



INSTITUT FÜR METEOROLOGIE
UND KLIMATOLOGIE
HANNOVER

EXKURSIONSBERICHT

Maritime Meteorologische Exkursion

06. - 10. Juni 2022



begleitet von

Prof. Günter Groß und Lara Remmer



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	4
2	Teilnehmende	5
3	Route	6
3.1	Messmethode	6
3.2	Reiseroute	6
3.2.1	Gesamtüberblick	6
3.2.2	Dienstag	7
3.2.3	Mittwoch	8
3.2.4	Donnerstag	9
3.2.5	Freitag	10
4	Wetterbeobachtung	11
4.1	Großwetterlagen	11
4.2	Messungen	14
5	Vorträge	15
5.1	Die Beaufortskala	15
5.2	Land-Seewind-Zirkulation	17
5.3	Gezeiten der Meere	19
5.4	Seegang und Seegangsvorhersage	21
5.5	Sturmfluten	23
5.6	Klimawandel und Meresspiegelanstieg	25
5.7	Segelschiffe	27
5.8	Laderaummeteorologie	29
5.9	Meteorologische Beobachtung auf See	31
5.10	Entstehung und geografische Lage der Ostsee	33
5.11	Wasserhaushalt der Ostsee	35
5.12	Klima der Ostsee	37
5.13	Meereis	40
5.14	Vereisung der Ostsee	42
5.15	Framdrift	44
	Bilder	46



1 Vorwort

Nach vier Jahren und pandemisch bedingter Pause konnte die maritim-meteorologische Exkursion des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover erstmals wieder stattfinden. Vom 6. bis zum 10. Juni 2022 bewohnten 15 Studierende den niederländischen Zweimast-Schoner Zuiderzee. Beaufsichtigt von der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Lara Remmer und dem Professor Günter Groß, dirigiert von dem Matrosen Alen und gelenkt vom Kapitän Martin konnten die Meteorologie-Studierenden ein Gefühl für das Ostseeklima bekommen.

Ihren Anfang nahm die Reise in der Kieler Förde. Wind und (signifikantes) Wetter ließ nicht lange auf sich warten und prägten die ersten Stunden auf See. Ideal, um die ersten meteorologischen Messungen an Bord durchzuführen. Nach dem Durchfahren der imposanten Schleibrücke endete der erste Segeltag im gemütlichen Kappeln. Wenn alle Segel wieder eingeholt waren und das Schiff am Abend im Hafen lag, war die nächste (und wichtigste) Aufgabe die Verpflegung der 19 Personen an Bord. Hierfür nutzten die Studierenden die Küche auf dem Boot, um sehr leckere 3-Gänge-Menüs zu zaubern. Der nördlichste Punkt der Exkursion wurde am nächsten Tag im dänischen Sønderborg erreicht. Hier trauten sich auch einige Wagemutige erstmals in die eiskalte Ostsee zu springen. Nachdem die Segel am darauffolgenden Morgen früh gesetzt waren, war erneut Zeit, um weitere interessante Seminarvorträge der Studierenden rund um das Thema maritime Meteorologie auf dem sonnigen Deck zu hören. Die letzte Nacht in den Kojen wurde im Hafen des kleinen aber feinen Damp verbracht. Dieser Urlaubsort konnte sich vor allem durch den sanften Sandstrand Sternchen sichern. Am finalen Tag wurden die Segel ein letztes Mal Richtung Süden gesetzt. In Erinnerung bleiben hier besonders die Kreuz-Manöver bei der Einfahrt zurück in die Kieler Förde, von wo dann schweren Herzens der Heimweg nach Hannover angetreten wurde.

Im folgenden Bericht über die Segelexkursion 2022 teilen wir unsere Erfahrungen und die besten Momente der fünftägigen Reise auf der südwestlichen Ostsee. Insbesondere enthält diese Reportage eine Zusammenfassung der gesegelten Route, der gemessenen Wetterlage, der gehaltenen Vorträge und der geknipsten Eindrücke.

Jens Hauschopp



2 Teilnehmende

Veranstaltendes Institut

Institut für Meteorologie und Klimatologie
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität

Herrenhäuser Straße 2
30419 Hannover

Teilnehmende

Prof. Günter Groß
Lara Remmer

Alexander Steding
Anna Julia Hauschild
Colleen Zellmer
Hauke Spickmann
Jens Hauschopp
Julia Lüdemann
Kim Ebel
Lisa Digacomo
Louisa Mundry
Maja Herrmann
Sebastian Reske
Thorben Busch
Tim Schrader
Tobias Hempel
Viktor Lau

Schiffscrew

Martin
Alen

3 Route

3.1 Messmethode

Die gesamte Reise wurde mithilfe eines Arduinos aufgezeichnet. Dieser sammelt über einen GPS-Sensor verschiedene Daten (zum Beispiel die Position, die Geschwindigkeit, den Kurs, ...) und speichert diese im Sekundentakt auf eine SD-Karte. Am Computer kann diese eingelesen werden und auf einer Landkarte dargestellt werden. Außerdem kann die Reisezeit, die durchschnittliche Geschwindigkeit und die zurückgelegte Strecke ermittelt werden.

3.2 Reiseroute

3.2.1 Gesamtüberblick

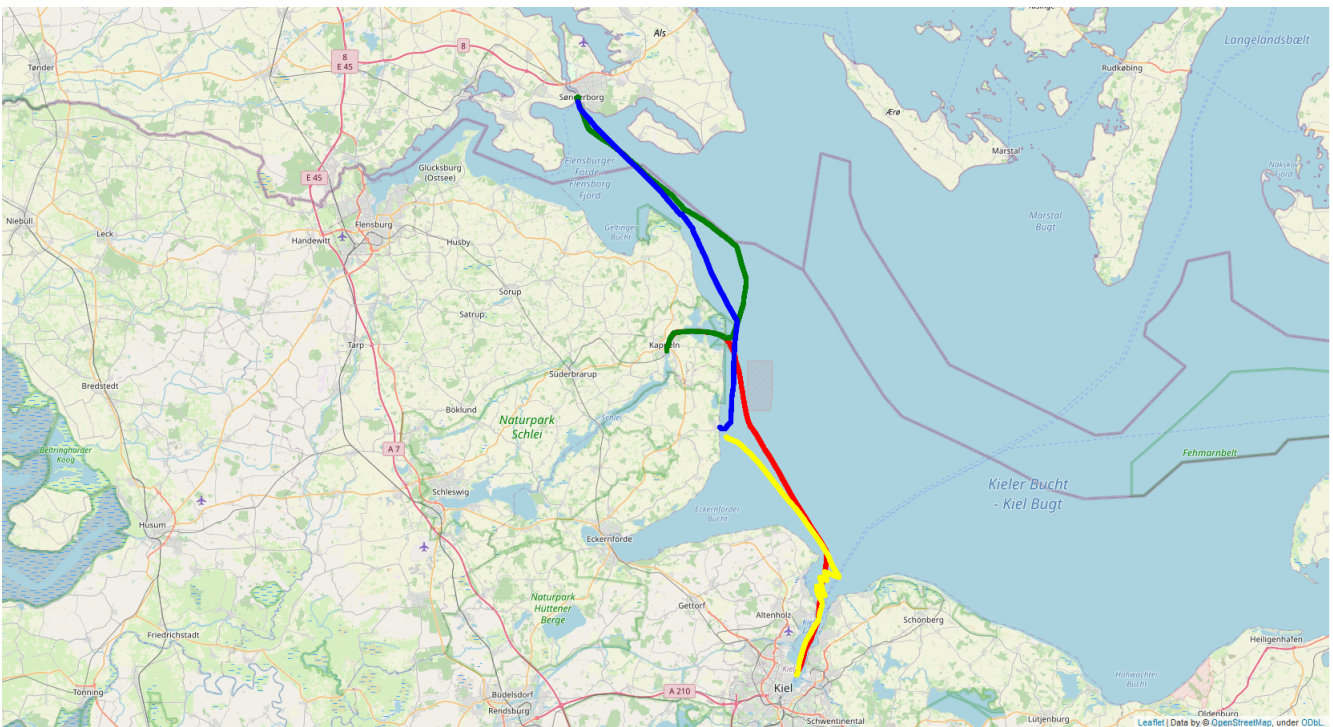


Abb. 1: Die Reiseroute im Überblick. Rot: Dienstag, Grün: Mittwoch, Blau: Donnerstag, Gelb: Freitag

3.2.2 Dienstag

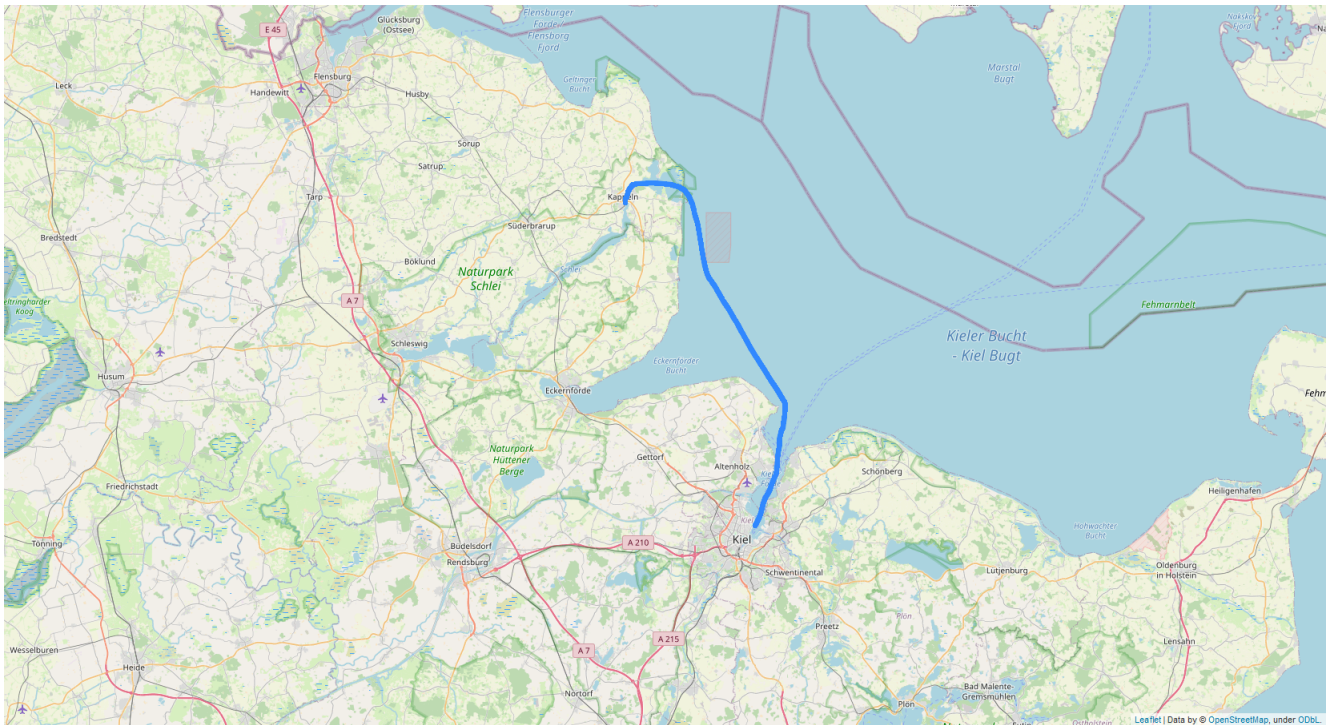


Abb. 2: Die Reiseroute am Dienstag

Am ersten Segeltag nahmen wir, nach einer kurzen Einweisung in die bzw. den wichtigsten Knoten, mit Motorkraft Fahrt in unser Abenteuer auf. Diese unruhige, mit Motorlärm versetzte Phase wurde dann aber durch unser erstes Segelsetzen kurz nach der Kieler Förde in ein angenehmes Reisen verwandelt. Vorbei an dem Leuchtturm Schleimünde ging es dann, wieder mit Motorkraft, entlang der Schlei in Richtung Kappeln, was unser Tagesziel sein sollte. Durch die Schleibrücke Kappeln hindurch erreichten wir unseren Liegeplatz nahe dem Ortskern.

3.2.3 Mittwoch

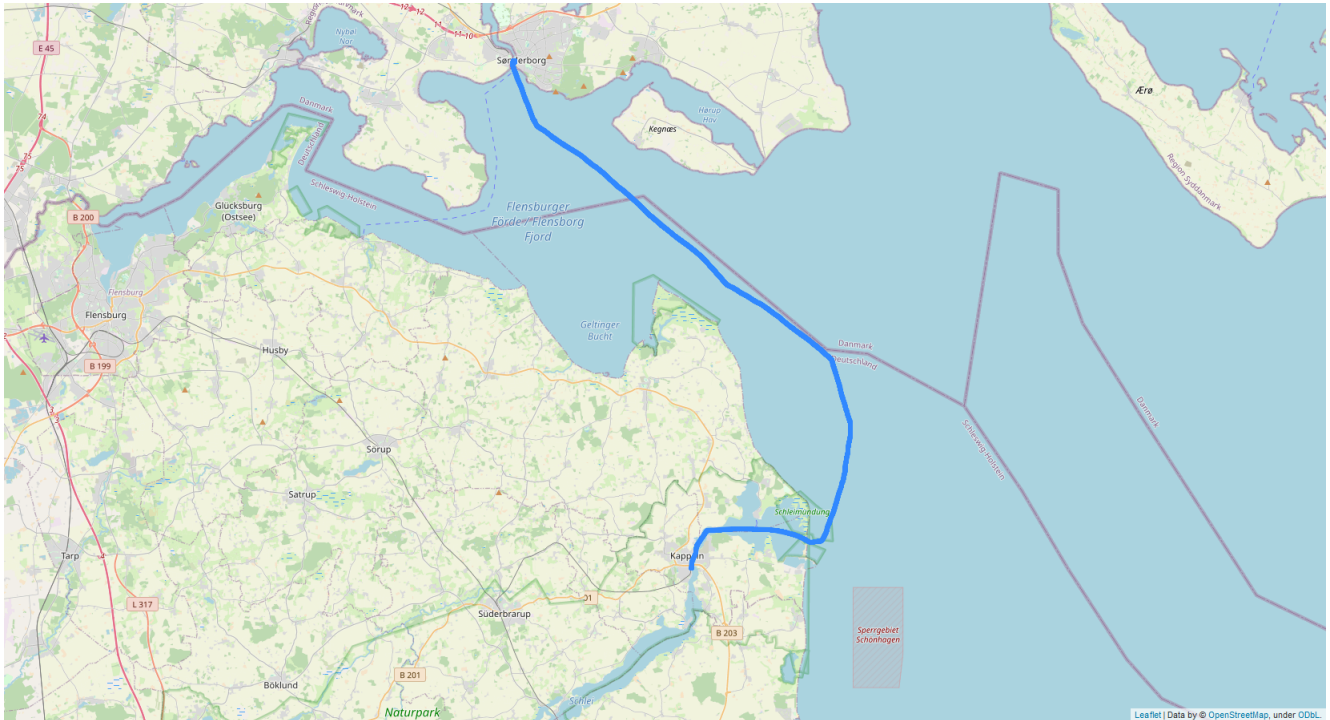


Abb. 3: Die Reiseroute am Mittwoch

Der Mittwoch war eine Antithese zum herausfordernden vergangenen Tag. Nachdem wir am Morgen von einem eindrucksvollen Hornsolo gebührend aus Kappeln verabschiedet wurden, führte uns eine leichte Brise gen Norden. Dank ruhiger See konnten wir auf unserer Reise entlang der deutsch-dänischen Seegrenze ein wenig die Seele im azurblauen Meer baumeln lassen. Nach 7h Fahrt ankerten wir an neuen Ufern im Hafen von Sønderborg und erreichten damit unsere nördlichste Position der Reise bei N 54°54,31' E 9°47,0'.

