

INSTITUT FÜR METEOROLOGIE UND KLIMATOLOGIE HANNOVER

Exkursionsbericht Maritime Exkursion

21. bis 25. Mai 2018



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	1
2	Teilnehmer	2
3	Schiffsroute	3
4	Wetterbeobachtung	5
4.1	Wetterlage	5
4.2	Messung	9
5	Verpflegung	12
6	Vorträge	13
6.1	Entstehung und geographische Lage der Ostsee	13
6.2	Schiffsroutenberatung	15
6.3	Meereis	18
6.4	Klimawandel und Meeresspiegelanstieg	20
6.5	Die Beaufortskala	23
6.6	Vereisung der Ostsee	25
6.7	Framdrift	28
6.8	Seegang und Seegangsvorhersage	31
6.9	Gezeiten der Meere	34
6.10	Wasserhaushalt der Ostsee	36
6.11	Laderaummeteorologie	38
6.12	Meteorologische Beobachtungen auf See	41
6.13	Sturmfluten	43
6.14	Vermessung von Meeresströmungen	46
6.15	Segelschiffe	48
6.16	Klima der Ostsee	51
6.17	Meeresströmungen in der Ostsee	53
6.18	Land-Seewind-Zirkulation	55
7	Bilder	56

1 Vorwort

Am 21. Mai 2018 starteten in Kiel 20 Teilnehmer des Institutes der Klimatologie und Meteorologie in eine maritim-meteorologische Exkursion auf der Ostsee. Diese 20 Teilnehmer wurden von Prof. Wilhelm Kuttler von der Universität Duisburg-Essen begleitet. Am 25. Mai, nach sowohl äußerst lehrreichen als auch spaßigen 4 Tagen auf See, nahm die Exkursion erneut in Kiel ihr Ende. Geführt wurde das Schiff, "Zuidersee" genannt, von Kapitän Martin und seinem Freund und Matrosen Maik. Früh am Morgen des ersten Tages, nach ersten Wassertemperatur- und Druckmessungen, legte das Schiff samt noch ungelernter Besatzung aus dem Hafen in Kiel ab. Nach ersten Instruktionen, gelang es letztendlich nicht nur erfolgreich die Segel zu setzen, sondern auch wie geplant im Hafen von Kappeln einzulaufen. Während der Fahrt, genau wie in den folgenden Tagen, wurde immer wieder Spannendes und Wissenswertes in Form von Seminaren, welche von jedem der Teilnehmer sorgfältig vorbereitet wurden, vorgetragen. Der zweite Tag auf See war zwar aufgrund sehr schwachen Windes sehr ruhig, deshalb aber in keiner Weise weniger unterhaltsam. So gelang es sogar bis nach Dänemark in die Stadt Sønderborg zu segeln, wo am Ende des Tages schon Bergfest gefeiert werden konnte. Der 24. Mai war bestimmt der anstrengendste, aber auch der spannendste Tag, da durch deutlich höhere Windgeschwindigkeiten nun richtig gesegelt werden konnte. Dementsprechend gelang es nicht nur länger, sondern auch weiter bis nach Damp zu segeln, wo das Schiff mit sichtlich erschöpften Teilnehmern anlegte. Nun hatte der letzte Tag auf See begonnen, welcher immernoch von - im Vergleich zu den ersten beiden Tagen - hohen Windgeschwindigkeiten geprägt war, jedoch kürzer war aufgrund der nicht allzu großen Entfernung nach Kiel. In Kiel trafen nun 21, man möchte fast sagen, gut gelernte Segler, nach einer lehrreichen und erfahrungswerten Exkursion auf der Ostsee, wieder ein. Nach einem fröhlichen und dankbaren Abschied, trat die Gruppe, bestehend aus Studenten und Professoren, wieder die Heimreise an.

Maximilian Schellhorn

2 Teilnehmer

Veranstaltendes Institut:

Institut für Meteorologie und Klimatologie
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

Herrenhäuserstraße 2
30419 Hannover

Teilnehmer:

Prof. Günter Groß
Prof. Wilhelm Kuttler
Katja Lohmüller

Florian Behnsen
Anna Bittner
Nikolas Boettcher
Jannis Brassat
Thorben Busch
Patrick Heuss
Juliane Kalla
Eva-Larissa Koch
Lorena Lagos-Rivas
Finn Jonas Rolf
Maximilian Schellhorn
Felix Schmidt
Karen Schreiber
Jonathan Schumann
Annika Stock
Erika Urbach
Felix Wagner
Niklas Weise

3 Schiffsroute

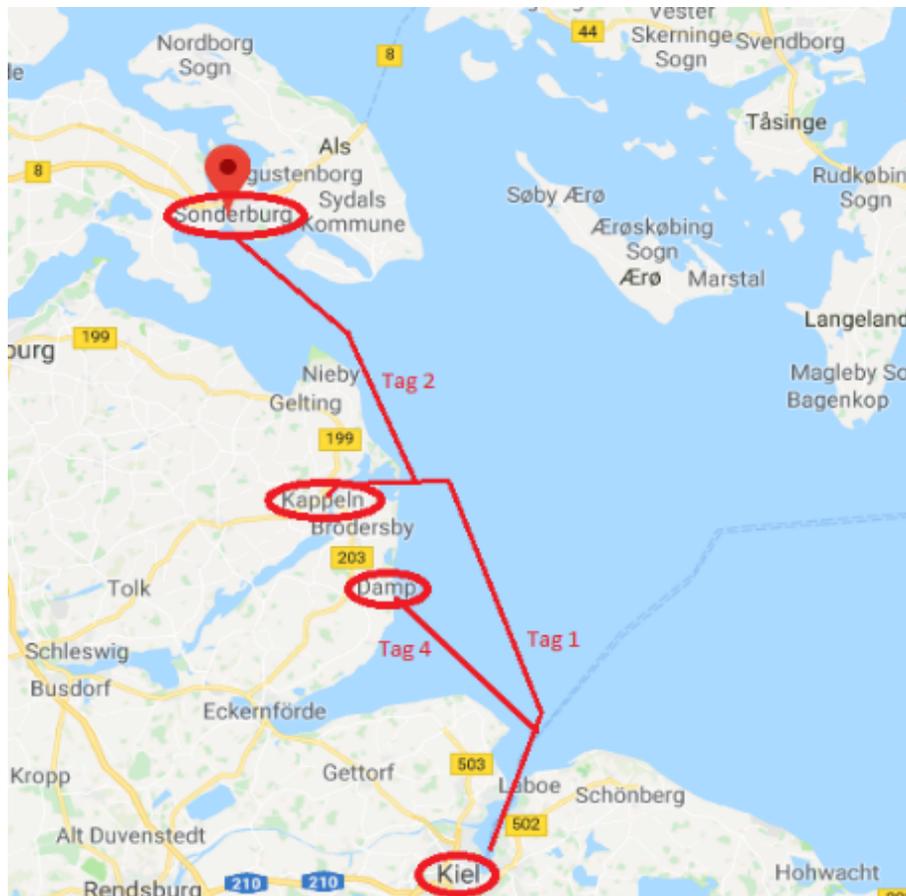


Abbildung 1: Schiffsroute

Tag 1: 22.5. Kiel → Kappeln

Tag 2: 23.5. Kappeln → Sønderborg

Tag 3: 24.5. Sønderborg → Damp

Tag 4: 25.5. Damp → Kiel

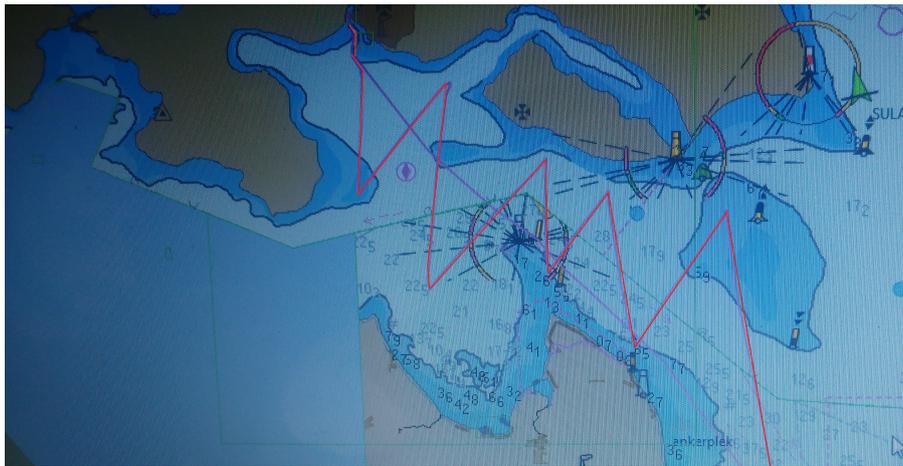


Abbildung 2: Kreuzen

Annika Stock

4 Wetterbeobachtung

4.1 Wetterlage

Dienstag 22.05.2018

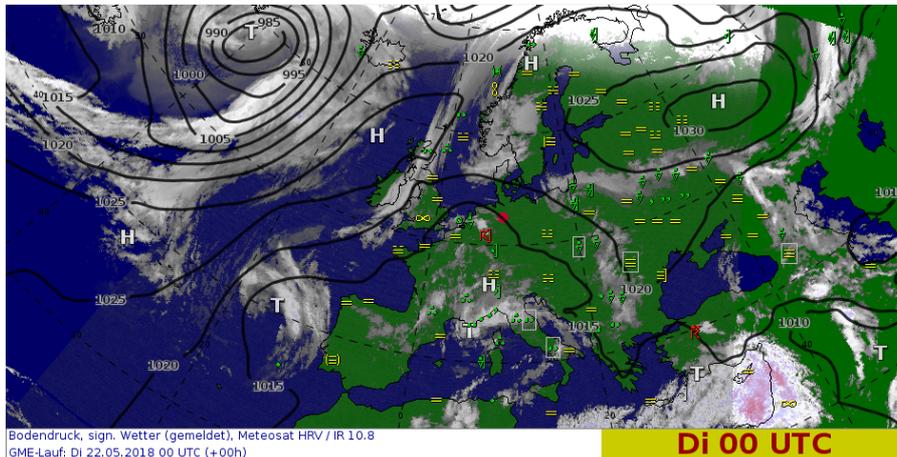


Abbildung 3: Bodenkarte Di, 22.05.18, 00 UTC

Am Dienstag den 22.05.18 befand sich ein Tiefdrucksystem südwestlich von Island. Das zugehörige Frontensystem erstreckte sich über dem Nordatlantik. Ein weiteres Tiefdrucksystem lag westlich von Spanien mit einer anschließenden Kaltfront. Westlich von den britischen Inseln, über Mitteleuropa und über Russland war jeweils ein Hochdrucksystem. Die Ostsee lag unter dem Einfluss des Hochdrucksystems über Mitteleuropa. Dies führte auf See zu Temperaturen von 16°C und sehr trockener Luft, lediglich an den Küsten kam es vereinzelt zu konvektiver Bewölkung. Aufgrund der sehr gradientschwachen Wetterlage lagen die Windgeschwindigkeiten bei nur $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Juliane Kalla

Mittwoch 23.05.2018

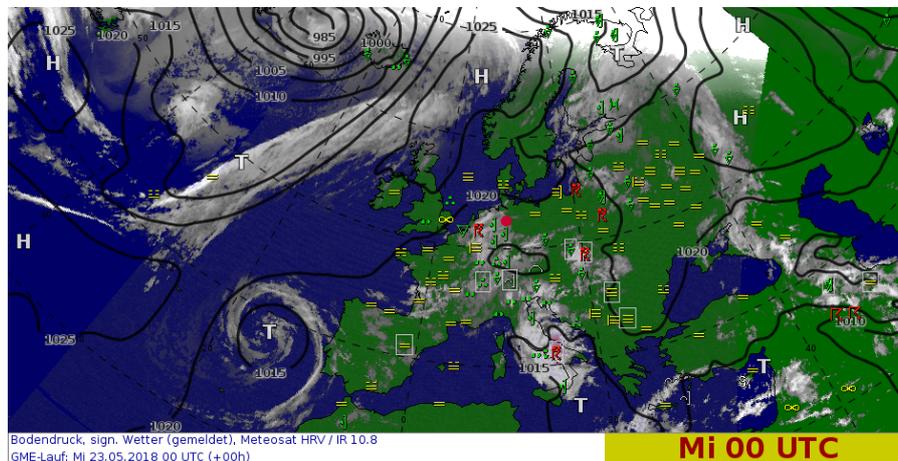


Abbildung 4: Mi, 23.05.18, 00 UTC

Das Tiefdrucksystem südwestlich von Island hat sich mit dem Frontensystem südöstlich verlagert, wohingegen die Kaltfront westlich von Spanien sich stationär verhalten hat. Über Nordfinnland hat sich ein Tiefdrucksystem gebildet. Die Ostsee geriet unter den Einfluss des Hochdruckgebietes welches von den britischen Inseln östlich weiter gezogen war. Der Druckgradient hat noch weiter abgenommen, sodass der Wind am Mittwoch nur noch mit $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ wehte. Weiterhin blieb es über See wolkenlos, was zu höheren Temperaturen von 19°C geführt hat.

Juliane Kalla

Donnerstag 24.05.2018

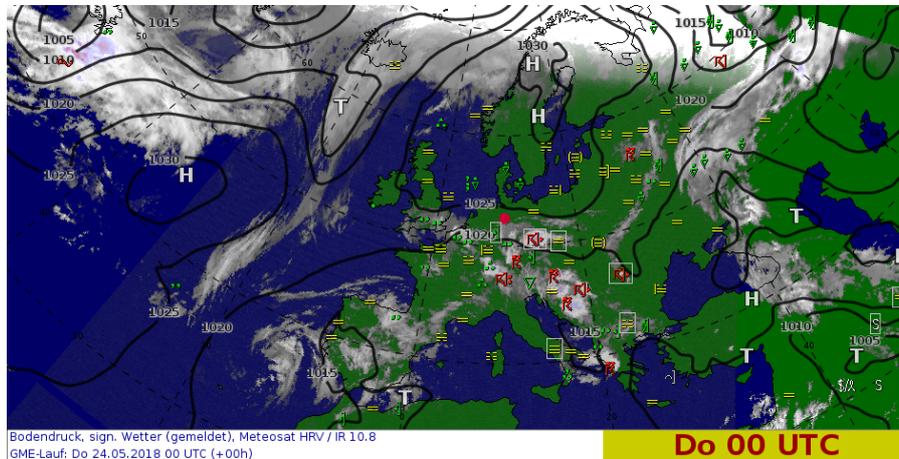


Abbildung 5: Do, 24.04.18, 00 UTC

Das Tiefdrucksystem über dem Nordatlantik zog Richtung Norden und wurde somit in dieser Woche nicht wetterwirksam für die Ostsee. Das relevante Hochdrucksystem für die Ostsee lag am Donnerstag über Skandinavien, sodass es weiterhin zu wolkenlosen Himmel und Höchsttemperaturen von $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ kam, der Druckgradient jedoch nahm zu und die Windgeschwindigkeit nahm Werte von bis zu $12\frac{\text{m}}{\text{s}}$ an.

