



**Leibniz Universität Hannover  
Institut für Meteorologie und Klimatologie**

## **Exkursionsbericht: Segelexkursion 2023**



Datum: 29.05-02.06.2023

Begleitender Professor: Prof. Dr. Günter Groß



# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Vorwort</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Teilnehmende</b>                                   | <b>2</b>  |
| <b>3</b> | <b>Kursplanung</b>                                    | <b>3</b>  |
| 3.1      | Montag . . . . .                                      | 3         |
| 3.2      | Dienstag . . . . .                                    | 5         |
| 3.3      | Mittwoch . . . . .                                    | 6         |
| 3.4      | Donnerstag . . . . .                                  | 7         |
| 3.5      | Freitag . . . . .                                     | 8         |
| <b>4</b> | <b>Wetter</b>   | <b>9</b>  |
| 4.1      | Großwetterlage . . . . .                              | 9         |
| 4.2      | Messdaten . . . . .                                   | 11        |
| <b>5</b> | <b>Essen</b>  | <b>12</b> |
| 5.1      | Dienstag . . . . .                                    | 12        |
| 5.2      | Mittwoch . . . . .                                    | 14        |
| 5.3      | Donnerstag . . . . .                                  | 17        |
| <b>6</b> | <b>Vorträge</b>                                       | <b>20</b> |
| 6.1      | Entstehung und geografische Lage der Ostsee . . . . . | 20        |
| 6.2      | Schiffsroutenberatung . . . . .                       | 23        |
| 6.3      | Klimawandel und Meeresspiegelanstieg . . . . .        | 25        |
| 6.4      | Meereis . . . . .                                     | 26        |
| 6.5      | Beaufort Skala . . . . .                              | 29        |
| 6.6      | Vereisung der Ostsee . . . . .                        | 31        |
| 6.7      | Die Fram Drift . . . . .                              | 33        |
| 6.8      | Seegang und Seegangsvorhersage . . . . .              | 36        |
| 6.9      | Gezeiten der Meere . . . . .                          | 38        |
| 6.10     | Wasserhaushalt der Ostsee . . . . .                   | 39        |
| 6.11     | Laderaummeteorologie . . . . .                        | 42        |
| 6.12     | Meteorologische Beobachtungen auf See . . . . .       | 44        |
| 6.13     | Sturmfluten . . . . .                                 | 46        |
| 6.14     | Vermessung von Meeresströmungen . . . . .             | 48        |
| 6.15     | Segelschiffe . . . . .                                | 50        |
| 6.16     | Das Klima der Ostsee . . . . .                        | 52        |
| 6.17     | Meeresströmungen in der Ostsee . . . . .              | 54        |
| 6.18     | Land-See-Windsystem . . . . .                         | 56        |
|          | <b>Bilder</b>   | <b>58</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | Route Montag: Zugreise . . . . .   | 3  |
| 2  | Route Montag: Wanderung zur Zuiderzee . . . . .  | 4  |
| 3  | Route Dienstag: von Kiel nach Damp . . . . .   | 5  |
| 4  | Route Mittwoch: von Damp nach Marstal . . . . .  | 6  |
| 5  | Route Donnerstag: Marstal nach Damp . . . . .  | 7  |
| 6  | Route Freitag: von Damp nach Kiel . . . . .  | 8  |
| 7  | Bodendruck, signifikantes Wetter am Dienstag, 30.05.2023, 12 UTC . . . . .               | 9  |
| 8  | Bodendruck, signifikantes Wetter am Mittwoch, 31.05.2023, 12 UTC . . . . .               | 9  |
| 9  | Bodendruck, signifikantes Wetter am Donnerstag, 01.06.2023, 12 UTC . . . . .             | 10 |
| 10 | Bodendruck, signifikantes Wetter am Freitag, 02.06.2023, 12 UTC . . . . .                | 10 |
| 11 | Vorträge am Strand von Damp . . . . .  | 20 |
| 12 | Schiffsroutenberatung des DWD . . . . .  | 23 |
| 13 | Isochronenverfahren des DWD . . . . .  | 24 |
| 14 | Änderung der globalen Oberflächentemperatur . . . . .                                    | 25 |
| 15 | Quellen des Meeresspiegelanstiegs . . . . .  | 26 |
| 16 | [Schmelzer, Holfort]: Eisauftreten in der Ostsee 1961 – 2010 (Häufigkeit in %) . . . . . | 31 |
| 17 | [SMHI], Maximale Eisbedeckung (Fläche) nach Jahr . . . . .                               | 32 |
| 18 | [FMI], Maximale Eisbedeckung (Fläche) nach Jahr . . . . .                                | 32 |
| 19 | Tagesverlauf von Ebbe und Flut. . . . .  | 38 |
| 20 | Einfluss des Mondes auf die Erdmeere. . . . .  | 38 |
| 21 | Einfluss der Sonne auf die Erdmeere. . . . .   | 39 |
| 22 | Starker Tidenhub in der Bay of Fundy. . . . .  | 39 |