3.2.4 Donnerstag

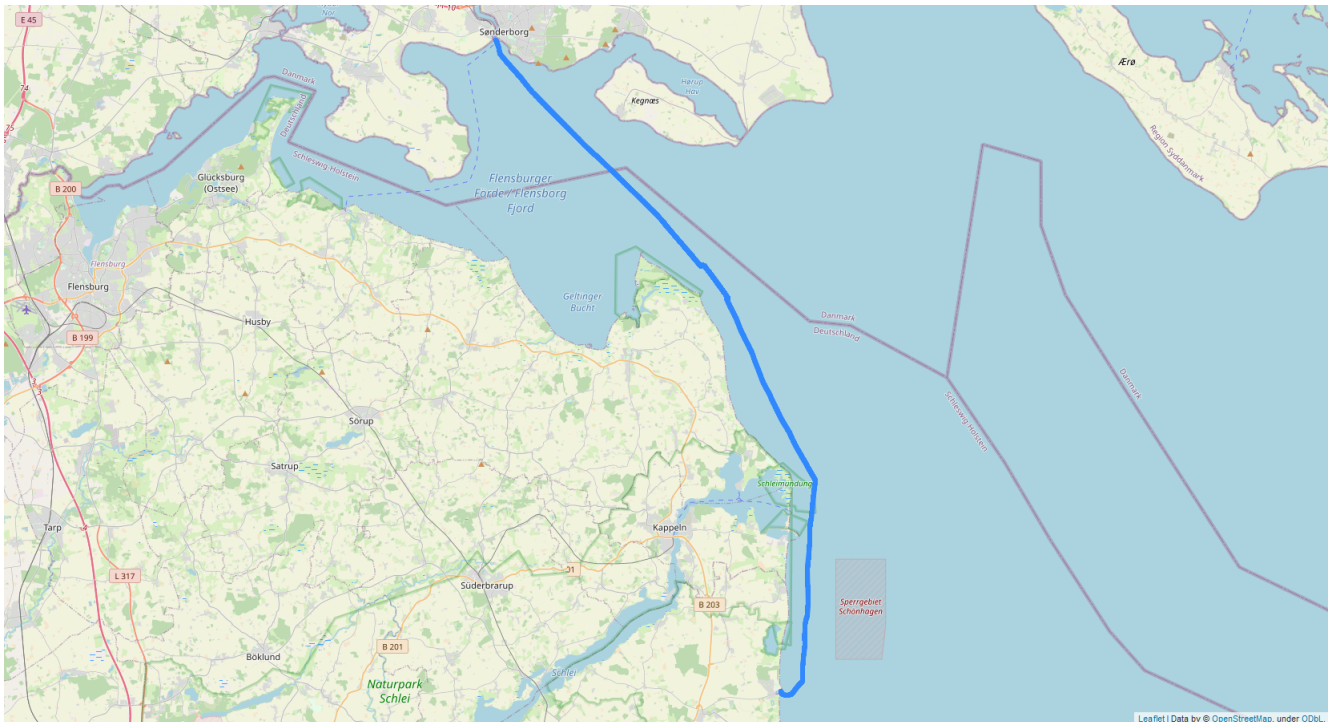


Abb. 4: Die Reiseroute am Donnerstag

Am Donnerstag ging es schon um 7 Uhr in Sønderborg los, da eine Fähre an unserer Anlegestelle anlegen wollte. Die See war an diesem Morgen sehr ruhig, weshalb wir nur langsam vorankamen. Glücklicherweise fing der Wind am Vormittag an, stärker zu wehen, sodass wir nochmal richtig segeln konnten. Nach 43,5 km zurückgelegter Strecke erreichten wir am frühen Nachmittag unser nächstes Ziel Damp.

3.2.5 Freitag

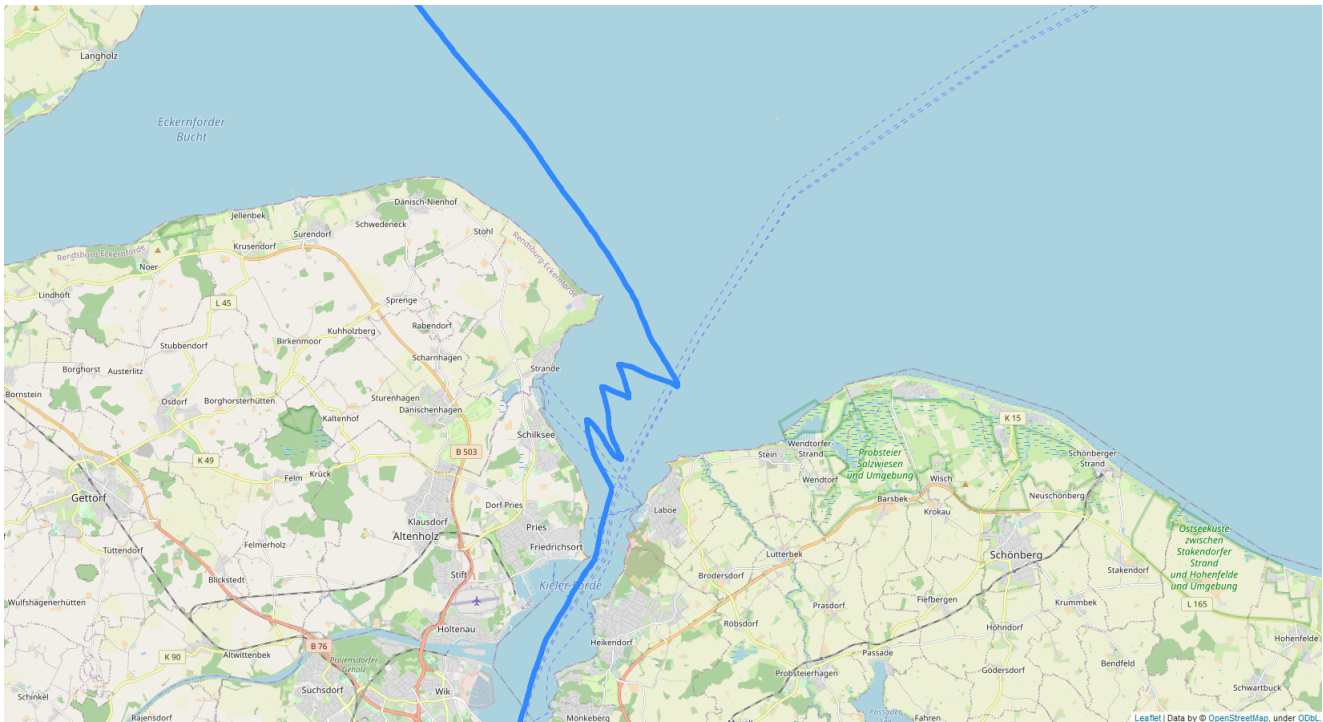


Abb. 5: Kreuzen am Freitag bei der Einfahrt nach Kiel

Am Freitag war es bereits der letzte Tag der Segelexkursion für uns. Wir legten früh von dem beschaulichen Tourismusort Damp ab und machten uns auf den Weg Richtung Kiel. Der Wind wehte nun jedoch aus der Kieler Förde heraus, was dazu führte, dass wir in diesem viel befahrenen Gewässer glücklicherweise nochmal zum Kreuzen kamen. Eine tolle Erfahrung! Dies verlängerte die Strecke, sodass wir letztlich 38 km zurücklegten. Die letzten Seemeilen nach dem Kreuzen wurden nicht mehr mit Windkraft, sondern mithilfe des Motors geschafft.

4 Wetterbeobachtung

4.1 Großwetterlagen

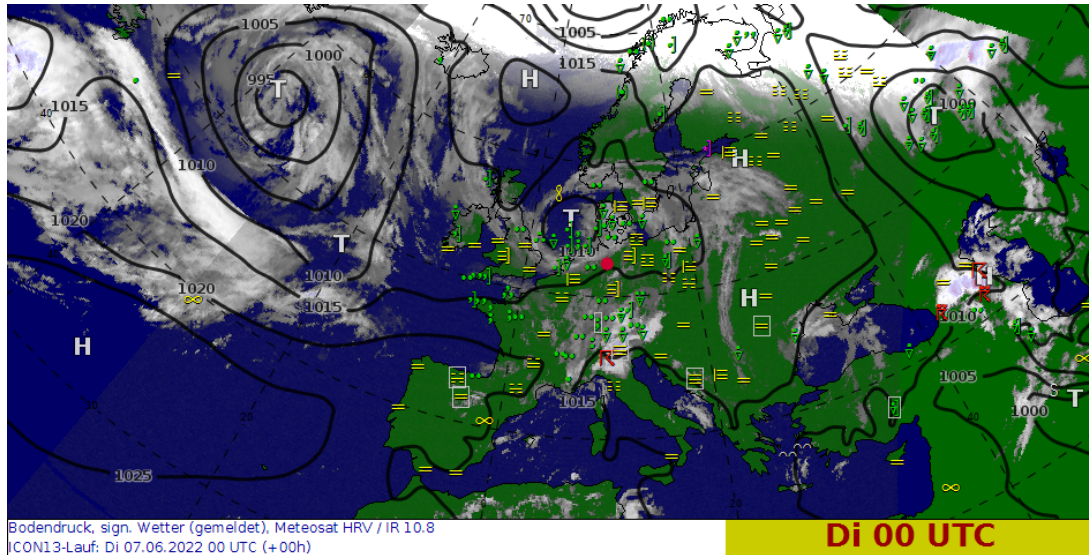


Abb. 6: Bodendruck, signifikantes Wetter (Reanalyse) am Dienstag, 07.06.2022, 00 UTC

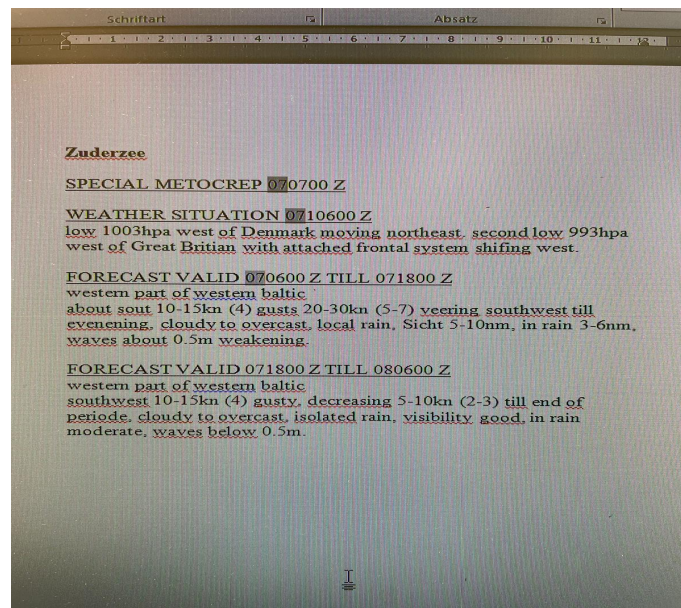


Abb. 7: Vorhersage für Dienstag, 07.06.2022, von Annika Stock (MarKdo UAbt GeoInfo, Glücksburg)

Am Dienstag, 07.06.2022, befand sich der Kern eines Tiefdruckgebiets südwestlich von Island. Dessen Randtief befand sich westlich von Dänemark. Nördlich und östlich von diesem lagen Gebiete mit höherem Druck. Über der südlichen Ostsee befand sich ein okkludiertes Frontensystem, welches für starke Bewölkung mit Niederschlag und Nebel sorgte. Der Wind wehte dabei mäßig bis frisch aus süd- bis südwestlicher Richtung.

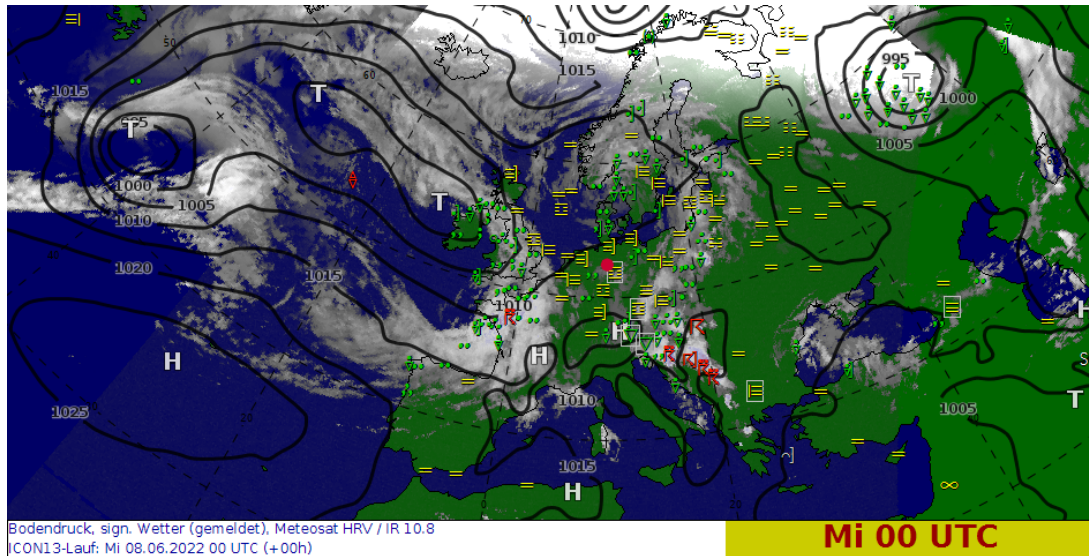


Abb. 8: Bodendruck, signifikantes Wetter (Reanalyse) am Mittwoch, 08.06.2022, 00 UTC

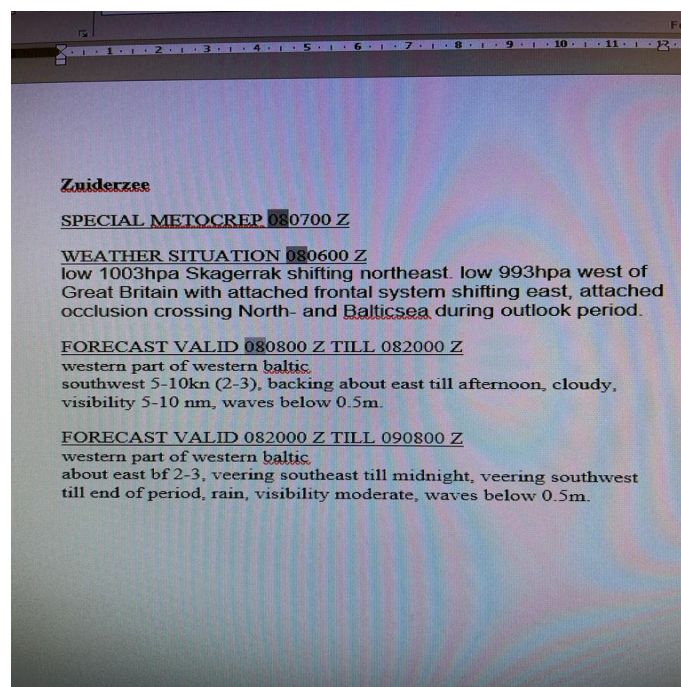


Abb. 9: Vorhersage für Mittwoch, 08.06.2022, von Annika Stock (MarKdo UAbt GeoInfo, Glücksburg)

Am Mittwoch, 08.06.2022, hatten sich die Druckgebilde vom Vortag etwas nach Osten verlagert, die Ostsee befand sich weiterhin unter Tiefdruckeinfluss. Ein Tief über Irland brachte eine neue Okklusion nach Europa, welche weiterhin für wechselhaftes Wetter mit Niederschlag und Nebel sorgte. Der Wind schwächte sich auf 2 bis 3 Bft ab und drehte etwas auf Südwest.

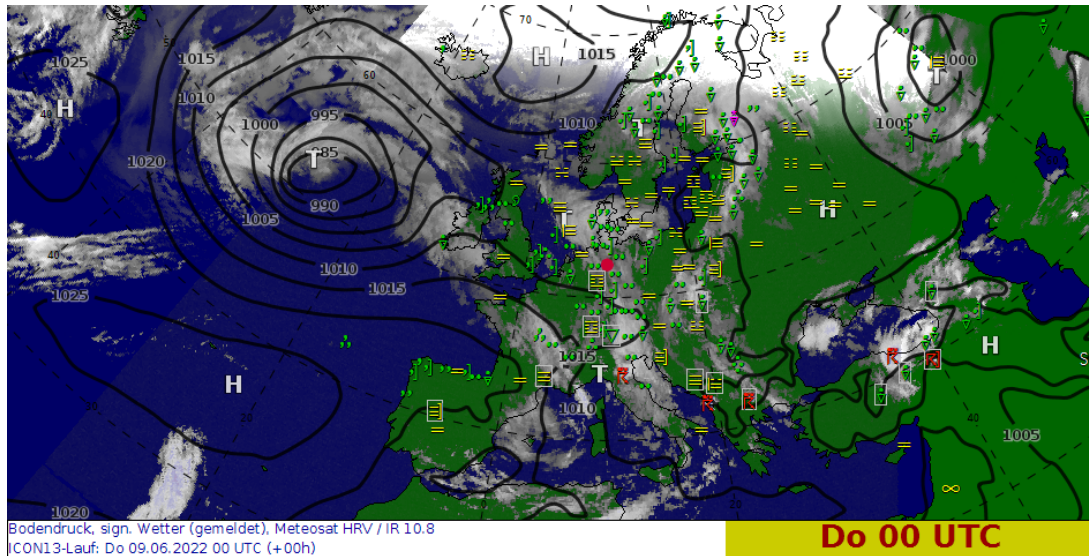


Abb. 10: Bodendruck, signifikantes Wetter (Reanalyse) am Donnerstag, 09.06.2022, 00 UTC

Am Donnerstag, 09.06.2022, hatte sich das Tiefdruckgebiet über Irland ostwärts über die Nordsee verlagert, wobei dessen Okklusion die südliche Ostsee passierte. So lockerte es nach Schauern am Morgen zum Nachmittag zunehmend auf. Der Wind drehte bei 2 bis 4 Bft zurück auf Süd bis Südwest.