Juliane Kalla

Freitag 25.05.2018

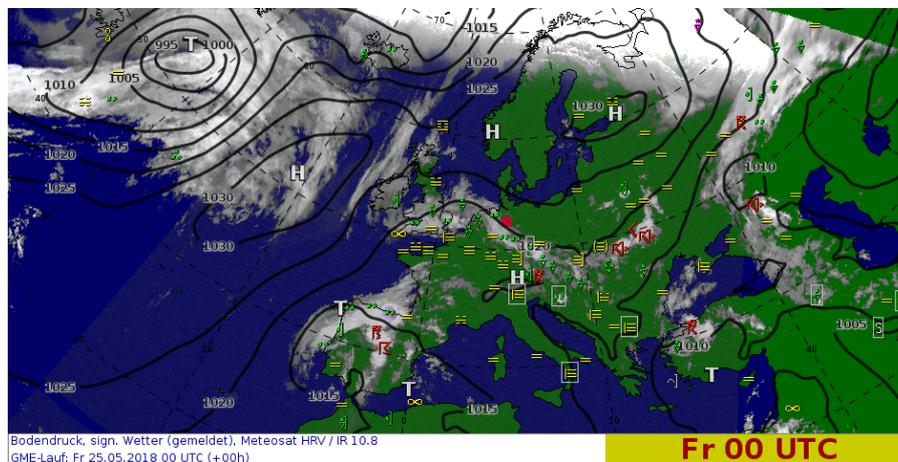


Abbildung 6: Fr, 25.05.28, 00 UTC

Das Tiefdrucksystem über dem Nordatlantik war nach Osten gezogen und es hat sich ein Hochdruckgebiet westlich von den britischen Inseln gebildet. Der Kern des Hochdruckgebietes über Skandinavien hat sich südlich verlagert und die Ostsee lag wieder in einem gradientschwachen Bereich, sodass die Windgeschwindigkeit nur bei $4 \frac{m}{s}$ lag. Es war ein klarer, sonniger Tag mit sehr schwachem Wind auf der Ostsee.

Juliane Kalla

4.2 Messung

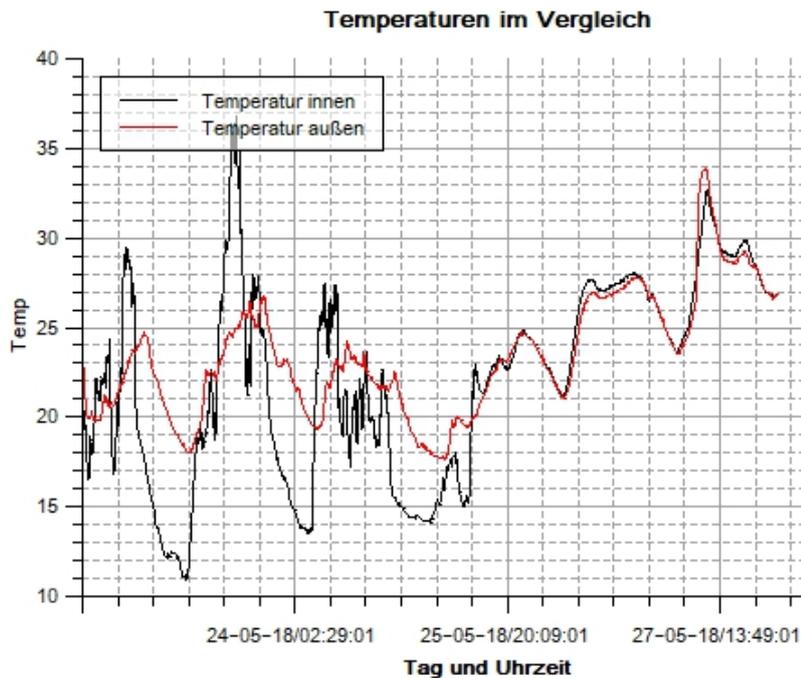


Abbildung 7: Temperaturen im Vergleich

Die Tagesgänge der Temperatur sind sowohl im Innenraum, als auch außen durch die Einstrahlung der Sonne gezeichnet und folgen dem charakteristischen Tagesgang. Die Maxima treten um den Mittag bis Nachmittag auf, die Minima in den frühen Morgenstunden. Außen ergeben sich leichte Abweichungen durch die vorliegende Bedeckung, im Innenraum hingegen, sind größere Extremwerte und ein etwas früheres Auftreten dieser auffällig. Durch die geschlossene Kabine, fehlt jedoch der turbulente Transport von Wärme, weshalb eine schlechte Durchmischung mit darüberliegenden Luftschichten stattfindet. Zusätzliche Wärmequellen, wie das abendliche Kochen und anschließendes Öffnen aller Fenster an Deck prägt den Temperaturverlauf abends.

Auf der Rückreise im Zug gleichen die Tagesgänge stark einander, die hier auftretenden Abweichungen lassen sich ausschließlich durch Messunsicherheiten erklären.

Wie für die Temperatur gilt das alles ebenfalls für den Tagesgang der relativen Feuchte. Durch das Kochen und den fehlenden Austausch mit anderen Luftschichten, weist der Tagesgang für das Innere der Kabine größere Extrema auf, als die der Außenmessung.

Jonathan Schumann

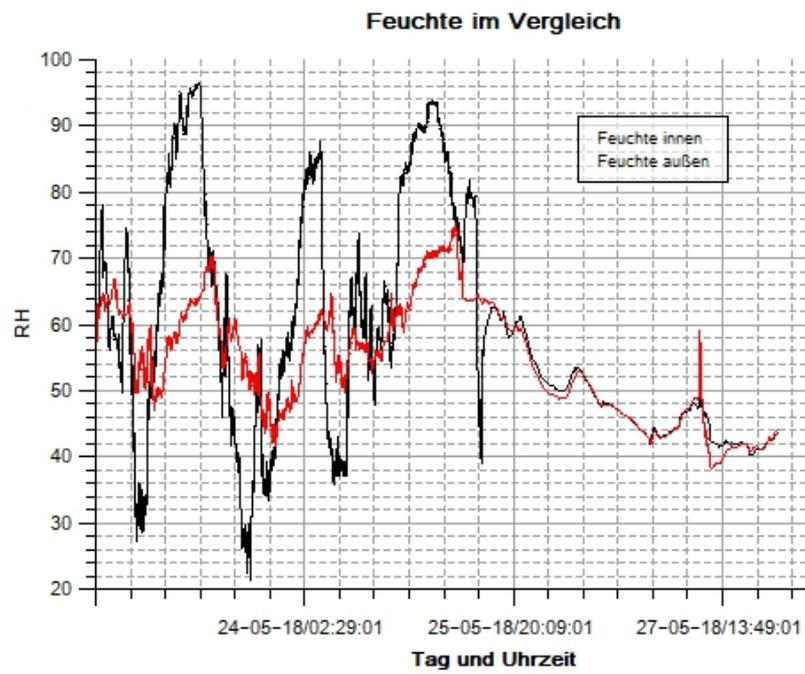


Abbildung 8: Feuchte im Vergleich

Date	Time in h	Temperatur in °C	Schiff in °C	Feucht Temperatur in °C	Luftdruck in hPa	Wind in kt	Wind- richtung in °
22 May 2018	9	16.8	0	15,1	1016.5	1 m/s	45
	12	14.6	5	14,6	1017	9,8 kt f	45
	15	10.2	2	0.76	1017.3	3.6	90
	18	20.8	0	0.41	1016.4	4.5	115
23 May 2018	9	17.5	0	0.6	1022.9	1.9	70
	12	18.1	1.6	0.5	1024.2	4.4	50
	18	23	0	0.36	1024.3	1.4	-
24 May 2018	9	20	0	0.4	1026.2	5.5	120
	12	18.3	3.3	0.6	1026.2	8.7	90
	15	17.9	5.9	0.6	1025.1	16 bis 23	90
	18	18.5	6.7	0.7	1024.1	14.7	120
25 May 2018	9	17.2	0	0	1023.8	6.7	80

Tabelle 1: Messwerte

Date	Time	Bedeckung	c.L	c.M	c.H	Kurs	Wasser- temperatur in °C	markante Wettererscheinungen
22 May 2018	9	1	-	ac	ci	-	13.2	-
	12	2	cu	-	ci	335	13.8	-
	15	2	cu	-	ci	202	15.4	-
	18	1	-	-	ci	-	19	-
23 May 2018	9	3	-	-	ci	-	18.2	-
	12	1	cu	-	ci	339	16.8	-
	18	1	cu	-	ci	-	17.2	-
24 May 2018	9	0	-	-	-	-	14.9	-
	12	0	-	-	-	38	16.3	-
	15	1	-	-	ci	39	15.6	-
	18	1	-	ac	ci	180	16.1	-
25 May 2018	9	1	-	-	ci	-	17.4	-

Tabelle 2: Messwerte

5 Verpflegung

Dienstag:

Vorspeise: Gemüseintopf

Hauptspeise: Frikadellen mit Reis und Zucchini-Fenchel-Paprika

Nachspeise: Brownies mit Vanillesoße

Mittwoch:

Vorspeise: Kartoffelsuppe

Hauptspeise: Tomaten-Rucola-Tagliatelle

Nachspeise: Rote Grütze mit Vanillepudding

Donnerstag:

Vorspeise : Bruschetta

Hauptspeise: Chili sin Carne

Nachspeise: Obstsalat mit Vanilleeis

Täglich: Brötchen zum Frühstück und Mittagessen

Florian Behnsen

6 Vorträge

6.1 Entstehung und geographische Lage der Ostsee

Entstehung und geographische Lage der Ostsee

Florian Behnken

Geographie

Lage und Abgrenzung

Die Ostsee trennt die Skandinavische Halbinsel von den zusammenhängenden Festländern Nord-, Nordost- und Mitteleuropas. Die westlichste Stelle der Ostsee liegt am Westende der Flensburger Förde bei der Stadt Flensburg, der nördlichste Punkt befindet sich an der schwedisch-finnischen Landesgrenze am Bottnischen Meerbusen, ihre östlichste Stelle beim russischen Sankt Petersburg. Ihren südlichsten Punkt stellt das Südende des Stettiner Haffs bei Stettin dar. Die Anrainerstaaten der Ostsee sind Deutschland, Dänemark, Schweden, Finnland, Russland, Estland, Lettland, Litauen und Polen. Sowohl historisch als auch in den modernen Wissenschaften wurde und wird die westliche Abgrenzung der Ostsee unterschiedlich definiert.

Entstehung

Die Ostsee entstand am Ende der letzten Eiszeit, der Weichsel-Kaltzeit, vor etwa 12.000 Jahren nach dem Abschmelzen der riesigen Gletschermassen. Ihre heutige Gestalt und Eigenart bildete sich über mehrere Etappen durch ein Zusammenspiel von Landhebung und Meeresspiegelanstieg: Etwa 10.000 bis 8.200 v. Chr. tauten infolge des damaligen Klimaumschwunges die Gletscher in Richtung Skandinavien zurück. Als sich der Eisrand nach Abschmelzen der Inlandeismassen auf der Höhe der heutigen Åland-Inseln, nordöstlich von Stockholm, befand, bildete sich in seinem Vorland der Baltische Eisstausee. Etwa 8.200 bis 6900 v. Chr. stieg der Meeresspiegel so stark, dass sich zumindest im Bereich der heutigen mittelschwedischen Seenplatte, nach anderen Quellen auch zum Weißen Meer, eine Verbindung zum Weltmeer bildete. Durch den dadurch bedingten Süßwasserausstrom und Salzwassereinstrom bildete sich das sogenannte (salzige) Yoldiameer. Etwa 6900 bis 5000 v. Chr. tauten die skandinavischen Gletscher weiter zurück, der Druck auf die skandinavische Landmasse nahm ab, so dass sie sich zu heben begann und dadurch die Meeresverbindungen blockierte. Es entstand der/die (süße) Ancylussee. Etwa 5000 v. Chr. bis etwa zum Jahre 1 stieg der Meeresspiegel durch die sogenannte Littorina-Transgression so, dass die Festlandbrücke zwischen Südschweden und Dänemark überflutet wurde und der Osten Dänemarks sich in die heutigen Inseln aufteilte. Weiter öffnete sich der Zugang in der Nähe der Darßer Schwelle vor der deutschen Küste, und auch im südlichen Bereich der Ostsee bildeten sich die Grobformen der heutigen Küsten aus. Die Gletscher waren nun fast vollständig verschwunden. Das Festland von Skandinavien hob sich weiter, so dass sich die Küstenlinie weiter veränderte. Der südliche Bereich der Ostsee senkte sich, das vorrückende Meer überflutete die jungglaziale Landschaft und formte sie dabei um. Als Ergebnis findet man



drei Küstenformen im südlichen Bereich wieder: Fördenküste (Beispiel: Kieler Förde), Buchtenküste (Beispiel: Lübecker Bucht) und die Bodden- bzw. Boddenausgleichsküste (Beispiel: Halbinsel Fischland-Darß-Zingst) z. T. mit der Bildung von Haffen (Beispiel: Stettiner Haff).

6.2 Schiffsroutenberatung

Schiffsroutenberatung

Anna Bittner

Was ist Schiffsroutenberatung?

Die meteorologische Schiffsroutenberatung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) tritt in Kontakt mit der Seeschifffahrt und versucht dabei Personen-, Ladungs-, und Schiffsschäden im Rahmen einer Wetterberatung zu vermeiden. Diese Wetterberatung findet sowohl vor dem Ablegen eines Schiffs statt, sowie auch während der Reise des Schiffs und spezifiziert sich dabei auch auf die nautischen, technischen und wirtschaftlichen Parameter des Schiffs. Dabei geht es um den Schiffstyp, die Größe und der Tiefgang des Schiffs, die Geschwindigkeit die es erreichen kann, sowie auch die Ladung und dessen Zustand. Des Weiteren sind für die Wetterberatung naturbedingte Größen zu berücksichtigen: - Wind, Seegang, Sicht, Meeresströmungen, Eisverhältnisse, Meteorologische Gefahren (z.B.: tropische Wirbelstürme)

Wodurch wurde die Schiffsroutenberatung ausgelöst?

Die Initialzündung der Schiffsroutenberatung war tragischerweise der Untergang des Frachtschiffs 'MS München' 1978 im Atlantischen Ozean, bei dem 28 Besatzungsmitglieder verschollen blieben.

Was sind die Ziele der Schiffsroutenberatung?

- Sicherheit für Personen und Ladung erhöhen
- Transportkostenminimierung: Treibstoffkosten minimieren damit die Wirtschaftlichkeit erhalten bleibt, denn Güter bevorzugt auf Schiffswegen transportiert
- Zeitminimierung: Verkürzte Reisezeit durch Optimierung der Routenplanung (nicht immer der sicherste Weg)

Wie funktioniert die Schiffsroutenberatung?

