fore-sail.	
11	Storm	Or that which would reduce her to storm staysails.	
12	Hurricane	Or that which no canvas could withstand.	

D



## Die Änderungen an der Beaufort Skala:

Seit Mitte des 19. wurden auch Anemometer auf Schiffen benutzt, waren aber noch selten und erst 1946 wurde ein Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und der mittels der Beaufort Skala beurteilten Windes hergestellt. Der Zusammenhang zwischen Beaufort Skala und Windgeschwindigkeit ist nicht linear und in vielen Büchern in einer Tabelle festgelegt. Grob kann man aber Beaufort (B) in Windgeschwindigkeit in m/s (V) wie folgt umrechnen:

$$V=B+B^2/6 \text{ und umgekehrt } B=\text{sqrt}(9+6*V)-3$$

Dabei darf grosszügig gerundet werden. Es sei vielleicht noch gesagt, dass 1 Seemeile 1,852 Kilometern entspricht und, dass 1 Knoten einer Seemeile pro Stunde entspricht.

Beaufort Skala, Windstärke und Seegang							
Wind-Stärke Beaufort	Wind-Bezeich- nung	Windseebeschreibung	Windgeschwindigkeit in			Seegang Nach Seeskala	Seegangs- bezeichnung
			m/s	km/h	kn		
0	Stille	Spiegelglatte See	0-0,2	0-1	0-1	0	Ruhige See
1	Leiser Zug	Kleine, schuppenförmig aussehende Kräuselwel- ken ohne Schaumkämme	0,3-1,5	1-5	1-3	1	Gekräuselte See
2	Leichte Briese	Kleine Wellen noch kurz, aber ausgeprägter, Kämme sehen glasig aus, brechen sich aber nicht	1,6-3,3	6-11	4-6	2	Schwach Bewegte See
3	Schwache Briese	Die Kämme beginnen sich zu brechen. Schaum Überwiegend glasig, ganz vereinzelt können kleine Weisse Schaumköpfe auftreten	3,4-5,4	12-19	7-10		
4	Mäßige Briese	Wellen noch klein, werden aber länger. Weisse Schaumköpfe treten schön ziemlich verbreitet auf	5,5-7,9	20-28	11-15	3	Leicht Bewegte See
5	Frische Briese	Mäßige Wellen, die eine ausgeprägtere lange Form Annehmen. Überall weisse Schaumkämme. (Ganz Vereinzelt kann schon Gischt vorkommen)	8,0-10,7	29-38	16-21	4	Mäßig Bewegte See
6	Starker Wind	Die Bildung grosser Wellen beginnt; Kämme brechen Und hinterlassen grössere weisse Schaumflächen; Etwas Gischt	10,8-13,8	39-49	22-27	5	Grobe See
7	Steifer Wind	See türmt sich; der beim brechen entstehende Weisse Schaum beginnt sich in Streifen in die Wind- Richtung zu legen	13,9-17,1	50-61	28-33	6	Sehr grobe See
8	Stür- Mischer Wind	Mäßig hohe Wellenberge mit Kämmen von be- trächtlicher Länge. Von den Kanten der Kämme Beginnt Gischt abzuwehen. Der Schaum legt sich In gut ausgeprägten Streifen in Windrichtung	17,2-20,7	62-74	34-40	7	Hohe See
9	Sturm	Hohe Wellenberge; dichte Schaumstreifen in Windrichtung. „Rollen“ der See beginnt. Der Gischt kann die Sicht schon beeinträchtigen	20,8-24,4	75-88	41-47		
10	Schwerer Sturm	Sehr hohe Wellenberge mit langen überbrechenden Kämmen. See weiss durch Schaum. Rollen der See schwer und stoßart. Sicht durch Gischt beeinträchtigt	24,5-28,4	89-102	48-55	8	Sehr hohe See
11	Orkan- Artiger Sturm	Aussergewöhnlich hohe Wellenberge. Die Kanten Der Wellenkämme werden überall zu Gischt zer Blasen. Die Sicht ist herabgesetzt	28,5-32,6	103-117	56-63	9	Aussergewöhnlich Schwere See
12	Orkan	Luft mit Schaum und Gischt angefüllt. See voll- ständig weiss. Die Sicht ist sehr stark herabgesetzt. Jede Fernsicht hört auf	32,7+++	118+++	64+++		

### Literaturangaben:

Glieve, O., *Sportbootführerschein*, 9. Aufl.-Bielefeld: Delius Klasing, 1994  
Heidorn, K. C., *The Weather Legacy of Admiral Sir Francis Beaufort*, Spectrum Educational Enterprises, 1998

# Die Fram- Drift (1893 – 1896)

Anne Fleißig

Einer der größten Polarforscher des 19. Jahrhunderts war der Norweger Fridtjof Nansen. Geboren wurde er am 10. 10. 1861 im heutigen Oslo und starb am 13. 05. 1930 in Lysaker.

Im Sommer 1882 befand er sich im Zuge seiner meeresbiologischen Studien am Zoologischen Museum in Bergen auf dem Walfangschiff „Viking“, als dieses vor Grönland im Eis stecken blieb. So bekam er einen Monat lang die Möglichkeit das berühmte „Grüne Land“ der Skandinavien zu betrachten. Damals versprach er sich selber, eines Tages zu einer Expedition ins Landesinnere zurückzukehren.

1888 überquerte er auf Skiern mit Otto Sverdrup, Kristian Kristiansen, Oluf Dietrichson, Samuel Balto und Ole Ravn als erster die 3000 m dicke Inlandeisdecke Grönlands von Osten nach Westen.

Als der Meteorologe Henrik Mohn (1835 – 1916) aus der Anlandung von sibirischen Treibgut an der Küste von Südwest – Grönland auf eine von Landmassen nicht gestörte Westdrift im Polarmeer schloss, fühlte sich Nansen herausgefordert, diese These zu untermauern.

Somit stand sein Entschluss fest die unerforschten Gewässer der Arktis und deren Strömung zu erforschen. Dazu wollte er sich mit einem speziell gebauten Schiff im Eis einfrieren lassen, um dann mit dem Eis zu driften.

Mit der finanziellen Unterstützung vom Parlament, dem König und privaten Spendern ließ er von Collin Archer in Larvik die Fram bauen. Dieses Schiff sollte dem Packeis auf besondere Weise angepasst sein. Die Fram, ein dreimastiger Schoner, der mit einem 220 PS starken Dampfmotor ausgestattet war.

Das Schiff hatte eine Wasserverdrängung von 800 Tonnen, eine Länge von 39 m, eine Breite von 11 m und einen Tiefgang von 5 m. Der Rumpf war so geschickt geformt, also abgerundet, dass es vom Packeis nicht erdrückt, sondern langsam in die Höhe gehoben würde. Die Spanten wurden aus kräftigen Baumstämmen herausgehauen und versteift. Der 70 cm dicke Rumpf bestand aus drei Außenhäuten, die äußere noch zusätzlich mit einem Flacheisen beschlagen, um für mehr Stabilität zu sorgen.

Steuerruder und Propeller konnten gehoben werden und eine kleine Windmühle sorgte für die Stromversorgung.

Am 21. 07. 1893 stechen insgesamt 12 Männer unter der Leitung von Fridtjof Nansen und Kapitän Otto Sverdrup mit Proviant für fünf Jahre im Hafen von Vardö in See.

Im Polarmeer angekommen, musste er die Fram der Eisdrift überlassen. Diese Zeit wurde für konsequente Messungen genutzt. Zu den Messungen und Beobachtungen gehörten meteorologische Messungen (Luft- und Wassertemperatur, Druck, Windgeschwindigkeit und –richtung), astronomische Beobachtungen (um den Standort des Schiffes zu bestimmen), magnetische Beobachtungen und hydrographische Untersuchungen (Salzgehalt, Wassertiefe). Zudem beobachtete er das Meereseis, die Form, Wachstum, Stärke, Salzgehalt und die Meeresströmung unter dem Eis. Für die Messungen wurden Hütten auf dem Eis installiert.

Aufgrund seiner Messungen musste er seine falsche Annahme vom seichten Polarmeer revidieren. Die Lotungen ergaben Werte von 1.800 m Wassertiefe. Durch diese große Tiefe sind die Auswirkungen der Wasserströmungen nur sehr gering auf die Eisdrift. Die Hauptursache, so nahm Nansen an, liegt eher in der Windkraft.

Nach anderthalb Jahren merkte er, dass die Drift weit südlich vom Pol vorbeiführte und somit die Hoffnung zerstörte ihn auf diesem Weg zu erreichen.

So versuchte er mit einem Begleiter, Hjalmar Johansen, am 14. 03. 1895 per Ski und Hundeschlitten den Pol zu erreichen. Nach gewaltigen Anstrengungen mussten sie 74 km vor ihrem Ziel umkehren. Die beiden gelangten bis 86° 14' nördlicher Breite, so nah an den Pol wie nie ein Mensch zuvor.

Ihr Rückweg war noch beschwerlicher, aber sie schlugen sich bis nach Franz – Josef- Land durch. Dort waren sie zum Überwintern gezwungen. Die neun Monate verbrachten sie in einer Höhle im Doppelschlafsack und ernährten sich von Eisbärfleisch und Walrossspeck.

Im Mai 1896 gaben sie ihr Lager auf. Im Juni überschlugen sich dann die Ereignisse. Am 12. Juni trieben die Kanus weg, beladen mit Proviant und Ausrüstung. Nansen springt in das eiskalte Wasser und schafft es dank seiner sportlichen Kondition, die zusammengebundenen Kanus zu erreichen. Mit letzter Kraft und fast steif kann er sich an Bord ziehen und alles retten. Der Verlust hätte den sicheren Tod bedeutet.

Drei Tage später attackiert ein Walross eines der Kanus und beschädigt es schwer.

Am folgenden Tag trafen sie auf eine britische Expedition unter der Leitung von Frederick Jackson. Der Engländer führte mit seinem Team auf Franz- Josef- Land wissenschaftliche Erkundungen durch. In den nächsten zwei Monaten beteiligte sich Nansen an den Forschungen.

Endlich am 13. August 1896 betraten Nansen und Johansen nach über drei Jahren wieder norwegischen Boden im Hafen von Vardö.

Allerdings gab es keine Nachricht von der Fram. Nur eine Woche später traf auch die als verschollen gegoltene Fram ein, die kurz zuvor nordwestlich von Spitzbergen vom Packeis freigegeben worden war.

Während der Schlittenexpedition erreichte die Fram eine Breite von 85° 77' nördlicher Breite.

Damit war Nansen der Beweis für eine westwärts laufende Meeresströmung gelungen.

Nach der erfolgreichen dreijährigen Eisdrift mit der Fram wird Nansen mit Ehrungen und Orden überhäuft.

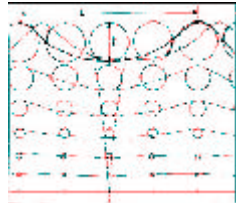




Seminarvortrag  
**DER SEEGANG UND SEINE VORHERSAGE**

x **Seegang**  
 → Sammelbegriff für Windsee, Dünung, Brandung  
 (beinhaltet nicht Tsunamis!)

x **Orbitalbewegung**  
 Die Wasserteilchen werden aus ihrer Ruhelage ausgelenkt und bewegen sich während eines Wellendurchganges kreisförmig wieder zur Ausgangslage zurück. D.h. der Wellengang transportiert effektiv keine Materie!  
 (Bereits Leonardo da Vinci erkannte diesen Sachverhalt durch einen Vergleich der Wellenbewegung des Wasser mit der Bewegung eines Komfeldes unter Windeinfluß)

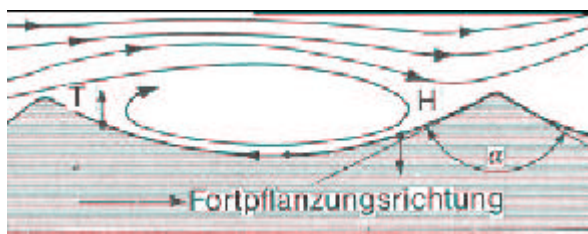


x Die Wellengeschwindigkeit ist abhängig von der Wellenlänge L.

x **Tiefenwasserwellen**  
 → Wellen mit  $z > L/2$  (z: Meeresgrundtiefe)  
 Mit zunehmender Tiefe nimmt die Auslenkung der Teilchen ab. In der Praxis läßt sich die Orbitalbewegung tiefer als  $L/2$  kaum noch nachweisen.

x **Seegangsspektrum**  
 Der Seegang ist eine Überlagerung aus einer Vielzahl von verschiedenen Wellen unterschiedlicher Geschwindigkeiten. → Chaotischer Wellengang

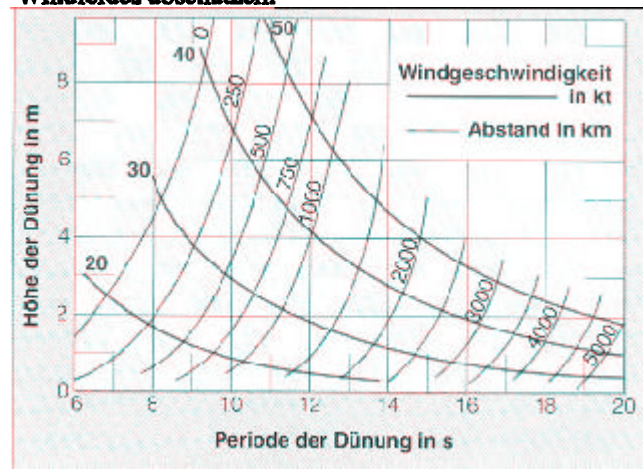
x **Wellenentstehung**  
 Durch Abreißen der laminaren Grenzschicht der über die Wasseroberfläche streichenden Luft entstehen Oberflächenwellen. Die entstehenden Luftwirbel erzeugen eine kleinräumige Druckverteilung und eine anfängliche Verformung der Meeresoberfläche, welche durch die Druckverteilung verstärkt wird. Zunächst entstehen Kapillarwellen, bei denen die rücktreibende Kraft vorwiegend der Oberflächenspannung entspricht, während bei größeren Wellen die Schwerkraft dominiert.