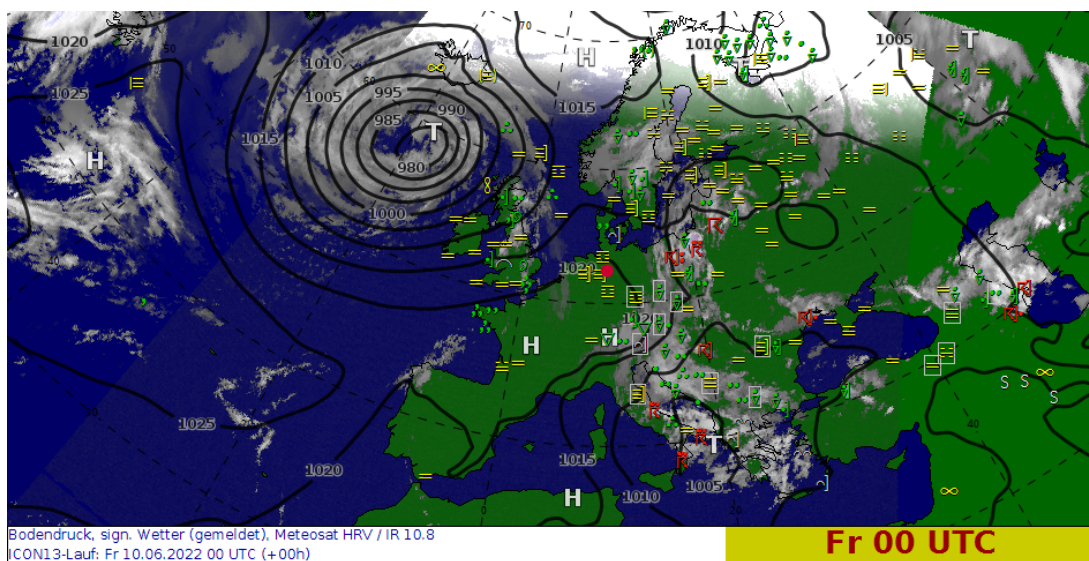


Abb. 11: Bodendruck, signifikantes Wetter (Reanalyse) am Freitag, 10.06.2022, 00 UTC

Am Freitag, 10.06.2022, breitete sich ein Hochdruckgebiet über Frankreich weiter nach Nordosten aus. Nord- und Ostsee lagen unter leichtem Hochdruckeinfluss. Somit war es heiter bis wolkig. Der Wind blieb bei 2 bis 4 Bft aus Süd bis Südwest.



4.2 Messungen

Datum	Uhrzeit	Position	Temperatur [°C]			Windgeschw. [kn]		Windrichtung [°]		Bewölkung	Wolken	sign. Wetter
			T _{Luft}	T _{Feucht}	T _{Wasser}	gemessen	wahr	gemessen	wahr			
07.06.22	10	54,3 N, 10,16 E	16,4	14,6	12,8	9,5	9,5			7/8		
	12	54,5 N, 10,16 E	15,5	12,4	14,5	14,7	15,5	230	260,6	8/8	Ns	Regen
	14	54,4 N, 9,58 E	15,2	13	15,8	9,3	11,9	220	233,1	7/8	Ns, Sc	Regen
	16	54,4 N, 9,56 E	15,2	12,6	17	4,7	4,7	240	240	7/8	Sc, Cu	
08.06.22	10	54,4 N, 9,56 E	17,9	14,8	15,6	2,4	2,4	240	240	7/8	Sc, Cu	
	12	54,4 N, 10,0 E	16,1	13,8	12,4	2,8	1,3	180	107,8	6/8	Sc, Cu	
	14	54,47 N, 9,59 E	16,4	13,5	13,1	1				7/8	Cu, Sc	
	16	54,52 N, 9,48 E	15,9	14	14,6	3,1	1,9	110	343,7	7/8	Sc	Regen
09.06.22	10	54,46 N, 9,58 E	16,2	15	13,2	1				5/8	Sc, Ac	
	12	54,42 N, 10,02 E	16,2	14,3	13,2	3,7	3,8	270	210	7/8	Sc	
10.06.22	14	54,4 N, 10 E	17,6	15,2	14,6	6	6,6	270	263,1	7/8	Cu, Sc	
	16	54,2 N, 10 E	19,5	16,2	14,6	4	4	260	260	4/8	Cu, Ci	
10.06.22	10	54,3 N, 10 E	17	13,2	12,4	7	10,8	205	180,4	1/8	Ci, Cs	
	12	54,2 N, 10,12 E	18	13,4	12,4	7	13,3	205	201,7	5/8	Ci, Cu	



5 Vorträge

5.1 Die Beaufortskala

Die Beaufortskala

Tim Schrader

- Einteilung der Windstärke in 13 Stufen (0 = Windstille, 12 = Orkan)
- Erlaubt Klassifizierung des Windes ohne Messgeräte
- Benannt nach dem Hydrografen Sir Francis Beaufort (1774 - 1857)

Entstehungsgeschichte

- Beaufort entwickelte eigene Windskala 1807 - beschreibt Wirkung des Windes auf eine vollgetakelte Fregatte - Windstärke 2: Fahrt bis zu 2 kn; Windstärke 7: Fahrt mit allen Segeln, bis auf Oberbramsegel, Royal und Bramsegel (die obersten Segel müssen also gerefft werden)
- Bereits verschiedene Windskalen zuvor (u.A. durch Effekt auf Windmühlen), jedoch keine einheitliche Klassifizierung
- Anfangs verteilte er die Skala selbst an Interessierte, nach und nach wurde diese mehr benutzt - 1838 gibt die Führung der Royal Navy seine Einteilung verbindlich vor
- Die Windskala hatte damals jedoch keinen spezifischen Namen; auch in Nachrufen auf seinen Tod fand dies keine Erwähnung

Änderungen an der Beaufortskala

- Weit nach der Entwicklung der Skala gab es beständige Anpassungen, zum Beispiel: Erweiterungen um die Auswirkungen an Land und auf See, Angabe der zugehörigen mittleren Windgeschwindigkeit, Erweiterung der Skala um zusätzliche Stufen und Rücknahme der zusätzlichen Stufen
- Anfang des 20. Jahrhunderts: Veröffentlichung der bekannten Einteilung durch britischen Wetterdienst - hier wurden die Auswirkungen des Windes an Land hinzugefügt
- 1927 von deutschem Kapitän Hinzufügung von Auswirkungen des Windes auf See, da Dampfschiffe die Segelschiffe ersetzen

Zusammenhänge zwischen Windstärke und Windgeschwindigkeit

- In der Seefahrt und der Meteorologie häufig die Geschwindigkeitseinheit Knoten:
1 Knoten = 1 Seemeile pro Stunde, 1 Seemeile = 1852 m
- Gute Formel: $1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 0.5 \text{ kn}$
- Der Zusammenhang zwischen Beaufortskala und Windgeschwindigkeit ist nicht linear!
- Es gilt näherungsweise die Beziehung zwischen der Windstärke v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ und B in Bft:

$$v = B + \frac{B^2}{6} \quad B = \sqrt{6v + 9} - 3$$



Windstärke [Bft]	Windgeschwindigkeit km/h / kn	Auswirkung im Binnenland	Auswirkungen auf See
0 Windstille, Flaute	< 1 / < 1	Rauch steigt senkrecht auf	spiegelglatte See
1 leichter Zug	1-5 / 1-3	kaum merklich, Rauch treibt leicht ab	leichte Kräuselwellen ohne Schaum
2 leichte Brise	6-11 / 4-6	Wind im Gesicht spürbar, Blätter rascheln	kleine Wellen, welche nicht brechen
3 schwache Brise	12-19 / 7-10	Blätter und dünne Zweige in dauernder Bewegung	vereinzelt erste Schaumbildung
4 mäßige Brise	20-28 / 11-15	Zweige und dünnere Äste bewegen sich, Staub wird aufgewirbelt	noch kleine Wellen, regelmäßig Schaumkämme
5 frische Brise	29-38 / 16-21	kleine Bäume schwanken, Wind deutlich hörbar	mäßige Wellen mit Schaumkämmen
6 starker Wind	39-49 / 22-27	Bewegung dickerer Äste, Pfeifton an Drahtleitungen	größere Wellen mit brechenden Köpfen
7 steifer Wind	50-61 / 28-33	Ganze Bäume schwanken, Windwiderstand beim Gehen	See türmt sich auf, Schaumstreifen in Windrichtung
8 stürmischer Wind	62-74 / 34-40	Zweige brechen von Bäumen, Gehen im Freiland beschwerlich	bedeutende Länge und Höhe der Wellenberge, von Kanten beginnt Gischt zu verwehen
9 Sturm	75-88 / 41-49	Äste brechen, kleinere Schäden an Häusern	hohe Wellen mit verwehter Gischt, Brecher bilden sich
10 schwerer Sturm	89-102 / 48-55	selten im Landesinneren; Bäume werden entwurzelt, bedeutende Häuserschäden,	Sichtbeeinträchtigung, sehr hohe Wellenberge, See wirkt weiß
11 orkanartiger Sturm	103-117 / 56-63	sehr selten im Landesinneren; schwerer Windbruch, verbreitet Häuserschäden	mittelgroße Schiffe können zeitweise hinter Wellenbergen verschwinden, Sicht vermindert
12 Orkan	> 118 / > 64	sehr selten im Landesinneren; schwerste Sturmschäden und Verwüstung	See vollkommen weiß, Luft voller Gischt und Schaum, keine Fernsicht mehr

Quellen

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_scale

https://www.meteo.uni-hannover.de/fileadmin/meteo/PDF/Exkursionen/2002_Segelexkursion.pdf

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/qj.49705221807>

https://de.wikipedia.org/wiki/Francis_Beaufort

5.2 Land-Seewind-Zirkulation

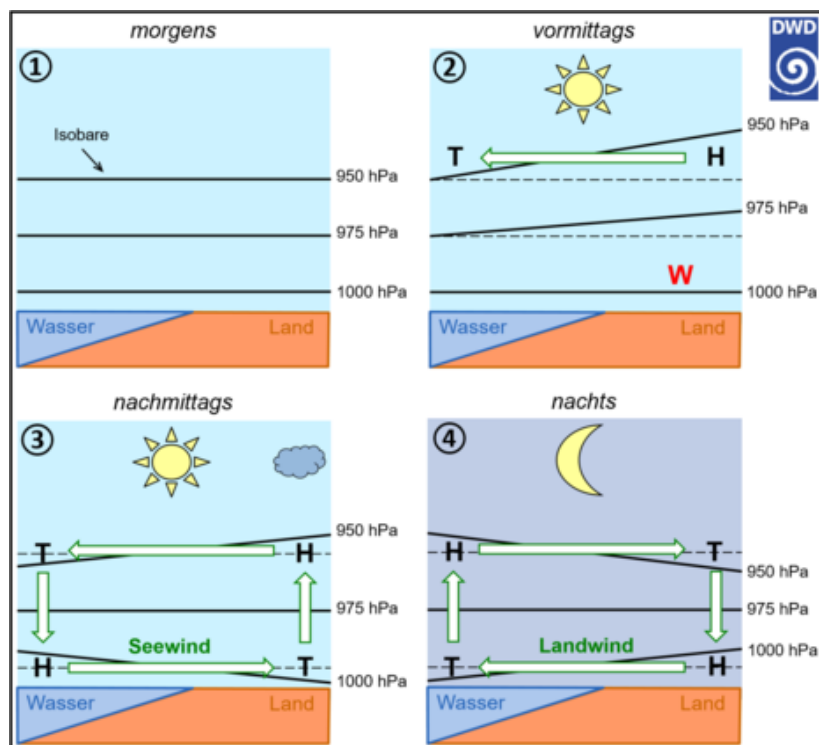
Land-Seewind-Zirkulation

Hauke Spickmann

- regelmäßiges kleinräumiges Windsystem (bestimmt regionales Klima)
- Tag: Seewind → von See zum Land (ca. 5-10 kn)
- Nacht: Landwind → vom Land zur See (ca. 3-10 kn)

Ursache:

- geringe großräumige Druckunterschiede → ausgeprägter Windrichtungswechsel
- Albedo: Wasser < Land
- Wärmekapazität: Wasser: 4,18 kJ / (kg K), Land : 0,7 kJ / (kg K)
- Landoberfläche erwärmt sich 2-3 mal schneller



**Seewind:**

- stellt sich gegen 11 Uhr ein
- Vermischung (kaltes / warmes Wasser)
- Luftsäule dehnt sich über Land stärker aus → Hebung
- Luftdruck am Boden fällt
- zunehmendes Druckgefälle → horizontale Ausgleichsströmungen in der Höhe
 - Über Wasser: Höhentief
 - Über Land: Höhenhoch
- warme Luft über See kühlt ab → Senkung
- Druckunterschied: 2 hPa → geschlossene thermische Zirkulation (Seewind)

Landwind:

- Land kühlt sich schneller ab (nachlassen der Sonneneinstrahlung)
- Meer durch seine höheren Wärmespeicherung wärmer
- Über dem Meer strömt die Luft in die Höhe → Höhenhoch
- Vom Höhenhoch (Meer) strömt Luft zum Höhentief (Land) → zum Seewind entgegengesetzte Zirkulation

Eigenschaften:

- Divergenz über See (Wolkenauflösung)
- durch Seewind → Konvektion, evtl. Niederschläge über Land
- durch Landwind → feuchte Konvektion, evtl. Gewitter über See
- Zusammenströmen von starken Seewinden über Schleswig-Holstein (Nord- und Ostsee) → Konvergenz im Landesinneren → Bildung einer mehrere Hundert Kilometer langen Quellwolkenkette (von Nord nach Süd)

Quellen:

https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2020/6/16.html

https://www.geo.fu-berlin.de/met/ag/trumpf/Lehre/Lehrveranstaltungen_alt/Grenzschicht/Land-_Seewind_Zirkulation.pdf

<https://wetterkanal.kachelmannwetter.com/was-ist-seewind-was-ist-landwind/>

https://www.wetterdienst.de/Deutschlandwetter/Thema_des_Tages/4938/die-land-seewind-zirkulation

Abbildung:

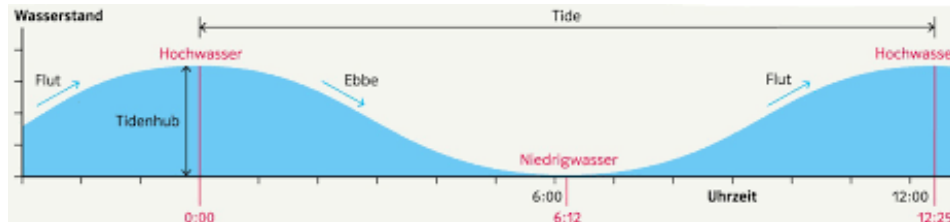
https://www.wetterdienst.de/maps/topics/2022_4_15.png

5.3 Gezeiten der Meere

Gezeiten der Meere

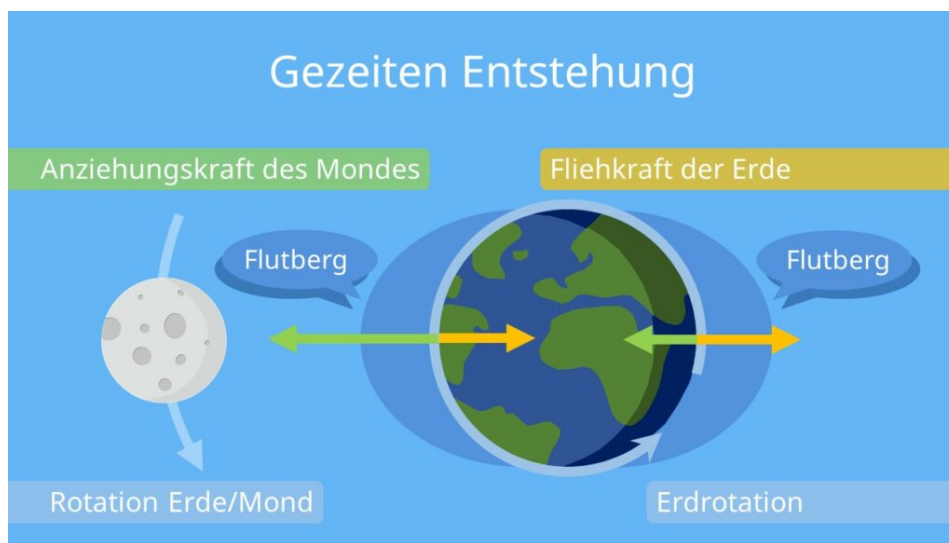
Sebastian Reske

Grundlegende Begrifflichkeiten:



Eine Tide dauert 12 Stunden und 25 Minuten. Daraus ergibt sich eine Verschiebung pro Tag um 50 Minuten. Prinzipiell ist es also die Erde die sich unter den Flutbergen dreht und die Abweichung ist eine Auswirkung des Mondes.