Grundlage:

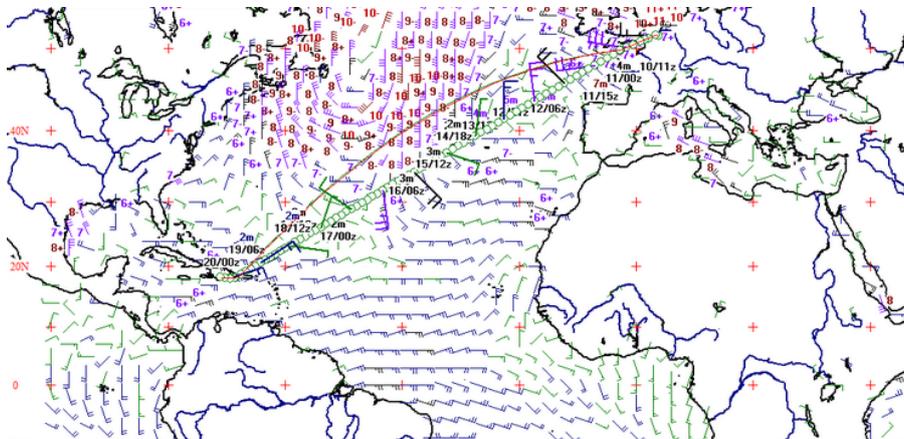
- Vorhersage von: Windrichtung, Schwach-/Starkwind, Wellenhöhe und Periode des Seegang, Oberflächenströmung und das Verhalten des Schiffes bezüglich dieser Zustände. Aus all diesen Faktoren werden dann Vorhersagen und Prognosen mittels Modellen berechnet.
- 1974 erstellte Schenzle ein numerisches Verfahren zur Vorhersage über das Schiffsverhalten, da die eben genannten Faktoren sehr schiffabhängig sind. 1977 erweiterte Blume dieses Verfahren für variierende Schiffsformen. Ebenfalls ist die Optimierung der meteorologischen Wettervorhersagen sehr wichtig, da die SRB sehr stark davon abhängt.

Beratung:

- Vorhersagemodelle geben Werte für einen Zeitraum zwischen 7 und 10 Tagen. Dauert die Reise jedoch länger als 10 Tage werden klimatologische Mittelwerte für die Vorhersage benutzt. Ebenfalls hilfreich für die SRB und auch für die Wettervorhersage sind die Satellitenbilder. Des Weiteren werden beim DWD in Hamburg die Vorhersagedaten für einen Algorithmus zur Simulation des Schiffsverhaltens im Seegang genutzt. Dadurch können Zusatzwiderstände und Geschwindigkeiten für das Schiff berechnet werden, wodurch Gefahren für Schiff und Ladung minimiert werden.
- SRB kann man an verschiedenen Orten in Anspruch nehmen (z.B.: DWD)

Isochronenverfahren: (Isochronen = Linien gleicher Erreichbarkeit)

Verfahren zur Ermittlung des optimalen Schiffswegs in Bezug auf Risiko, Treibstoff und Zeit. Um den Startpunkt des Schiffs wird die erste Isochrone erfasst. Die Reibung von Wind und Wellen werden als Funktion der Geschwindigkeit und der Zeit mit einkalkuliert. Dabei sind die Randbedingungen die Stabilität der Schifflage und die Motorlast des Schiffes. Sobald die erste Isochrone bestimmt wurde, werden von allen zeit-optimalen Punkten auf dieser Isochrone die nächsten Isochronen ermittelt. Dieser Vorgang wird so oft durchgeführt, bis Start und Ziel mit Isochronen ausgefüllt ist. Schließlich wird der Punkt, der zeitlich am schnellsten erreichbar, auf der letzten Isochrone vom Ziel gesucht und von da aus der nächste effizienteste Punkt. So ergibt sich am Ende die Strecke mit geringster Reisedauer. Das gleiche Verfahren wird auch für das kleinste Risiko und den geringsten Verbrauch von Treibstoff durchgeführt.

**Ergebnis einer Schiffsroutenberatung:**

- Zeitersparnis
- Treibstoffminimierung, ergo Kostenersparnis pro Jahr von ca. einer halben Mill. Euro

Eigenverantwortung:

Da das Wetter nie zu 100 % vorhergesagt werden kann, wird auch nie der optimale Reiseweg vorhergesagt werden können. Die SRB bietet Vorteile aufgrund der selbst gesteckten Ziele, trotz allem trägt jeder selbst die Verantwortung für die Schiffsreise.

Quellen

- www.dwd.de
- alte Exkursionsberichte

6.3 Meereis

Meereis

Nikolas Boettcher

Was ist Meereis?

Meereis ist gefrorenes Meerwasser und Teil der Kryosphäre, jedoch nicht zu verwechseln mit auf dem Land liegenden Gletschern oder Eiskappen in Küstennähe oder abgebrochenen Eisbergen/Eisschollen die im Meerwasser schwimmen. Es ist ein festes poröses Medium in dem flüssige salzhaltige Sole, gasförmige Luftvolumina und feste Salzkomplexe eingeschlossen sind. Die Form von Meereis ist sehr variabel, da es sowohl durch Gefrier- und Schmelzprozessen als auch durch Winde ständig Veränderung ausgesetzt ist.

Die Bildung von Meereis

Meereisbildung beginnt, wenn die Wasseroberfläche den vom Salzgehalt abhängigen Gefrierpunkt erreicht und die Nettoenergiebilanz des Meerwassers weiterhin negativ bleibt. Der Gefrierpunkt sinkt durch den Salzgehalt im Meerwasser (ca. 3,5%) auf ungefähr $-1,9^{\circ}\text{C}$, ist jedoch je nach Salzgehalt des Wassers variabel. Beim Erstarren von Meerwasser verdrängen die Wassermoleküle den Salzanteil aus der entstehenden Kristallstruktur. Das verbliebene Salz im Meereis liegt dann als aufkonzentrierte Salzsole vor oder als Ion fest im Eisgitter eingebaut. Bevor das Meerwasser gefriert kann es durch Dichte- und Temperaturunterschiede zu einer Durchmischung der Wassersäule kommen. In der Folge entsteht Konvektion. Das an der Oberfläche abgekühlte Wasser sinkt aufgrund der zu seiner Umgebung größer gewordenen Dichte in tiefere Regionen ab, gefriert aber nicht, während das noch warme Wasser aufsteigt – um von der kalten Luft abgekühlt zu werden und schließlich ebenfalls zu sinken.

Meereistypen

Bei Meereis unterscheidet man hauptsächlich zwischen zwei Typen, die stark von Wetterlage und Seegang abhängig sind. Hat man eine ruhige Wetterlage mit nur maximal sehr schwachen Winden und geringem Seegang, kann sich eine geschlossene glatte Eisfläche bilden, die Nilas genannt wird (Bild links). Bei unruhigen Bedingungen kommt es zur Bildung von kleinen Eisschollen, die auf Grund ihrer Erscheinungsform Pfannkuchen-Eis genannt werden (Bild rechts).



Man unterscheidet hinsichtlich der Dicke und des Alters des Eises weitere Eistypen, wie einjähriges Eis mit einer Dicke von 30 bis 150 Zentimetern und mehrjähriges Eis mit einer Dicke von bis zu mehreren Metern.

Auswirkungen der Meereisschmelze auf das Klima

Eis-Albedo-Rückkopplung: Durch den großen Albedo unterschied zwischen Meereis (0,65 – 0,9) und offenem Wasser (0,07) kann es je nach Veränderung der Meeresflächen zu einer sich selbst verstärkenden Rückkopplung kommen. Bei z.B. weniger Meereisfläche hat man mehr Wasserflächen, dies bedeutet die solare Einstrahlung wird verstärkt absorbiert und es kommt zur weiteren Erwärmung → noch mehr Meereis schmilzt.

Polarzelle: Wenn Eisflächen sich weniger ausdehnen, kommt es im Endeffekt zu einer Schwächung des Polarwirbels. Durch die Erwärmung der Atmosphäre nimmt die Temperaturdifferenz zwischen den mittleren Breiten und der Polarregion ab, sodass der Polar-Jet und die Polarfront abgeschwächt werden. Dies führt dazu, dass kalte Luftmassen aus der Polarregion nach Europa vordringen und durch Änderung des Polar-Jets es zu blockierenden Wetterlagen kommen kann.

Quellen

- <http://www.meereisportal.de/>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Meereis>

6.4 Klimawandel und Meeresspiegelanstieg

Klimawandel und Meeresspiegelanstieg

Jannis Brassat

Globale Erwärmung

Die globale Erwärmung beschreibt die Erhöhung der Mitteltemperatur der Erde in Bodennähe in den letzten 150 Jahren (seit der Industrialisierung). Dabei hat sich der Anstieg in den letzten Jahren erheblich verschleunigt:

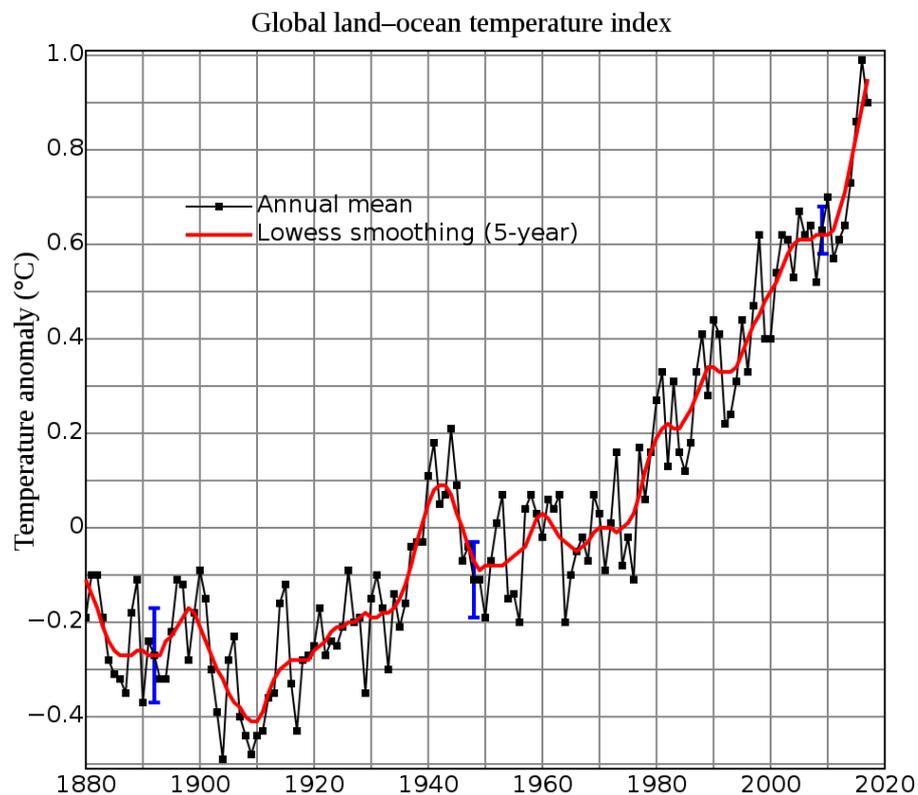


Abbildung 9: Globaler Temperaturindex Oberflächentemperaturen Land und See 1880–2017 relativ zum Mittelwert von 1951–1980, NASA Goddard Institute for Space Studies

Während sich die Erde in den letzten 10.000 Jahren beim Übergang von einer Eiszeit in eine Zwischeneiszeit um 4–5°C erwärmte, erwartet man nun aufgrund der anthropogenen globalen Erwärmung den selben Anstieg in nur 100 Jahren. Der Hauptgrund für den verstärkten Temperaturanstieg ist der größer werdende menschliche Einfluss auf den Treibhauseffekt:

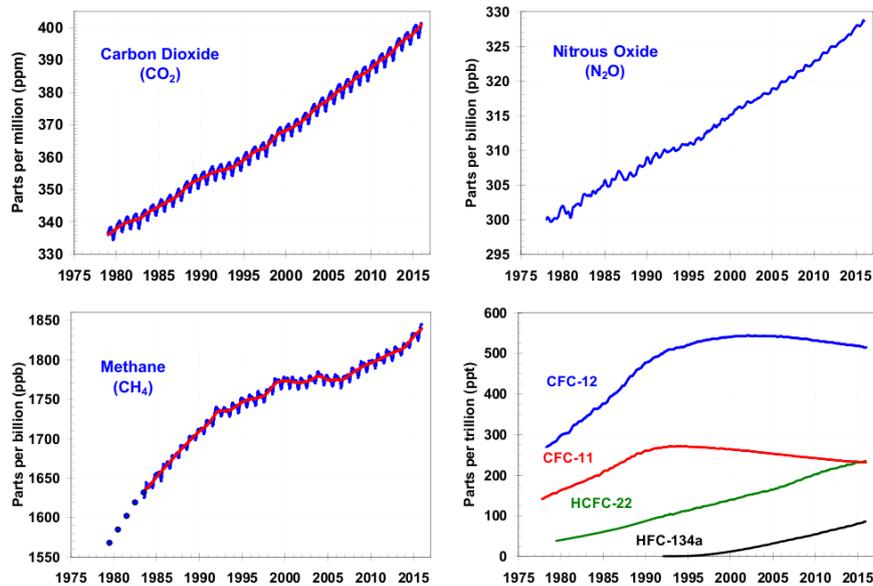


Abbildung 10: Kohlenstoffdioxid, Lachgas, Methan und FCKWs/FKW's (nur letztere nehmen durch weltweite Anstrengungen zum Schutz der Ozonschicht ab), US Govt - NOAA's Annual Greenhouse Gas Index

Die jetzige globale Erwärmung ist eine von Menschen Verursachte Form des Klimawandels. Eine Folge dieses Klimawandels ist der Meeresspiegelanstieg.

Meeresspiegelanstieg

Durch die höheren Temperaturen kommt es auch zu einer Erhitzung der Ozeane und damit zum Schmelzen von Gletschern in den Polarregionen. Außerdem gibt es eine thermische Ausdehnung des Wassers, welches das Gesamtvolumen vergrößert. Dies hatte einen Anstieg von rund 20cm im letzten Jahrhundert zur Folge:

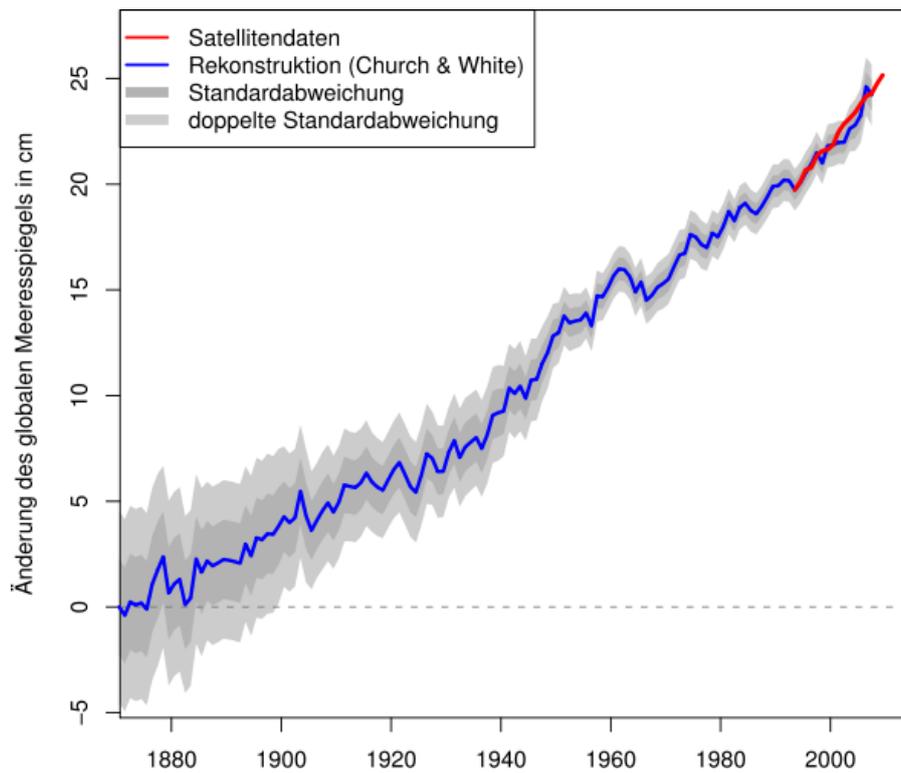


Abbildung 11: Der gemessene Anstieg des mittleren Meeresspiegels zwischen 1870 und 2009

Quellen

- https://de.wikipedia.org/wiki/Globale_Erw%C3%A4rmung
- https://de.wikipedia.org/wiki/Meeresspiegelanstieg_seit_1850
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Klimawandel>

6.5 Die Beaufortskala

Die Beaufortskala

Thorben Busch

Beschreibung

Mit der Beaufortskala wird die Windgeschwindigkeit mit Beobachtungen auf die Auswirkungen des Windes auf die Natur in 13 (0 – 12) Windstärkenbereichen klassifiziert. Sie ist benannt nach Sir Francis Beaufort (1774 – 1857).