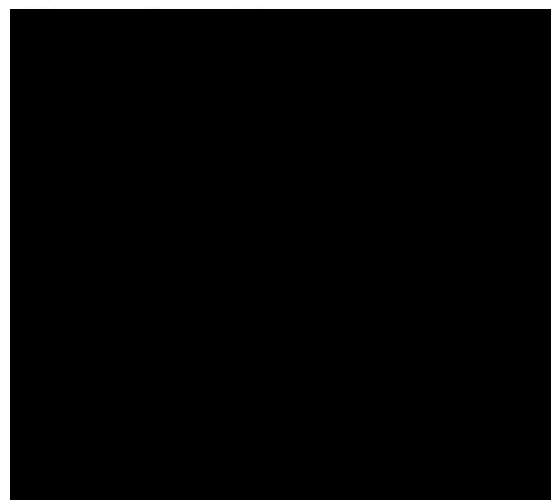
x Die Wellenhöhe ist abhängig von der Wirkdauer und der Wirklänge (fetch) des Windes.

x **Angereifte Windsee**  
 Bei beliebig langer Wirkdauer und Wirklänge wird eine bestimmte Wellenhöhe nicht mehr überschritten, da zwischen innerer Reibung, Luftwiderstand und Windschub ein Kräftegleichgewicht herrscht.

x **Dünung**  
 Je kleiner die Wellenlänge, desto größer ist die Dämpfung. Durch örtliches oder zeitliches Nachlassen des Windes bleiben nur noch größere Wellenlängen übrig. Zudem findet eine Trennung aufgrund der höheren Geschwindigkeit statt. Dünungswellen können schneller als der erzeugende Wind sein. Mit Hilfe der Periode der Dünung läßt sich die Entfernung und Stärke eines Windfeldes abschätzen:



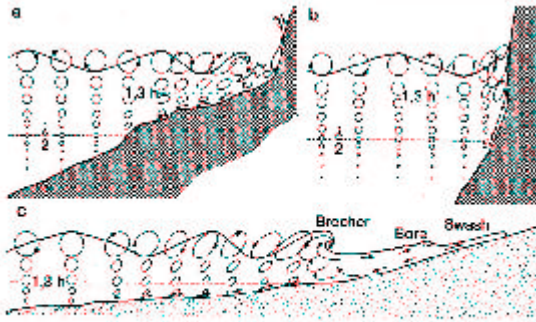
x **Kreuzsee**  
 → Dünung und Windsee treffen aus verschiedenen Richtungen aufeinander  
 Unvermutet hohe Einzelwellen können entstehen. Vor markanten Kaltfronten und Trögen, sowie im kernnahen Bereich tropischer Wirbelstürme kann eine Kreuzsee entstehen.



**x Seegang in flachem Wasser**

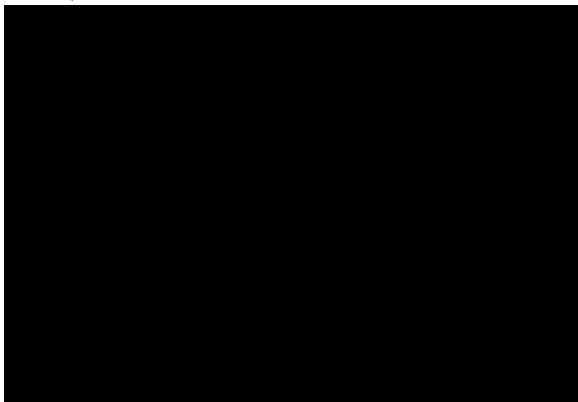
Für  $z < L/2$  ändern sich die Geschwindigkeit, Wellenhöhe und Wellenlänge merklich. Die Wellensteilheit (Verhältnis von Länge zu Höhe) nimmt zu. Bei Überschreiten des Verhältnis von 1:7 ist die Orbitalgeschwindigkeit in den Kämmen höher als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen.

→ Wellenbrechen



Wellen mit Grundberührung: a) Brecher mit Luftblasen und Spritzwasser an einer mäßig steilen Felsküste; b) Clapots an einer senkrechten Felswand; c) Strandflutung mit Brecher, Barre und Swash an einer Sandküste.

Beim Wellenbrechen geht die Orbitalbewegung verloren und es wird nun Materie transportiert, d.h. zusätzliche Strömungen können entstehen:



Die Veränderung der Wellengeschwindigkeit bewirkt außerdem eine Änderung der Wellenaufrichtung. Diese sogenannte Refraktion kann auf der Leeseite kleiner Inseln für unruhigeren Seegang sorgen, wie auf der Luvseite:

**x Seegang im Strom**

Seegang mit dem Strom bewirkt geringere Wellensteilheit, gegen den Strom größere Steilheit. Eine Strömung kann so zu einem vorzeitigem Wellenbrechen führen oder den Bruch verhindern.

**x kennzeichnende Wellenhöhe  $H_{1/3}$**

- durchschnittliche Höhe des höchsten Drittels aller Wellen im Seegang
- 86,5 % aller Wellen  $< H_{1/3}$
- größte Wellen = 2,15  $H_{1/3}$  (statistisch jede zehntausendte)

**x Seegangsvorhersage in der Praxis**

Mittels Windvorhersagekarten, bzw. Druckvorhersagekarten läßt sich über ein empirisches Diagramm die kennzeichnende Wellenhöhe in tiefen Gewässern abschätzen. Allerdings beziehen sich diese Abschätzungen nur auf die entsprechende Windsee und berücksichtigen nicht die aus anderen Windgebieten stammende Dünnung. Für die Abschätzung wird die Windgeschwindigkeit, die Wirkdauer und die Wirklänge benötigt.

**x Seegangsvorhersage mit Computermodellen**

Heutzutage gibt es fertige Seegangsvorhersagekarten, welche wesentlich genauer sind als obige Abschätzung. Dabei betrachten die Modelle die Energieverlagerungen, -produktion und -dissipation flächenhaft (Gittereinteilung) unter Zuhilfenahme der Windvorhersagen. Man spricht hier von der spektralen Betrachtungsweise. Aus Seegangsvorhersagekarten kann man neben der Windsee auch die Dünnung ablesen.

**LITERATUR:**

- Autorenteam des Seewetteramtes, "Seewetter", DSV-Verlag, 1999
- Dietrich, "Erforschung des Meeres", Umschau Verlag, 1970
- Ott, "Meereskunde", UTB, 1988
- Bruns, "Handbuch der Wellen der Meere und Ozeane", Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1955

# Schiffsroutenberatung im Seewetteramt

Ulrich Hamann

## Geschichte und Entwicklung der Seeschifffahrt

Mit der sich entwickelnden Seefahrt begann auch die Erforschung der Meere und des Wetters um das Meer optimal zu befahren, da Kenntnisse von Wind, Strömungen und Gezeiten unentbehrlich für die Navigation sind.

Die Phönizier verließen zum Beispiel als erste das ihnen heimische Mittelmeer, und nutzten dabei wahrscheinlich den Unterschied zwischen Tiefenströmung und Oberflächenströmung beim Durchfahren der Straße von Gibraltar aus, indem sie ein tiefhängendes Netz als Treibanker verwendeten. Etwa um 1000 nach Christi nutzten arabische Kaufleute die wechselnden Monsunwinde aus um den indischen Ozean und die Ostküste Asiens bis China zu erreichen. Die großen Kulturnationen rund um das Mittelmeer wurden erst wieder als Seefahrer aktiv, als durch die Eroberung Konstantinopels im Jahre 1453 die Handelsverbindungen nach Südasien abzubrechen drohten. Christoforo Columbo erreichte 1492 Amerika als er im Auftrag der spanischen Krone einen alternativen Weg im Westen nach Indien suchte. Einem Schiff der Magellan'schen Flotte gelang im Jahr 1522 die Umrundung der Welt.

## Heutige Schiffsroutenberatung

Bei allen Seereisen spielte das Wetter eine entscheidende Rolle in dem Erfolg der Unternehmungen.

Heutzutage werden rund 65% des Güterumsatzes auf dem Seeweg umgeschlagen. Die Kosten zum Land- oder Luftweg sind hier bedeutend niedriger. Durch eine Optimierung der Schiffsrouten können die Transportkosten noch weiter gedrückt werden. Für eine Routenberatung sind Windverhältnisse, Strömungen und das Verhalten des Bootes bei verschiedenen Anströmungswinkeln und unterschiedlichen Geschwindigkeiten entscheidend. Im Allgemeinen läßt sich das Verhalten wegen der verschiedenen Bauarten nicht parametrisiert werden. Für die Simulation des Verhaltens von Schiffen im Seegang wurde von **Schenzle** (1974) ein numerisches Verfahren entwickelt. **Blume** (1977) entwickelte für eine Familie variierender Schiffstypen die notwendigen schiffstechnischen Parameter.

Die Ziele der Routenberatung können Minimierung der Transportkosten (des Treibstoffs) oder der Reisezeit und das Abschätzen der Risiken durch Extremereignisse wie Stürme oder Wellengang sein.

Das Angebot des Seeamtes des deutschen Wetterdienstes:

<b>Klimainformationen/Gutachten</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Klimagutachten für Seengebiete und Schiffsrouten</li><li>-Gutachten über Wetter- und Seeverhältnisse</li><li>-Performance-Analysen</li><li>-Laderaum-Meteorologische Gutachten und Beratungen</li><li>-Wetterinformationen in Schadensfällen</li><li>-Witterung in Übersee</li><li>-Klimagutachten und Beratungen für überseeische Gebiete</li></ul>	<b>Aktuelles Wetter und Vorhersagen</b> <ul style="list-style-type: none"><li>-Vorhersage von Wind, Wetter und Seegang für alle Seegebiete</li><li>-Wind- und Sturmwarnungen</li><li>-Schiffsroutenberatungen</li><li>-Individuelle Beratungen</li></ul>
---	--

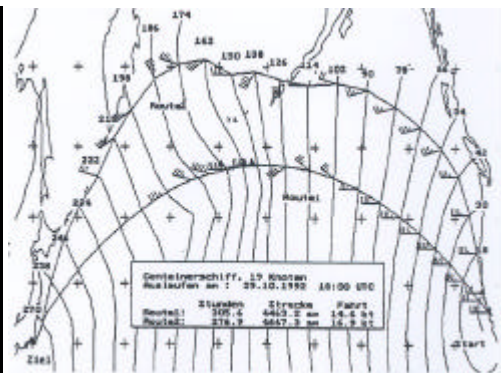


Abb.1 Kartenbeispiel einer Schiffsroutenberatung  
Man erkennt die zugrundeliegenden Isochronen.

## Das Isochronenverfahren

Um den optimalen Schiffsweg zwischen Start und Ziel zu ermitteln benutzt das deutsche Seewetteramt das Isochronenverfahren. Isochronen sind Linien gleicher Erreichbarkeit (erreichbar in der gleichen Zeit). Um den Startpunkt wird die erste Isochrone ermittelt. Hierbei müssen Reibung an Wind und Wellen berücksichtigt werden als Funktion der Schiffsgeschwindigkeit und der Zeit berücksichtigt werden. Als Randbedingungen sind die maximale Motorlast des Schiffes und die Stabilität des Schiffslage, bzw. das Eintauchen des Schiffsbügs in den Wellengang zu berücksichtigen. Von jedem zeitoptimalen Punkt der Isochrone wird ein neuer Fächer an möglichen Reisewegen ausgedehnt. Dies wird solange wiederholt bis der Seeraum zwischen Start und Ziel ausgefüllt ist. Von Ziel wird dann derjenige Punkt auf der letzten Isochrone gesucht, der in der kürzesten Reisezeit zu erreichen ist. Von diesem Punkt werden hintereinander die Punkte auf den vorangegangenen Isochronen bestimmt, so dass die Verbindungslinie die Strecke der kleinsten Reisezeit darstellt. Es kann auch nach minimalen Treibstoffverbrauch oder minimalem Risiko optimiert werden.

## Routen für Segelschiffe

Segelschiffe sind insbesondere auf guten Wind und eine gute Ausrichtung zu Wind angewiesen. Im Fall einer ungünstigen Windrichtung muss gekreuzt werden. Das Am-Wind-Segeln ist hier in allen Fällen vorzuziehen. Bei Änderung der Windrichtung ist dieses zu berücksichtigen.

Ein Beispiel hierfür ist die Drehung der Windrichtung von West auf Nordost. Dreht der Wind über den beabsichtigten Kurs, kommt also direkt der kürzesten Fahrverbindung entgegen, sollte man nicht versuchen durch Kreuzen auf direktem Kurs zu bleiben. Sobald das Am-Wind-Segeln wieder Backbords möglich ist, muss man einen westlicheren Kurs einschlagen und das restliche Stück wiederum kreuzend zurücklegen. Eine günstigere Reiseroute ist sich es, mit der Winddrehung auf Nordwest sich allmählich auf die rechte Seite der direkten Kurslinie zu fahren. Mit der Winddrehung auf Nordost ist ein direktes Am-Wind-Segeln zum Ziel möglich.

Diese Regel lautet vereinfacht: Dreht der Wind rechts über die beabsichtigte Kurslinie hinaus, so sollte man spätestens nach Beendigung der Winddrehung auf der rechten Seite der beabsichtigten Kurslinie stehen.

Insbesondere bei schwachwindigen Wetterlagen ist die Modifikation des Windfeldes durch die Land-See-Windzirkulation zu berücksichtigen.

Es stehen Wettervorhersagen von bis zu 5 Tage im voraus zur Routenplanung bereit. Für Reisen, die länger andauern, wie die Überquerung eines Ozeans, können klimatologische Mittelwerte für die zu durchquerenden Regionen herangezogen werden. Möchte man zum Beispiel von New York nach Europa fahren, empfiehlt es sich an der Südflanke der Tiefdruckgebiete zu segeln, wo ein starker Westwind vorherrscht. Schlecht wäre es, wenn man auf die Nordflanke kommt, da dort bei östlichen Winden gekreuzt werden müsste.

Es ist besonders bei Cumulusbewölkung mit Böen zu rechnen, die mit den vertikalen Umlagerungsprozessen zusammenhängen. Bei einer Böe dreht der Wind im allgemeinen nach rechts. Befindet man sich auf einem Kreuzkurs, so wird die gutgemachte Strecke größer, wenn man die Böe auf backbord Bug einfallen lässt. Flaut der Wind ab, so sollte man auf steuerbordbug segeln. Eine Böe ist durch Kräuselwellen erkennbar. Die verschiedene Reflektion im Gegensatz zur Umgebung kündigt eine Böe durch einen „dunklen Fleck“ auf der Wasseroberfläche an.

Weiterhin ist durch die Vertikalzirkulation erklärbar, dass unterhalb von Wolkenstraßen, die sich gut entwickeln, wenn polare Kaltluft über eine relativ warme Wasseroberfläche geführt wird, der Wind geringer ausfällt als unter den Wolkenlücken.

Außerdem kann man die unterschiedlichen Reibungsverhältnisse der Oberflächen von Land und Meer ausnutzen. Da die Reibung über Land größer ist, ist der Bodenwind über einer Wasseroberfläche im Gegensatz zu der über Land rechtsgedreht. Daher ändert sich in Landnähe sowohl Geschwindigkeit als auch Richtung des Windes.