Entstehung der Gezeiten:

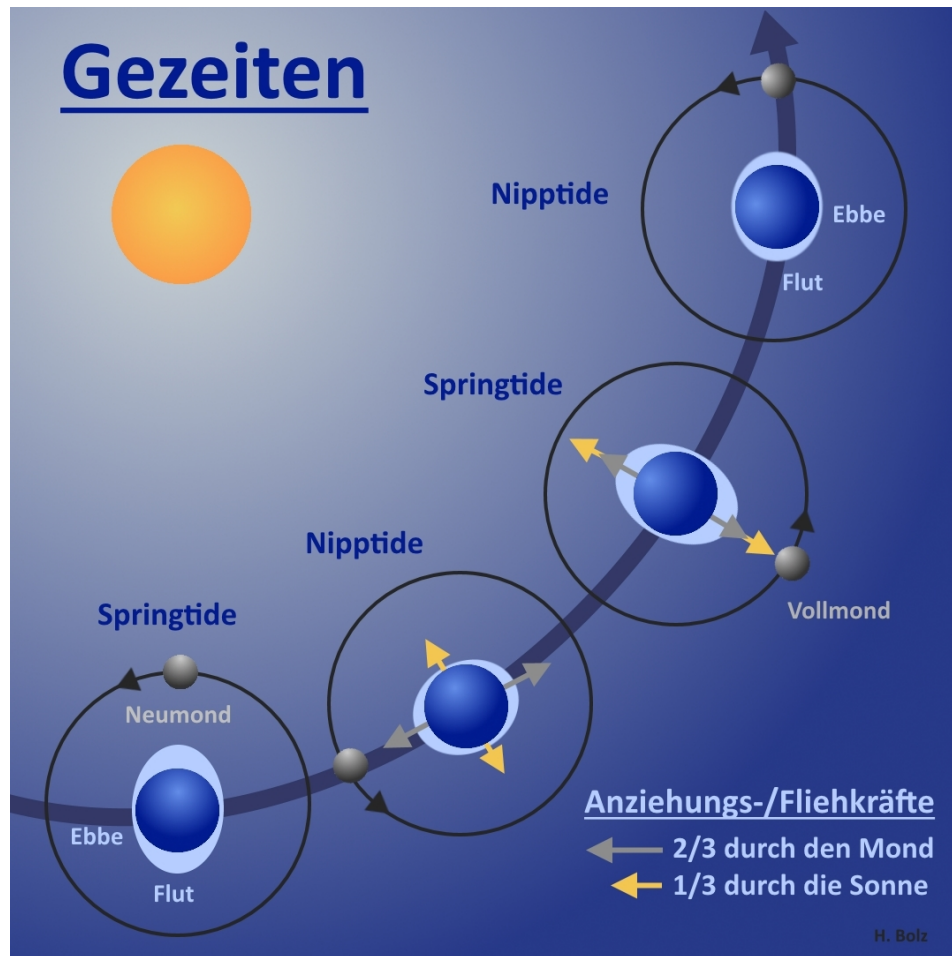


Das Baryzentrum (Erde / Mond Schwerpunkt) liegt noch unterhalb der Erdkruste. Darum entsteht auf der dem Mond abgewandten Seite ein zweiter Flutberg durch die Zentrifugalkraft der Rotation um den gemeinsamen Schwerpunkt.

Nutzung der Gezeiten:

Der Tidenhub in der Nordsee beträgt etwa 2 Meter, in der Ostsee nur etwa 30 cm und in der Bay of Fundy (Küste Kanadas) erreicht der Tidenhub ganze 21 Meter. Diese enormen Kräfte können mittlerweile auch zur Energiegewinnung beitragen. Die Nutzung in Gezeitenkraftwerken stellt eine erneuerbare Energiequelle dar, die bis zu 10% des weltweiten Strombedarfs decken könnte. Dies kann man sich wie Windräder unter der Wasseroberfläche vorstellen, die das in eine Bucht einströmende Wasser in eine Drehbewegung umwandeln.

Besondere Erde, Mond und Sonne Beziehungen:



Sogar die Erdkruste bleibt von der Anziehungskraft des Mondes nicht unbeeindruckt, da auch sie um einige Zentimeter verformt wird. Diese Verformungen kosten Energie, welche aus der Rotationsenergie der Erde und des Mondes gezogen wird. So nimmt die Drehgeschwindigkeit ab und die Tage auf der Erde werden länger. Dieser Effekt scheint mit etwa $16 \mu\text{s}$ die jeder Tag länger ist als der vorherige nicht groß, doch vor etwa 500 Mio Jahren hatte ein Tag auf der Erde nur 21 Stunden.

Quellenverzeichnis:

Abbildung 1: https://www.klett.de/sixcms/media.php/425/gezeiten_uv_material_tafelbild.pdf

Abbildung 2: <https://studyflix.de/erdkunde/ebbe-und-flut-3778>

Abbildung 3: <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Springtide>

5.4 Seegang und Seegangsvorhersage

Seegang und Seegangsvorhersage

Kim Ebel

Seegang

Winderzeugten Oberflächenwellen des Meeres

Wind entgegen der Stromrichtung des Meeres: kurzer, steiler Seegang

Wind in Stromrichtung des Meeres: langer, flacher Seegang

Windsee

- Anteil des Seegangs, der unmittelbar vom Wind angetrieben wird
- spitze Wellenkämme, einzelne Wellen nicht regelmäßig

Dünung

- gealterte Windsee
- große Wellenlänge und abgerundete Wellenberge
- schneller als Windsee, kann auch der Windsee vorauslaufen
- Anzeichen für einen herannahenden Sturm

Kreuzsee

Überlagerung von Windsee und Dünung, für Schiffe oft gefährlich

See Benennung	Beschreibung	Wellenlänge [m]	Wellenhöhe [m]	Wind [kn]
0 Vollkommen glatte See	Spiegelglatte See	-	-	0 bis 1
1 Ruhige, gekräuselte See	kleine Kräuselwellen ohne Schaumkämme	5	0,25	1 1-3
2 Schwach bewegte See	Kämme beginnen sich zu brechen, vereinzelt Schaumköpfe	25	1	2-3 4-10
3 Leichte, bewegte See	Häufigeres Auftreten der kleinen Schaumköpfe, aber noch kleine Wellen	50	2	4 11-15
4 Mäßig bewegte See	mäßige Wellen und überall weiße Schaumkämme	75	4	5 16-20
5 Grobe See	große Wellen, deren Kämme sich brechen und Schaumflächen hinterlassen	100	6	6 21-27
6 Sehr grobe See	Wellen türmen sich, der weiße Schaum bildet Streifen in Windrichtung	135	7	7 28-33
7 Hohe See	Hohe Wellenberge mit dichten Schaumstreifen; See beginnt zu "rollen"	200	10	8-9 34-47
8 Sehr hohe See	Sehr hohe Wellenberge; lange überbrechende Kämme; Gischt beeinträchtigt die Sicht	250	12	10 48-55
9 Außergewöhnlich schwere See	Schaum und Gischt erfüllt die Luft; See weiß; keine Fernsicht	>250	>12	11-12 ab 56

Abb. 12: Seegangsskala nach Peterson

Signifikante Wellenhöhe

mittlere Höhe, des höheren Drittels der in einem Gebiet und Zeitraum vorkommenden Wellen, einzelne höhere Wellen möglich

Das numerische Seegangsvorhersagesystem (SVS) des DWD

zur meteorologischen Sicherung von Seeschifffahrt und des Küstenbereichs spektrales Seegangmodell, beschreibt den Zustand des Seegangs über das Frequenz-Richtungs-Seegangsspektrum (2D Verteilung der Wellenenergie nach Wellenfrequenz und Ausbreitungsrichtung), Vorhersage über numerische Modelle

GWAM: globale Modell, horizontale Auflösung von ca. 28 km

EWAM: Europamodell, horizontale Auflösung von ca. 5 km

CWAM: Küstenmodell, horizontale Auflösung von ca. 900 m

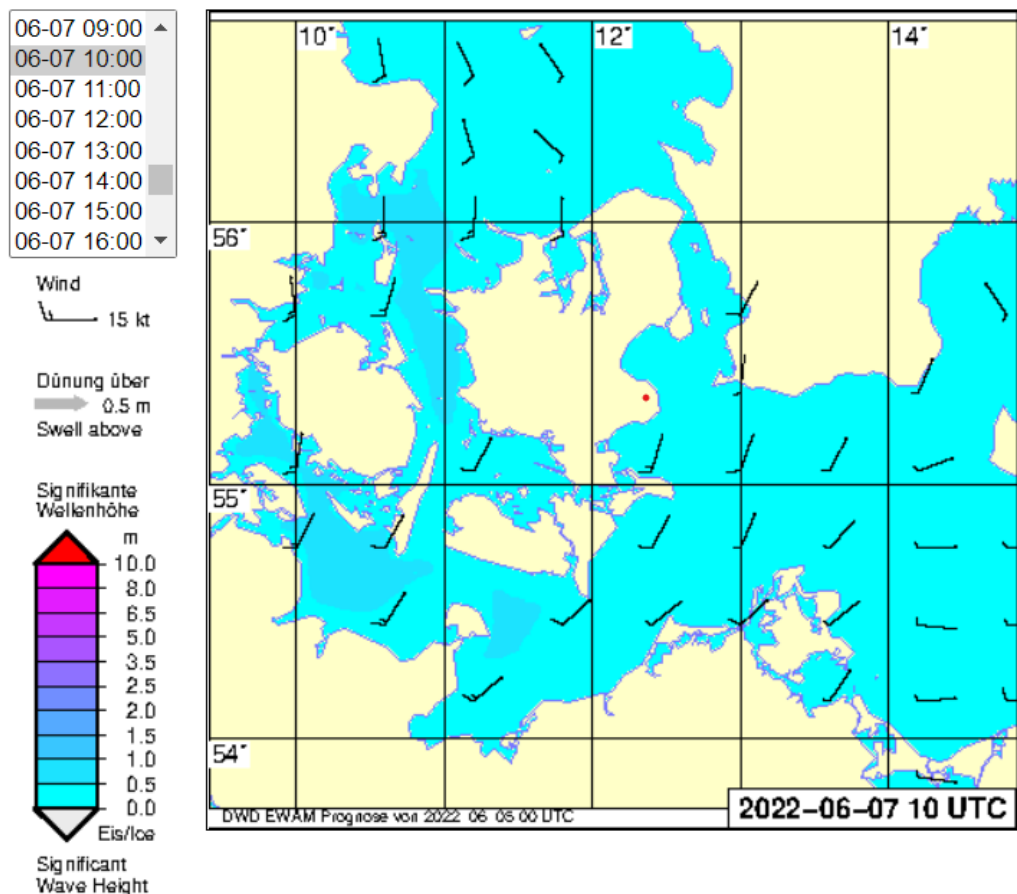


Abb. 13: Seegangsvorhersage für den 07.06.2022, 10 Uhr

Quellen

<https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/schifffahrt/seegangsvorhersagesystem.html>

<https://www2.bsh.de/akt/dat/Seegang/vorhersage/wiwe.htm>

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=581840>

<https://www.code-knacker.de/seegang.htm>

5.5 Sturmfluten

Sturmfluten

Louisa Mundry

Definition

Eine Sturmflut wird definiert als „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)

Klassifikation

Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) hat für Nord- und Ostseesturmfluten in Bezug auf das mittlere Hochwasser (MHW) bzw. den mittleren Wasserstand (MWS) folgende Klassifikation festgelegt:

	Nordsee	Ostsee
Sturmflut	1,5 bis 2,5m über MHW	1m über MWS
schwere Sturmflut	2,5 bis 3,5m über MHW	1,5 bis 2m über MWS
sehr schwere Sturmflut	> 3,5m über MHW	> 2m über MWS

Der Begriff „Sturmflut“ ist in Bezug auf die Ostsee jedoch nicht ganz korrekt, da sich dieser vorwiegend auf einen verstärkten Flutwasserstand bezieht, den die Ostsee aufgrund des kaum ausgeprägten Tidehubs nicht besitzt. Der Auslöser eines Hochwassers in der Ostsee ist somit immer Sturm. Die korrekte Bezeichnung wäre also „Sturmhochwasser“ und nicht „Sturmflut“.

Entstehung und Folgen

Generell kommt es zu Sturmfluten bzw. Sturmhochwassern, wenn starker auflandiger Wind herrscht, der das Wasser an die Küste drückt. An der deutschen Küste treten diese verstärkt im Frühjahr und Herbst auf. Im Fall des Sturmhochwassers in der Ostsee herrscht vor dem Sturmhochwasser meist Südwestwind, der das Wasser zunächst in Richtung Baltikum und finnischem Meerbusen drückt. Infolgedessen kann über längere Zeit Wasser aus der Nordsee nachfließen. Dreht der Wind dann in den folgenden Tagen bei hohen Windstärken auf Nord bis Ost tritt der sogenannte Badewanneneffekt auf. Das angestaute Wasser wird plötzlich aus dem Osten in die westliche Ostsee in Richtung Rügen und Schleswig-Holstein gedrückt. Das Wasser kann nicht schnell genug in die Nordsee zurückfließen und es entsteht das Hochwasser. Trichterförmige Küstenregionen können diesen Effekt noch verstärken.

In der Regel sind solche Sturmhochwasser mit Wellenschlag und Landverlust, besonders an Steilküsten, verbunden. Bei extremen Sturmhochwassern kann es auch zu zerstörten Häusern und sogar Todesopfern kommen.



Beispiel

Das Ostseesturmhochwasser im November 1872 war mit einem maximalen Wasserstand von 3,3m über NN das schwerste bekannte Ostseesturmhochwasser seit Beginn der Aufzeichnungen. Insgesamt hat das Sturmhochwasser an der gesamten Ostseeküste mindestens 271 Menschen das Leben gekostet, 2.850 Häuser wurden stark beschädigt oder zerstört und 15.160 Menschen verloren ihr Zuhause. Langfristig sorgte das Sturmhochwasser für die Versandung des Prerower Stroms, sodass Zingst fortan zur Halbinsel Fischland-Darß-Zingst gehörte. Statistisch gesehen gilt dieses Sturmhochwasser als Jahrtausendereignis und wird bis heute als Bemessungsgrundlage für einige Küstenschutzbauwerke genutzt.

Flutmarken des Ostseesturmhochwassers 1872:



Abb. 14: Flutmarken von 1872 aus Wieke (Greifswald), Fehmarn, dem Leuchtturm in Travemünde und dem Kellenhusener Forst (Ostholstein).

Quellen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sturmflut>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ostseesturmhochwasser>

https://de.wikipedia.org/wiki/Ostseesturmhochwasser_1872

https://www.meteo.uni-hannover.de/fileadmin/meteo/PDF/Exkursionen/2018_Segelexkursion.pdf

https://www.meteo.uni-hannover.de/fileadmin/meteo/PDF/Exkursionen/2015_Segelexkursion.pdf

5.6 Klimawandel und Meeresspiegelanstieg

Klimawandel und Meeresspiegelanstieg

Jens Hauschopp

Klimawandel ist die (global) auftretende Veränderung des Klimas. Das Erdklima hängt maßgeblich von der Entfernung und Neigung zur Sonne ab. Weitere Faktoren, die das Klima beeinflussen, sind Vulkanismus, Plattentektonik und der Zustand der Atmosphäre. Es wird zwischen natürlichem und anthropogenem (menschengemacht) Klimawandel unterschieden.

Merkmale der Klimaveränderung

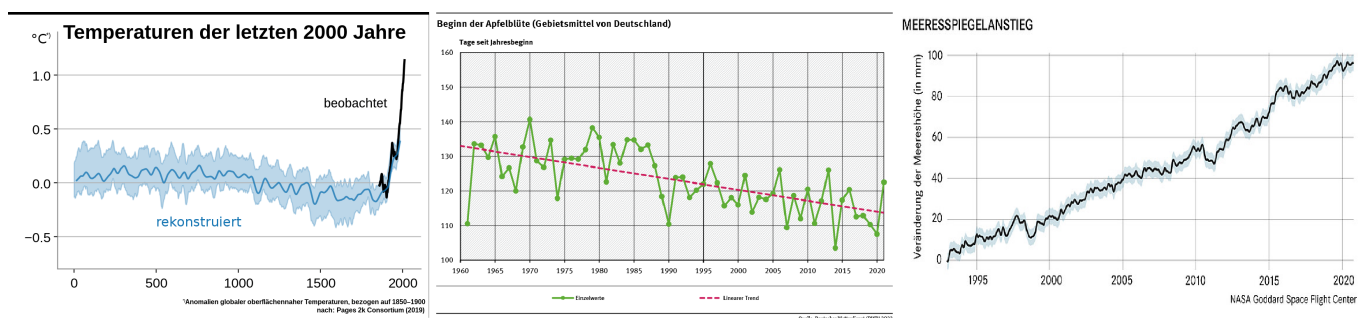


Abb. 15: Temperaturveränderung, Beginn der Apfelblüte, Meeresspiegelanstieg

Als **globale Erwärmung** wird die Erhöhung der bodennahen Mitteltemperatur der Erde seit der Industrialisierung bezeichnet. Laut IPCC beträgt der Temperaturanstieg im Vergleich zum Mittel von 1850-1900 etwa 1,1 °C. Die Jahre seit 2015 sind die Heißesten seit Messbeginn.

Dies ist hauptsächlich in dem anthropogenen **Treibhausgasausstoß** seit der Industrialisierung begründet. Dieser führt zu stetig steigenden Konzentrationen von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre, die wiederum den (anthropogenen) Treibhauseffekt verstärken:

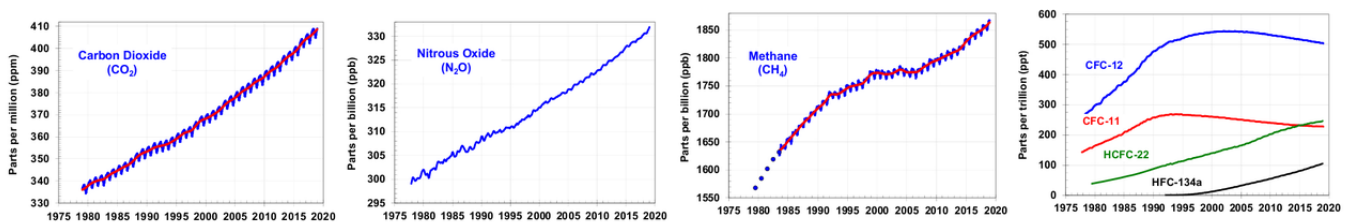


Abb. 16: Treibhausgaskonzentrationen (CO₂, N₂O, CH₄, FCKWs)

Mit den global erhöhten Temperaturen geht unter anderem ein Schmelzen von Gletschern und Eisschilden einher. Das daraus resultierende Schmelzwasser gelangt dann in die Weltmeere, wodurch es zu einem **Meeresspiegelanstieg** kommt. Neben dem Anstieg durch Schmelzwasser führt auch die Wärmeausdehnung der Meere zu einem Anstieg des Meeresspiegels. Laut IPCC beträgt dieser Anstieg insgesamt etwa 20 cm seit 1901. Im langjährigen Durchschnitt (1993-2021) steigt der Meeresspiegel in etwa 3,6 mm/Jahr an.