Entstehung

Bereits Ende des 16. Jahrhunderts versuchte man Windstärken zu kategorisieren.

Mitte des 18. Jahrhunderts entstand durch John Smeaton das Konzept, die Windstärke durch ihren Effekt auf Windmühlenflügel zu charakterisieren (1 – 11). Darüber hinaus beschrieb er auch die Wirkung auf die Umgebung (Bäume, etc.).

Zu Beauforts Zeiten wollten große Handelsunternehmen die Logbücher der Kapitäne auswerten, um Hinweise auf günstige Windverhältnisse zu erhalten. Es gab jedoch keine standardisierten Vorgehensweisen, den Wind zu beschreiben, der auf einem Segelboot nicht gemessen werden konnte. So wurde eine leicht überarbeitete Version (1 – 12) von Smeatons Skala eingeführt.

Beaufort nutzte in der Folge diese Skala für seine Wetterbeobachtungen und verbesserte sie durch Hinzufügen des Verhaltens von Segeln bei Wind.

Anfang des 20. Jahrhunderts führte der britische Wetterdienst die heute bekannte Skala (0 – 12) mit den Wirkungen auf Land ein, 1927 fügte der deutsche Kapitän Peter Petersen die Wirkungen auf die See hinzu.

1935 wurde die Beaufortskala auf der Ersten Internationalen Meteorologischen Konferenz als allgemein gültig angenommen und 1946 auf Beschluss der Internationalen Meteorologischen Organisation um 5 weitere auf 18 Stufen erweitert. In den frühen 1970ern wurde sie jedoch wieder auf 13 Stufen gekürzt, Erweiterungen bilden mittlerweile die Fujita-Tornado-Skala und die Saffir-Simpson-Hurrikan-Skala.

Eigenschaften

Jeder Stufe der Beaufortskala wird eine Bezeichnung der Windstärke zugeordnet. Dem folgen Beschreibungen des Seegangs, die Wirkung auf das Meer und an Land und eine entsprechende Windgeschwindigkeit.

Beispiel:

8 Bft; stürmischer Wind; mäßig hohe See; große Bäume werden bewegt, Fensterläden werden geöffnet, Zweige brechen von Bäumen, beim Gehen erhebliche Behinderung; ziemlich hohe Wellenberge, deren Köpfe verweht werden, überall Schaumstreifen; $17.49 - 21.09 \frac{m}{s}$

Eine Umrechnung in die Windgeschwindigkeit erfolgt mit folgender Formel:

$$v = 0.8360 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot B^{3/2}$$

Beaufort Scale	Descriptive term	Units in mph	Units in knots	Description on Land	Description at Sea
0	Calm	0	0	Smoke rises vertically	Sea like a mirror.
1	Light air	1 - 3 mph	1 - 3 knots	Direction shown by smoke drift, but not by wind vanes	Ripples with appearance of scale are formed, without foam crests
2	Light breeze	4 - 7 mph	4 - 6 knots	Wind felt on face; leaves rustle; wind vane moved by wind. Wind vanes begin to move.	Small wavelets still short but more pronounced; crests have a glassy appearance but do not break
3	Gentle breeze	8 - 12 mph	7 - 10 knots	Leaves and small twigs in constant motion; light flags extended	Large wavelets; crests begin to break; foam of glassy appearance; perhaps scattered white horses
4	Moderate breeze	13 - 18 mph	11 - 16 knots	Raises dust and loose paper; small branches moved.	Small waves - becoming longer; fairly frequent white horses.
5	Fresh breeze	19 - 24 mph	17 - 21 knots	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland waters	Moderate waves, taking a more pronounced long form; many white horses are formed - a chance of some spray
6	Strong breeze	25 - 31 mph	22 - 27 knots	Large branches in motion; whistling heard in telephone wires; umbrellas used with difficulty	Large waves begin to form; the white foam crests are more extensive with probably some spray
7	Near gale	32 - 38 mph	28 - 33 knots	Whole trees in motion; inconvenience felt when walking against wind.	Sea heaps up and white foam from breaking waves begins to be blown in streaks along direction of wind.
8	Gale	39 - 46 mph	34 - 40 knots	Twigs break off trees; progress generally impeded.	Moderately high waves of greater length; edges of crests begin to break into spindrift; foam is blown in well-marked streaks along the direction of the wind.
9	Strong gale	47 - 54 mph	41 - 47 knots	Slight structural damage occurs; roofing dislodged; larger branches break off.	High waves; dense streaks of foam; crests of waves begin to topple, tumble and roll over; spray may affect visibility.
10	Storm	55 - 63 mph	48 - 55 knots	Seldom experienced inland; trees uprooted; considerable structural damage.	Very high waves with long overhanging crests; the resulting foam in great patches is blown in dense white streaks; the surface of the sea takes on a white appearance; the tumbling of the sea becomes heavy with visibility affected.
11	Violent storm	64 - 72 mph	56 - 63 knots	Very rarely experienced - widespread damage	Exceptionally high waves; small and medium sized ships occasionally lost from view behind waves; the sea is completely covered with long white patches of foam; the edges of wave crests are blown into froth.
12+	Hurricane force	≥ 73 mph	64 knots or more	Devastation	The air is filled with foam and spray. Sea completely white with driving spray; visibility very seriously affected

Abbildung 12: Vollständige Beaufortskala (englisch)

6.6 Vereisung der Ostsee

Vereisung der Ostsee

Patrick Heuss



Abbildung 13: Vereiste Ostsee vor Estland mit Eisstraße

Die Ostsee (Allgemeines)

Die Ostsee ist ein Binnenmeer und das größte Brackwassermeer (Salzgehalt 0.1 – 1 %) der Erde. Der Übergang zur Nordsee befindet sich zwischen dem Norden Dänemarks und Schweden mit dem Skagerrak, das zur Nordsee gezählt wird, und dem Kattegat, welches zur Ostsee zugehörig ist. Der weitere Verlauf der Ostsee geht an Deutschland, Polen und dem Baltikum vorbei bis zum Bottnischen Meerbusen im Norden und dem Finnischen Meerbusen im Osten. Der Salzgehalt der Ostsee sinkt von West nach Ost bzw. Nord, denn im Westen findet ein Wasseraustausch mit salzhaltigerem Nordseewasser statt.

Voraussetzungen zur Eisbildung

Damit sich Eis bildet, muss die Wassertemperatur unter dem Gefrierpunkt liegen, dieser beträgt bei der Ostsee aufgrund des geringen Salzgehalts etwa -1°C . Außerdem darf der See- und Wellengang nicht zu stark sein. Eine weitere Voraussetzung ist die polare Wetterlage, also Wind aus Norden und Osten und beispielsweise ein stabiles Sibirienhoch über der Ostsee. All diese Voraussetzungen treffen sehr gut auf die Ostsee zu, vor allem aber für den Norden und Osten des Meeres, aber manchmal auch für Deutschland.

Vorkommen

Die Eisbildung beginnt an ruhigen Küstengewässern mit kaum Wellengang wie kleinen Buchten, Bodden, Haffs oder Schärenküsten, die um Finnlands und Schwedens Osten vorkommen. Solche Gebiete frieren häufig komplett zu. Bei anhaltender und starker Kälte friert das Meer aber auch bis weit vor die Küste zu. Im Kattegat, vor den Inseln Dänemarks und allgemein im Westen der Ostsee ist Eisbildung sehr selten, da dort ein höherer Salzgehalt, sowie normalerweise eine höhere Lufttemperatur vorherrschen. Der Bottnische Meerbusen, der Finnische Meerbusen und die Rigaer Bucht frieren dagegen fast jährlich komplett zu. Dort gibt es eine Eisbedeckung bis zu 150 Tage, selten bis zu 200 Tage im Jahr von etwa November bis etwa April oder Mai. Die offene Ostsee friert nur bei sehr starker Kälte zu, da ansonsten der Wellengang mit zusammenhängender Durchmischung zu stark ist. Die Ostsee ist in den letzten 100 Jahren nur dreimal komplett zugefroren, zuletzt war dies 1947 der Fall. Aufgrund des Klimawandels wird in den kommenden Jahren ein Rückgang der Eismenge erwartet. Dies schließt aber nicht weitere eisreiche Winter aus, da die Eismenge jedes Jahr unterschiedlich ist.

Situation in Deutschland

Bei Deutschland vereist die Ostsee am häufigsten im Stettiner Haff und dem Achterwasser bei Usedom, da diese abgelegen zur offenen Ostsee liegen und Süßwasserzuflüsse durch Oder und Peene besitzen. Die Bodden ums Fischland-Darß-Zingst frieren ebenfalls häufig zu. Nicht selten tritt zudem Eis an der Ostküste Rügens und der Nordküste Usedom auf. Bei großer und langanhaltender Kälte können Teile der Kieler Bucht, dem Fehmarnbelt und der Mecklenburger Bucht zufrieren. Bei sehr starken Wintern kann sogar die gesamte Ostsee vor Deutschland von Eis bedeckt sein.

Eisvorhersage

Die Eisvorhersage ist sehr wichtig für die Schifffahrt auf der Ostsee, da diese ein sehr stark befahrenes Gewässer ist und eine wichtige Route für den Güterverkehr nach Nord- und Osteuropa sowie Russland ist. Dazu gibt es beispielsweise den Eisdienst des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie. Dieser veröffentlicht Eisberichte inklusive Eisvorhersage und Eiskarten für die gesamte Ostsee.

Eisstraßen in Estland

In Estland gibt es eine nützliche Nutzung des Eises, denn es gibt bis zu sieben offizielle Eisstraßen vom Festland zu vorgelagerten Inseln oder von Insel zu Insel. Durch diese Eisstraßen wird die Fahrzeit zwischen den Orten deutlich verkürzt. Zur Eröffnung muss das Eis aber mindestens 20 cm dick sein. Die Befahrung darf nur tagsüber, nur bei bestimmter Geschwindigkeit und mit mindestens 250 m Fahrzeugabstand stattfinden. Baumpfähle zeigen den Fahrern den Weg. 1323 soll es eine Eisstraße von Estland bis nach Lübeck gegeben haben.

Quellen

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Ostsee>
- http://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/2015/11/schmelzer_holfort.pdf
- <https://www.spektrum.de/magazin/vereisung-der-ostsee-im-wandel-der-zeiten/823625>
- <https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/aktuelles/das-sagen-die-experten/eiswinter-an-nord-und-ostsee.html>
- <http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/Eis/1975.jsp>
- <https://www.visitestonia.com/de/uber-estland/eisstra%C3%9Fe-markenzeichen-des-guten-estnischen-winters>
- https://www.muk.uni-hannover.de/fileadmin/imuk/pdf/Exkursionsberichte/2015_Segelexkursion.pdf

6.7 Framdrift

Framdrift

Juliane Kalla

Idee

Der norwegische Polarforscher Fridtjof Nansen führte von 1893-1896 eine Expedition an mit dem Ziel als erster Mensch den geographischen Nordpol zu erreichen. Dies sollte ihm mit der natürlichen Eisdrift gelingen. Die Idee kam daher, da ein Schiff an der Nordküste Sibiriens sank und drei Jahre später an der Südwestküste von Grönland wieder auftauchte und somit auf eine transpolare Strömung schließen ließ.

Start der Expedition

Am 24.6.1893 startete Nansen mit 12 Männern in Vardø seine Expedition auf der Fram, einem so konstruierten Schiff, dass es den Eisdruck standhalten kann. Sie fuhren nördlich auf die Barentsee und weiter östlich bis zu den Neusibirischen Inseln. Auf dem Weg dorthin besorgten sie sich Schlittenhunde. Nun war das Ziel so weit nördlich auf dem offenen Wasser zu segeln bis sie das Schiff an der Eiskante einfrieren würden. Dies gelang ihnen nur bis zu einer Breite von 78°N, sodass die Fram dort im Oktober 1893 winterfest gemacht wurde.

Erste Phase der Eisdrift

Nun war das Schiff dem Eisdruck ausgesetzt und sollte mithilfe der Eisdrift nordwärts getrieben werden. Anfangs ging es manchmal nord- und manchmal südwärts und zur großen Enttäuschung der Crew befanden sie sich Mitte November südlicher als zu Beginn. Der Alltag auf dem Schiff war langweilig und bestand aus eintöniger Routine was dazu führte, dass die Männer gereizt waren und es auch zu handgreiflichen Auseinandersetzungen kam. Erst zum Jahreswechsel 1893/1894 hatte die Fram eine konstante nördliche Richtung und im Februar hatten sie endlich 80°N erreicht.

Die Driftrichtung und -geschwindigkeit waren unvorhersehbar und Nansen fürchtete, dass es noch 5 Jahre dauern würde bis sie den Pol erreichen. Daher plante er zunächst mit Hundeschlitten weiterzureisen. Nach einiger Zeit Übung kam er zu der Erkenntnis, dass er schneller mit Langlaufskiern war, dies war damals ein Durchbruch in der Entwicklung zu polaren Fortbewegungsmitteln.

Marsch nach Norden

Im Laufe des Jahres nahm die Driftgeschwindigkeit etwas zu, betrug aber immer noch weit weniger als 2 km pro Tag. Im März 1895 hat Nansen mit Johansen, dem Hundeführer und Heizer des Schiffs, die restliche Mannschaft verlassen und führte seine Reise auf Langlaufskiern zusammen mit den Hunden fort. Zu diesem Zeitpunkt befanden sie sich auf einer Breite von

84°4'N.

Der Plan war die restlichen 600 km zum Pol in 50 Tagen zu schaffen. Anfangs hielten sie ihr schnelles Tempo, doch dann wurde das Gelände immer unebener und sie wurden langsamer. Die Positionsbestimmung war nicht mehr eindeutig, da zwei verschiedene Messgeräte unterschiedliche Werte angaben. Sie erkannten, dass sie gegen die Eisdrift ankämpfen mussten, da diese nun südwärts verlief. Mutlosigkeit und Erschöpfung wurden immer größer. Im April bei einer Breite von 86°13,6'N sahen sie ein, dass sie ihr Ziel den Pol zu erreichen nicht schaffen konnten. Sie kamen nur sehr langsam voran und ihre Nahrungsvorräte würden nicht reichen.