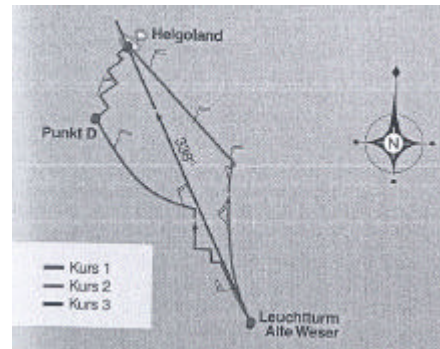


Abb2. Kursplanung bei drehendem Wind  
ungünstiger westlicher Kurs mit viel Kreuzen  
idealer Kurs östlich der direkten Verbindung

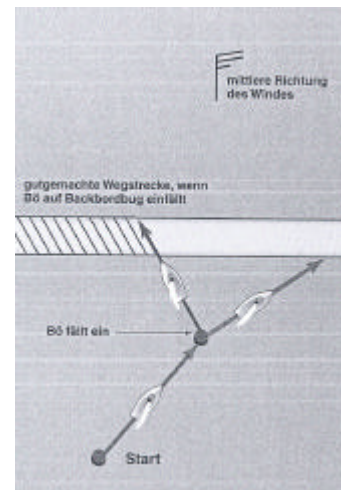


Abb3. Aufkreuzen bei böigem Wind

### Literatur

Blume, P. 1977:

Berechnung des Seegangverhaltens für eine systematisch variierende Formenfamilie  
Hamburgische Schiffbauversuchsanstalt, Bericht Nr. 1505

Schenzele, P. Boese, P., Blume P., 1974

Ein Programmsystem zur Berechnung der Schiffsgeschwindigkeit unter Dienstbedingungen  
Inst. für Schiffbau, Universität Hamburg, Bericht Nr. 303

<http://www.dwd.de/forecasts/texte/seewett.html>

[http://www.dwd.de/services/gfsf/sf\\_home.html](http://www.dwd.de/services/gfsf/sf_home.html)

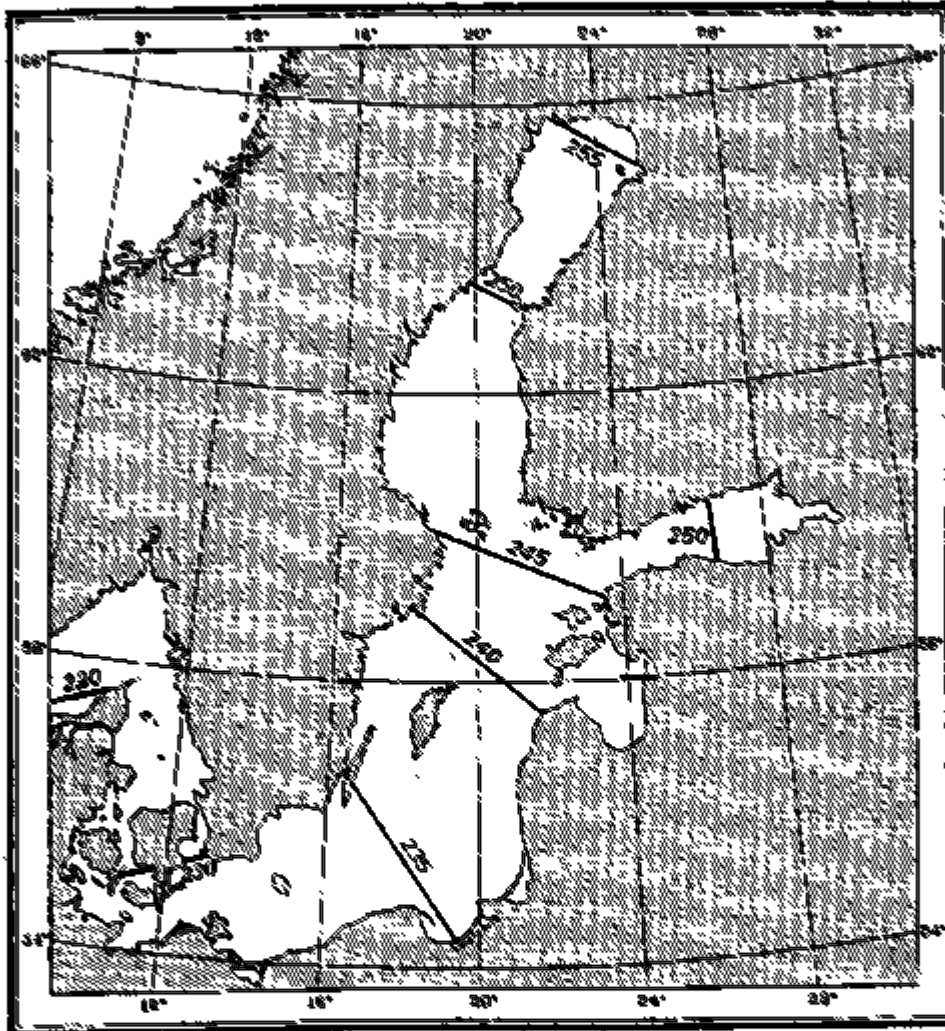
Ulrich Hamann



## Meeresströmungen der Ostsee

### Allgemeine mittlere Zirkulation

Lage des Meeresspiegels der Ostsee, bezogen auf eine Niveaufläche



- 35cm, die der Meeresspiegel der Ostsee von außen nach innen bis zum Nordosten im Mittel ansteigt
- Dieses Oberflächengefälle wird vom Wasserhaushalt der Ostsee aufrechterhalten: Die Wasserzufuhr aus Flüssen lässt den Wasserstand im östlichen Teil der Ostsee ansteigen. Es entsteht dadurch ein Druckgefälle zu den Ostsee-Eingängen, das im Mittel einen Ausstrom zum Kattegat bewirkt.
- Die Zufuhr des Flusswassers bewirkt außerdem eine Aussüßung des Ostseewassers. Der Salzgehalt in der Ostsee ist daher geringer als im Kattegat. Bei gleicher Temperatur bedeutet ein geringerer Salzgehalt eine geringere Dichte, so dass bei Vernachlässigung der horizontalen Änderungen des Oberflächenniveaus der hydrostatische Druck im Kattegat größer ist als in der Ostsee, also ein Druckgefälle durch Dichteunterschiede vom Kattegat zur Ostsee besteht.
- Berücksichtigt man sowohl das Druckgefälle durch die Oberflächenneigung als auch das Druckgefälle durch Dichteunterschiede, so ergibt sich folgendes: Schweres salzhaltiges Wasser aus dem Kattegat schiebt sich unter das leichte Ostseewasser und leichtes Oberflächenwasser bewegt sich zum Kattegat.

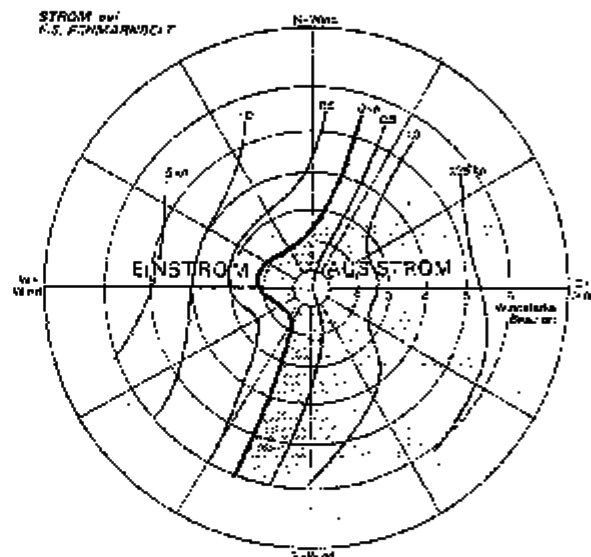


- Die Oberflächenströmung, die sich durch die Änderung des Oberflächenniveaus ergibt, wird durch die Corioliskraft abgelenkt und bevorzugt als südwestliche Strömung die Ostseite Schwedens. Sie unterstützt die gegen den Uhrzeigersinn verlaufende windbedingte Oberflächenzirkulation der gesamten Ostsee.
- Auch die durch Dichteunterschiede hervorgerufene Druckkraft bewirkt infolge der Corioliskraft eine Strömung entgegen dem Uhrzeigersinn entlang den Küsten.
- Diese Strömungen betragen aber nur einige cm/sec und sind nur für die mittlere Zirkulation von Belang.

#### Stromverhältnisse in den engen Ostseeausgängen (Kattegat, Beltsee, Sund)

- Geringe Niveauunterschiede zwischen Skagerrak und Ostsee bewirken starke Strömungen im engen Bereich des Kattegat und Beltsee.
- Geographische Lage fördert Niveaudifferenzen infolge Windstau besonders stark, da bei vorherrschenden Westwinden eine Wasserstandserhöhung im östlichen Skagerrak, aber eine Wasserstandsenkung in der Arkonasee erzeugt wird. Diese sogenannten *Gefällsströmungen* beherrschen die Strömungen in den Belten, im Sund und im Kattegat.

Beziehung zwischen den Tagesmittelwerten von Wind- und Oberflächenströmung bei Feuerschiff Fehmarnbelt. Windstärke auf den Kreisen in Beaufort, Stromstärke in Knoten



- Typisch für die Durchlässe in der Beltsee.
- Es gibt nur zwei Stromrichtungen, die dem Ein- oder Ausstrom angehören.
- Die stärksten Ströme treten bei reinen West- und Ostwinden auf.
- Bei Windstille läuft ein Reststrom in Richtung eines Ausstromes aus der Ostsee. Westliche Winde, im Fehmarnbelt von der Stärke 2 Beaufort, sind notwendig um diesen allgemeinen Ausstrom zum Stehen zu bringen.
- Es können starke Abweichungen von den dargestellten mittleren Verhältnissen auftreten

#### Stromverhältnisse der Inneren Ostsee

- Strömungen entstehen hauptsächlich, direkt oder indirekt, durch die Einwirkung des Windes.
- Im direkten Falle dadurch, dass der Wind durch Reibung den sogenannten *Trifflstrom* in Gang setzt. Dieser nimmt mit der Tiefe ab und wird an der Oberfläche infolge der Corioliskraft nach rechts abgelenkt.
- Trifft nun der durch den Wind erzeugte Strom auf Flachwassergebiete oder die Küste, so entsteht ein Stau. Dadurch entwickelt sich eine Gefällsströmung, die das Wasser wieder aus den Staugebieten abfließen lässt. Dies ist die indirekte Wirkung des Windes.

Literatur: Meereskunde der Ostsee von L. Mgaard und G. Rheinheimer  
Springer-Verlag 1974

# MEEREIS

Hildegard Kaufmann

## Meereis - allgemein

Meereis ist ein Teil der Kryosphäre. Von allen Teilen der Kryosphäre sind jahreszeitliche Schneedecke und das Meereis am variabelsten und daher am empfindlichsten gegenüber Klimaänderungen. Meereis nimmt bis zu 7% des Weltmeeres ein. Die Meereisbedeckung steuert die Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre.

Die Eisdecke ändert die Albedo und die Rauigkeit der Ozeanoberfläche, bildet eine Grenzfläche zwischen Atmosphäre und Ozean und vermittelt den Salzaustausch zwischen den ozeanischen Wassermassen. Diese Veränderungen wirken auf das Strahlungsregime und den turbulenten Austausch von Energie, Impuls und Feuchte, auf die Salzbilanz und auf die thermohaline Zirkulation im Weltozean.

Meereis kommt permanent in den polaren Regionen des Weltmeeres vor.

## Erforschung des Meereises

Die Anwendbarkeit von Satellitenaufnahmen erwies sich als optimal, da es sich bei Meereis um ein flächenhaftes Objekt großer Ausdehnung handelt. Im Vordergrund des Interesses standen die (täglichen) Eisränder, die längerfristigen Eisgrenzen, die Art des Meereises in Arealen dichter Schifffahrt (z.B. Ostsee) sowie die Gefährdung durch treibende Eisberge.

## Eisbildung

Eisbildung tritt ein, wenn Wasser bis zum **Gefrierpunkt** abgekühlt wird. Der Gefrierpunkt fällt linear von 0°C bei einem Salzgehalt von 0% auf -1,85°C bei einem Salzgehalt von 32.5%. Von Bedeutung ist auch der Zusammenhang zwischen Gefrierpunkt und **Dichtemaximum** bei jeweils verschiedenem Salzgehalt.

Meereis besteht aus **drei Komponenten**, einer festen (Eiskristalle), einer flüssigen (Salzlake) und einer gasförmigen (Luftbläschen).

Der **Gefriervorgang** beginnt, wenn die Wassermasse auf den Gefrierpunkt abgekühlt ist. Solange die Temperatur des Dichtemaximums über der Temperatur des Gefrierpunktes liegt, sinkt es ab, und friert nicht. Es entsteht **Konvektion**. Erst wenn die gesamte Wassersäule auf den jeweiligen Gefrierpunkt abgekühlt ist kann Eisbildung beginnen. Im Meer gibt es **Sprungschichten**, an denen die thermische Konvektion gestoppt wird.

**Andere Faktoren** für die Eisbildung am Meer sind die Wassertiefe, der Wassermassenaustausch, die Wellen und die Zeitspanne in der die Abkühlung erfolgt.

Die Eisbildung erfolgt in verschiedenen Stufen:

1. **Frazil Ice:** kleine Eisplättchen (bis 2cm Durchmesser, salzfrei, Kristallstruktur) von Eisbrücken zusammengehalten
2. **Grease Ice**
3. **Pancake Ice:** kleine runde Schollen, mit aufgebogenem Rand durch die gegenseitige Kollision

Es ist Neues entstanden welches durch Anwachsen nach unten dicker wird. Junges Meereis hat einen Salzgehalt von 5%. Das Salz ist als Lauge in Hohlräumen zwischen den Kristallen eingeschlossen. Diese Salzlösung sinkt dann nach unten und das Neueis wird salzärmer.

1. **First Year Ice:** Salzgehalt an der Oberfläche unter 1%, Dicke von 2m
2. **Second Year Ice:** durch Anfrieren von unten
3. **Multi Year Ice:** im Nordpolarmeer Dicke von 3m, Doppelschichtungen (Rafting) und Pressrücken (Ridges)

**Polynyas** sind quasipermanente Öffnungen in der Festeisdecke. Sie sind Orte der Eisproduktion und der Bildung von kaltem Tiefenwasser. Hier werden im Winter große Beiträge an fühlbarer und latenter Wärme dem Ozean entzogen. Die Dynamik von Meereis ist also stark mit der Klimaentwicklung gekoppelt.

Das Abbrechen von Eisblöcken (Eisbergen) vom Packeis nennt man **Kalben**. Die Eisblöcke werden dann mit der Meeresströmung mittransportiert.

Die wichtigste Eigenschaft von Meereis ist die, dass es auf dem Wasser **schwimmt**, dadurch entsteht eine **Isolierschicht**.

Die **Eintauchtiefe** von schwimmendem Eis variiert mit der Dichte des Seewassers und mit der Dichte des Eises (beide in Abhängigkeit von Temperatur und Salzgehalt).

Die **Albedo** von Meereis ist abhängig vom Eistyp. Im Mittel liegt sie zwischen 0,40 und 0,65. Schmelzwasserpfützen erhöhen die Albedo, weshalb auch das antarktische Meereis eine geringere Albedo aufweist als das arktische Meereis.

Wesentlich für den Energieaustausch sind die im Eis vorhandenen Kanäle und eisfreie bzw. schwach vereiste Gebiete. Der **Energieaustausch** an der Grenzfläche Atmosphäre-Meereis-Ozean ist wiederum wichtig für die Wirkung des Meereises auf das Klima.