Folgen der Klimaveränderung

Der erhöhte Meeresspiegel wird zu häufigeren Überflutungen und einem erhöhten Salzwassereintrag führen. Die globale Erwärmung hat zur Folge, dass es eine Zunahme von Mitteltemperaturen und eine Häufung von Hitzeextremen, Starkniederschlägen, Dürren und Niederschlagsdefizite geben wird. Hinzu kommt eine Abnahme Biodiversität und Ökosystemen an Land und zur See. Allgemein fallen die Folgen des Klimawandels bei einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf nur 1,5 °C geringer aus, als im 2 °C-Szenario.

Quellen:

Klimawandel, wikipedia.org:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimawandel>

2021 war eines der sieben wärmsten Jahre, zeit.de:

<https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2022-01/wetterbilanz-2021-waermstes-jahr-wetterorganisation>

Anstieg des Meeresspiegels, statista.com:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1056576/umfrage/hoehe-des-meeresspiegels>

Climate Change 2014: Synthesis Report, IPCC

Climate Change 2018: Summary for Policymakers, IPCC

Climate Change 2021: The Physical Science Basis, IPCC

Abbildungen:

Temperaturveränderung, wikipedia.org:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimawandel>

Beginn der Apfelblüte, umweltbundesamt.de:

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/veraenderung-der-jahreszeitlichen#die-dauer-der-vegetationsperiode-nimmt-zu>

Meeresspiegelanstieg, deutsches-klima-konsortium.de:

<https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/basisfakten/10-meeresspiegel-global.html>

Treibhausgaskonzentrationen, noaa.gov:

<https://gml.noaa.gov/aggi/aggi.fig2.png>

5.7 Segelschiffe

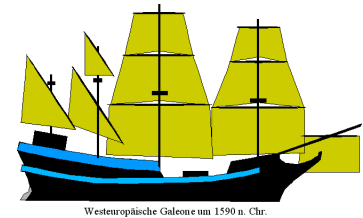
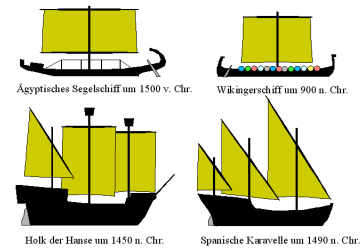
Segelschiffe Tobias Hempel

Allgemeines

- Schiff, das mit Hilfe von Segeln durch Wind angetrieben wird
- Heutzutage haben diese meist noch Motor an Bord
- Takelung: Merkmal Segelschiff
- Gruppierung über Anordnung von Masten und Segeln

Geschichte

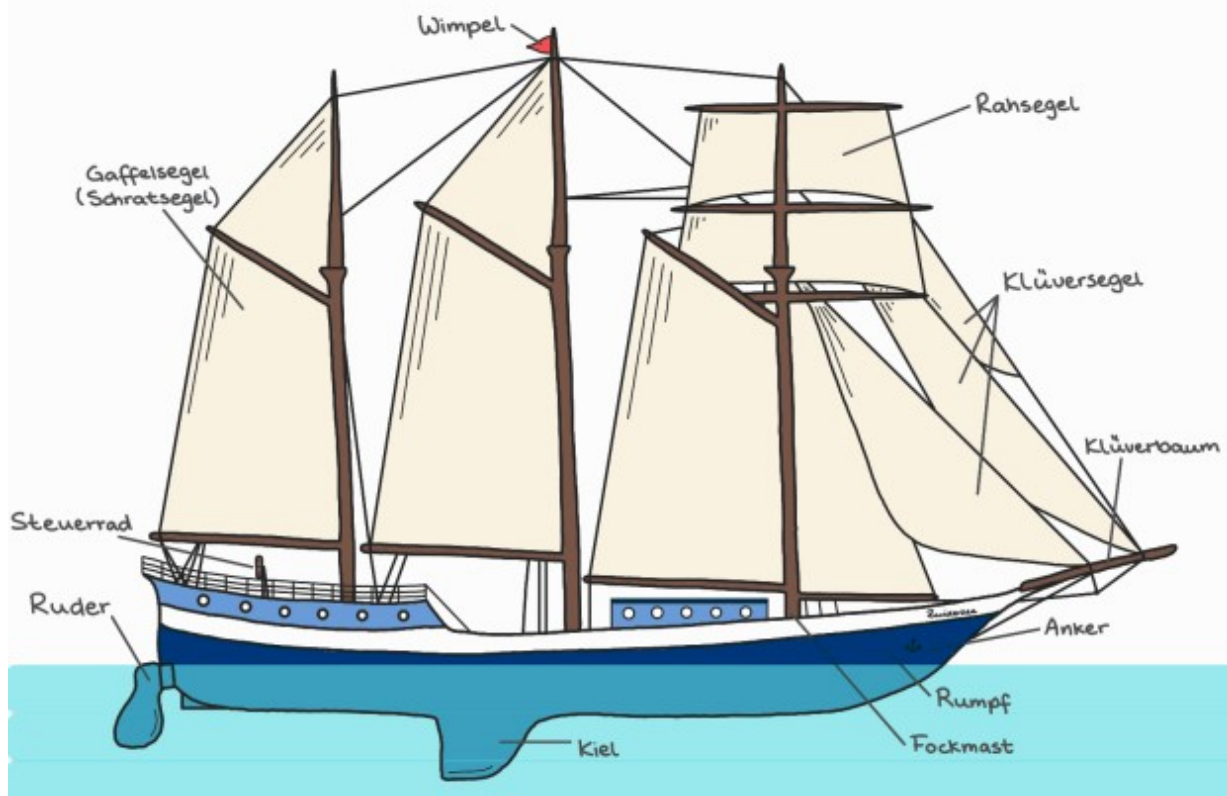
- Segelschiffe wurden schon von Ägyptern genutzt, damals große kultische Bedeutung
- Wikinger konnten schon weite Strecken zurücklegen
- Lastschiff (geräumiger Rumpf)
- Galeere (Marschfahrten)
- Handelsschiffe (schon mehr als ein Mast)
- Hulk, Karavelle mit Traglasten bis zu 350t
- Im 19. Jahrhundert durch Dampfschiffe abgelöst



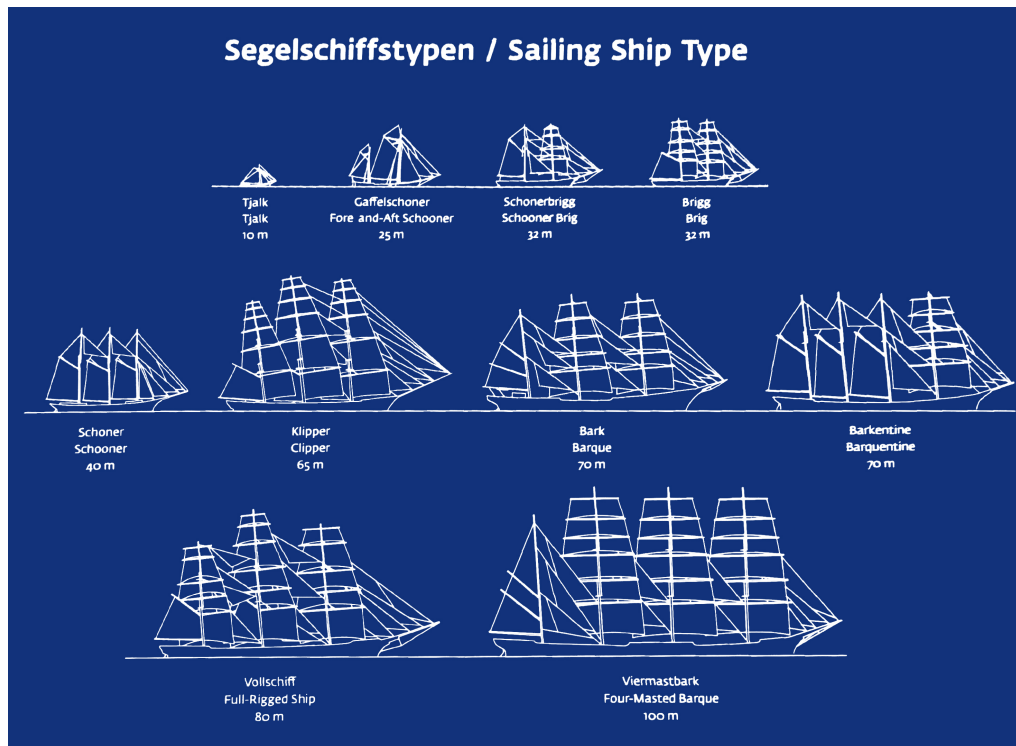
Segelarten

- Rahsegel, Orientierung quer zu Fahrtrichtung
- Schratsegel (Gaffelsegel, Bermudasegel, Klüversegel, ...), Orientierung in Schiffslängsachse

Aufbau



Segelschiffstypen



Die „Zuiderzee“

- Toppsegelschoner
- An Fockmast: oben Rahsegel (Rahtopsegel)
- Sonst ebenfalls Schratsegel (Gaffelsegel)
- Segelfläche 480 m²

Gegen den Wind segeln

- Kreuzen: Kommt Wind von vorne, fährt man „zick zack“, um trotzdem in die Richtung zu fahren
- Jedes Schiff hat bestimmten Winkel, wie weit es „Im Wind“ fahren kann
- Bei Wendewinkel $\alpha \approx 70^\circ - 100^\circ$ wird der Weg:

$$f = \frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

länger sein, als die direkte Strecke.

- Typischerweise ist der Weg 1,2 bis 1,6-mal länger als die direkte Strecke

Quellen

Von Dr. Karl-Heinz Hochhaus - im DSM fotografiert, CC BY 3.0

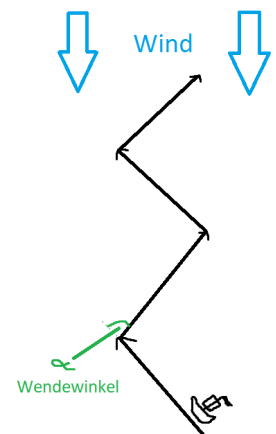
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45149264>

Von unbekannt - unbekannt, PD-Schöpfungshöhe

<https://de.wikipedia.org/w/index.php?curid=508180>

SWR Planet-Wissen: „Geschichte der Schifffahrt“, 20.05.2020

https://www.planet-wissen.de/technik/schifffahrt/geschichte_der_schifffahrt/pwiesegelschiffe100.html



5.8 Laderaummeteorologie

Laderaummeteorologie

Anna Julia Hauschild

→ Schifffahrt: Ziel ist es, die Schäden an der Ware möglichst klein zu halten. Meteorologisch sind zwei Arten von Schäden zu betrachten.

a) Temperatur

- auf dem Deck starke Erwärmung durch solare Einstrahlung möglich
- kritisch bei temperaturempfindlicher Ladung

b) Schweißwasserbildung

(Bildung von Kondenswasser)

(V1) hygroskopische Ware (warm → kalt)

- pflanzliche Ware enthält Wasser
- Einladen mit warmer, feuchter Luft
- während der Fahrt: Außenluft kühlt die Containerwand
- Schweißwasser an Containerwand, -decke; tropft auf die Waren
- Vermeidung: speziell belüftete Container, Zwischendecken, Abdeckungen
- Wandtemperatur unterschreitet Taupunkt der Containerluft

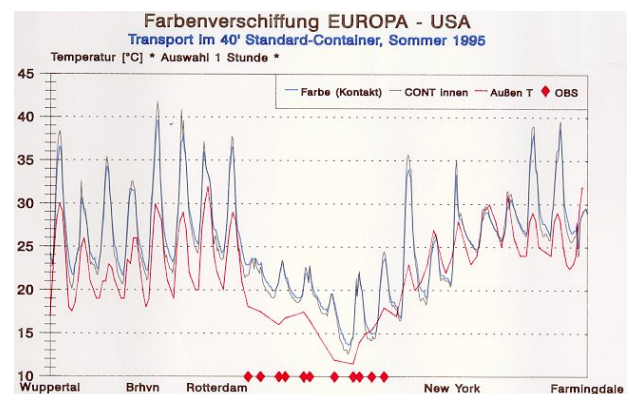
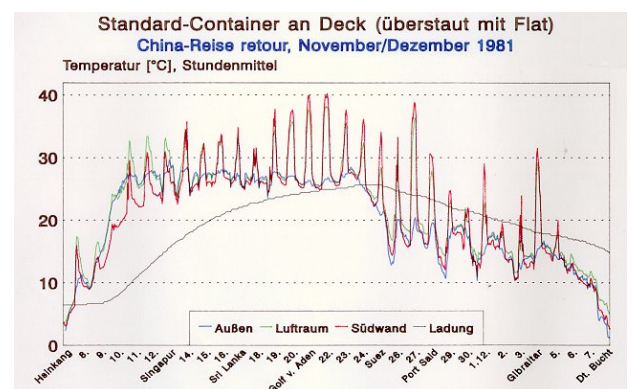
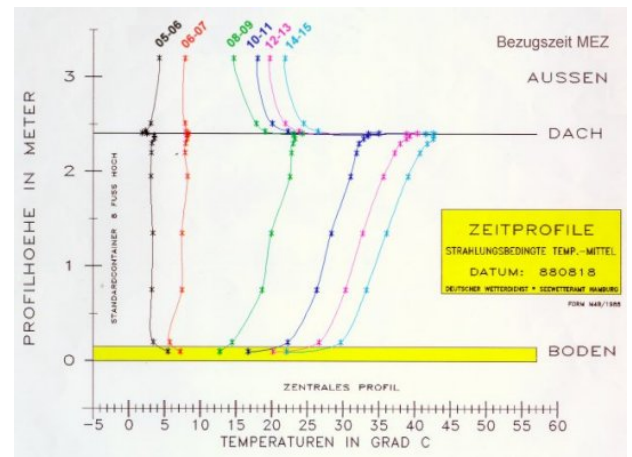
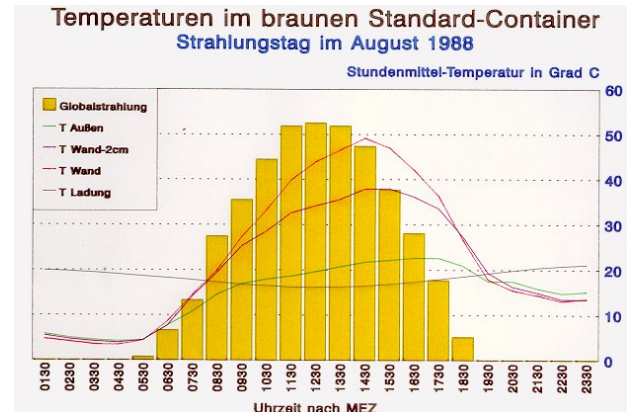
(V2) feuchte Luft beim Ausladen / Lüften (kalt → warm)

- Ladung ist kühl
- beim Ausladen / Lüften: warme, feuchte Luft
- Schweißwasser bildet sich an der Ware selbst
- Vermeidung: Lüftung

(sofern die Außenluft wärmer ist als die Ware, aber die Temperatur der Ware trotzdem über dem Taupunkt der Luft liegt; sonst hat man die Schweißwasserbildung bereits während der Fahrt, wo eine Trocknung noch schwerer möglich ist)

→ Warentemperatur unterschreitet Taupunkt der umgebenden Luft

- Schweißwasserbildung kann durch feuchtes Verpackungsmaterial / feuchte Umgebung verstärkt werden





Quellen:

Baak:

„Laderaummeteorologische Untersuchungen und Beratungen des Deutschen Wetterdienstes“
<https://www.tis-gdv.de/tis/tagungen/svt/svt98/baak/baak-htm>

Müller / Kraus:

„Handbuch für die Schiffsführung, Band 3: Seemannschaft und Schiffstechnik, Teil A: Schiffssicherheit, Ladungswesen, Tankschiffahrt“
Hrsg. Walter Helmers, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1980, 8. Auflage

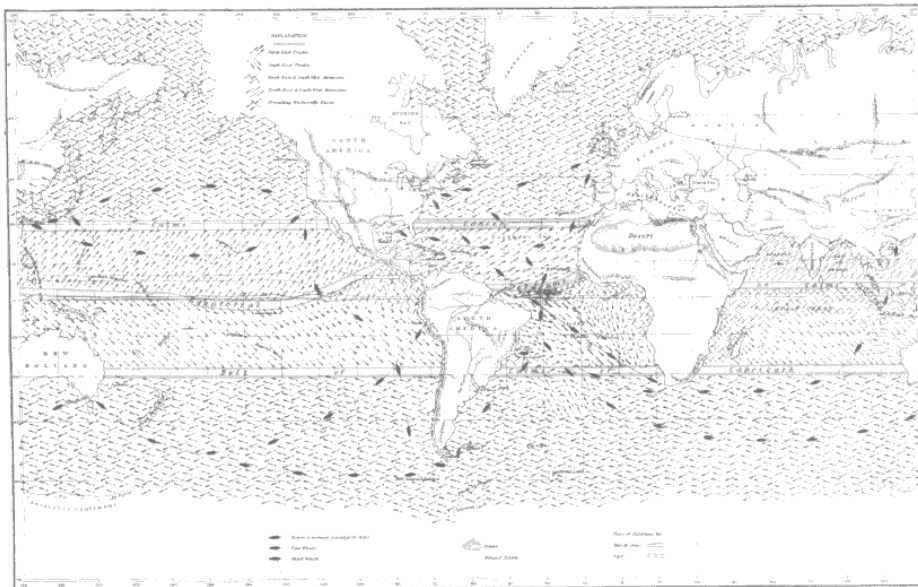
5.9 Meteorologische Beobachtung auf See

Meteorologische Beobachtung auf See

Maja Herrmann

Im Verlauf der Zeit wurde die meteorologische Beobachtung und Messung auf See stetig verbessert und vieles wurde durch moderne Technik automatisiert.