Rückreise

Nansen und Johansen beschlossen sich umzukehren und Franz-Josef-Land anzusteuern. Das Vorankommen wurde nach einiger Zeit wieder erschwert, da die Eisdrift wieder eine nordwestliche Richtung annahm und sie immer mehr auf brüchiges Gelände gerieten. Ende April mussten sie anfangen einen Teil der Schlittenhunde zu töten und an die übrigen zu verfüttern. Je weiter südlich sie kamen, desto mehr Tierspuren entdeckten sie. Mitte Juni konnten sie sich von Robben und Seevögeln ernähren. Im August erreichen sie die Eiskante und fuhren mit Kajaks über auf die Inselgruppe Franz-Josef-Land, auf der sie Versorgungsgüter einer britischen Arktisexpedition fanden. Aufgrund von wechselnden Winden und treibenden Eises war die Überfahrt auf den Kajaks zu gefährlich und sie schlugen ihr Winterlager auf. 8 Monate lang überwinterten sie und ernährten sich von gejagtem Wild. Im Mai setzten sie ihren Weg nach Süden fort und einen Monat später trafen sie auf Menschen, die dort gerade auf einer Expedition waren. Nansen und Johansen warteten 6 Wochen lang in dem Basislager auf das nächste Schiff, welches sie dann am 13.08.1896 nach Norwegen brachte.

Zweite Phase der Eisdrift

Die Fram wurde weiterhin von der Eisdrift mitgezogen. Mitte November 1895 erreichte sie eine Breite von 85°55'N, also nur 35 km entfernt von Nansens und Johansens Rekord. Am 13.8.1896 entkam die Fram dem Eis und gelangte ins offene Wasser nordwestlich von Spitzbergen. Somit hat sich die Annahme des Eisdriftes der von den Nordsibirischen Inseln bis an die Ostküste Grönlands führt bestätigt.

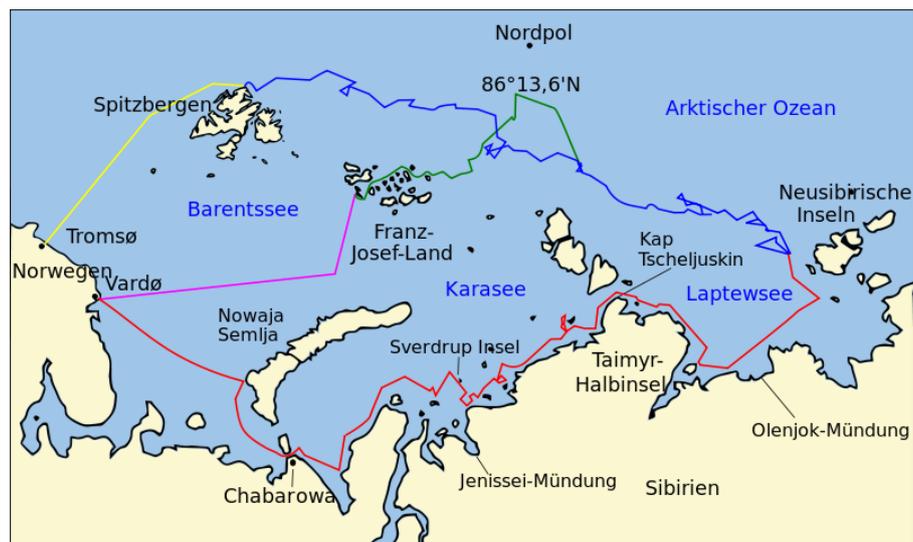


Abbildung 14: **Routen der Framexpedition:** Rot: Weg zur Eiskante, Blau: Weg des Eisdrifts, Gelb: Rückweg der Fram, Grün: Marsch Nansen und Johansen, Pink: Rückfahrt Nansen und Johansen

Quellen

- https://de.wikipedia.org/wiki/Nansens_Fram-Expedition#/media/File:Nansen_Fram_Map-de.svg
- https://de.wikipedia.org/wiki/Nansens_Fram-Expedition

6.8 Seegang und Seegangsvorhersage

Seegang und Seegangsvorhersage

Eva-Larissa Koch

Seegang bezeichnet allgemein die Wellen, welche sich auf der Oberfläche von Ozeanen und Meeren durch Einfluss des Windes bilden.

Wellen entstehen durch die Übertragung der Energie des Windes auf das Wasser, zum Beispiel durch Reibung. Dadurch wird die Wasseroberfläche verändert.

Diese Änderung vermittelt im Verlauf einen Eindruck von Bewegung, jedoch wird die Verformung der einzelnen Welle an das umliegende Wasser weitergegeben und somit fortgeführt.

Gleichzeitig werden die Wellen wieder ausgeglichen durch rückholende Kräfte. Bei Kapillarwellen, welche bis zu wenigen cm hoch werden, durch die Oberflächenspannung des Wasser, bei größeren Wellen spielt die Schwerkraft eine wichtigere Rolle.

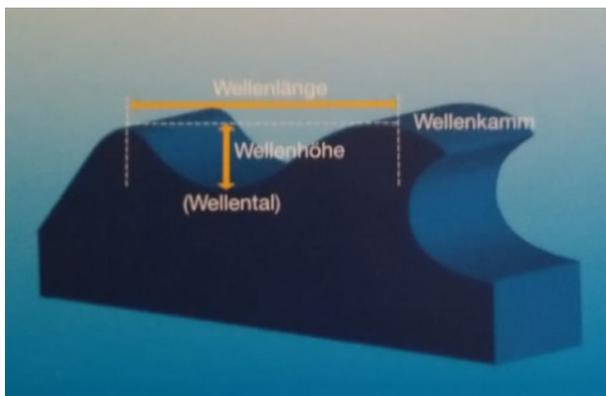


Abbildung 15: Quelle: Augustin, J., 2005: Das Seegangsklima der Ostsee zwischen 1958 und 2002 auf Grundlage numerischer Daten, Stuttgart, S.110

Der Seegang lässt sich genauer als viele verschiedene Einzelwellen beschreiben, die unterschiedliche Wellenhöhe, Wellenlänge und Wellenperiode haben.

Die Wellenhöhe wird als signifikante Wellenhöhe angegeben, welche die mittlere Höhe der gut ausgeprägten Wellen beschreibt. Vereinzelt können Wellen bis zu Doppelt so hoch sein.

Bei geringer Bewölkung und guter Sicht kann die Wellenhöhe gut eingeschätzt werden.

Wenn sich die Sicht verschlechtert oder der Himmel bedeckt ist, wird die Wellenhöhe oftmals unterschätzt; bei Nacht oder Dämmerung jedoch überschätzt.

Zusätzlich hängt die Höhe der Wellen und damit des Seegangs von anderen Faktoren, wie der Windgeschwindigkeit oder dem Fetch ab.

Der Fetch bezeichnet den Abstand zwischen der Küste und dem Schiff, also die Strecke über die der Wind auf den Seegang wirken kann, wobei die Windrichtung berücksichtigt werden muss.

Des Weiteren verändert sich der Seegang durch Gezeiten und Meeresströmungen.

Wenn der Wind entgegen der Stromrichtung der See weht, bildet sich ein kurzer und steiler Seegang. Strömen Wind und Wasser in die gleiche Richtung, bildet sich ein langer und flacher Seegang.

Je nach Aussehen und Entstehung wird der Seegang in Windsee und Dünung unterteilt.

Windsee ist durch den in der Umgebung wehenden Wind entstanden und wird durch diesen aufrecht erhalten. Dabei haben die Wellenkämme eine spitze Form und die einzelnen Wellen sind nicht regelmäßig.

Dünung ist der gealterte Seegang, also ehemaliger Windsee, mit größerer Wellenlänge und abgerundeten Wellenbergen.

Da sich Dünungswellen schneller fortbewegen als der Windsee, können sie auch dem Windfeld voraus laufen. Diese Wellenart ist Auslöser für die Kreuzsee; hierbei überlagern sich verschiedene Wellen und so können sehr hohe Einzelwellen entstehen.

Der Seegang kann mit Hilfe von numerischen Modellen vorhergesagt werden. Allerdings sind diese noch sehr ungenau, da der Seegang wie oben beschrieben von vielen Faktoren abhängt.

Beim vorhergesagten Seegang muss beachtet werden, dass einzelne Wellen sehr viel höher ausfallen können.

Außerdem ist es möglich, das Seegangsspektrum und somit den Seegang über die Bewegungen des Schiffes zu errechnen und somit zu bestimmen und vorherzusagen.

Wind			Seegang		Zustand der Wasseroberfläche in ausge- reiftem Seegang
Bezeichnung	Bft	m/s	Stärke	Bezeichnung	
Stille	0	0 - 0,2	0	spiegelglatt	Spiegelglatte See
leichter Zug	1	0,3 - 1,5	1	gekräuselt	Kleine schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumköpfe
leichte Brise	2	1,6 - 3,3	2	schwach bewegt	Kleine Wellen, noch kurz, aber ausge- prägter. Kämme sehen glasig aus, bere- chen sich nicht
schwache Brise	3	3,4 - 5,4			Kämme beginnen sich zu brechen. Schaum überwiegend glasig, ganz ver- einzelt können kleine weiße Schaumköp- fe auftreten
mäßige Brise	4	5,5 - 7,9	3	leicht bewegt	Wellen noch klein, werden aber länger. Weiße Schaumköpfe treten schon ziem- lich verbreitet auf
frische Brise	5	8,0 - 10,7	4	mäßig bewegt	Mäßige Wellen, die eine ausgeprägte lange Form annehmen. Überall weiße Schaumkämme. Ganz vereinzelt kann schon Gischt vorkommen.
starke Brise	6	10,8 - 13,8	5	grob	Bildung großer Wellen beginnt. Kämme brechen sich und hinterlassen größere weiße Schaumflächen. Etwas Gischt
steife Brise	7	13,9 - 17,1	6	sehr grob	See türmt sich. Der beim Brechen entste- hende weiße Schaum beginnt sich in Streifen in Windrichtung zu legen.
stürmisch	8	17,2 - 20,7	7	hoch	Mäßig hohe Wellenberge mit Kämmen von beträchtlicher Länge. Von den Kan- ten der Kämmen beginnt Gischt abzuwe- hen. Schaum legt sich in gut ausgepräg- ten Streifen in die Windrichtung.
Sturm	9	20,8 - 24,4			Hohe Wellenberge, dichte Schaumstrei- fen in Windrichtung. "Rollen" der See beginnt. Gischt kann die Sicht schon be- einträchtigen.
schwerer Sturm	10	24,5 - 28,4	8	sehr hoch	Sehr hohe Wellenberge mit langen über- brechenden Kämmen. See weiß durch Schaum. Schweres stoßartiges "Rollen" der See. Sichtbeeinträchtigung durch Gischt.
orkanartiger Sturm	11	28,5 - 32,6	9	außergewöhnlich schwere See	Außergewöhnlich hohe Wellenberge. Kanten der Wellenkämme werden zu Schaum zerblasen. Durch Gischt herab- gesetzte Sicht.
Orkan	12	32,7 - 36,9			Luft mit Schaum und Gischt angefüllt. See vollständig weiß. Sicht sehr stark herabgesetzt. Jede Fernsicht hört auf.

Abbildung 16: Quelle: http://www.dr-smai.de/Literatur/Geb-4/80_fi_heft_90a_mai.cpa_zi.pdf, S.33, 20.05.2018

Quellen

- Augustin, J., 2005: Das Seegangsklima der Ostsee zwischen 1958 und 2002 auf Grundlage numerischer Daten, Stuttgart
- Brauner, R., Herrmann, B. & Nafzger H.-J., 2016: Wetter auf See, Bielefeld
- Bednarz, P. & Köster, J., 2008: Stochastische Verfahren als Entscheidungshilfe für Nautiker, In: Schiff und Hafen, 2008, Heft 4, S.88-92

6.9 Gezeiten der Meere

Gezeiten der Meere

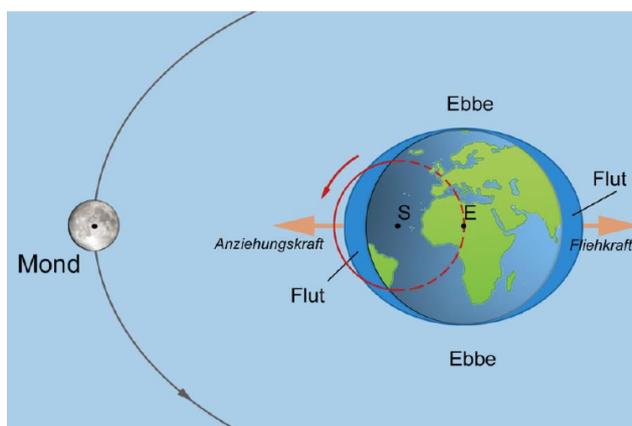
Lorena Lagos-Rivas

Begrifflichkeiten

„Gezeiten“ oder auch „Tiden“ wird das Zusammenspiel zwischen Ebbe und Flut genannt. Dabei bezeichnet der Begriff „Ebbe“ den Übergang von Tidehochwasser (der Zeitpunkt des höchsten Wasserstandes) zu Tideniedrigwasser (der Zeitpunkt des niedrigsten Wasserstandes) und „Flut“ den Übergang von Tideniedrigwasser zu Tidehochwasser.

Entstehung

Die Gezeiten der Meere auf der Erde werden in erster Linie durch die Wirkung des Mondes auf die Erde erzeugt. Die Gravitationskraft, die der Mond auf die Erde ausübt, nimmt umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands zum Mond ab. Sie ist also nicht an allen Punkten der Erde gleich groß. Die Erde und der Mond kreisen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt (Baryzentrum), welcher sich auf der Erde selbst befindet. Die dadurch entstehenden Zentrifugalkräfte sind überall auf der Erde gleich groß. Aus der Überlagerung der Gravitationskraft des Mondes und der Zentrifugalkraft der Erde ergibt sich die, für jeden Punkt der Erde individuelle, Gezeitenkraft.



Auf der dem Mond zugewandten Seite, überwiegt die Gravitationskraft des Mondes, sodass ein Flutberg entsteht. Auf der entgegengesetzten Seite überwiegt die Zentrifugalkraft der Erde, sodass dort ebenfalls ein Flutberg entsteht.

Abbildung 17: https://www.goruma.de/export/sites/www.goruma.de/Globale_Inhalte/Bilder/Content/G/Geografie_Gezeiten_Ebbe_Flut_5_1500.jpg

Besondere Ereignisse unter Einfluss der Sonne

Springtide (im Volksmund auch Springflut): Wenn die Erde, der Mond und die Sonne auf einer Geraden angeordnet sind, kommt es zu besonders starken Flutbergen und Ebbetälern. Dies ist bei Vollmond und bei Neumond der Fall.

Nipptide (im Volksmund auch Nippflut): Wenn die Erde und der Mond in einem rechten Winkel zur Sonne stehen, kommt es zu besonders schwach ausgeprägten Flutbergen und Ebbetälern. Dies ist bei Halbmond der Fall.

Periodizität

An jedem, am Meer liegenden Ort, kann zweimal pro Tag ein Wasserberg und ein Wassertal beobachtet werden. Zwischen zwei Hochwassern (oder zwei Niedrigwassern) vergehen ca. 12 Stunden und 25 Minuten. Die Erde braucht näherungsweise 24 Stunden, für eine Umdrehung um ihre eigene Achse. Die Umlaufzeit des Mondes beträgt ungefähr 27 Tage. Das heißt, während die Erde eine Umdrehung vollführt, bewegt sich auch der Mond ein Stück weiter um die Erde. Das erklärt, warum zwischen zwei Hoch-(oder Niedrig-)wassern nicht 12 Stunden vergehen, sondern 25 Minuten dazuaddiert werden müssen.