Die **Eisbedeckung** wird nach Zehntel des Verhältnisses Eis zur freien Wasserfläche angegeben, in den Eismeldungen einiger Länder nach Achtel.

### Schiffsvereisungen

Diese Erscheinung der Grenzschicht Hydrosphäre-Atmosphäre ist verantwortlich für zahlreiche Schiffsverluste. Auf Fischdampfern im Nordmeer wurden Eismäntel mit 0,7m Dicke beobachtet. Die **Spritzwasservereisung** ist abhängig von der Windstärke, der Lufttemperatur und der Wassertemperatur.

In der Ostsee besteht noch stärkere Gefährdung, da das salzarme Ostseewasser (5-7‰) noch schneller gefriert.

Die Wirkungen des **Meereises an Küsten** sind von Bedeutung für Küstenmorphologie, Sedimentologie, Küstenbau und Küstenschutz. Durch Seegang, Gezeiten und Wind werden Eiswälle aufgeschoben, die bis zu 7m hoch sein können. Trümmer des Küsteneises können Erosionserscheinungen am Ufer, dem Meeresboden und an Bauwerken bewirken.

### Die Vereisung der Ostsee

Die Vereisung während des Winters ist von großer Bedeutung für den Seeverkehr, die Fischerei, den Wasserhaushalt und die Ökologie dieses Meeres. Während der Winterzeit wird der Schiffsverkehr mit Hilfe starker Eisbrecher aufrecht erhalten.

#### **Vereisung und regionale Besonderheiten der Ostsee**

Sowohl im zeitlichen Ablauf als auch in der räumlichen, regionalen Erscheinung der Vereisung der Ostsee zeigt sich eine starke Differenzierung. Ursachen dafür sind: große meridionale Erstreckung und klimatologische, morphologische und hydrographische Unterschiede

#### **Eisbildung in der Ostsee und Eisbildung im Austauschbereich Ostsee-Nordsee:**

Wegen der komplexen Salzgehaltsverhältnisse in der Ostsee und den hydrographischen Phänomenen (Schichtung, Zirkulation und Advektion) sind die Vereisungserscheinungen in der Ostsee sehr unterschiedlich.

Im Bereich zwischen Nord- und Ostsee kommt es kaum zum Wassertausch. Zumeist fließt am Boden salzreiches (schwereres) Nordseewasser in die Ostsee ein, und an der Oberfläche salzarmes (leichteres) Ostseewasser in die Nordsee. Dazwischen befindet sich eine **Sprungschicht** (bezüglich Temperatur und Salzgehalt), die Konvektion bis zum Meeresboden verhindert. Infolge unterkühlter Wassermassen kann es zur Eisbildung am Meeresboden (Grundeis) kommen.

#### **Ausbreitung der Vereisung in der Ostsee**

Im nordöstlichen Teil herrscht winterlich periodische Vereisung vor, im südwestlichen Teil winterlich episodische Vereisung. Dauer und Stärke der Vereisung nehmen von West nach Ost und von Süd nach Nord zu. Entlang der Küste der Ostsee befindet sich normalerweise ein Festeisgürtel, und daran anschließend ein Treibeisgürtel, während das beckeninnere Wasser eisfrei bleiben kann. Die Vereisung der Ostsee beginnt fast überall an den Küsten, wo geringere Wassertiefen vorherrschen.

Meeresgebiete verändern eine **Luftmasse**: eine kalte Luftmasse wird labilisiert und mit Wasserdampf angereichert, eine warme Luftmasse wird in den unteren Schichten wesentlich abgekühlt. Diese Modifizierung der Luftmassen wird nach dem Gefrieren der Unterlage anders. So können z.B. nach dem Gefrieren der Ostsee und des Bottnischen Meerbusens kontinentale arktische Luftmasse Skandinavien erreichen.

E. GOEDECKE hat Zusammenhänge zwischen **Großwetterlagen** und Eisentwicklungen mit Hilfe von Höhenwetterkarten aufgezeigt.

Die stärkste Eisbildung erfolgt bei Wetterlagen mit östlicher- und nordöstlicher Strömung, besonders bei einem Hoch über Fennoskandinavien.

### LITERATUR zum Vortrag:

Gierloff-Emden, Geographie des Meeres, 2. Teil Ozeane und Küsten; 1980, de Gruyter, S.768-801 und 872-881

Harris and Stonehouse, Antarctica and Global Climatic Change; 1991, Lewis Publishers, S.65-71

Masson, Satellite Remote Sensing of Polar Regions; 1991, Lewis Publishers, S.42

Hupfer, Das Klimasystem der Erde: Diagnose und Modellierung, Schwankung und Wirkung; 1991, Akademieverlag, S.117-131

Schönwiese, Klimatologie; 1994, UTB für Wissenschaft, S.176-180, 227-228 und 250-253

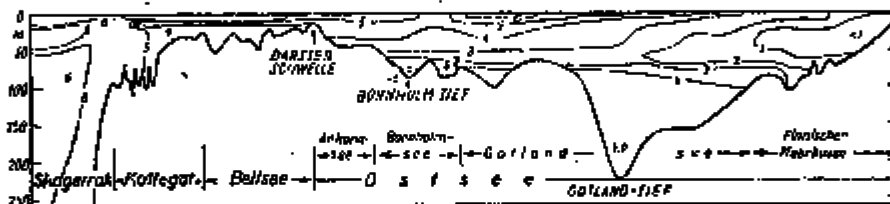
Lilequist und Cihak, Allgemeine Meteorologie; 1980, Verlag Vieweg, S.358-359

## Geographie und Entstehung der Ostsee

Katharina Koppe, Juni 2002

### Eckdaten

größte Länge	rd.	1.700 km
größte Breite	rd.	300 km
durchschnittliche Tiefe	rd.	52 m
tiefste Stelle		459 m
Gesamtfläche	rd.	420.000 km <sup>2</sup>
Wasservolumen	rd.	23.000 km <sup>3</sup>
Zufluss	rd.	467 km <sup>3</sup> /a
Niederschlag	rd.	522 mm/a ~ 191 km <sup>3</sup> /a
Verdunstung	rd.	460 mm/a ~ 168 km <sup>3</sup> /a
Oberflächensalzgehalt		0,6 – 0,8 ‰



Bodenrelief (nach Westermann: Lexikon der Geographie)

### Vier charakteristische Entstehungsstadien

15.000 – 8.000 Jahre v. Chr.  
Baltischer Eisstausee

8.000 – 7.000 Jahre v. Chr.  
Yoldia – Meer

7.000 – 5.000 Jahre v. Chr.  
Ancyclus – See

5.000 – 4.000 Jahre v. Chr.  
Litorina – Meer

---

### Literatur:

Westermann, Lexikon der Geographie  
Dierke Weltatlas

<http://marvin.sn.schule.de/~tzi/fb/inform/unterrichtsprojekte/nokuste/seite2.htm>

<http://www.ginkgo-web.de/facharb/ostsee/kueste.htm>

**EINFÜHRUNG IN DIE SEGELTECHNIK**  
**VORTRAG IM RAHMEN DER OSTSEEEXKURSION**  
**VOM 16. BIS ZUM 23. JUNI 2002**  
**Eva KUMMERER**

Das schöne am Segeln ist, dass alle Vorgänge physikalisch nachvollziehbar sind. Doch bevor wir uns damit beschäftigen, zunächst noch ein paar Begriffe, die für die Handhabung eines Schiffes essentiell sind.

## 1 Richtungen bezogen auf das Boot

In der Seefahrt gibt es, sowie in vielen anderen Sportarten, für fast alle Begriffe einen anderen Namen, als man aus dem alltäglichen Leben gewöhnt ist. In Abb. 1 sind die Richtungen bezogen auf ein Schiff abgebildet.

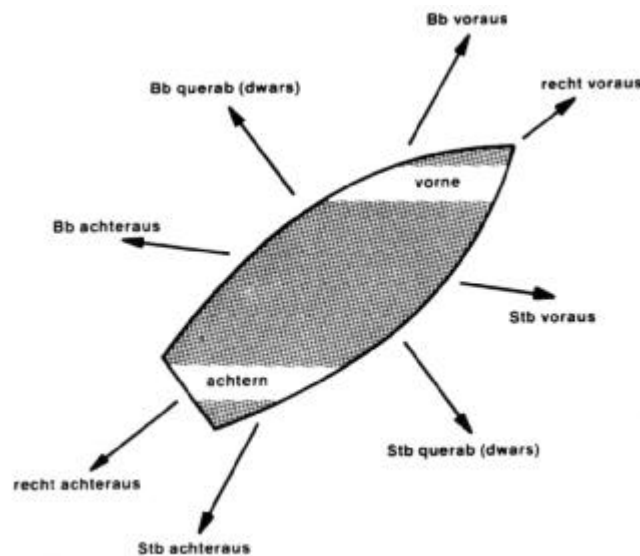


Abbildung 1: Richtungen bezogen auf das Boot

In Abb. 2 sind die Kurse, die man relativ zum Wind anlegen kann, dargestellt. Wenn man den Bug weiter zum Wind dreht, also nach Luv, nennt man dies "anluven". Das Gegenteil davon nennt man "abfallen".

## 2 Theorie des Segelns

### 2.1 Die Stabilität eines Schiffes

Unter dem Begriff "Stabilität" wird hier, abweichend vom streng physikalischen Begriff, nicht ein Zustand verstanden, sondern eine Kraft: Stabilität ist die aufrichtende Kraft; jene Kraft also, die der Krängung entgegenwirkt. Man unterscheidet "Formstabilität" (bei Schwertbooten) und "Gewichtsstabilität" (bei Kielbooten). In beiden Fällen sind zwei Kräfte am Zustandekommen der Stabilität beteiligt: die Schwerkraft und der Auftrieb.

Wie jede Kraft kann auch das Gewicht eines Bootes als Pfeil gezeichnet werden, angreifend im Gewichtsschwerpunkt G, der in Abb. 3 (links) dargestellt ist. Dass das Boot nicht untergeht,

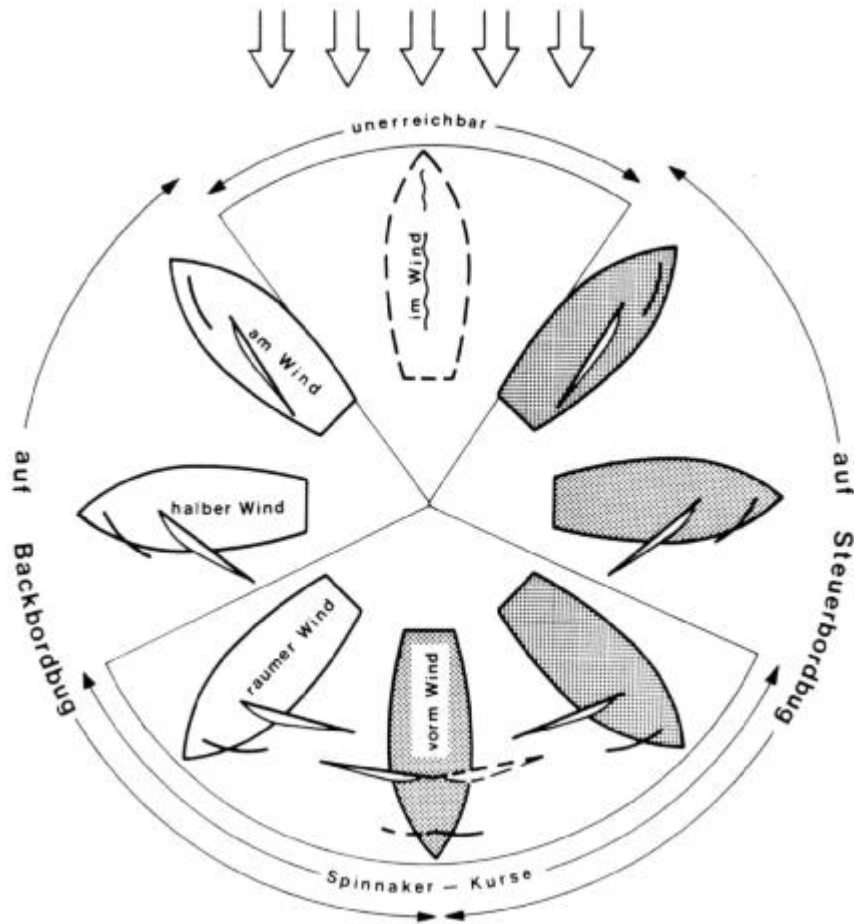


Abbildung 2: Kurse bezogen auf den Wind

verdanken wir einer zweiten Kraft, dem Auftrieb. Angriffspunkt ist der Auftriebsschwerpunkt A, der in Abb. 3 (rechts) dargestellt ist.

Im Unterschied zu formstabilen Booten können gewichtsstabile nicht kentern. In Abb. 4 ist das Prinzip dessen dargestellt.

## 2.2 Wahrer und scheinbarer Wind

Beim Segeln spüren wir den "scheinbaren Wind", der sich aus dem "wahren Wind" und dem "Fahrtwind" zusammensetzt. Die Zerlegung ist in Abb. 5 dargestellt.

## 2.3 Antrieb durch den Wind

Betrachten wir zunächst den einfacheren Fall. Dies ist der Antrieb durch Widerstand, Abb. 6.