Bereits 1826 wurden an Bord von Schiffen meteorologische Journale geschrieben. Neben der Nennung von Datum, Längen- und Breitengrad, sowie einigen nautischen Angaben, waren feste Bestandteile dieses Journals die Luft- und Wassertemperatur, der Luftdruck, Informationen zum Wind und zu den Wolken, der Wetterverlauf und der Zustand der Meeresoberfläche. 37.000 solcher Beobachtungsbücher, von denen das jüngste von 1940 stammt, lagern heute in Hamburg im Seewetteramt des DWD und leisten damit einen großen Beitrag zur aktuell sehr wichtigen Klimaforschung.



1842 wurde erstmals wissenschaftlich mit diesen Seewetterdaten gearbeitet, indem von dem Marineleutnant und Ozeanograph Mathew Fountaine Maury Wind- und Meeresströmungskarten erstellt wurden. Etwa 10 Jahre später konnte Maury anhand der Daten bereits Segelanweisungen ausarbeiten, mit denen es möglich war die Reisezeit zu verkürzen. Im Jahr 1853 wurde eine internationale Konvention eingeführt, die eine Vereinheitlichung der Wetterbeobachtung auf See vorsah. Dazu gehörte unter anderem die Anweisung, das Wettergeschehen alle 4 Stunden in bereits vorgeschriebenen Journalen zu dokumentieren. Mit den Jahren verbesserten sich die Wind- und Meeresströmungskarten durch verschiedene Methoden immer weiter. Eine davon wurde in den 1870er Jahren entwickelt, und funktionierte nach dem Prinzip der Verfolgung von Flaschenpost. Eine Flasche wurde über Bord geworfen und der/die Finder*in wurde darum gebeten Ort und Datum des Fundes per Brief an die Deutsche Seewarte zu übermitteln.

In den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts begann man mit der Archivierung von Seewetterdaten zunächst in Form von Lochkarten (Abb. 1). Diese Methode wurde mit der Zeit von dem Speichern auf Magnetbändern und letztendlich durch moderne Datenbanken abgelöst. Durch Wettersatelliten, welche seit 1960 Daten liefern, gelten die Weltmeere nicht mehr als datenarme Gebiete für die Meteorologie und die numerische Wettervorhersage hat einen gewaltigen Schritt nach vorne gemacht.



Seit 2017 gibt es eine neue hochmoderne Methode der meteorologischen Messung auf See.

Die sogenannte EUCAWS (European Common Automated Weather Station), eine automatische Bordwetterstation wurde eingeführt (Abb. 2). Permanent liefern die an der Reling befestigten Stationen Daten zu Luftdruck, Luft- und Meeresoberflächentemperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und Windgeschwindigkeit. EUCAWS ist ein Teil des Voluntary Observing Ship (VOS) Programms der WMO, welches, zusätzlich zur automatisierten Messung, Wetterbeobachtung von Sichtweite, Wolkenart und -höhe beinhaltet. Diese Beobachtungen werden nicht von Meteorolog*innen, sondern von Schiffsleuten freiwillig durchgeführt.



Abb. 17: EUCAWS - automatische Bordwetterstation

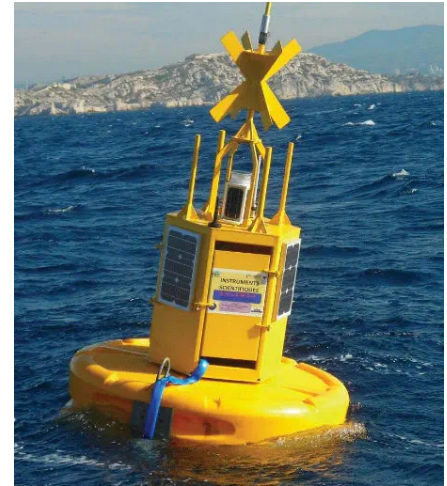


Abb. 18: Wetterboje

Quellen:

https://www.dwd.de/DE/presse/feature/2019-01-11-feature-EUCAWS-pdf.pdf?_blob=publicationFile&v=6

https://www.dwd.de/DE/leistungen/metschiffsjournale/geschichte_met_journale.html

<https://deutschermarinebund.de/berichtetmb/wetterbeobachtung-auf-see/>

Bildquellen:

<http://www.internetloge.de/arstzei/obs.htm>

<https://gcos.dwd.de/DE/leistungen/metschiffsjournale/metschiffsjournale.html>

https://www.dwd.de/DE/presse/feature/2019-01-11-feature-EUCAWS-pdf.pdf?_blob=publicationFile&v=6

<https://www.nauticexpo.de/prod/mobilis/product-33468-420045.html>

5.10 Entstehung und geografische Lage der Ostsee

Entstehung und geographische Lage der Ostsee

Lisa Digiacomio

Geographische Lage

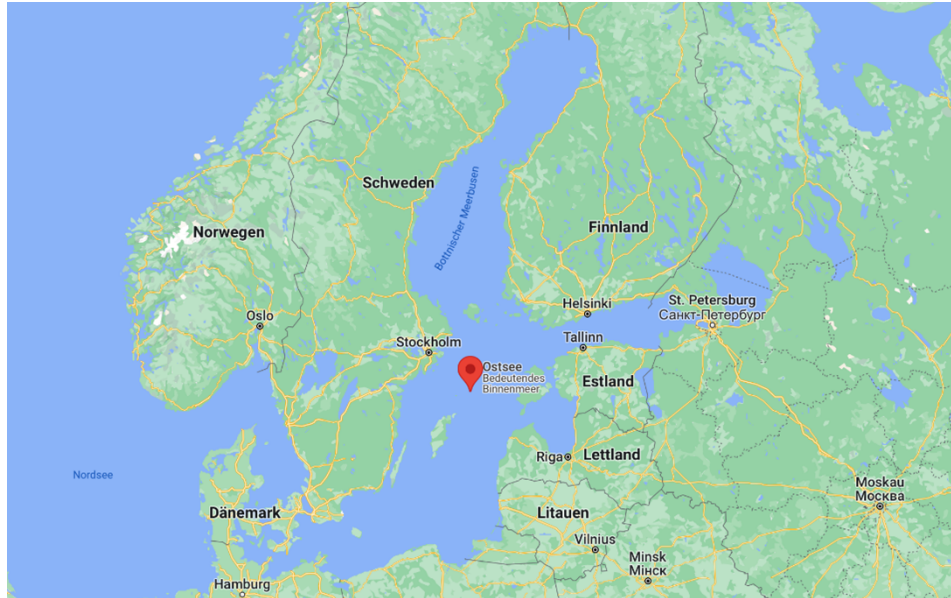


Abb. 19: Geographische Lage der Ostsee

Die Ostsee ist ein Binnenmeer des Atlantischen Ozeans. Mit einer Fläche von etwa 413.000 km^2 ist die Ostsee das größte Brackwassermeer der Welt und trennt die skandinavische Halbinsel von dem osteuropäischen Festland. In Nord-Süd-Richtung erstreckt sich die Ostsee von etwa 66° bis 54° N und in West-Ost-Richtung von 10° bis 30° O. Die westlichste Stelle der Ostsee liegt bei der deutschen Stadt Flensburg, die nördlichste Erstreckung erreicht sie in der schwedischen Stadt Töre, die östlichste Stelle befindet sich bei Sankt Petersburg in Russland und der südlichste Punkt befindet sich bei Stettin in Polen.

Entstehung

Während der Eiszeiten schürften die dicken Eispanzer des skandinavischen Gletschers vom Boden unter diesen Lockermaterial, womit sich das Becken der Ostsee bildete. Dieses Lockermaterial ist heute an Küsten der Endmoränenzüge Schleswig-Holsteins zu finden.

Es kam nach der letzten Eiszeit (Weichsel-Eiszeit) zu einer Warmphase und das Eis zog sich bis zu den heutigen Aland-Inseln (etwa nordöstlich von Stockholm) zurück. Das geschmolzene Wasser bildete damit den baltischen Eisstausee im Becken der Ostsee, was ein reines Süßwassergewässer ist.

Durch das weitere Abschmelzen stieg der Wasserspiegel immer weiter an, sodass dann etwa vor 9.000 Jahren eine Verbindung zum Weltmeer und damit auch eine Möglichkeit zum Wasseraustausch entstand. Das führte zu einer Versalzung des Süßwassers des Eisstausees und zur Vergrößerung zu einem Meer, dem Yoldia-Meer.

Gleichzeitig hob sich aufgrund des Rückzugs des Gletschers die baltische Platte an (etwa $3 \text{ m}/100 \text{ a}$), sodass die Verbindung 2.000 Jahre später wieder blockiert wurde. Durch Regen und einströmendes Flusswasser versüßte das Yoldia-Meer und es entstand der Ancylussee, der ein Süßwassersee war.

Vor etwa 2.000 Jahren war der Wasserspiegel durch das Abschmelzen so hoch, dass die Verbindung zur Nordsee wieder hergestellt worden war und das Salzwasser sich mit dem Ancylus-See vermischte. Es entstand erneut ein Meer, das nun den Namen Litorina-Meer trug.

Weiterer Meeresspiegelanstieg und Landhebung bildeten weiterhin die heutige Form der Ostsee. Dabei engte die Landhebung die Verbindung zur Nordsee ein, sodass der Salzwassereinstrom zunehmend schwächer wurde, der Süßwassereinstrom durch die Flüsse aber bestehen blieb. Es entstand das Limnaea-Meer.

Letztendlich entstand nach weiteren Veränderungen die heutige Ostsee, oder auch Mya-Meer genannt, die seit etwa 1.500 Jahren in dieser Form existiert.

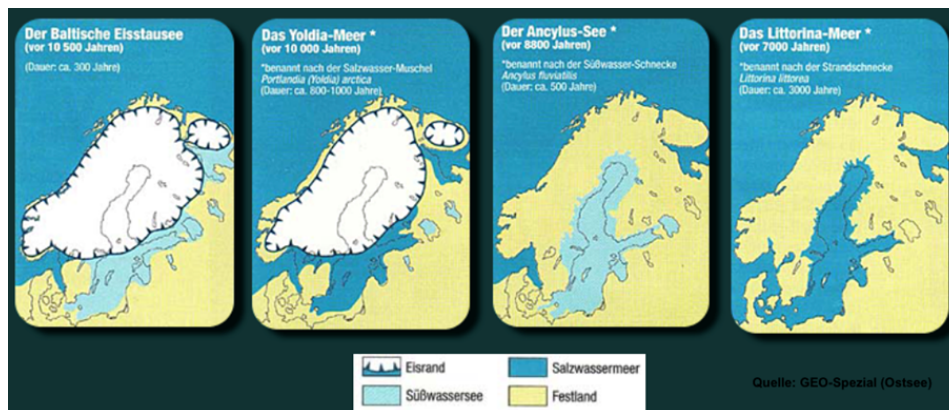


Abb. 20: Geographische Lage der Ostsee

Begriffserklärungen

Brackwasser: Meerwasser mit Salinität zwischen 0,1% und 1%, also überwiegend Süßwasser

Yoldia-Meer: Benannt nach der aus der Nordsee eingewanderten Muschel *Yoldia arctica*

Ancylussees: Benannt nach der für den See charakteristischen Schnecke *Ancylus fluviatilis*

Litorina-Meer: Benannt nach der eingewanderten Strandschnecke *Littorina littorea*

Limnaea-Meer: Benannt nach Brackwasserschnecke *Limnaea ovata*

Mya-Meer: Benannt nach der größten in der Ostsee lebenden Muschel *Mya arenaria*

Quellen

<https://www.ostsee.info/geschichte/>

<https://www.ikzm-d.de/inhalt.php?page=165,3676>

<https://www.klett.de/alias/1018143>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ostsee#Geographie>

Abbildungen

Abb1: Google Maps

Abb2: Geo-Spezial

5.11 Wasserhaushalt der Ostsee

Wasserhaushalt der Ostsee Colleen Zellmer



Abb. 21: Geographische Lage der Ostsee

Allgemeines der Ostsee:

- Nebenmeer des Atlantiks und Brackwassermeer
- Entstehung vor etwa 12000 Jahren am Ende der letzten Eiszeit
- Größe: 412.500 km²
- durchschnittliche Tiefe: 55 m
- Einzugsgebiet: 1.728.000 km²

Wasserhaushalt der Ostsee:

$$Z + N + V + A + E = 0$$

Flusszufuhr Z

Die Flusszufuhr wird durch Abflussmessungen und Schätzungen der in der Ostsee mündenden Flüsse ermittelt. Diese betragen ca. 480 km³ pro Jahr. Die größten Flüsse sind die Newa (Finnland), die Düna (Lettland) und die Weichsel (Polen). Der Zufluss weist einen Jahrgang auf. Das Maximum liegt im Mai aufgrund der Schneeschmelze und das Minimum im Februar.



Niederschlag N

Die Niederschlagsmenge der Ostsee ist schwer zu bestimmen, da kaum Daten von offener See vorhanden sind. Mit Interpolation von Messungen ufernaher Stationen und Radardaten können Informationen über die Niederschlagsmenge gewonnen werden. Die Festlandmessungen können bis zu 20% höher sein als auf offener See. Der jährliche Niederschlag kann von 400 mm (Bottenwiek) bis zu 800 mm (Flensburger Förde) reichen, wobei der Durchschnitt 474 mm pro Jahr beträgt. Jahresminimum des Niederschlages ist im März und das Maximum im August.

Verdunstung V

Die Verdunstung kann auch dem offenen Meer nicht gemessen werden und wird deshalb mit halbempirischen Formeln berechnet. Diese basieren auf der Windgeschwindigkeit über dem Wasser und der Dampfdruckdifferenz der Luft zur Wasseroberfläche. Die Anfangsdaten liegen aber nicht als systematische Messgrößen vor. Des Weiteren ist die Bestimmung der Verdunstung im Winter durch das Eis erschwert, da diese über Eis gleich Null ist. Durch Berechnung ergibt sich eine Verdunstung von 474 mm pro Jahr.

Austrom A und Einstrom E

Trotz der schmalen Verbindung zur Nordsee lassen sich keine genauen Messungen über die gesamte Wassersäule zum aus- und einströmenden Anteil der Ostsee machen. Durch ein indirektes Verfahren kann trotzdem der Transport berechnet werden. Oberflächennah fließt salzarmes Wasser aus der Ostsee in die Nordsee und in tieferen Schichten fließt das salzreiche Wasser entgegengesetzt aufgrund der Dichteunterschiede. Mit der Annahme von stationären Verhältnissen, also gleichbleibendem Salzgehalt und Wassermenge ergibt sich ein Ausstrom von 1216 km^3 und ein Einstrom von 737 km^3 .

Flusszufuhr Z	Niederschlag N	Verdunstung V	Ausstrom A	Einstrom E
480 km^3	474 mm	-474 mm	-1216 km^3	737 km^3

Was passiert, wenn die Verbindung zur Nordsee unterbrochen wird?

Für die Abgrenzung der Ostsee von der Nordsee wird eine Erhebung der Meerenge um 20 m zwischen Schweden und Dänemark benötigt. Dies hätte zur Folge, dass es keine Ein- oder Ausstrom über dieses Gebiet gibt sich somit der Salzgehalt und Sauerstoffgehalt stark verringern würden. Außerdem würde sich ein positiver Wasserhaushalt einstellen was ein jährlichen Wasserspiegelanstieg von 124 cm bedeuten würde. Würde man im Vergleich die Verbindung vom Mittelmeer zum Atlantik unterbrechen würde es eine negative Wasserbilanz zur Folge haben somit ein Absinken des Meerespegels um ca. 97cm.

Quellen:

Brogramus, W., 1952: Revision des Wasserhaushaltes der Ostsee. Kiel
 Magaard, L. (Hrsg.), Rheinheimer, G. (Hrsg.), 1974: Meereskunde der Ostsee. S. 33ff Berlin
 Wyrтки, K., 1954: Schwankungen im Wasserhaushalt der Ostsee. Deutsche Hydrographische Zeitschrift 7, 91–129

5.12 Klima der Ostsee

Klima der Ostsee Thorben Busch

Klima allgemein

Nach Köppen-Geiger (Abbildung 22) befindet sich die südliche Ostsee in der warmgemäßigten Regenklimate (C) mit Einflüssen des Ozeanklimas (Cf/Cfb). Nordöstlich schließt sich zunächst feuchtes Kontinentalklima (Dfb) an, während der nördliche Teil der Ostsee in kaltgemäßigtem bzw. subarktischem Klima (Dfc) liegt. Typische Monats-Mittelwerte können entsprechend der Abbildung 23 entnommen werden. Die Wasseroberflächentemperatur oszilliert in einem Bereich von fast 0 °C im Winter bis zwischen 16 und 19 °C im Sommer. Da die Ostsee nicht direkt mit dem Golfstrom verbunden ist und darüber hinaus einen geringen Salzgehalt besitzt, bildet sich kein maritimes Klima aus. Im Winter kommt es daher oft zur teilweisen Vereisung, in harten Wintern erreicht diese auch Deutschland. Anschließend an den Winter dient die Ostsee als Kältespeicher.