Effekte der Gezeiten

Auf offener See kann ein Anstieg des Wasserpegels um ca. 30 cm beobachtet werden. An der Küste wird durch die Gezeiten ein deutlich größerer Höhenunterschied erzeugt, da sich das Wasser dort staut. So beträgt der Tidenhub an der Nordsee bis zu 2 m. Der weltweit größte Tidenhub wird am Bay of Fundy, Kanada beobachtet, dort wurden bis zu 21 m gemessen.

Quellen

- <https://www.leifiphysik.de/astronomie/planetensystem/ausblick/gezeiten>
- <https://www.helles-koepfchen.de/die-gezeiten-ebbe-und-flut/index.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=tc1IPAObWBc&t=399s>

6.10 Wasserhaushalt der Ostsee

Wasserhaushalt der Ostsee

Finn Jonas Rolf

Allgemeines

Fläche insgesamt : 412.560 km² Volumen insgesamt : 21.600 km³ Mittlere Tiefe : 55 m (Tiefste Stelle 460 m Landsorter Tief, südlich von Stockholm)

Klassifikation

Binnenmeer(großes Nebenmeer) ; humides Randmeer

Formel für den Wasserhaushalt

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

Symbol	Beschreibung	Englisches Synonym	Umfang	Maximum	Minimum
R	Zufluss durch Flüsse	Feeding River	440 km ³	Mai	Februar
P	Niederschlag	Precipitation	225 km ³ / 545 mm	800 mm Flensburger Förde	400 mm Bottnischer Meerbusen
E	Verdunstung	Evaporation	-185 km ³	Spätsommer/ Herbst	Bei Eisbedeckung

Symbol	Beschreibung	Englisches Synonym	Umfang	Vorkommen
I	Einstrom in die Ostsee	Feeding Inflow	470 km ³	60 Einstromlagen je ~ 10 Tage
O	Ausstrom in die Nordsee	Outflow	-950 km ³	60 Ausstromlagen je ~ 20 Tage

Messungen & Daten – Wie kommt man auf den Umfang der jeweiligen Komponenten in der Gleichung?

Der Niederschlag wird mittels Radardaten ermittelt und mit küstenahen Stationen interpoliert, da auf See keine Niederschlagsmessungen durchgeführt werden. Die Verdunstung ist proportional zur turbulenten Durchmischung (parametrisiert durch den 2m-Wind) und dem vertikalen Dampfdruckgradienten. Die Verdunstungsmenge wird durch empirische Methoden näherungsweise bestimmt. Die Gesamtmenge von einströmenden Nordseewasser & ausströmenden

Ostseewasser wird mittels Gleichungssystem bestimmt, wenn man davon ausgeht, dass sich der Salzgehalt und die Wassermenge in der Ostsee selbst nicht verändern.

Einschränkungen für Energie- und Massenaustausch

Die Erneuerung des Tiefenwassers gelingt durch den Zustrom von salzreichen, sauerstoffgesättigten Nordseewasser in der Tiefe. Sowohl der Tidenhub (nur wenige Zentimeter), als auch die Jahressgänge führen zu keiner effektiven Erneuerung. Zusätzlich bildet sich im Sommer eine thermisch verursachte Sperrschicht aus, zusätzlich die Erneuerung behindert. Im Herbst löst sich diese Sperrschicht wieder auf. Der Zustrom wird durch weitere Faktoren gestört (Unterseeische Schwellen, enge Verbindung zur Nordsee, Verschiebung der Grenzfläche zwischen Nordseewasser und Ostseewasser je nach Wetterlage)

Was passiert, wenn wir die Verbindung zur Nordsee unterbrechen?

Es findet kein Austausch mit der Nordsee mehr statt, wenn man die Meerenge zwischen Dänemark und Schweden um 20m erhöht. Der Salzgehalt und Sauerstoffgehalt des Ostseewassers würden sich stark verringern. Die Ostsee hat einen positiven Wasserhaushalt. Dies sieht man am Unterschied zwischen Einstrom- und Ausstrommengen. Durch dieses Ungleichgewicht würde sich der Wasserspiegel jedes Jahr um 116 cm steigen. Ein negativer Wasserhaushalt würde zum Absinken des Wasserspiegels führen, wie beispielsweise im Mittelmeer. Hier würde eine Unterbrechung der Verbindung zum Atlantik zum Absinken des Wasserspiegels um 97 cm jedes Jahr führen.

Quellen

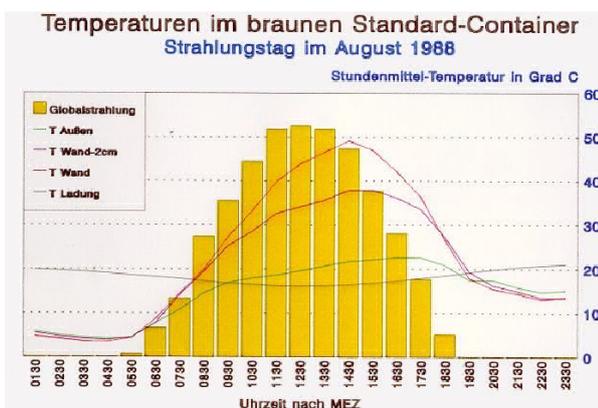
- Io-Warnemünde.de
- Meereskunde der Ostsee von Magaard und Rheinheimer aus dem Jahr 1974
- Das Ostseemodell der BAW (Bundesanstalt für Wasserbau) aus dem Jahr 2015

6.11 Laderaummeteorologie

Laderaummeteorologie

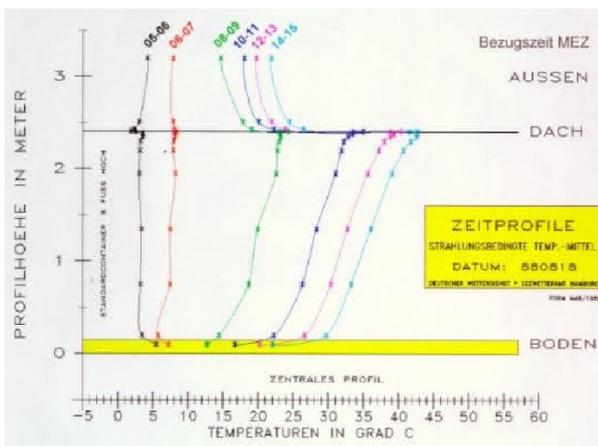
Maximilian Schellhorn

- „Teilgebiet der angewandten maritimen Meteorologie, das sich mit den meteorologischen Einflüssen auf Güter beschäftigt, die zu Wasser transportiert werden. „
- Einführung der Containers als Transportmöglichkeit → Zunahme der meteorologisch bedingten Probleme



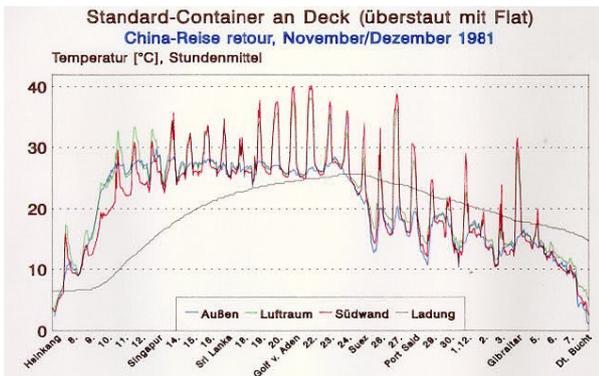
- Temperaturen in einem braunen Container deutlich höher als in einem weißen.
- Kleiner Abstand der Ladung zur Wand senkt die Temperatur schon deutlich.

Abbildung 18: ...

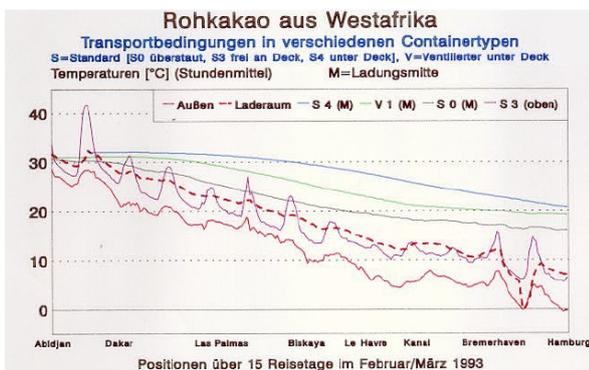


- Vertikaler Temperaturverlauf in einem Container.
- Am Boden des Containers ist die Temperatur am geringsten.

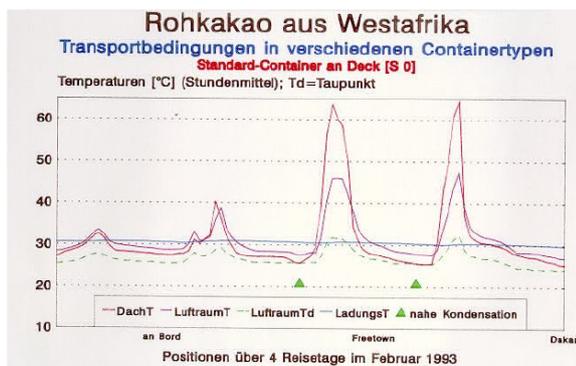
Lösung:
Einführung maximaler Stauhöhe.



- Transport von China nach Europa. Kartons mit Weinflaschen in einem 20 ft Container.
- X-Achse : Datum bzw. Position des Schiffs
- Container ist nicht komplett der Strahlung ausgesetzt, da noch einer darüber platziert wurde.



- Verschiffung von Rohkakao aus Westafrika nach Hamburg mit unterschiedlichen Container Typen.



- Beginn der Lieferung: $T_{\text{tags}} = 31^\circ\text{C}$
 $T_{\text{Nachts}} = 21^\circ\text{C}$
- Nach Beladen Gleichgewichtswert bei:
 $T = 31^\circ\text{C}$
 $r = 0,78$
 $Td = 26.5^\circ\text{C}$
- Im Laufe der Reise sinkt Temperatur \rightarrow Kondensation an Dach & Wandfläche.

Prävention

- Ventilation erfolgreich, jedoch ziemlich teuer
- Trockenmittel z.B. Granulat bei der Ladung nimmt Wasser auf. Schäden sind geringer, aber trotzdem vorhanden.

- Abdecken Abdecken der Ladung mit einer Art Backpapier hält geringe Mengen an Kondenswasser ab

Quellen

- Grunau, Peter: Meteorologie für den Nautiker: Eine Betrachtung über die wesentlichen Aspekte der Klimatologie, Meteorologie, Laderaum-Meteorologie, sowie der meteorologischen Navigation.
- <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/laderaummeteorologie/9086>[19.05.2018]
- Baak, Rolf-Werner: Laderaummeteorologische Untersuchungen und Beratungen des Deutschen Wetterdienstes.
- <http://www.tis-gdv.de/tis/tagungen/svt/svt98/baak/baak.htm#feuchte> [19.05.2018]

6.12 Meteorologische Beobachtungen auf See

Meteorologische Beobachtungen auf See

Felix Schmidt

Geschichte

Beginn der Messungen auf See liegt im 18. Jahrhundert, nachdem das Marinebarometer erfunden wurde und die Entwicklung des Thermometers zu einem präzisen Instrument stattgefunden hatte. Außerdem stellte 1805 Frances Beaufort die bekannte Beaufort-Skala auf.

Diese Messungen waren aber nicht normiert, sodass sie schwer vergleichbar waren. Im Jahr 1842 begann der amerikanische Offizier Matthew Fontaine Maury die Beobachtungen von Marine-schiffen zu sammeln und daraus bis 1847 eine Karte mit Winden und Strömungen zu entwickeln. Die Empfänger dieser Karte versprachen dann meteorologische Beobachtungen durchzuführen. Seit 1851 dienten diese Daten, um Segelanweisungen zu geben. 1853 beschloss Maury in Brüssel, dass die Marine aller Nationen, die an der Tagung teilnahmen, systematische Messungen durchzuführen haben. Die zivile Schifffahrt wurde angehalten auch Messungen ohne Pflicht durchzuführen.

Wilhelm von Freeden gründete im Jahr 1863 die Norddeutsche Seewarte in Hamburg. Dieses Amt sammelte die Beobachtungen, erstellte Segelanweisungen, die wieder an die Kapitäne zurückgegeben wurden. Die Messungen wurden alle vier Stunden beginnend um 4 Uhr durchgeführt (Wachwechsel auf den Schiffen). Ab 1927 wurden die Beobachtungen per Funk übermittelt, sodass die Schiffe jederzeit mit den aktuellsten Daten versorgt waren. Dies führte außerdem zu der Entwicklung eines Datenschlüssels, der in leicht abgeänderter Form heutzutage immer noch existiert.

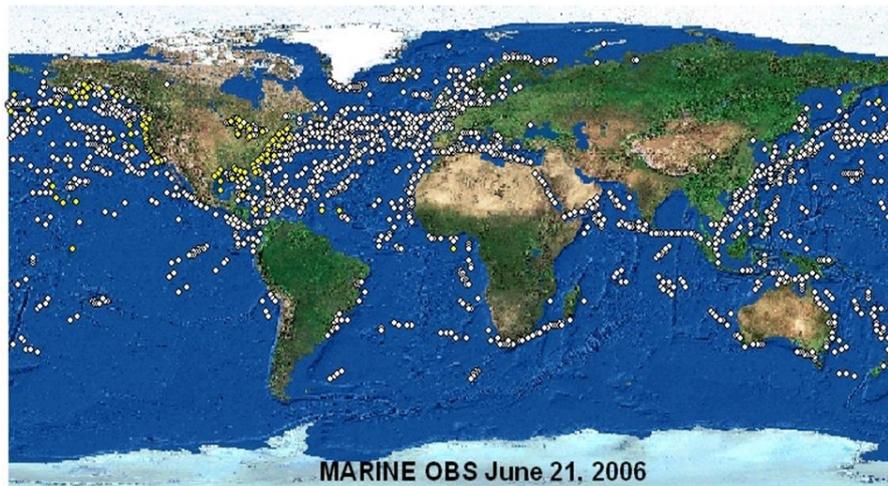
Heutige Beobachtungen

Die meisten Beobachtungen auf See werden immer noch auf Schiffen durchgeführt. Insgesamt melden mehr als 450 vom DWD ausgerüstete Schiffe regelmäßig den Zustand der Atmosphäre. Durch computergestützte Aufnahme und Satellitenübertragung können die Daten direkt an die Wetterdienste übermittelt werden und fließen somit auch in die Wettervorhersagemodelle ein. Trotz vollautomatischer Messsysteme an Bord einiger Schiffe, werden einige Parameter wie Bedeckungsgrad, Wellengang und Sichtweite noch von den Mannschaften durchgeführt. Die Standardausrüstung zur Messung besteht aus Barometer, Barograph, Schleuderpsychrometer und Wasserschöpfer zur Messung der Wassertemperatur. Pro Monat gehen somit im maritimen Datenzentrum des DWD mehr als eine Million Meldungen von Schiffen und Bojen ein.

Des Weiteren existiert das VOS – Voluntary Observing Ship - Programm, an dem 4000 Schiffe weltweit teilnehmen. Der größte Teil ist im Nordatlantik und dem Nordpazifik unterwegs, wodurch es wichtiger ist, dass Schiffe, die in südlichen Gewässern verkehren, an diesem Projekt

teilnehmen. In der nachfolgenden Grafik ist ein typischer Messtag aller Schiffe, die im VOS-Programm verzeichnet sind, abgebildet. Dort ist auch der Unterschied zwischen Nord und Süd zu erkennen. Dadurch ist der Wetter in den nördlichen Gewässern deutlich besser bekannt.