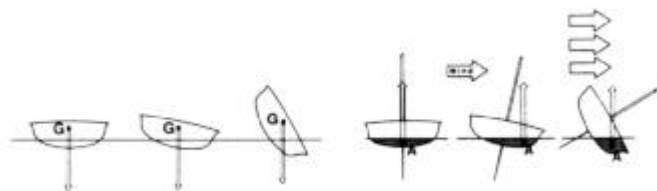


Abbildung 3: Der Gewichtsschwerpunkt (links) und der Auftriebsschwerpunkt (rechts)

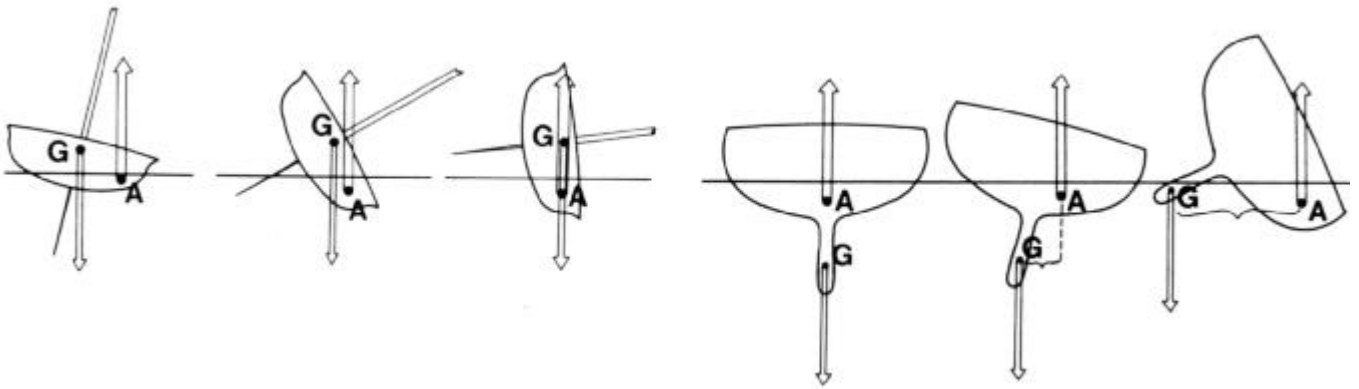


Abbildung 4: Die Abnahme der Formstabilität bei zunehmender Krängung (links) und die Gewichtsstabilität (rechts)

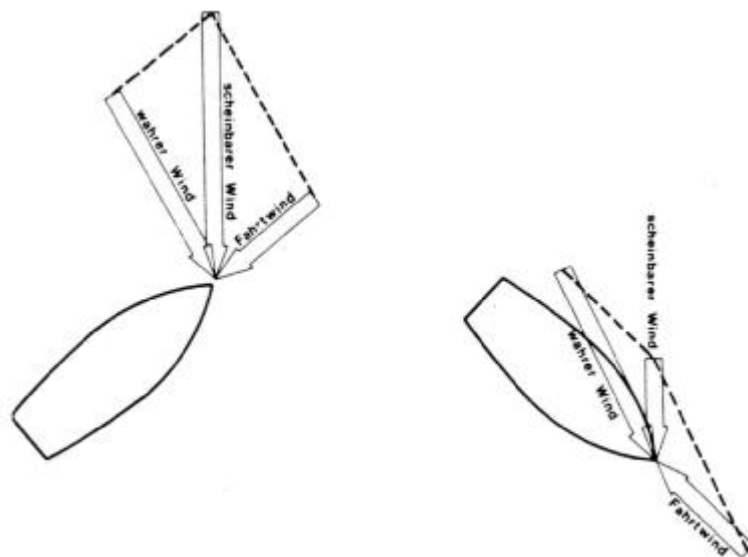


Abbildung 5: Wahrer Wind, scheinbarer Wind, Fahrtwind

Voraussetzung für die andere Art des Antriebs, den Antrieb durch Auftrieb, ist ein aerodynamisches Segel. In Abb. 7 links ist die Ablenkung des Windes und rechts die Zerlegung der Kräfte am Segel in Sog-, Druck- und Windkraft dargestellt.

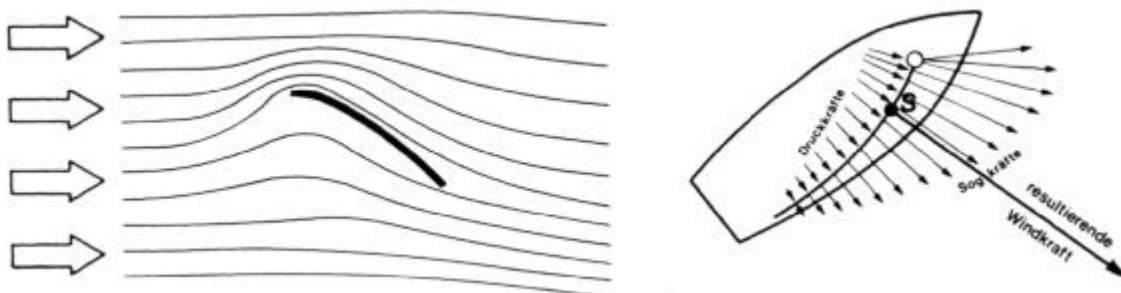


Abbildung 7: Ablenkung des Windes (links) und Sog-, Druck- und Windkraft am Segel (rechts)

In Abb. 8 links ist die Zerlegung der Windkraft dargestellt.

Als Auswirkung der Querkraft an Bord unseres Bootes spüren wir Krängung und Abdrift. Da beide Auswirkungen unerwünscht sind, müssen Gegenkräfte gegen sie eingesetzt werden. Die Gegenkraft gegen die Krängung ist die Stabilität (siehe Abschnitt 2.1); die Gegenkraft gegen die Abdrift wird vom Lateralplan erzeugt (eine Fläche lässt sich nur schwer quer durchs Wasser schieben). Der "Lateralplan" ist die seitliche Ansicht des Unterwasserschiffs (dessen Längsschnitt durch die Mittschiffsebene), also eine Fläche.

Die Kräfte und Gegenkräfte beim Am-Wind-Kurs sind in Abb. 8 (rechts) dargestellt.

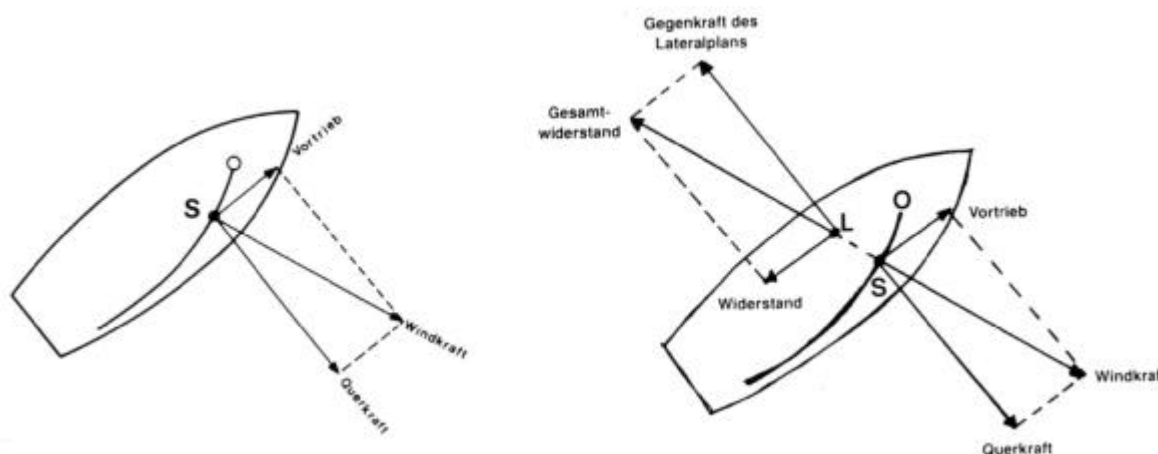


Abbildung 8: Zerlegung der Windkraft (links) und Kräfte und Gegenkräfte beim Am-Wind-Kurs (rechts)

In diesem Sinne:

**Mast- und Schotbruch und immer eine Handbreit Wasser unter dem Kiel!**

Literatur:

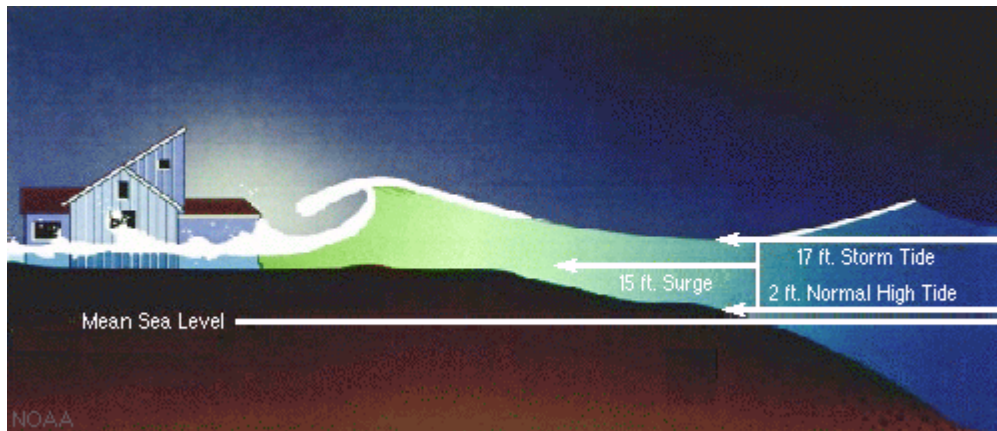
Peter Gtünzl, Segeln: der neue Kurs, Orac-Verlag, 2000

Manfred Curry, Regatta-Segeln: die Aerodynamik der Segel, Delius Klasing, Bielefeld, 1994



# Sturmfluten

Lichtenauer Silke



Unter Sturmflut versteht man die Abweichung vom mittleren Hochwasser durch Windstau mit Überflutungsfolgen. Sie entsteht aus dem Zusammenspiel von Gezeiten, Luftdruck, Windverhältnissen und Küstenform.

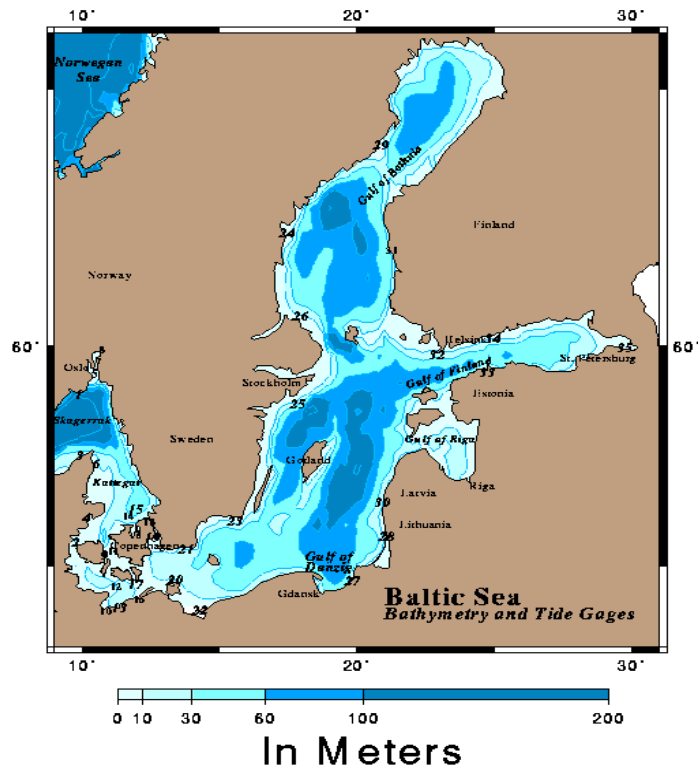
Vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie gibt es eine Klassifikation von Sturmflutstärken:

1,5 bis 2,5 m über dem mittleren Hochwasser der Tide (MTHW)	leichte
2,5 bis 3,5 m über MTHW	schwere
> 3,5 m über MTHW	sehr schwere

## Sturmflut

Heutzutage ermöglicht ein Netz von Pegelmeßstationen die regelmäßige Erhebung hydrologischer Daten an den norddeutschen Küsten. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie gibt viermal täglich Vorhersagen heraus, welche über Radiosender verbreitet werden. Bei Gefahr außergewöhnlicher Erhöhungen oder Erniedrigungen wird eine Sturmflutwarnung angekündigt.

Sturmfluten an der Nordsee entstehen bei Nord- oder Nordwestwind, wenn das Nordseewasser in die Deutsche Bucht gedrückt wird. Treffen Windstau und die Gezeitenflut zusammen auf die Küste, summiert sich ihre Höhe und eine Sturmflut droht.



Im Gegensatz zur Nordsee herrscht in der Ostsee nur sehr geringer Tidenhub. Dieser Tidenhub beruht darauf, daß die durch die Gezeiten verursachten Wellen (Wasserberge und -täler) eine Wellenlänge von einem halben Erdumfang (12h), je nach Breitengrad also einige 1000 Kilometer haben. Die Ostsee erstreckt sich ca. 1000 km in Nord-Süd-Richtung und etwa gleich weit von Ost nach West. Die Tide ist dementsprechend gering, sie beträgt nur wenige Zentimeter, wobei die größten Gezeitenhübe an den Enden des langgestreckten Ostseebeckens auftreten. Bei ruhiger Wetterlage erkennt man z.B. am Küstenpegel Kiel, eine Tide mit kleiner Amplitude (i.M. 18 cm) und 12 stündiger Periode. Der geringe Tidenhub bedingt jedoch nahezu gleichbleibende Hochwasserstände über einen längeren Zeitraum.

Obwohl der Wasserstand aufgrund des nur sehr geringen Tidenhubs an der Ostseeküste nahezu konstant erscheint, kommt es doch zu erheblichen Veränderungen, die von der Art, Intensität und Bewegungsrichtung meteorologischer Abläufe über einer weitestgehend von Küsten umschlossenen Meeresfläche bestimmt werden.

#### **Einflußfaktoren:**

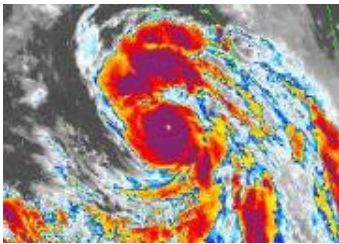
##### **. ) Luftdruck**

Der Luftdruck kann auf zwei verschiedene Arten Einfluß auf den Meeresspiegel nehmen. Zum einen wird sich das Meeresniveau nach der Luftdruckverteilung einstellen, wobei ein geringer Druck erhöhten Wasserstand und ein hoher Druck erniedrigten Wasserstand bewirkt.

Zum anderen kann die Ostsee zu Eigenschwingungen aufgeschaukelt werden, wenn Hoch- und Tiefdruckverteilungen sich im Rythmus der Eigenperioden der Ostsee ablösen.

### **.)Wind**

Der entscheidende Einflußfaktor auf die Wasserstände der Ostsee ist der Wind, der auf die Meeresoberfläche eine Schubspannung ausübt und das Wasser in Windrichtung bewegt. Große Bedeutung für die Stärke einer Sturmflut hat die Streichlänge des Windes (fetch) über der freien Wasseroberfläche der Ostsee.



In der Regel ziehen die Orkane in der vorherrschenden Höhen-Westwinddrift mit ihrem Kern nördlich der Ostseeküste vorbei. An der Vorderseite derartiger Orkane wird das Ostseewasser mit meist starken bis stürmischen Südost- bis Südwestwinden auf die offene Ostsee hinausgetragen und staut sich dort auf. Das auf der West- und damit Rückseite des Orkans

bestehende Sturm- bis Orkanwindfeld aus Nordwest bis Nordost presst mit immensem Druck dieses Wasser an die Küste zurück.

Berühmt ist die Ostsee auch für ihren Badewanneneffekt. Starke Winde führen zu einem Wasserstau in bestimmten Regionen der Ostsee. Lassen diese Winde nach, schwappen die Wassermassen zurück.



Statistisch gesehen treten an der Ostsee pro Jahr ein bis zwei Orkantage ( ab 12 Beaufort), 15 Sturmtage (ab 8 Beaufort) und 102 Starkwindtage (ab 6 Beaufort) auf.

### **Jahreszeitliche Verteilung von Sturmflutereignissen:**

Ca. 58 % der Hochwasserereignisse über 1,50 m über NN treten in den Wintermonaten Dezember und Jänner auf. Darüber hinaus kommt es bei den halbjährlichen bis jährlichen Ereignissen im Mittel zu einem 30 - 51 cm höheren Auflaufen der Winterhochwasser als bei entsprechenden Sommerereignissen.