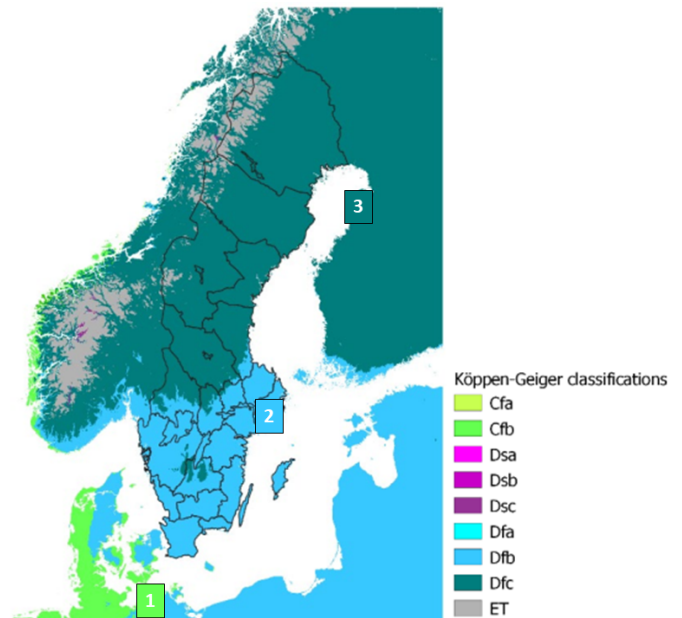


Abb. 22: Klimaklassifikationen nach Köppen-Geiger

Extremwerte

Niederschlag Am 21. Juli 1944 sorgte ein Gewitter über Espoo (Süd-Finnland) für eine Niederschlagsmenge von 198,4 mm innerhalb von 24 Stunden. Ein ähnlicher Wert von 198,0 mm binnen 24 Stunden wurde zwischen dem 27. und 28. Juli 1997 in Norrbotten (Nord-Schweden) aufgrund einer (fast) stationären Front erreicht.

Temperatur Die höchste gemessene Temperatur in Schweden wurde mit 38,0 °C am 29. Juni 1947 in Mälilla (Südost-Schweden) verzeichnet. Darüber hinaus herrschten in den 2010er Jahren mehrere Hitzewellen in der Ostseeregion.

Die in den Baltischen Staaten, sowie in Schweden und Finnland jemals gemessenen Minimaltemperaturen liegen dagegen zwischen etwa –40 und –50 °C.

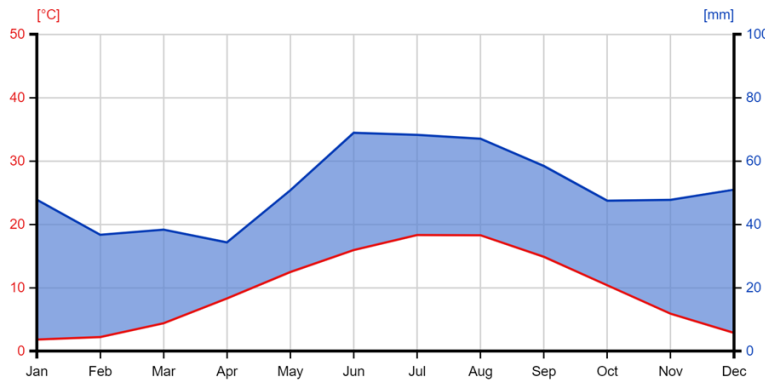
Klimawandel

2008 wurde bereits festgestellt, dass sich die Lufttemperatur in der Ostseeregion durchschnittlich um 0,85 K innerhalb des letzten Jahrhunderts erhöht hat. Der Norden erwärmte sich dabei um 1 K, der Süden um 0,7 K. Damit lag die Erwärmung teilweise über dem mittleren globalen Wert von 0,75 K des damaligen IPCC-Reports.

Demnach könnte bis 2100 der nördliche Ostseeraum eine Erwärmung von 4 bis 6 K und der Süden eine Erwärmung von 3 bis 5 K erreichen. Zusätzlich erhöht sich die Wassertemperatur um durchschnittlich 2 bis 4 K. All dies hätte einen starken Einfluss auf die winterliche Eisbedeckung, die Niederschläge sowie das gesamte Ökosystem der Ostsee.

1 Rostock-Warne, Germany

54.18N, 12.08E | Elevation: 10 m | Climate Class: Cfb | Years: 1990-2019

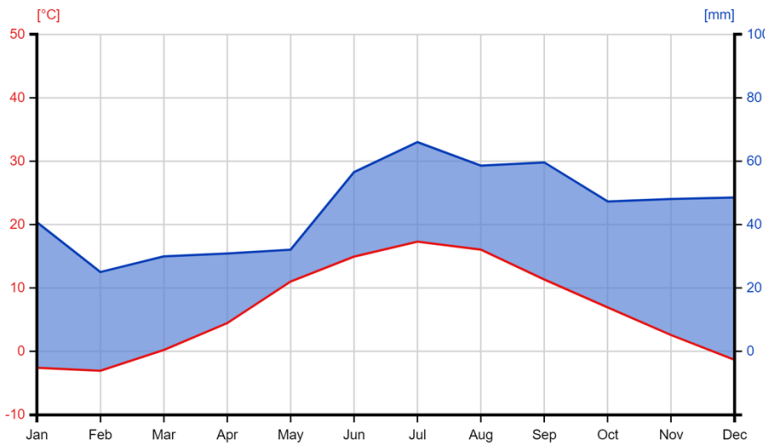


Month	Temp	Precip
Jan	1.8	47.8
Feb	2.2	36.7
Mar	4.4	38.4
Apr	8.3	34.3
May	12.5	50.8
Jun	16.0	68.9
Jul	18.3	68.2
Aug	18.3	67.0
Sep	14.9	58.4
Oct	10.4	47.5
Nov	5.9	47.8
Dec	2.9	51.0

Temperature Mean: 9.7 °C Precipitation Sum: 616.8 mm

2 Stockholm, Sweden

59.33N, 18.05E | Elevation: 52 m | Climate Class: Dfb | Years: 1975-2004

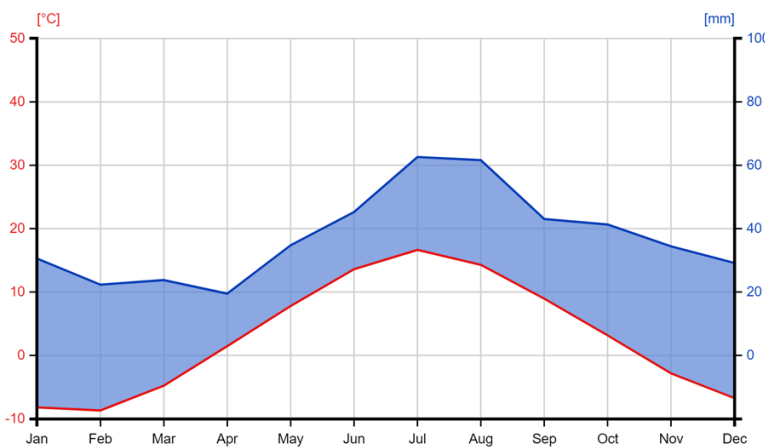


Month	Temp	Precip
Jan	-2.6	40.7
Feb	-3.1	25.0
Mar	0.2	29.9
Apr	4.4	30.8
May	11.0	32.0
Jun	14.9	56.5
Jul	17.3	66.0
Aug	16.0	58.6
Sep	11.3	59.6
Oct	6.9	47.3
Nov	2.6	48.0
Dec	-1.3	48.5

Temperature Mean: 6.5 °C Precipitation Sum: 542.9 mm

3 Oulu, Finland

64.93N, 25.37E | Elevation: 15 m | Climate Class: Dfc | Years: 1975-2011



Month	Temp	Precip
Jan	-8.2	30.5
Feb	-8.7	22.3
Mar	-4.8	23.7
Apr	1.4	19.5
May	7.8	34.7
Jun	13.6	45.2
Jul	16.6	62.5
Aug	14.3	61.6
Sep	8.9	43.0
Oct	3.1	41.3
Nov	-2.8	34.4
Dec	-6.8	29.1

Temperature Mean: 2.9 °C Precipitation Sum: 447.8 mm

Abb. 23: Klimadiagramme von Rostock-Warne (1), Stockholm (2) und Oulu (3)



Quellen

<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/>

http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1918.pdf

Potential establishment of the priority pest *Bactericera cockerelli* in Sweden
(SWEDISH UNIVERSITY OF AGRICULTURAL SCIENCES)

<https://pra.eppo.int/prae/ebca5a67-89ee-457d-9ae1-832fba75c2fd>

Laura Zepner, Pierre Karrasch, Felix Wiemann and Lars Bernard (2020) ClimateCharts.net
an interactive climate analysis web platform, International Journal of Digital Earth,
DOI: 10.1080/17538947.2020.1829112

<https://climatecharts.net/>

Klimazonen und Temperaturen an der Ostsee

<https://www.ostsee.info/klima-wetter/>

<http://stateofthebalticsea.helcom.fi/in-brief/our-baltic-sea/#climate-and-hydrology>

Observed changes in heavy daily precipitation over the Nordic-Baltic region (Dyrrdal et al., 2021)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581821001944>

Högsta temperaturer i juni

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/hogsta-temperaturer-i-juni-1.76480>

Natural hazards and extreme events in the Baltic Sea region (Rutgersson et al., 2022)

<https://esd.copernicus.org/articles/13/251/2022/>

Lowest temperatures – list of records for every European country (Vibor Cipan, 2018)

<https://viborc.com/lowest-temperatures-records-for-every-european-country/>

Die Ostsee im Klimawandel (Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenfor-
schung GmbH)

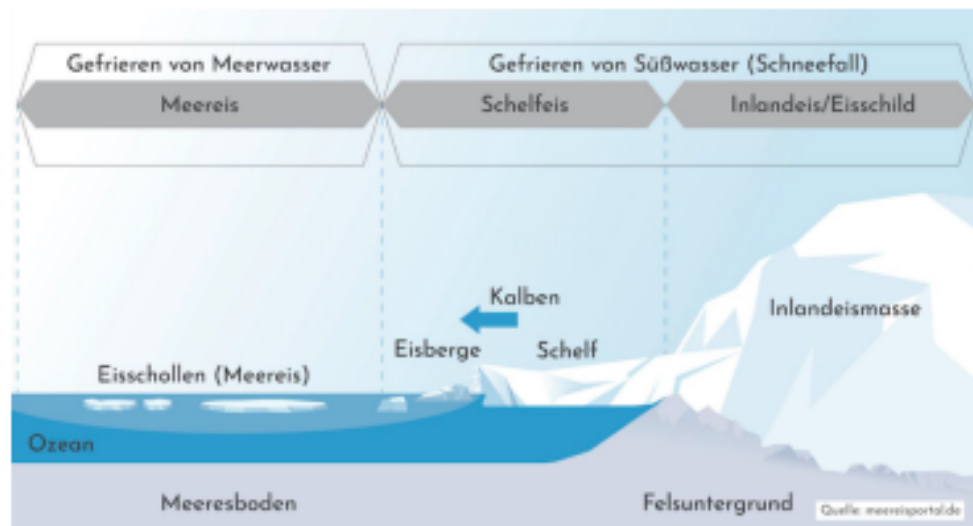
<https://www.lifepr.de/pressemitteilung/helmholtz-zentrum-geesthacht-zentrum-fuer-material-und-kuestenforschung-gmbh/Die-Ostsee-im-Klimawandel/boxid/29213>

5.13 Meereis

Meereis
Julia Lüdemann

Einführung

Als Meereis bezeichnet man zu Eis gefrorenes Meerwasser. Meereis kommt außerhalb der Polargebiete saisonal unter anderem in der Ostsee und in skandinavischen Fjorden vor. Etwa 6,5% der Weltmeere sind im Jahresmittel von Meereis bedeckt, das entspricht einer Fläche von 22,5 Millionen km². Meereis spielt eine entscheidende Rolle im Klimasystem der Erde. Das helle Eis reflektiert mehr Wärmestrahlung zurück in den Weltraum, als die dunkle Meeresoberfläche. Je weniger Eis die Wasseroberfläche bedeckt, desto mehr Wärme wird im Meer aufgenommen. Diese zusätzliche Wärme führt dazu, dass noch mehr Eis schmilzt und immer größere, dunkle Wasserflächen entstehen, die mehr Wärme aufnehmen und den Rückgang des Meereises immer weiter beschleunigen – dies ist die Eis-Albedo-Rückkopplung.



Durch die im Meerwasser gelösten Salze, ist der Gefrierpunkt gegenüber Süßwasser erniedrigt. Die Temperatur des Gefrierpunkts verschiedener Gewässer variiert zwischen 0 Grad Celsius für Süßwasser und -1.9 Grad Celsius für das salzige Schelfwasser der Antarktis.

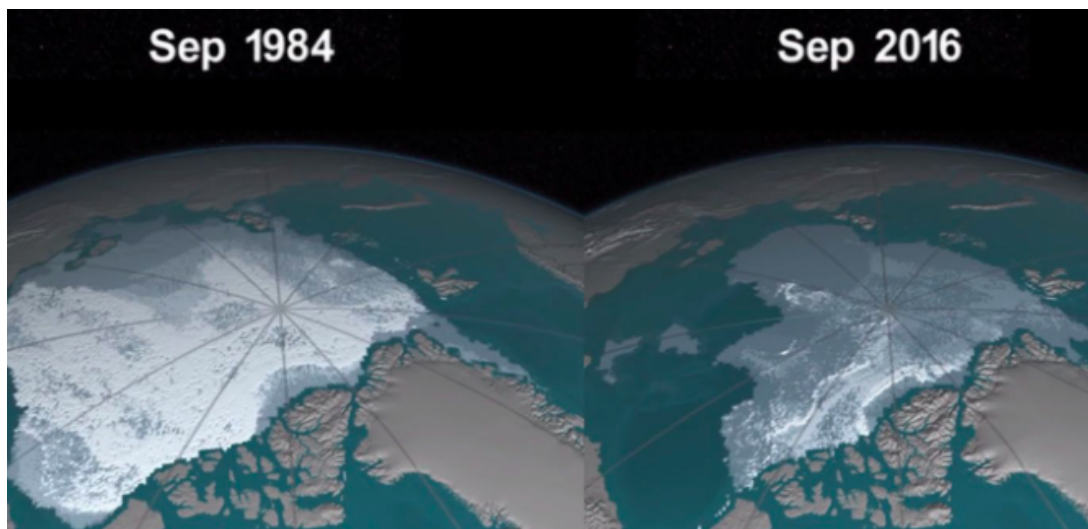
Arten von Meereis

Meereis weist verschiedene Formen auf, die stark durch den Seegang bestimmt werden. Auf bewegter Ozeanoberfläche entsteht zunächst Frazil-Eis, das sind feine, bis zu 2 cm große Eisnadeln oder -plättchen, die sich zu Eisgrieß verdichten. Bei weiterem Wachstum entsteht Pfannkucheneis, eine Schicht meist kreisförmiger, bis zu 3 m großer Eisstücke. Ohne Seegang kann Neueis in Form einer geschlossenen Eisdecke (Nilas) entstehen. Die Eisdecke wird vor allem durch das Anfrieren von Wasser unterhalb des Eises dicker.



Arktisches und antarktisches Meereis

Fast das gesamte Meereis der Antarktis ist einjährig. Dagegen sind Teile des arktischen Meereises in höheren geografischen Breiten mehrjährig. Sie tauen im arktischen Sommer nicht vollständig, sondern erst dann, wenn sie die Eisdrift in niedrigere Breiten transportiert. Während die Eisfläche im Verlauf der letzten Jahrzehnte in der Arktis rückläufig war, wuchs sie in der Antarktis an. Der Rückgang der arktischen Meereismenge überwog das Wachstum des antarktischen Meereises jedoch deutlich. So ging die minimale Meereisausdehnung in der Arktis um 13 % pro Dekade zurück, während die in der Antarktis um 3,2 % pro Dekade wuchs.



Quellen:

www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/meereis

www.meereisportal.de

www.wikipedia.org/wiki/Meereis



5.14 Vereisung der Ostsee

Vereisung der Ostsee

Viktor Lau

Entstehung von Meereseis

Bedingungen

Wasser muss möglichst viel Wärme an Umgebungsluft abgeben

- länger anhaltende Temperaturen unter Gefrierpunkt (sinkt mit steigendem Salzgehalt)
- Windstille, damit es nicht zu Durchmischung der Luft- und Wasserschichten kommen kann
- möglichst schwache Meeresströmung & Gezeiten
- Schneefälle über Wasserflächen beschleunigen Abkühlung

Diese Bedingungen sind in der Ostsee besser als bspw. in der Nordsee, besonders gute Bedingungen liegen in ihrem nördlichen und östlichen Teil bei Ausprägung eines Skandinavien- oder Russlandhochs vor.