Typical Daily Observations



Quellen

- http://images.slideplayer.com/25/7641244/slides/slide_6.jpg
- http://www.vos.noaa.gov/vos_scheme.shtml
- https://www.dwd.de/DE/leistungen/metschiffsjournale/geschichte_met_journale.html
- <http://www.internetloge.de/arstzei/obs.htm>
- alte Exkursionsberichte

6.13 Sturmfluten

Sturmfluten

Karen Schreiber

Per Definition ist eine Sturmflut ein “durch starken Wind verursachtes Ansteigen des Wassers an der Meeresküste und in den Flussmündungen im Küstengebiet, wenn die Wasserstände einen bestimmten Wert überschreiten”. (DIN 4049-3)

In Meeresbereichen wo der Tiedehub keine große Rolle spielt, somit auch an der Ostsee, ist Sturmhochwasser, einem durch Sturm mit auflandigen Winden bzw ungünstigen Stömungen auftretendes Hochwasser, die korrekte Bezeichnung, jedoch wird auch hier der Begriff Sturmflut verwendet.

Klassifikation der Sturmfluten an der deutschen Ostseeküste

Sturmflut	1 – 1,25 m über mittlerem Wasserstand
mittlere Sturmflut	1,25 – 1,5 m ü. MW
schwere Sturmflut	1,5 – 2 m ü. MW
sehr schwere Sturmflut	> 2 m ü MW

Entstehung

Allgemein kommt es zu Sturmfluten bzw Sturmhochwasser, wenn starke auflandige Windfelder das Oberflächenwasser der Ostsee an die Küste drücken und somit einen Wasseranstau verursachen. Entscheidend für die Stärke einer Sturmflut ist die Streichlänge des Windes über die freie Wasseroberfläche der Ostsee. Für die deutsche Küste gibt es zwei Großwetterlagen bei denen es immer wieder zu Sturmfluten kommt.

Nordwestlage

Ein Tief (Orkan) zieht nördlich der Ostseeküste ostwärts. Vorderseitig herrschen Südost- bis Südwestwinde, die das Ostseewasser auf die Ostsee hinaus tragen, wo es sich anstaut. Rückseitig drücken Nordwestwinde das angestaute Wasser zurück an die Küste, wo es dann zu einem Wasseranstieg bzw -anstau kommt. Das Zurückschwappen von aufgestauten Wassermassen wird auch Badewanneneffekt genannt und ist in der Ostsee nicht unüblich.

Bei der schweren Sturmflut am 4./5.1.2017 lag eine solche Wetterlage vor. Zusätzlich wurden durch die Südwestwinde Tage zuvor, Wasser aus der Nordsee über das Kattegat, die Verbindung zwischen Nord- und Ostsee, in die Ostsee getrieben. Diese zusätzlichen Wassermassen verursachten einen höheren Füllungsgrad der Ostsee um 30 bis 40 cm. Nach Drehung des Windes

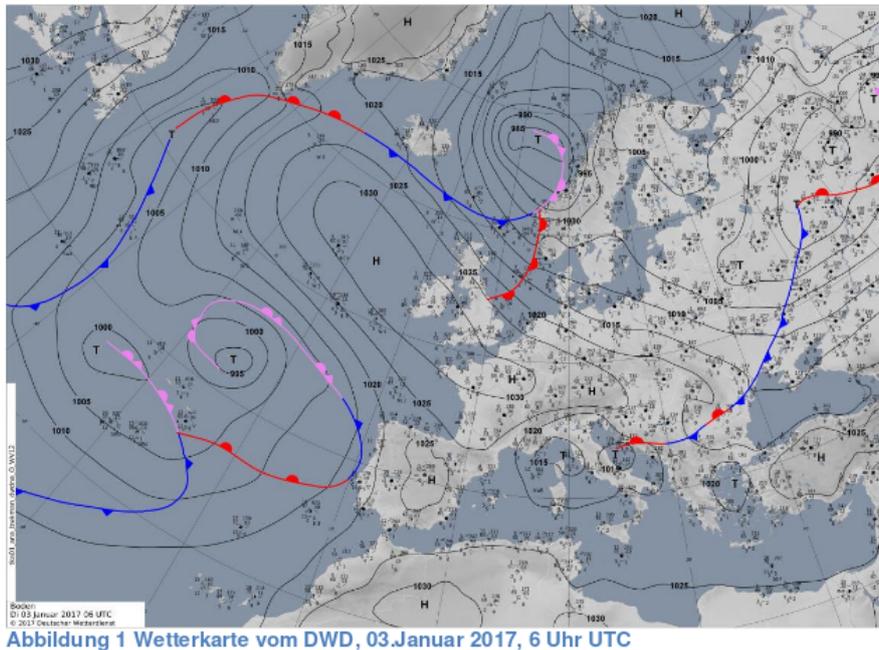


Abbildung 19: Bodendruckkarte vom 3.1.17 6 Uhr: Nordwestlage, Tief Axel zieht von Mittelnorwegen Richtung Weißrussland mit Windstärken bis zu 8 Bft

kam es zu Abweichungen vom mittleren Wasserstand von bis zu 183 cm in Wismar.

Nordostlage

Ein Hoch über Skandinavien und ein Tief welches über Südosteuropa nordwärts bis nordostwärts zieht, verursacht über der Ostsee Nordostwinde. Diese Wetterlage ist beständiger und aufgrund der longitudinalen Erstreckung der Ostsee von ca 750 km, können diese Winde einen starken Wasseranstau verursachen. Daher ist diese Wetterlage für die deutsche Ostseeküste verheerender als die Nordwestlage.

Am 5./6.10.2016 verursachte eine leichte Sturmflut bis zu 1,27 m Abweichung vom mittleren Wasserstand in Greifswald.

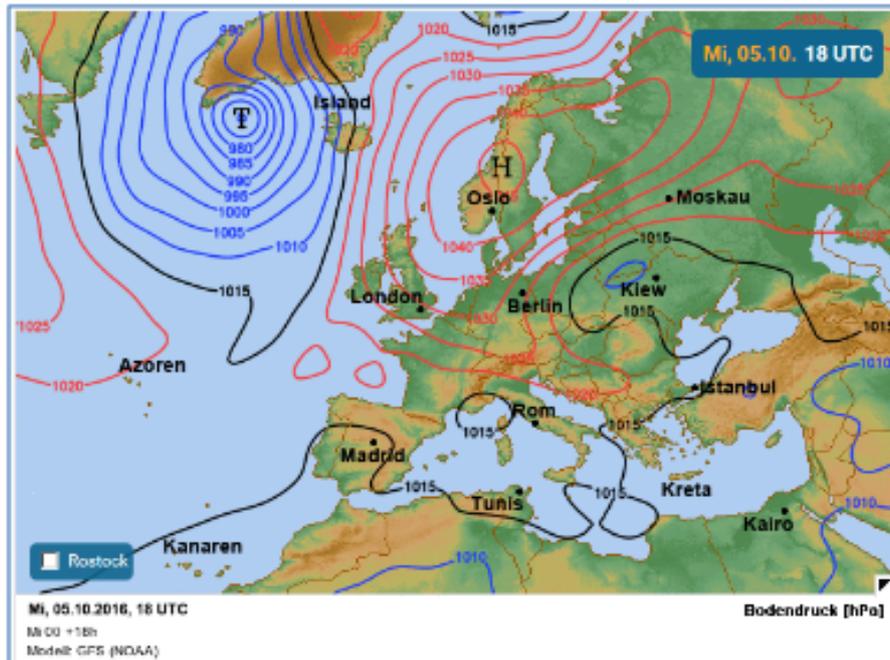


Abbildung 20: Bodendruckkarte vom 5.1.16 18 Uhr: Nordostlage, zwischen dem Hoch über Skandinavien und dem Tief welches vom schwarzen Meer nordwärts zieht, herrschten Windstärken bis zu 8 Bft

Zwei mal im Jahr tritt eine leichte Sturmflut auf, maximal alle 5 Jahre eine schwere. Die Küstenform kann Sturmfluten zusätzlich begünstigen. In golfartigen Meeren, trichterartige Flussmündungen oder lang gestreckten Seen kann das vom Wind verdrängte Wasser weder zur Seite noch nach unten ausweichen.

Quellen

- <http://www.scinexx.de/dossier-detail-33-6.html>
- <https://www.ikzm-d.de/showaddon.php?text=386>
- http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Vorhersagen/Sturmfluten/Berichte/sturmflutinfo_ostsee_20170104.pdf
- http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Vorhersagen/Sturmfluten/Berichte/sturmflutinfo_ostsee_20161006.pdf

6.14 Vermessung von Meeresströmungen

Vermessung von Meeresströmungen

Jonathan Schumann

Direkte Messmethoden

Lagrangsche Messmethoden

Allgemein: Das Verfolgen von Objekte in der Strömung, um Aufschluss über deren Charakter zu erhalten.

Tracer: Sind zum einen Farb-Indikatorstoffe, die im Wasser freigegeben werden können und aus der Luft verfolgt werden können, jedoch lassen sich diese auf Grund der Diffusion, nur über kurze Distanzen und Zeiträume beobachten. Aber auch Drift Cards - beschriftete Karten, die in größerer Anzahl an einzelnen Stellen in Küstennähe ausgesetzt werden, können über Einsendung Aufschluss über anlandende Strömungen geben. Das wohl größte Experiment mit Tracern ist den knapp 1600 wiedergefundenen Sportschuhen der Hansa Carrier zu verzeichnen. Diese verlor in einem Sturm 1990 südlich von Alaska 61.000 mit Seriennummern versehene Sportschuhe. Weit aus wissenschaftlicher orientiert ist die Messung mit ARGO-Floats, diese 1,1m langen, 25 kg schweren Schwimmkörper treiben in Tiefen von bis zu 2000m etwa vier bis fünf Jahre und messen dabei mehrere Variablen, wie etwa den Salzgehalt und die Temperatur. Die gewonnenen Daten werden alle 7 bis 10 Tage an Satelliten übermittelt, wenn der ARGO-Float auftaucht. Das Programm wurde in Verbindung mit dem Satelliten JASON entworfen. Am 19. Mai 2018 betrug die Flotte der ARGO-Floats 3834 Stück. Die Vermessung von Tiefenströmungen wurde zuvor mit RAFOS vorgenommen. Diese driftenden Schallquellen, konnten Druck und Temperatur auf dem Weg zwischen ihnen anhand des Signals bestimmen. Zum Ende ihres Einsatzes warfen diese ein Gewicht ab, stiegen zur Oberfläche und sendeten die Daten an einen Satelliten. Noch weiter zurück liegen Messungen mit Tiefensegeln, aufgrund der Boje an der Oberfläche zur optischen Positionierung hatten diese jedoch größere Fehler. Die wohl älteste Methode zur Messung von Strömungen sind die Beobachtungen von Floats und die Daten aus dem Schiffsversatz. Heute haben Forschungsschiffe dieser Art jedoch weitaus mehr Möglichkeiten, um auch beispielsweise Tiefenströmungen mittels akustischen Doppler-Strömungsmessern zu bestimmen, wie es mit Satelliten nicht möglich ist. Der entscheidende Vorteil gegenüber ARGO-Floats ist die freie Positionswahl von Schiffen, dank ihres Antriebs und die weit in die Vergangenheit reichende Datenlage aus der Messung des Schiffsversatzes. Schiffe lassen sich aber auch anders nutzen. . .

Eulersche Messmethoden

Messung an einem festen Punkt

Neben Schiffen (s.o.) werden für diese Messungen verankerte Bojen genutzt. Diese messen Betrag und Richtung der Strömung, sowohl nahe der Oberfläche, als auch in Tiefen. Verankerte Profilsonden übernehmen diese Messungen nahezu simultan, indem sie an einem Draht auf und

absteigen. Auch Bojen messen häufig Temperatur und Salzgehalt. Für Randströmungen und Wirbel werden Sonar-Signale genutzt

Passive Messungen/Satellitenmessung

Die umfangreichste Messung der Oberflächenströmung wird mit Satelliten gewonnen. So kann die komplette Meeresoberflächenströmung mit dem Altimeter der TOPEX/POSEIDON-Mission innerhalb von 10 Tagen gewonnen werden. Um aus der Laufzeit des Mirowellenimpulses aber die genau Höhe der Meeresoberfläche zu bestimmen bedarf es jedoch einiger Korrekturen. Zunächst muss der Orbit/ die Position des Satelliten auf mindestens 1cm genau bekannt sein, ehe die Modifikation der Laufzeit durch die Ionosphäre berücksichtigt wird. Aus Simulationen für die Gezeiten und den Luftdruck werden diese Einflüsse ebenfalls eliminiert. Was bleibt ist eine Höhendifferenz von 2,5 Metern über den gesamten Globus verteilt. Für diese Daten kann nun eine geostrophische Beziehung angenommen werden und man erhält die Meeresoberflächenströmung. Für stärkere Strömungen ergibt sich ein Gradient von ca. 2 cm Höhendifferenz auf einem Kilometer. Windmessungen über Ozeanen werden ebenfalls von Satelliten bestimmt. Hierbei dient die Rauigkeit der Meeresoberfläche und die damit in Relation stehende Relativität als charakteristische Messgröße, um auf den Wind zu schließen und es lassen sich beide Datensätze für ein aktuelleres Bild zusammensetzen. über die Ausstrahlung der Meeresoberfläche nach Plank und Stefan-Boltzmann kann auch zudem die Temperatur bestimmt werden, hierbei können ebenfalls Wirbel sichtbar werden, jedoch ist die Schwarzkörperstrahlung des Meeres nicht die der Oberfläche, sondern das Integral über die gesamte Tiefe und die indirekt tiefen-abhängige Wärmeleitung des Ozeans.

Quellen

- ARGO-FLOATS. web. 20. Mai 2018 www.argo.ucsd.edu
- SEOS-Project. web. 20. Mai 2018. www.seos-project.eu/modules/oceancurrents/oceancurrents-c06-p01.de.html
- Messung von Meeresströmungen. 2007 Prater, Mark. Präsentation, University of Rhode Island
- Skript und Vorlesung zur Fernerkundung I und II, Dr. Melsheimer, Christian. 2016/2018

6.15 Segelschiffe

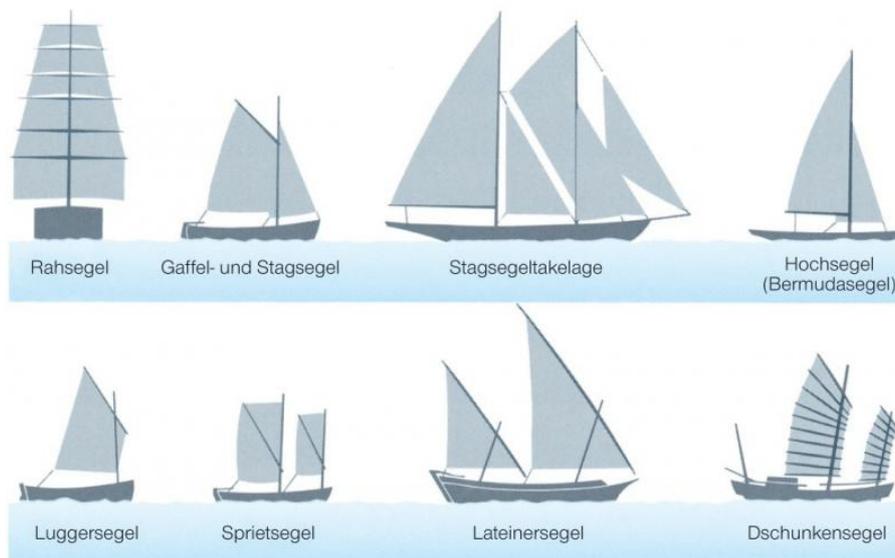
Segelschiffe

Annika Stock

Aufbau

Grundsätzlich besitzen Segelschiffe über mindestens einen Mast, mit einem Segel und im Wasser befindend am Rumpf einen Kiel, eine Kielflosse oder ein Schwert, außerdem befindet sich am Heck noch meist ein Heckruder und heutzutage sind viele Segelschiffe zusätzlich motorisiert.