## **Gefahr bei Ostseesturmfluten:**

Schwere Staufluten an der Ostseeküste haben z.B. im Höhenintervall von 1,00 - 1,50 m bis zu 20-fach längere Verweilzeiten als an der Nordsee. Die größte Gefahr durch Ostseehochwasser liegt somit in den langen Verweilzeiten, dem oft überraschenden Einsetzen und dem nur schwer einschätzbaren Verlauf des Ereignisses.

### **Sturmflut vom 12./13. November 1872**

Dieses Sturmflutereignis mit Scheitelwasserständen von max. 3,50 m üNN gilt als das größte beobachtete und hydrologisch und meteorologisch untersuchte im Ostseeraum. Mit ca. 18 Stunden ist die Verweildauer der Wasserstände über 2,00 m über MW im Vergleich zu anderen Ereignissen relativ gering. Jedoch die Verweildauer des Hochwassers mit 1,00 m über MW war mit ca. 52 Stunden sehr hoch. Es kam an der gesamten Ostseeküste zu erheblichen Zerstörungen. 271 Menschen verloren ihr Leben, 15.160 Personen wurden hilfebedürftig, 2.850 Gebäude zerstört oder stark beschädigt.

### **Sturmflut vom August 1989**

In der Nacht vom 27. auf den 28. August kam es durch einen schweren Sturm aus nordöstlicher Richtung mit bis zu 12 Bft. zu einem Sommerhochwasser. Die Ausserordentlichkeit dieses Ereignisses liegt in dem Zeitpunkt des Auftretens, da Hochwasser dieses Umfangs im Sommer sehr selten sind.

Literatur:

[www.g-o.de](http://www.g-o.de) // [hurricanes.noaa.gov/](http://hurricanes.noaa.gov/) // [freenet.meome.de](http://freenet.meome.de) // [home.t-online.de](http://home.t-online.de)

## *Seminarthema: Klima der Ostsee*

### Klimatyp

Die Ostsee liegt in einem Übergangsbereich zwischen dem maritimen Klima im Westen, bedingt durch die großen Wassermassen der Nordsee und dem Ostatlantik und kontinentalem Klima Eurasiens im Osten, das durch ausgedehnte Landmassen begünstigt wird. Diese Tatsache führt zu dem Ergebnis, dass die Ostsee in 2 verschiedene Klimatypen eingeteilt werden muss. Köppen ordnete dem nördlichen und östlichen Teil der Ostsee den borealen Schneeklimatyp Df zu. Der südliche und westliche Teil wurde zu dem warmgemäßigten Klimatyp Cf zugeordnet. (siehe Abbildung 1)

### Strömungsverhältnisse

Die Wetterprozesse werden vorwiegend durch die Lage, Stärke und Krümmung der Westwinddrift geprägt. Im Winter befindet sich polare Kaltluft über dem Gebiet der Ostsee. Im Sommer dagegen liegt wärmere Luft aus den gemäßigten Breiten über dem Binnenmeer. Dieser Zustand wird durch die vom Westen nach Osten wandernden Tiefdruckgebiete überlagert, was zu einer großen Variabilität im Wettergeschehen führt.

### Luftdruck

Die Gestaltung des Luftdruckfeldes ist im Laufe des Jahres veränderlich, da das Gebiet der Ostsee von vielen Zyklonen durchzogen wird. (Hauptdurchzugsstraßen: siehe Abbildung 2) Trotzdem entwickelt sich im Winter ein markantes Luftdruckgefälle zwischen dem Hoch über den Alpen und dem Islandtief, was aber bis zur Mitte des Frühjahrs abgebaut wird. Im Sommer gibt es somit nur geringe Luftdruckunterschiede. Der tiefere Druck befindet sich dabei immer im nördlichen Teil der Ostsee.

### Wind

Da die Ostsee von vielen Tiefdruckgebieten durchzogen wird, ist die Windrichtung sehr variabel. Trotzdem bilden sich Hauptwindrichtungen aus. Im nördlichen Teil des Binnenmeeres herrschen vorwiegend Südwinde. Im südlichen Teil weht der Wind hauptsächlich aus W bzw. SW. Die Windstärke ist überall einheitlich. Das Maximum wird im Dezember erreicht und beträgt  $7-9 \frac{m}{s}$ , das Minimum im Mai-Juni mit  $4-5 \frac{m}{s}$ .

### Lufttemperatur

Der Jahresgang der Lufttemperatur über der Ostsee ist erheblich. Im Sommer werden Durchschnittswerte um die  $13 - 15^{\circ}C$  erreicht. Im Winter, wo der See zum Teil gefroren ist, werden nur  $-4 - 2^{\circ}C$  gemessen. (siehe Abbildung 3 & 4)

### Wassertemperatur

Genau wie die Lufttemperatur hat auch die Wassertemperatur einen großen Jahresgang. Im Sommer werden in der westlichen Ostsee  $13 - 20^{\circ}C$  erreicht. Im Bottnischen Meerbusen immerhin noch  $9 - 19^{\circ}C$ . Im November fängt dann die Ostsee vom Norden her an zu gefrieren. Im Laufe des Winters erstreckt sich das Eisschild bis nach Stockholm/Helsinki. Bis Ende Mai bleibt das Eis in den nördlichsten Häfen Finnlands und Schwedens bestehen.

### Niederschlag

Die jährliche mittlere Niederschlagsmenge für die Ostsee liegt zwischen 400 und 900mm, wobei die größte Menge im SW fällt. Am wenigsten Regen fällt über den zentralen Teilen der Ostsee. Der Jahresgang ist für alle Stationen, ob Land oder See, ähnlich. Das Maximum wird im August mit  $80 - 100mm$  erreicht. Die geringsten Jahressummen weisen Februar und März auf ( $20 - 40mm$ ).

### Bewölkung

Die meisten heiteren Tage (Bewölkung  $< 2/8$ ) gibt es im Mai mit 5 bis 9 Tagen, die wenigsten im Dezember (1 bis 2 Tage). Im Dezember liegt mit 20 Tagen das Maximum an trüben Tagen (Bewölkung  $> 6/8$ ), das Minimum liegt im Juni mit 7 bis 10 Tagen. Entlang der Küsten der Ostsee und im Bottnischen Meerbusen ist die Bewölkung im Mittel geringer als in der zentralen Ostsee.



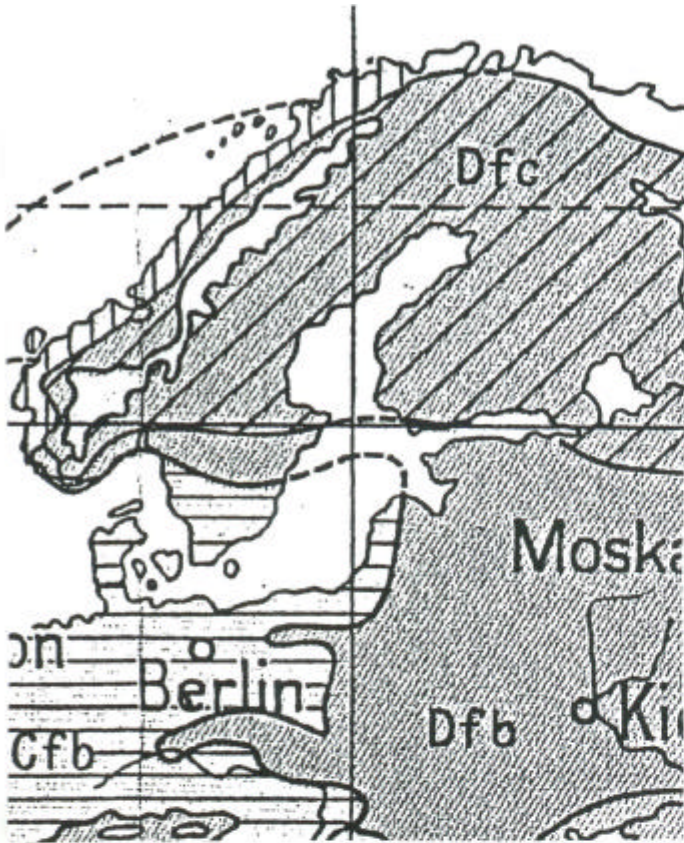


Abbildung 1  
Einteilung der Ostsee nach Köppen



Abbildung 2  
Hauptdurchzugsstraßen der Zyklone über der Ostsee

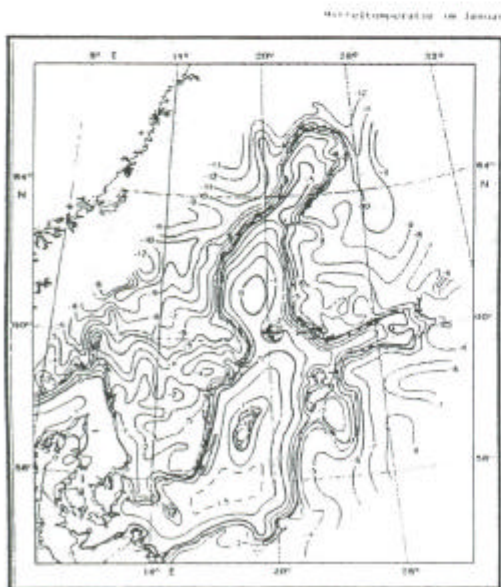


Abbildung 3  
Mittlere Lufttemperatur im Januar



Abbildung 4  
Mittlere Lufttemperatur im Juli



## DER WASSERHAUSHALT DER OSTSEE

### Pistotnik Georg

Einige Daten: Die Fläche der Ostsee beträgt  $412\,560\text{ km}^2$ , das Volumen  $21\,631\text{ km}^3$ . Mittlere Tiefe 52m, größte Tiefe 460m.

Die Wasserbilanz der Ostsee gehorcht folgender Erhaltungsgleichung:

$$R + P + E + I + O = 0$$

mit

- R ... Zufluss
- P ... Niederschlag
- E ... Verdunstung
- I ... Einstrom aus der Nordsee
- O ... Ausstrom in die Nordsee

Dabei seien alle Flussgrößen positiv, wenn sie der Ostsee Wasser zuführen, und negativ im umgekehrten Fall.

Die Ostsee gehört zu den humiden Randmeeren, d.h. Niederschlag und Zuflüsse führen mehr Wasser zu, als durch Verdunstung wieder verloren geht. Daraus folgt:

1. Netto strömt Wasser durch die Meerengen in die Nordsee aus.
2. Der Salzgehalt der Ostsee ist geringer als derjenige von Weltmeeren. Konkret beträgt der durchschnittliche Salzgehalt der Nordsee rund 3.4% (entsprechend dem weltweiten Mittel), jener des Mischungswassers des Kattegat 2 – 2.6% und jener der Ostsee 0.6 – 1.2%.

Alle Größen der Wasserbilanzgleichung sind prinzipiell messbar, wenn auch nur ungenau.

- Niederschlag P:  
Auf offener See werden natürlich keine Routinemessungen des Niederschlags durchgeführt; die Werte müssen aus Radardaten und Interpolation der Messungen von küstennahen Stationen gewonnen werden. Der Jahresniederschlag beträgt über die Ostsee gemittelt 545 mm und schwankt zwischen rund 400 mm über dem Bottenwiek (dem nördlichen Teil des Bottnischen Meerbusens) und bis zu 800 mm in der Flensburger Förde. Umgerechnet auf ein Volumen ergibt sich für den Jahresniederschlag  $225\text{ km}^3$ .
- Verdunstung V:  
Die Verdunstung ist proportional zur turbulenten Durchmischung und zum vertikalen Dampfdruckgradienten. Sie wird näherungsweise mit empirischen Methoden bestimmt, wobei die turbulente Durchmischung durch den – routinemäßig gemessenen – Zwei-Meter-Wind parametrisiert wird. Die Verdunstung beträgt pro Jahr 448 mm bzw.  $185\text{ km}^3$  und unterliegt einem starken Jahresgang mit einem nahezu Nullwert bei Eisbedeckung und einem Maximum im Spätsommer/Herbst.
- Zufluss R:  
... beträgt im Mittel  $480\text{ km}^3$  pro Jahr, das entspricht 2.2 % des Wasserinhaltes der Ostsee. Der größte Zufluss ist die Newa, die in den Finnischen Meerbusen mündet und 18% des Gesamtzuflusses beisteuert. Im südlichen Teil tragen Oder und Weichsel zusammen etwa 10% zu R bei.  
Der Zufluss weist einen deutlichen Jahresgang auf mit einem Maximum im Mai (Schneesmelze) und einem Minimum im Februar.
- Einstrom I und Ausstrom O:

Trotz der relativ engen Meeresstraßen, die die Ostsee mit der Nordsee verbinden, gibt es kaum Messungen des gesamten Ein- und Ausstromes, sondern nur der oberflächennahen Strömungen. In oberflächennahen Wasserschichten strömt, gemäß dem oben erwähnten Wasserüberschuss durch den Zufluss R, salzarmes Ostseewasser durch die Meerengen in die Nordsee. In tieferen Schichten strömt gleichzeitig schwereres, weil salzreiches Nordseewasser in die Ostsee hinein. Dieses Einströmen entzieht sich üblicherweise den Messungen, man braucht daher einen indirekten Ansatz, nämlich die Annahme der Stationarität: Gesamtwassermenge und durchschnittlicher Salzgehalt der Ostsee sollen sich zeitlich nicht ändern. D.h.

$$S_I * I + S_O * O = 0$$

wobei

S ... Salzgehalt des ein- bzw. ausströmenden (Index) Wassers.

Mit der Bilanzgleichung

$$R + P + E + I + O = 0$$

hat man zwei Gleichungen für die zwei Variablen I und O und somit ein leicht lösbares Gleichungssystem.

Daraus ergeben sich Werte von 470 km<sup>3</sup> pro Jahr für I und 950 km<sup>3</sup> pro Jahr für O.

Wäre die Ostsee gegen die Nordsee abriegelt – dazu würde eine Hebung um 20m reichen –, würde der Wasserspiegel jährlich um 116 cm ansteigen. Ein Vergleich mit einem ariden Nebenmeer: Der Spiegel des Mittelmeeres würde bei Abriegelung jährlich um 97 cm sinken.