Prozess

- zunächst Ausbildung von Festeissaum an Küsten bzw. Schärengebiet
- später einsetzende Treibeisbildung auf See
- Zusammenwachsen des Treibeises zu Festeis, während Schäreneis an Dicke gewinnt
- Auflösung des Eises von den Küsten aus

Statistiken

Geschichtliches

- Eisausdehnung in Finnland seit 1720 erfasst
- Eisvolumen seit 1973
- in Deutschland seit über 100 Jahren Aufgabe des deutschen Eisdienstes
- wichtig für Schifffahrt und Bauvorhaben in der Ostsee

typische Verteilung

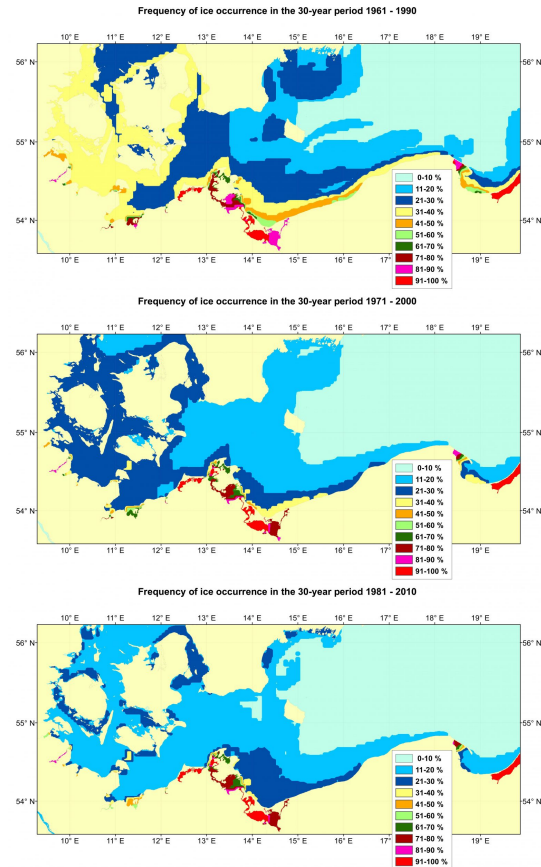
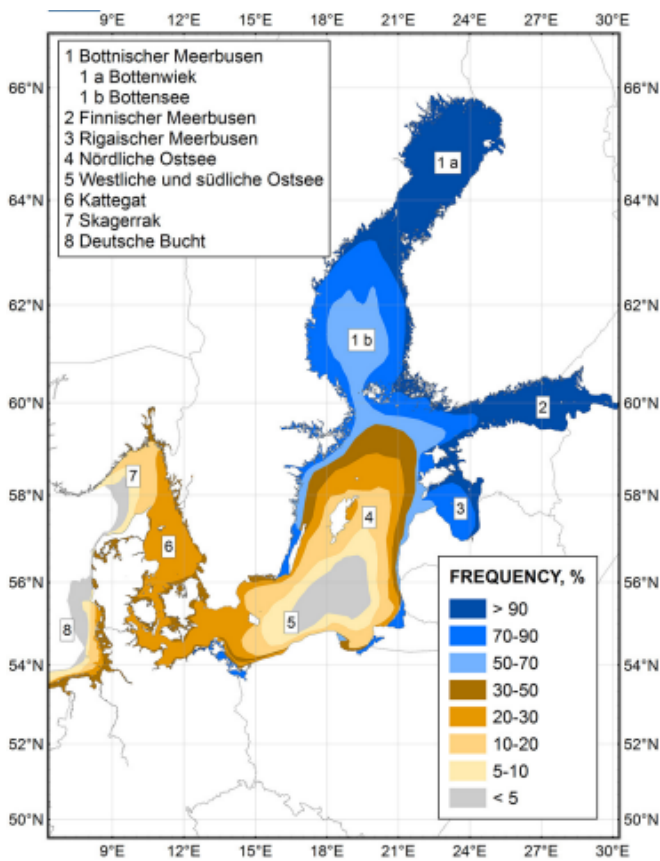
- baltischer Meerbusen: Schäreneis Mitte November bis Ende April, auf offener See Eis noch bis Ende Mai, Schäreneis 40-75 cm dick, im Extremfall bis 1 m
- finnischer & rigaischer Meerbusen: Buchten von Packeis bedeckt, auf offener See Treibeis
- weiter südwestlich liegende Gebiete: vor allem Treibeisbildung an Küsten, nur in sehr kalten Wintern Ausbildung von Festeis

Eiswinter Klassifikation

- finnischer Eisdienst nutzt maximale jährliche Eisausdehnung (obwohl Volumen genauer)
- 5 Kategorien: sehr schwach, schwach, mäßig, stark, sehr stark
- von 1961 bis 2010: 25 sehr schwach bis schwach, 16 mäßig, 3 stark, 5 sehr stark, 1 extrem

früher und heute

- früher war Wahrscheinlichkeit für Vereisung höher
- stärkste Abnahme der Eismasse zwischen 1961-1990 und 1971-2000
- letzter Eiswinter der höchsten Kategorie: 1986/87 (405.000 km² Ausdehnung)
- eisärmster Winter: 2007/08 (49.000 km² Ausdehnung)



Literaturverzeichnis

Das Eis in der Nord- und Ostsee – Natalija Schmelzer & Jürgen Holfort

https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Meeresumwelt/Eis/eis_node.html

Abbildungsverzeichnis

https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/eis_der_erde/warnsignal_klima-eis_der_erde-kapitel-5_5.pdf

<https://www.ostseetag.info/klima-und-ostsee>

5.15 Framdrift

Framdrift

Alexander Steding

“Alle meine Finger sind zerstört. Die Handschuhe sind steif gefroren . . . Es wird schlimmer und schlimmer . . . Gott weiß, was aus uns wird.”

Ziel:

- Erreichen des geografischen Nordpols

Methode:

- natürlicher Eisdrift → Bewegung des Eises in Hauptwindrichtung
- “Einfrieren” des Schiffes hochumstritten
- 1884 Fund der Überreste von USS Jeanette → Erster Drift (Nordsibirien → Südgrönland)
- Februar 1890 Theorie der transpolare Driftströmung → Meteor. Henrik Mohn



Fram:

- norwegisch “vorwärts”
- Dreimastschoner
- dreieckförmiger Rumpfquerschnitt
- Bei Eisdruck wird Schiff angehoben



Fahrt ins Packeis:

- 24. Juni 1893 Beginn Fahrt ins Packeis ab Vardo
- 18. August Entdeckung der Sverdrup-Insel
- 5. Oktober Einfrieren der Fram bei 79° N, 133° O

Erste Eisdriftphase:

- 9. Oktober Beginn Erste Phase der Eisdrift (< 2Km/Tag)
- 8. Januar 1895 neuer Rekord 83° 34' N
- Planänderung: Weiterfahrt mit Ski
- März 1895 Nansen & Johannsen verlassen Fram bei 84° 4' N (660 KM bis NP)

Marsch nach Norden

- 8. April Erreichen von 86° 13,6'N auf Skiern und Hunden (Neuer Rekord)
- Rückzug nach Franz-Josef-Land
- 13. April 1895 Ausfall Chronometer → keine Längengradbestimmung
- 7. August: Tötung der letzten Schlittenhunde & Skier in Katamaran umgebaut

- 28. September 1895 Überwintern auf Franz-Josef-Land
- 19. Mai 1896 Fortsetzen des Marsches
- 17. Juni Zusammentreffen mit Frederick Jackson & Rückkehr auf der Windward

Zweite Eisdriftphase:

- Fram driftet ohne Nansen bis $85^{\circ} 55' N$
- Fram geht nördlich von Spitzbergen in Fließgewässer

Erkenntnisse:

- Beweis für das Fehlen größerer Landmassen zwischen Eurasien/Nordpol
- Nordpolarregion besteht hauptsächlich aus vereister Tiefsee
- Methoden zum Überleben und Transportieren in polaren Regionen

Geistiger Nachfolger:

- MOSAiC-Expedition (2019-2020) → AWI



Abb. 24: Rot: Weg zur Eiskante, Blau: Weg des Eisdrift, Gelb: Rückweg der Fram, Grün: Skiroute Nansen/Johannsen, Magenta: Rückreise Nansen/Johannsen

Quellen:

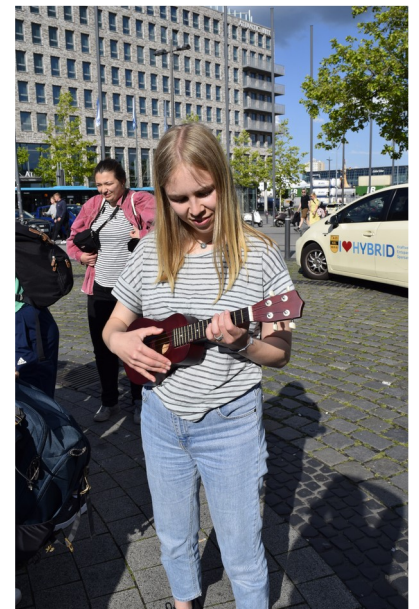
Fridtjof Nansen: In Nacht und Eis: Band I und II. F. A. Brockhaus, 1897.

“Fram The Polar Exploration Museum”: <https://frammuseum.no/>

Abb. 1,2,3.: amiri @wikimedia.org: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nansen_Fram_Map-de.sv



Bilder



Montag: Ankunft in Kiel

Dienstag: Fahrt von Kiel nach Kappeln

Martin: "Mann über Bord ist verboten, das passiert hier also nicht. Sollte sich dennoch jemand meinen Anweisungen widersetzen..."





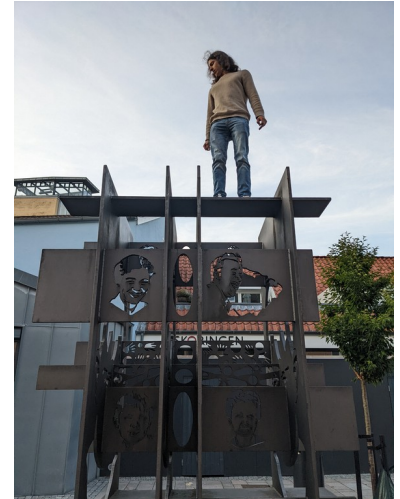
Mittwoch:
Fahrt von
Kappeln nach
Sønderburg





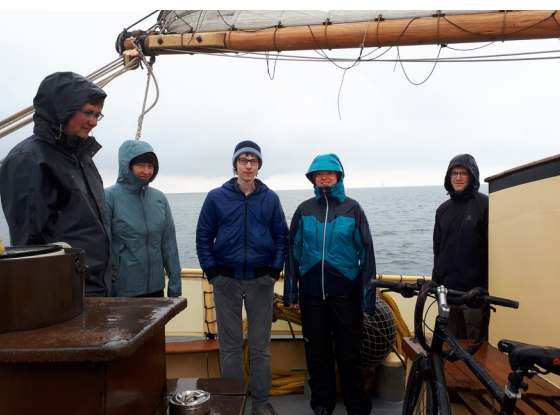
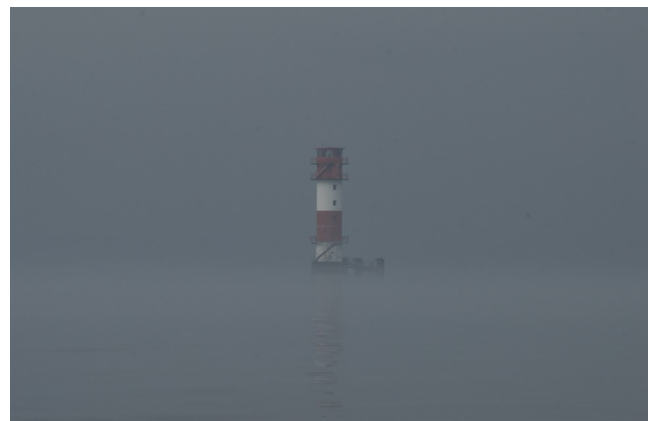
Mittwoch:
Ankunft in
Sønderburg

Donnerstag:
Fahrt von
Sønderburg
nach Damp



Thorben zieht sein T-Shirt auf dem Deck aus
Jens: „Thorben du blendest!“

Basti: What is that?
Alen: A ship full of
Chinese Sex Slaves.

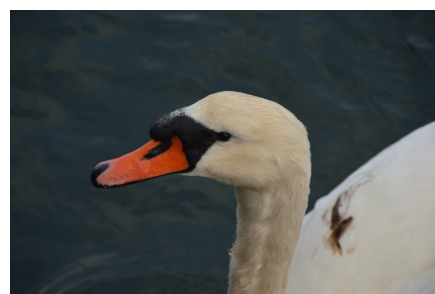




Wir spielen "Wer bin ich"
 Basti schaut sich Tim an, der den Namen Michael Flohr auf der Stirn kleben hat
 "Kenne ich nicht"



Top 5 Sehenswürdigkeiten in Damp:
 ...
 5. Kappeln und Eckernförde



Donnerstag: Aufenthalt in Damp



„Das Fass muss heute noch alle!“





Freitag: Fahrt von Damp nach Kiel, von dort aus zurück nach Hannover



Ein bisschen Segel hissen und Helferlein spielen mussten wir natürlich auch!



Gespräche mit Alen

Anna: What is your favorite tool?

Alen: An axe

Anna: What can you do on a ship that you would need an axe for?

Alen: Well firstly, you can use it to cut stuck lines. Secondly, you can use it to scare off any persons who come on board unwanted. There was a situation where some people were on deck and I scared them. They all held their hands above their heads and left the ship. Felt pretty good.

Anna: What did you want to become as a child?

Alen: Everything. An Astronaut, a pilot, *-thinks a bit...-* An archeologist. You know why? As a kid I loved Indiana Jones. Even now, when I hear *- hums the Indiana Jones theme tune -* everything turns into an adventure. Even if I'm on the toilet.



Alen: "Do you wanna play dirty?"



Einblicke in die Innereien des Schiffes

Basti: "Hat mal jemand einen Schreibstock für mich?"





**Messungen,
Vorträge, Küche
– Arbeit halt**



Empfangsbolzen?



Im Beisein der Kulinarik

Dienstag

Vorspeise: Karotten-Ingwer-Suppe

Hauptspeise: Spaghetti mit
veganer Bolognese

Nachspeise: Obstsalat



Mittwoch

Vorspeise: Salat

Hauptspeise: Kartoffel-Gemüse-Gratin

Nachspeise: Beeren-Crumble mit Vanilleeis



Donnerstag

Vorspeise: Bruschetta

Hauptspeise: Vegetarische Reis-Gemüse-Bratlinge mit Nudeln und Tomatensauce

Nachspeise: Rote Grütze mit Zwieback und Joghurt



Freitag

Reste



Im Land der Blicke



Der Stammbaum des Jens



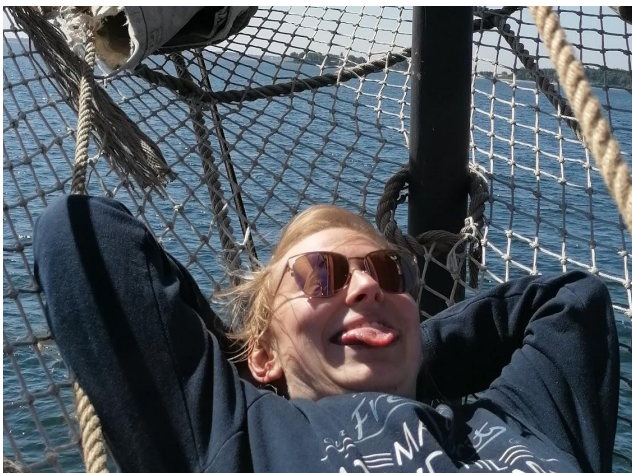
Ich möchte ein Eisbär sein
im kalten Polar!



Ankündigung des Obstsalates nach lauten
Gong-Geräuschen



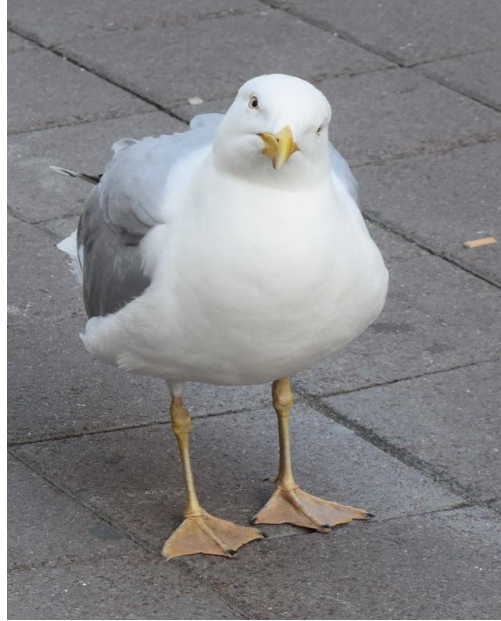
Teuer!



"If they want to leave the ship, I usually let
them go down from the Cluvernet." -
Martin



"Formel für den
geostrophischen Wind. Aber im
p-System!"



Uns hilft kein Gott unsere Welt zu erhalten.

Ich fahre die großen Pötte.



Das nenne ich eine gute Arbeitsteilung.



Geisterstunde. Oder irgendeine Ausstellung.



“Diese Scheiß Niederländische Technik!”



Me and my friends

Der Erdmann