Segelarten



Segelschiffstypen (Beispiele)

- Brigg: Zweimastiges Segelschiff mit Rahsegel an beiden Masten und einem zusätzlichen Schratsegel am Großmast
- Brigantine: Mischform aus Brigg und Schoner, Zweimaster mit Rahsegel am vorderen und Schratsegel am hinteren Mast
- Schonerbrigg/Halbbrigg: Untertyp der Brigantine, der am hinteren Mast nur Schratsegel führt
- Bark: mindestens drei Masten, vordere Masten mit Rahsegel, letzter Mast, mit Schratsegel

- Schonerbark/Barkentine: Mischtyp aus Bark und Dreimastschoner
- Vollschiff: mindestens drei ausschließlich rahgetakelte Masten
- Toppsegelschoner, Rahschoner: Bei diesem Typ von Schoner, verwendet man nur Rahsegel, an den zur Verfügung stehenden Masten.

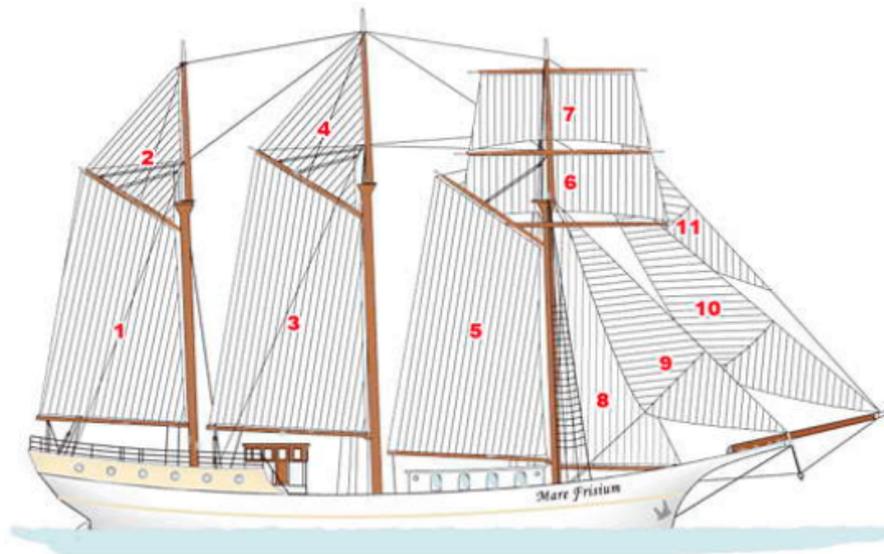
Historische Entwicklung

Wind zur Fortbewegung auf dem Wasser wurde bereits bei den Ägyptern ab ca. 3500 v. Chr. genutzt. Sie nutzten ihre Schiffe hauptsächlich für Fahrten auf dem Nil, ihre Nilschiffe hatten einen flachen Boden und hatten somit auch keinen Kiel, als Segel wurde ein Rahsegel aufgespannt. Im späteren Verlauf entwickelten die Phönizier das Kielschiff, wodurch der Laterplan größer wurde und somit die seitliche Abdrift des Schiffes durch den Wind vermindert wurde. Mit dem Kielschiff hatten die Phönizier vorerst die Vorherrschaft im Mittelmeerraum, da ohne „menschliche“ Kraft große Strecken zurückgelegt werden konnten. Im Zeitalter der Römer entwickelten diese die Schiffe der Phönizier weiter. Sie installierten zusätzlich eine Enterbücke und verlängerten das Kielschiff. Im europäischen Mittelalter wurden zu einer die „Mediterrane Entwicklungslinie“ und die „Nordeuropäische Entwicklungslinie“ weiter verfolgt. Bei der mediterranen Entwicklungslinie wurde die römische Tradition fortgesetzt. Im 5-6. Jahrhundert nach Christus löste das Lateinersegel das Rahsegel ab, da mit diesem höher am Wind gesegelt werden konnte, wodurch die Fahrzeit verkürzt werden konnte. Zusätzlich fand eine mehrfach Bemastung statt. Zu der nordeuropäischen Entwicklungslinie stammen erste Informationen aus römischen Reiseberichten über Germanien, die die Nydam-Schiffe aus dem 4. Jahrhundert beschreiben. Typisch für diese Schiffe war die symmetrische Form des Bootes. Die Wikinger entwickelten diesen Typ zu Langschiffen mit Segeln weiter, welche aber trotzdem weiter gerudert wurden. Als Handelsschiff konnte es für weite Reisen nach Island, Grönland und Amerika genutzt werden. Gegen Ende des Mittelalters kam es zur Verschmelzung der beiden Linien. Die Schiffsbauer in den Häfen übernahmen immer wieder auffällige Details der jeweils anderen Schiffe. Zu den auffälligen Merkmalen gehören Segel, Heckruder und Beplankung. Besonders von Vorteil ist eine gemischte Betakelung, da bei mehrmastigen Schiffen mit zwei Rahsegeln das Schiff sehr schlecht auf Kurs zu halten war. Kam ein dritter Mast mit einem Lateinersegel dazu, wurde das Problem schnell behoben. Ebenfalls entwickelten die Chinesen am anderen Ende der Erde ein Segelschiff. Die Dschunke hatte einen flachen, kiellosen, kastenförmigen Rumpf mit nahezu senkrechten Seitenwänden, mit Klinkerplankung. Das Segel wurde durch viele Segellatten gespreizt. In den darauf folgenden Jahrhunderten wurden immer wieder neue Segelschiffe entwickelt. In der Gegenwart werden Segelschiffe hauptsächlich nur noch als Freizeitschiffe, Sportboote, Ausbildungsschiffe und zu Tourismusangeboten verwendet.

Unser Schiffstyp - Schoner

Ursprünglich besitzt der Schoner zwei Masten, von denen der vordere Mast kleiner als der hintere Mast ist. Der vordere Mast wird auch Schonermast genannt. Das Gaffelsegel am Schonermast heißt Schonersegel, das Gaffelsegel am hinteren Mast heißt Großsegel. Vor dem Schonermast

werden meist zwei Klüversegel und ein Focksegel gefahren. Stagesegelschoner tragen statt der Rah- oder Gaffelsegel dreieckige Stag- und am hinteren Mast ein Bermudasegel. Am Fockmast werden die üblichen Vorsegel gefahren. Durch diese Takelung können die Schiffe sehr hoch am Wind segeln.



- | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|
| 1. Besan | 5. Schonersegel | 9. Innenklüver |
| 2. Besantopsegel | 6. Untermars | 10. Außenklüver |
| 3. Großsegel | 7. Obermars | 11. Flieger |
| 4. Großtopsegel | 8. Fock | |

Topsegelschoner

6.16 Klima der Ostsee

Klima der Ostsee

Erika Urbach

Einordnung in die Klimazonen

Die Ostsee weist zwei unterschiedliche Klimazonen auf: Der südliche Teil der Ostsee liegt in der gemäßigten Klimazone, der nördliche Teil in der borealen Klimazone. Im Westen an der deutschen und dänischen Küste herrscht aufgrund der Westwinde ein gemäßigtes maritimes Klima, das sogar einige recht milde Mikroklimata aufweist. Zum Osten hin wird das Klima deutlich kontinentaler. Aufgrund der Tatsache, dass die Ostsee ein vom Golfstrom abgekoppeltes Binnenmeer ist, dass sich zwischen dem 53. und 65. Breitengrad nördlicher Breite erstreckt, ihre Fläche recht klein ist und der Salzgehalt sehr niedrig ist, entwickelte sie kein eigenes maritimes Klima. Dies führt dazu, dass die Ostsee im Winter teilweise und manchmal auch vollständig vereist.

Klimadaten

Lufttemperatur: maximal 22 °C, minimal –8 °C

Wassertemperatur: maximal 17 °C, minimal 2 °C

Sonnenstunden: maximal 9 h, minimal 1 h

Regentage: 117 Tage im Jahr

Wind: W/SW-Wind mit maximal 7 – 9 $\frac{m}{s}$ (Dezember) und minimal 4 – 5 $\frac{m}{s}$ (Mai/Juni)

Klimatabelle Ostsee (Deutschland)

	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
 Maximal-Temperatur	-3°	-2°	3°	10°	17°	21°	22°	21°	17°	9°	4°	0°
 Minimal-Temperatur	-8°	-7°	-4°	2°	8°	11°	12°	12°	8°	3°	-1°	-5°
 Sonnen-Stunden	1h	2h	4h	6h	7h	9h	7h	7h	4h	3h	1h	1h
 Wasser-Temperatur	3°	2°	3°	4°	7°	12°	16°	17°	15°	12°	8°	4°
 Regentage	10	8	9	10	8	9	12	10	9	9	12	11

Ostsee, Deutschland

Quellen

- <http://www.beste-reisezeit.org/pages/europa/deutschland/ostsee.php>
- <https://www.reise-klima.de/klima/ostsee>
- Exkursionsbericht Maritime Meteorologie 2010

6.17 Meeresströmungen in der Ostsee

Meeresströmungen in der Ostsee

Felix Wagner

Ozeanographische Daten

Die Ostsee ist ein durch flache Schwellen (Drogden-Schwelle, Darßer Schwelle) und Meerengen (Öresund, Beltsee) vom Ozean getrenntes Becken mit erheblicher Süßwasserzufuhr (Nawa, Weichsel, Oder u.a.), sodass sie auch als Ästuar oder Fjord bezeichnet wird. [Rheinheimer, 1996]

Mit einer mittleren Tiefe von 55 m, einem Maximum von 7 m Tiefe im Öresund und einem Minimum von 459 m Tiefe nördlich von Gotland ist sie ein verhältnismäßig flaches Meer und die Salzverteilung weist ein ausgeprägtes Gefälle auf, mit höheren Werten im Westen (Kattegat: 30 ‰) und geringeren im Osten (Rügen: 8 ‰, östlicher Meerbusen j 6 ‰). [Fischer, 1979]

Strömungseigenschaften

Zur Erfassung von Strömungsmustern, werden sowohl verankerte Strömungsmesser als auch mobile akustische Messgeräte auf Forschungsschiffen verwendet. Jedoch verhindern die Fischerei und erhebliche Kosten der Messtechnik die direkte Messung der mitunter sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten [Lehmann, Kraus, Hinrichsen, 2002], sodass darüber hinaus auf Fernerkundungsdaten durch Satelliten sowie Unterstützung durch Computermodelle zurückgegriffen werden muss. [Rheinheimer, 1996]

Mit Ausnahme des *Baltischen Stroms*, gibt es keine hinreichend permanenten Strömungen, die in sinnvoller Weise mit einem Namen versehen werden könnten.

Vielmehr stellen sich durch physikalische Prozesse, mitunter nur lokal und auf eine Zeitskala von wenigen Tagen begrenzt, bevorzugte Strömungsrichtungen ein. Diese Strömungen werden verursacht durch:

- das Windfeld an der Wasseroberfläche
- horizontale Wasserstandsdifferenzen
- horizontale Dichtedifferenzen

[Rheinheimer, 1996]

Während an den *engen Ausgängen* der Ostsee (Kattegat, Beltsee und Öresund) vor allem Wasserstandsdifferenzen und durch den Gradienten der Salzkonzentration hervorgerufene Dichtedifferenzen eine hervorgehobene Rolle spielen und es somit auch bei Windstille zu ausgeprägten Strömungen in diesen Gebieten kommt, sind die Strömungsmuster in den großen Becken der *Inneren Ostsee* hauptsächlich vom Wind an der Wasseroberfläche verursacht. [Magaard, Rheinheimer, 1974] Aufgrund dieser Tatsache werden die beiden Regionen im Folgenden getrennt beschrieben.

Innere Ostsee

Obwohl es in der *Inneren Ostsee* häufig zu Stürmen kommt, ist der über einen langen Zeitraum gemittelte Wind sehr schwach. Eine typische Wettersituation wirkt meist nur über einen Zeitraum von wenigen Tagen und bevor sich eine länger anhaltende, windgetriebene Strömung einstellen kann, wird bereits eine neue Stromverteilung angeregt. Charakteristisch sind daher nicht stationäre Strömungen, sondern eine dauerhafte Umstellung der Strömungsmuster.

Aufgrund der großräumigen Verteilung des Salzgehaltes des Oberflächenwassers kann man auf eine sehr schwache mittlere Strömung schließen, die einen beckenweiten Wirbel mit einer Wasserbewegung gegen den Uhrzeigersinn bildet. Die Geschwindigkeiten liegen etwa in der Größenordnung von $1 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ und sind durch direkte Messungen praktisch nicht nachweisbar. Ursache dieser beckenweiten Zirkulation ist der Süßwasserüberschuss und die damit verbundene geringere Dichte des Wassers der östlichen Gebiete der Ostsee. [Rheinheimer, 1996]

Kattegat, Beltsee, Öresund

Die Wasserstands- und Dichtedifferenzen im Gebiet der *engen Ausgänge* der Ostsee sind hauptsächlich durch die Süßwasserzufuhr aus der Inneren Ostsee hervorgerufen. Zwischen dem salzärmerem Wasser der Inneren Ostsee und dem salzreicherem Wasser der Nordsee besteht ein Dichtegradient, welcher einen horizontalen Druckgradienten in Richtung des Nordseegebietes hervorruft. Das salzreichere Wasser der Nordsee dringt durch den Druckgradienten beschleunigt, in Bodennähe in Richtung Ostsee vor und an der Oberfläche strömt das salzarme Wasser durch den Öresund und die Beltsee in den Kattegat in Richtung Nordsee. Diese oberflächennahe Strömung setzt sich im Kattegat fort und bildet den *Baltischen Strom*. Im Skagerrak findet der Baltische Strom seine Fortsetzung als *Norwegischer Küstenstrom*. Das Vordringen des salzreichen Wassers in Bodennähe wird durch die Schwellen in Öresund und Belt erheblich abgeschwächt, sodass in Bodennähe keine starke, kontinuierliche Strömung nachgewiesen werden kann. [Rheinheimer, 1996]

Quellen

- **Gerhard Rheinheimer (Hrsg.)** Meereskunde der Ostsee. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (1996) Kapitel 4.2 **W. Fennel** Wasserhaushalt und Strömungen
- **A. Lehmann, W. Krauss, H-H. Hinrichsen** Effects of remote and local atmospheric forcing on circulation and upwelling in the Baltic Sea. Blackwell Munksgaard, Tellus ISSN 0280-6495 (2002)
- **Das neue Fischer Lexikon in Farbe** Band 7. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main (1979)
- **L. Magaard, G. Rheinheimer (Hrsg.)** Meereskunde der Ostsee. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1974)

6.18 Land-Seewind-Zirkulation

Land-Seewind-Zirkulation

Anonyme/r Teilnehmer/in

7 Bilder