Die Ostsee besteht aus rund einem Dutzend Becken, die durch seichtere Schwellen voneinander getrennt werden. Dadurch wird der horizontale Wasseraustausch der Ostsee stark behindert. Der vertikale Austausch ist durch die Dichtesprungschicht ohnehin eingeschränkt. Darüber hinaus entsteht im Sommer in 20 – 30m Tiefe eine weitere, thermisch verursachte Sperrschicht, die das warme Oberflächenwasser vom kalten Zwischenwasser trennt und erst mit der herbstlichen Abkühlung wieder aufgelöst wird. Der Tidenhub liegt infolge der Abgeschlossenheit der Ostsee nur im Zentimeterbereich und liefert somit auch kaum einen Beitrag zum Vertikaltransport. Der vertikale Austausch durch die Jahreswelle (Jahresgang von Verdunstung, Niederschlag und Zufluss) ist sowieso vernachlässigbar. Der wichtigste Beitrag zum Austausch von Tiefenwasser ist von der Wetterlage abhängig und somit aperiodisch. Je nach Windrichtung wird die Grenzfläche zwischen salzreichem Nordseewasser und salzarmem Ostseewasser hin- und hergeschoben. Die Strömungsgeschwindigkeiten liegen im Bereich von Zentimetern pro Sekunde, doch integriert über den Querschnitt der Meerengen kommt man auf typische Wassertransporte in der Größenordnung von 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>/s und Salztransporte in der Ordnung von 10<sup>3</sup> t/s. Das einströmende Nordseewasser ist ungeschichtet, deshalb gut durchmischt und weitgehend sauerstoffgesättigt und beeinflusst die chemischen und biologischen Charakteristika der Ostsee wesentlich, wenn es Schwelle um Schwelle weiter in die Ostsee eindringt. Zunahme von Plankton => Zunahme des Artenreichtums der Tiefenfauna => wieder Aufzehrung des Sauerstoffvorrats

# Geschichte der Seefahrt im Ostseeraum

Martin Steinheimer

Die Geschichte der Seefahrt in der Ostsee geht bis in die Steinzeit zurück. Felsritzungen an vielen Plätzen Skandinaviens belegen, daß dort bereits 2000 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung Boote benutzt wurden.

Aus diesen Schiffsbildern kann man auch auf die Konstruktion und die verwendeten Materialien rückschließen. Es wird vermutet, daß, bevor sich Holz zum Bau von Schiffen durchsetzte, auch seetüchtige Schiffe aus Fellen gebaut wurden. Diese Fellboote hatten Spanten und einen Kiel aus Tierknochen oder Holz.

Angetrieben wurden die Boote durch Rudern und Paddeln. Im Mittelmeer wurden schon lange vor unserer Zeitrechnung Segel verwendet, die ersten Segel gelangten aber erst im 5. und 6. Jh. n. Chr. in die Ostsee. Dadurch konnten die Fahrten im Ostseeraum weiter ausgedehnt werden.

## Die Erde als Kugel

Schon in der hellenistischen wissenschaftlichen Welt wurde erkannt, daß die Erde Kugelgestalt hat. Ptolemaios (um 150 n. Chr.) teilte die Welt dann in ein waage- und senkrechtes Gradnetz ein. Der Nullmeridian verlief über die Kanarischen Inseln, die zu dieser Zeit als äußerstes Ende der Welt angesehen wurden. Im Mittelalter wurde dieses Weltbild durch die Kirche zurückgedrängt, die die Erde nicht als Kugel ansah.

In der Renaissance wurden die geografischen Schriften des Ptolemaios wiederentdeckt und das erste in Europa gedruckte Kartenwerk beruht auf dem ptolemaioschen Koordinatensystem.

## Windrose und Kompaß



Die Seefahrer im Mittelmeer legten anfänglich ihre Fahrrichtungen nicht nach den Himmelsrichtungen fest. Für sie war es wichtig zu wissen aus welchen Richtungen die Winde zu den verschiedenen Jahreszeiten gewöhnlich wehen. Die Windrose wurde in 8 Teile geteilt und die verschiedenen Windrichtungen erhielten Namen. Später wurde die Einteilung verfeinert (16 bzw. 32 Teilung).

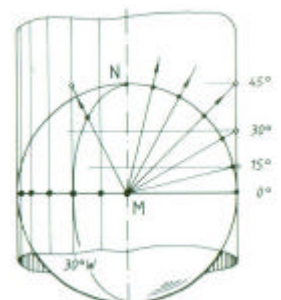
Im 13. Jh. wurde begonnen, beim Navigieren auf offener See einen Kompaß zu verwenden, dabei wurde die Einteilung der Windrose übernommen. Darauf beruht der bis ins 20. Jh. zur Navigation verwendete Kurswinkel. Dabei entspricht ein Strich  $360/32=11^{\circ}15'$ .

Durch die Verwendung des Kompaß konnten auch die Richtungsangaben in den Segelanweisungen, den so genannten Portulanen, exakter angegeben werden. Der Zweck der Portulanen war, das Ufer und die Häfen für die an der Küste entlang segelnden Schiffe möglichst genau zu beschreiben. Als Grundlage für die Portulanen wurde ein Netzwerk von Loxodromen (Kursgleiche) auf die Karten gezeichnet. Zum Zeichnen der Loxodromen wurde ein Kreis um den Mittelpunkt der Karte gezeichnet und in 16 Teile geteilt, wobei die Hauptstriche Nord, Süd, Ost und West waren. Nord entsprach der Richtung der Kompaßnadel, also magnetisch Nord. Dadurch entsteht das für alte Seekarten typische Netzwerk.

Die Linien wurden jedoch nicht in richtiger Proportion zum Koordinatensystem und zur Oberflächenform der Erdkugel gezeichnet, was auf kürzeren Strecken ausreichend genau war, aber für längere Entfernungen zu Problemen führte. Die Mercatorprojektion löste dieses Problem, wurde aber erst im 17. Jh. für Seekarten eingeführt.

## Projektion der Seekarten

Schon die Kartenzeichner der Antike erkannten das Problem die gewölbte Erdoberfläche auf einer ebenen Zeichnung abzubilden. In der Renaissance wurde der Globus eingeführt, um die Proportionen von Wasser zu Landfläche richtig darzustellen. Ein Navigator braucht jedoch eine Karte, auf der er auch eine lange Route mit gleichem Kurswinkel als Gerade einzeichnen kann.



Gerhard Mercator gab 1569 eine Weltkarte heraus, die in einer revolutionierenden Zylinderprojektion gezeichnet war. Durch diese Projektion vergrößern sich die Proportionen auf der Karte nach Norden hin, sie kann jedoch die gerade Richtung beibehalten.

Es dauerte lange, bis Seekartographen und Seefahrer Mercators Projektion anzuwenden begannen. Für die Kartierung begrenzter Gebiete und kurze Strecken bestand auch kaum Bedarf. Die erste gedruckte Karte der Ostsee in Mercator Projektion wurde 1646 als Teil des Seeatlas von Sir Robert Dudley herausgegeben.

## **Lotsen**

Die ältesten Belege für das Lotsen finden sich in den Archiven verschiedener Städte. Zum Beispiel setzte Visby (Gotland) schon im 14. Jh. Lotsen im Handelsverkehr ein. Für die offene See und die Schären gab es meist verschiedene Lotsen, sogenannte Außer- und Binnenschärensteuerleute.

Das Fahrwasser wurde durch weißbemahlte Steinhäufen und Holzstöße für Feuerzeichen gekennzeichnet. Zur Lotsentätigkeit gehörte neben dem Lotsen von Schiffen auch die Pflicht, diese Seezeichen zu pflegen und zu unterhalten. Später wurde dem Lotsenamnt auch die Pflege aller Leuchtfeuer übertragen.

Vor allem in älterer Zeit, als es noch keine tauglichen Seekarten gab, war es fast unmöglich ohne Lotsen auf offenem Meer zu navigieren.

## **Leuchttürme und Seezeichen**

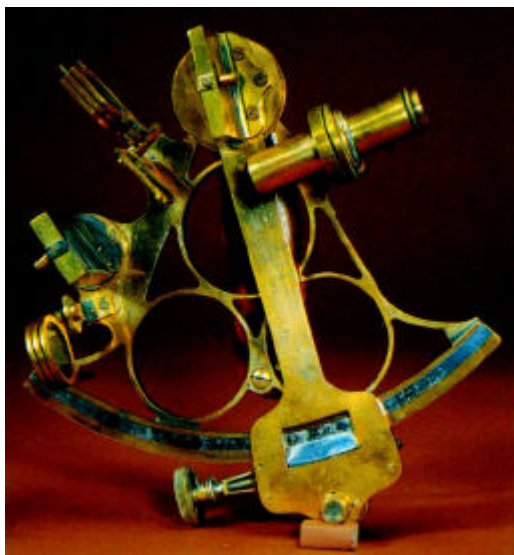
Schon seit dem Mittelalter hat es im Ostseeraum Signalfener und Leuchtfeuer zur Wegweisung für die Schifffahrt gegeben. Der Hansehandel und die Heringsfischerei in den südlichen Teilen der Ostsee haben den Bau vieler Leuchtzeichen veranlaßt, um die Sicherheit der Seefahrer zu gewährleisten. Bei Tageslicht waren die Kirchtürme der Städte beim Navigieren hilfreich, aber im Dunkeln hatte man von ihnen natürlich keinen Nutzen.

Das Licht in den Leuchttürmen war anfangs meist ein Kohlefeuer. Später verwendete man Hanföl oder Robbentran als Brennstoff. Der Lichtschein wurde durch Metallspiegel verstärkt. Der Leuchtturm von Örskär in Schweden wurde berühmt als erster Leuchtturm mit Spiegelreflektoren. Der Leuchtturm von Utö hatte stattdessen einen Parabolreflektor, der mit Körperkraft gedreht wurde und so ein besonderes Signal gab.

Neben Leuchttürmen wurden auch andere Merkzeichen eingeführt, um die Navigation zu erleichtern und die Sicherheit zu erhöhen. Solche Merkzeichen waren Steinhäufen, Baken (hohe, Leuchtfeuern ähnliche Türme) oder hohe Stangen (Pricken) mit einer Tonne an der Spitze.



## **Winkelmessung und Latitüde**



Schon die Seefahrer früherer Zeiten - zum Beispiel die Wikinger - hatten die Bedeutung erkannt, die Lage auf offenem Meer, die geographische Breite, durch Messung zu bestimmen. Dabei wurde die Lage des Schiffes in Süd-Nord-Richtung durch Beobachtung der Himmelskörper geschätzt. Der Höhenwinkel zum Polarstern im Verhältnis zum Horizont gab die Breite an.

Im 15. Jh. lernten die Portugiesen bei ihren Segelfahrten um Afrika herum, die Höhe oder Breitenlage genauer zu messen. Als Instrumente wurden Quadrant und Seeastrolabium benutzt. Die Navigatoren verwendeten diese allgemein noch bis ins 18. Jh. Weiters war noch der Jakobsstab als eine Art „Jedermannsinstrument“ in Verwendung. Er war leicht zu konstruieren und konnte aus Holz gefertigt werden.

Eine wirkliche Revolution in der Winkelmessung trat ein, als man begann, Spiegel in den Instrumente zu benutzen. Der Oktant, der in den ersten Jahrzehnten des 18. Jh. entwickelt und bis zum Anfang des 20. Jh. verwendet wurde, war das Standardinstrument für den Steuermann und Kartographen. Die Weiterentwicklung des Oktanten, der Sextant, wurde aus Messing gefertigt und wurde durch Optik und Nonius-Technik ergänzt. Damit sind Messungen mit Genauigkeit von Bruchteilen einer Gradminute möglich.

## **Longitüde und Zeitmessung**

Die Messung der Längenposition oder Longitüde ist technisch viel komplizierter zu messen als die Latitüde. Anfang des 18. Jh. konnte die Latitüde schon auf bis zu 10 Gradminuten genau bestimmt werden, die Fehlertoleranz bei der Bestimmung der Longitüde betrug noch mehrere Grad.

Dieses Problem zeigte sich auch bei der Erstellung der Karten, wodurch die schwedische Westküste viel zu weit ostwärts eingezeichnet war.

Um die Mitte des 18. Jh. versuchte man mit der sogenannten Mondabstandsmethode die Länge zu messen, sie konnte allerdings nur von sehr erfahrenen Steuerleuten angewendet werden, die über sehr genaue Winkelmeßgeräte verfügten.

Erst 1761, als der Engländer John Harrison eine hinlänglich genaue Uhr konstruiert hatte, einen Chronometer, erfuhr das Längenmeßproblem seine Lösung. Durch Vergleich der mittleren Zeit des Chronometers (Greenwich) mit der lokalen Zeit, bestimmt nach dem Sonnenstand zur Mittagszeit, konnte man den Längenunterschied zum Nullmeridian berechnen.

## **Schiffsbau**



Im Ostseeraum hat es immer ausreichend Material zum Schiffbau gegeben. In den südlichen Regionen Eichen für den Rumpf, in nördlichen Gegenden die etwas kurzlebigeren Kiefern und gerade hochgewachsene Fichten für Masten.

Die Holzbearbeitung war von den nordischen Völkern immer eine hochgeschätzte Kunst, so wurden nicht nur seetaugliche, sondern auch formvollendete Schiffe gebaut. Bei der Planung und Takelung ging man oftmals von den Erfahrungen aus, die man sich im Ausland angeeignet hatte.

Einer der bedeutendsten Schiffbauer Schwedens war Frederic Henric Chapman (1721-1808), der viele Jahre in Frankreich und England studiert hatte. Er war ein hervorragender Konstrukteur und verstand sich auch auf den praktischen Bedarf eines Seglers und Schiffbauers. Er war zu der Erkenntnis gekommen, daß im Gegensatz zur bisherigen Meinung Schiffsrümpfe aus Kiefern nicht wesentlich kurzlebiger seien als jene aus Eiche. Ein Schiff aus Kiefern war bedeutend billiger, da zu dieser Zeit die europäischen Eichenwälder durch den Holzbedarf der holländischen und englischen Flotte bereits in großem Umfang kahlgeschlagen waren.

### **Literatur:**

**Ehrensvärd, Ulla:** *Mare Balticum: 2000 Jahre Geschichte der Ostsee.* Verlags AG. Ottawa, Helsinki 1996

**Pemsel, Helmut:** *Band I: Geschichte der zivilen Schifffahrt.* Verlag Österreich GmbH, Wien 2000



# Die Land- und Seewind – Zirkulation

Tanja Weusthoff

Die Land- Seewindzirkulation ist ein lokales Windsystem, das sich bei ungestörter Strahlungswetterlage an den Meeresküsten, in abgeschwächter Form auch am Ufer größerer Binnenseen ausbildet.

Sie ist durch einen vom Meer aus wehenden Wind bei Tag (**Seewind**) und durch einen vom Land wehenden Wind in der Nacht (**Landwind**) gekennzeichnet. Diese Winde entstehen aufgrund unterschiedlicher Wärmeeigenschaften von Festland und Wasser, es handelt sich also um eine thermische Zirkulation.

## Tag

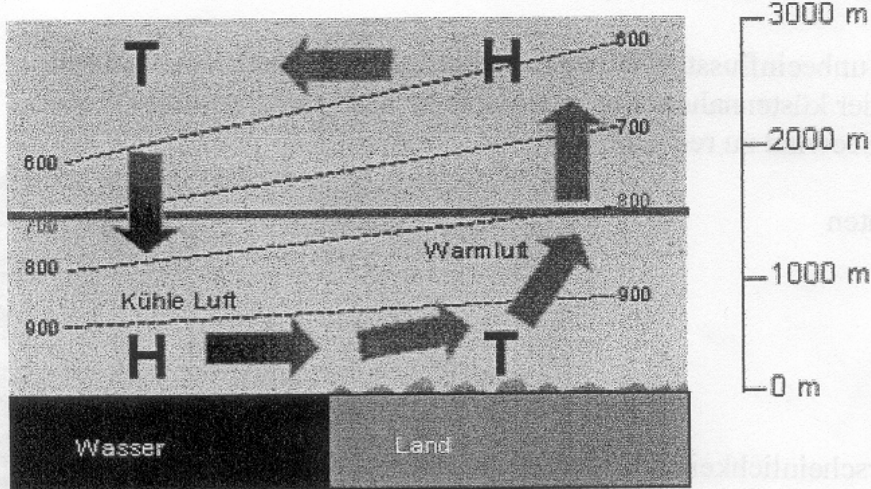


Abbildung 1

## Nacht

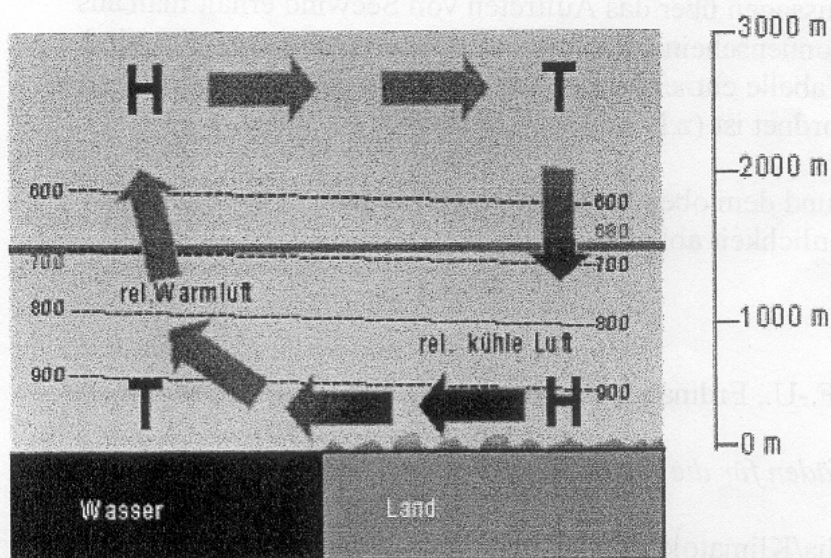


Abbildung 2



# Wettererscheinungen

Von der Ausgangssituation am Morgen bis zum Einsetzen des Seewindes vergehen 3-5 Stunden, das Maximum wird etwa 2 Stunden nach Sonnenhöchststand erreicht. Danach erlischt der Seewind wieder und geht allmählich in die schwächere Landbrise über, die zwischen 1 und 3 Uhr Ortszeit maximale Windstärken von 0,5 – 5 m/s erreicht. Der Seewind erreicht Windgeschwindigkeiten von 3 – 8 m/s, im Mittelmeer bis 13 m/s.

In Nord- und Ostsee tritt reiner Seewind seltener auf als z.B im Mittelmeer, da es dazu einer windschwachen Hochdrucklage bedarf. Meist ist er einer großräumigen Luftbewegung überlagert, die dadurch verstärkt oder abgeschwächt wird.

## Abschätzung der Seewindwahrscheinlichkeit

Mit Hilfe der vom Seewind noch unbeeinflussten Windgeschwindigkeit  $V$  [m/s], der maximal zu erwartenden Temperatur und der küstennahen Wassertemperatur kann man bestimmen, mit welcher Wahrscheinlichkeit mit Seewind zu rechnen ist.

Dazu berechnet man den Quotienten

$$Q = \frac{V^2}{T_{Land} - T_{Wasser}} = \frac{V^2}{\Delta T}$$

Je größer dieser Quotient ist, desto größer ist die Seewindwahrscheinlichkeit:

- $Q > 5$  : Kein Seewind
- $Q < 1$  : Seewindwahrscheinlichkeit bei mittlerer bis guter Sonneneinstrahlung  $> 60\%$
- $Q < 0,5$  : Seewindwahrscheinlichkeit  $> 80\%$

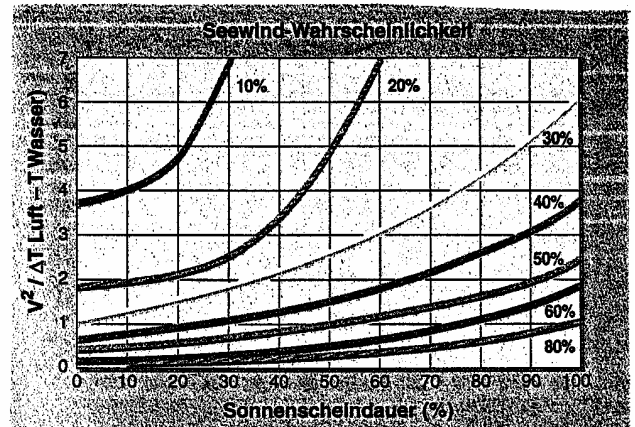


Abbildung 3

Detailliertere Wahrscheinlichkeitsaussagen über das Auftreten von Seewind erhält man aus Abbildung 3, wenn Aussagen zur Sonnenscheindauer im betreffenden Gebiet möglich sind. Ersatzweise kann man diese einer Tabelle entnehmen, in der dem jeweiligen Bedeckungsgrad eine Sonnenscheindauer in % zugeordnet ist (z.B. heiterer Himmel  $\rightarrow$  65-90% ; wolzig  $\rightarrow$  25-40%).

Anhand dieser Sonnenscheindauer und dem oben berechneten Quotienten  $Q$  kann man in Abbildung 3 die Seewindwahrscheinlichkeit ablesen.

## Literaturverzeichnis

Bock, K.-H., Brauner, R., Deutlet, F.-U., Erdmann, H., Günther, J., Kresling, A., Seifert, W., 1999: *Seewetter*

Deutscher Wetterdienst 1987: *Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst, Band 1: „Allgemeine Meteorologie“*

[http://141.84.50.121/iggf/Multimedia/Klimatologie/kleinezirkulation\\_landseewind.htm](http://141.84.50.121/iggf/Multimedia/Klimatologie/kleinezirkulation_landseewind.htm)

# METEOROLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AUF DER SEE

Lucia Wielke, Ostsee-Exkursion Juni 2002

## 1. GESCHICHTLICHES

Mit der Welle der Gründungen von meteorologischen Instituten Mitte des 19. Jahrhunderts (1851 Österreich) begannen auch die Wetterbeobachtungen auf See. 1855 wurden 137 Schiffe mit Meßgeräten ausgestattet, wenige Jahre danach erstmals über Telegraphie Sturmwarnungen an die Häfen gegeben. 1874 entstand das 'Meteorological Log' und somit die einheitliche Datensammlung.

Anfang des 20. Jahrhunderts sendeten englische Schiffe erstmals Wettermeldungen über Funk. Heutzutage sind weltweit ca. sieben- bis achttausend Schiffe aus vielen seefahrenden Nationen in der maritim-meteorologischen Wetterbeobachtung tätig. Sie tun diesen Dienst überwiegend freiwillig und sorgen so für die notwendige Datenbasis von den Weltmeeren in der Meteorologie.

## 2. WAS UMFASST DIE BEOBACHTUNG AUF SEE?

Neben den grundlegenden meteorologischen Größen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchte und Wind werden üblicherweise noch Wassertemperatur, Wolken-, Eis-, Strömungs- und Wellenbeobachtungen niedergeschrieben. Aber auch Meteore - seien es Hydro-, Litho-, Photo-, oder Elektrometeore - also Phänomene wie Wasserhosen, Staubregen, Halos, die Beleuchtung des Himmels nach Sonnenuntergang, magnetische Abweichungen, besondere Funkstörungen und astronomische Phänomene sollen vom Wetterbeobachter auf See notiert werden.

Kooperierende Schiffe werden gebeten nicht nur um 0000, 0600, 1200 und 1800 GCT (Greenwich Civil Time), sondern sooft wie möglich synoptische Wetterbeobachtungen aufzuzeichnen, die Beobachtungsvorschriften genau einzuhalten und ggfs. auf Besonderheiten aufmerksam zu machen. Die Dateneintragungen umfassen auch Nationalität und Name des Schiffs, Name des Kapitäns, Name des Abfahrts- und Ankunfts Hafens, Reisezeit, Listennummer und letzte Eichung des Barometers, Wassertemperatur und Weise der Messung,...

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE WEATHER BUREAU  
LOG OF SHIP'S WEATHER OBSERVATIONS

Ship Name: *St. Pauline*      Captain: *St. Pauline*      Date Observed: *June 6*

Date	Time	POSITION OF SHIP				WIND				PRESSURE				TEMPERATURE				HUMIDITY				CLOUDS				SEA				WAVES			
		Lat.	Long.	Course	Speed	Dir.	Force	Bar.	Red.	Sea.	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air	Surf.	W. Air		
1	0	47.3	06.5	00	0	2.5	1.5	97	21	6	27.65	27.72	10.041	95	9	5	4	0	5	5	105	95.2	97.3	94.9	0.3	0.1	1.0	6	4				
1	4	0	47.5	07.0	0	2.5	1.5	97	07	2	27.77	27.81	10.035	95	4	5	2	0	5	6	10	95.2	97.1	97.0	0.7	0.2	1.0	6	4				
1	4	0	47.7	07.2	0	3.0	2.0	97	10	5	27.56	28.00	10.189	97	6	5	9	2	5	6	10	97.5	97.8	96.9	0.6	0.3	1.0	6	4				
1	4	0	48.1	07.0	0	3.0	2.0	97	07	5	30.01	30.05	10.176	97	4	4	2	0	5	6	10	97.4	97.0	97.2	0.00	0.1	1.0	6	4				
2	5	0	47.8	07.0	0	3.0	2.0	97	07	5	30.04	30.08	10.176	97	5	5	2	0	5	6	10	97.4	97.1	97.0	0.1	0.0	1.0	6	4				
2	5	0	47.2	07.0	0	3.0	2.0	97	07	5	30.02	30.05	10.176	97	3	6	2	0	5	6	10	97.4	97.4	97.2	0.05	0.0	1.0	6	4				
2	5	0	47.6	07.2	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	3	5	4	0	5	6	10	97.2	97.0	97.0	0.5	0.0	1.0	6	4				
2	5	0	48.1	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.2	97.0	97.0	0.5	0.0	1.0	6	4				
3	6	0	47.7	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
3	6	0	47.1	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
3	6	0	47.6	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
3	6	0	47.2	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
4	7	0	47.2	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
4	7	0	47.3	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
4	7	0	47.3	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
4	7	0	47.3	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				
4	7	0	47.2	07.0	0	3.0	2.0	97	08	1	30.05	30.07	10.176	97	4	5	3	0	5	6	10	97.4	97.4	97.0	0.4	0.0	1.0	6	4				

FOOTNOTES:—Log is Ship's Weather Observations. 1-1-1910-1911.

### 3. PROBLEME BEI DER INSTRUMENTELLEN BEOBACHTUNG

Instrumente, die zur Wetterbeobachtung "unbedingt" an Bord sein sollten, sind

- Thermometer
- Barometer (oder besser Barograph)
- Haarthygrometer
- Schalenkreuzanemometer
- Niederschlagsmesser

Problematische Größen sind v.a. Windmessungen, nicht nur wegen des Störkörpers der Schiffs in Abhängigkeit seines Belastungszustandes und der Höhe des Windmessers, sondern auch wegen mangelhafter Berechnungen des wahren Windes (Oberflächenwind des Meeres, Beobachtung durch die Wellen und Schaumkronen) aus dem meist beobachteten Relativwind (scheinbaren Wind - Ergebnis aus der Bewegung des Schiffs und der der Luft).

Auch die Wassertemperatur ist stark abhängig von der Methode ihrer Messung. Sie kann einerseits mit der Eimermethode (Wasser wird mit Segeltucheimer geschöpft und an Bord gemessen) bestimmt oder am Ansaugstutzen des Maschinenraums gemessen werden. Für die Feucht- und Trockentemperaturmessung wird eine tragbare Englische Hütte verwendet ("Stevenson Screen"). Bei der Wahl des Aufstellungsortes sollte eine unbewohnte, gut belüftete Stelle bevorzugt werden. Die Feuchttemperatur kann, so wie an Land, auch mit einem Aspirationspsychrometer (z.B. Assmann) gemessen werden.

Im Allgemeinen ist es immer wichtig zu wissen, wo Instrumente an Bord angebracht sind, um schiffsbedingte Einflüsse (z.B. Schornsteinnähe oder Decksaufheizung, Einfluß von Dunstabzugskanälen, Lüftern,...) zu identifizieren. So soll das Barometer etwa im Karten- oder Steuerhaus an der Schutzwand frei von Vibrationen und schnellen Temperaturänderungen, weg von künstlichen Hitzequellen wie Dampfrohre und elektrischen Lichtern aufgehängt werden.

Weitere Probleme, wie z.B. die Gefahr der Korrosion von Metallteilen in den Meßinstrumenten sollten nicht unterschätzt werden. Schutz, regelmäßige Reinigung und Kontrolle beugt vor und kann großen Schaden verhindern.

### 4. NICHT-INSTRUMENTELLE BEOBACHTUNGEN

Dazu gehört die Bestimmung der Windstärke nach der 12teiligen Beaufort-Skala, die nach Beobachtung der Wasseroberfläche angegeben wird. Gewitter werden eingetragen, wenn am Schiff Donner gehört wird. Je nach Stärke wird zwischen leichtem, mäßigem und schwerem Gewitter unterschieden.

Weiters werden Wolkenbeobachtungen mit Bestimmung des Bedeckungsgrads des Himmels, der Wolkenart und ihre Untergrenze durchgeführt. Bei der Wellenbeschreibungen und Strömungsbeobachtungen wird nur die Beobachtung von größeren, wohlgeformten Wellen notiert (Richtung, Periode und Höhe der Welle auf der Meeresoberfläche), um einheitliche Wellenangaben von den Schiffen zu erhalten.

Auf Routen in höheren Breiten sind Eisbeobachtungen aus Sicherheitsgründen sehr wichtig. Dazu gehört die Beschreibung der Art des Eises (Eisschimmer, Neucis, Drifteis, Packeis, Eistügel, Eisberge,...), Effekte auf die Navigation, Eisgrenze, Distanz zur Eisgrenze und die Orientierung der Eisgrenze innerhalb von 30 Meilen zum Schiff.

### Literatur

- [1] Manual of marine meteorological observations, 1954, United States Department of Commerce/Weather Bureau, Washington
- [2] Projekt für freiwillig wetterbeobachtende Schiffe (VOS) - Project Document WMO/TD-No. 1010, 2000, Internet: [www.dwd.de/research/klis/ksb/ksb00/vosclim.pdf](http://www.dwd.de/research/klis/ksb/ksb00/vosclim.pdf)

VACAT

# IMPRESSIONEN

