## Tabellenverzeichnis

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Messwerte . . . . .  | 11 |
| 2 | Beaufortskala mit Windgeschwindigkeitswerten . . . . .                   | 29 |
| 3 | Beaufortskala mit phänologischen Auswirkungen für Land und See . . . . . | 30 |



## 1 Vorwort

Ein letztes Mal sollte die maritime Exkursion des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover, vom 29.05.2023 bis zum 02.06.2023, stattfinden. Los ging es für die 18 Studierenden der Studiengänge Meteorologie und Geographie am Montagmittag am Hannoveraner Hauptbahnhof mit dem Regionalzug nach Kiel. Dort angekommen, machten wir uns zu Fuß auf in Richtung Anleger und erreichten am frühen Abend unsere Unterkunft für die nächsten Tage, den Zweimastschoner “Zuiderzee”, mit seinem Kapitän Martin und seinem Matrosen (ebenfalls) Martin. Begleitet wurde die Exkursion von Prof. Günter Groß und der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Lara Remmer, welche diesen Ausflug organisiert hatten. Wir bezogen unsere Kajüten, bekamen eine Einweisung in die Abläufe und Ordnung an Bord vom Kapitän und brachten alle Vorräte aufs Schiff. Wie auch bei vorherigen Exkursionen starteten wir in der Kieler Förde nach einer ruhigen Nacht, am Dienstagmorgen. Unser ursprüngliches Ziel für den Tag war die Eckernförder Bucht. Aufgrund des wenigen Windes wurde der Kurs jedoch geändert und der Kurort Damp als Ziel festgelegt, welchen wir nur mit laufendem Motor erreichen konnten. Unterwegs konnten wir, wegen der ruhigen Bedingungen vom Schiff aus, baden gehen. Wie an jedem der folgenden Tage bereitete eine der Kochgruppen zum Abendessen ein Dreigängemenü zu, danach konnte der Abend individuell ausklingen. Am zweiten Tag war der Wind zwar etwas stärker und reichte aus, um die kleine dänische Insel Ærø anzulaufen. Unterwegs wurden einige Kurzvorträge zu Themen rund um die Schifffahrt und die Ostsee gehalten. Außerdem wurden in 2 Stunden Abständen meteorologische Parameter gemessen und das Wetter beschrieben. Da wir schon recht früh ankamen, war noch genügend Zeit, um die dänische Insel zu erkunden. Das Ziel der Exkursion, das Spüren des Wetters bzw. Ostseeklimas wurde vor allem am nächsten Segeltag bei viel Wind und Wellengang erreicht. Zielhafen war abermals Damp, wo wir uns von der anstrengenden und unruhigen Fahrt erholen konnten. Am letzten Tag ging es wieder zurück in die Kieler Förde, welche wir ebenfalls nur mit laufendem Motor als Unterstützung erreichen konnten. Bei Sonnenschein und unter vollen Segeln kamen wir gegen Mittag im Hafen an, alle Vorräte wurden verteilt, das Boot sauber gemacht und die Rückreise nach Hannover angetreten. Im folgenden Bericht über die Segelexkursion 2023 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.



## 2 Teilnehmende

### **Veranstaltendes Institut**

Institut für Meteorologie und Klimatologie  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität

Herrenhäuser Straße 2  
30419 Hannover

### **Teilnehmende Personen**

Prof. Dr. Günter Groß  
Lara Remmer

Yasmin Ahlert  
Bastian Blume  
Lena Evert  
Rebecca Fink  
Anna Hauschild  
Jens Hauschopp  
Dominik Hebaum  
Maja Herrmann  
Julia Lüdemann  
Harmund Paetzmann  
Sebastian Reske  
Marcel Roßmann  
Martin Schmidt  
Hauke Spickmann  
Sarah Stenzel  
Ole Wagner  
Jonas Wellmann  
Lennart Wilkening

### 3 Wie war der Kurs?

Die gesamte Route kann unter Google MyMaps <sup>1</sup> nachgesehen werden. Da Hin- und Rückweg fast deckungsgleich sind, wurde auf eine Abbildung mit dem gesamten Routenverlauf verzichtet.

#### 3.1 Montag

Da Hannover keine Anbindung an die Ostsee hat, startet die Reise am Hauptbahnhof. Mit dem Metronom fahren wir erst über Uelzen nach Hamburg. Der Regionalexpress brachte uns zum Zielbahnhof Kiel.

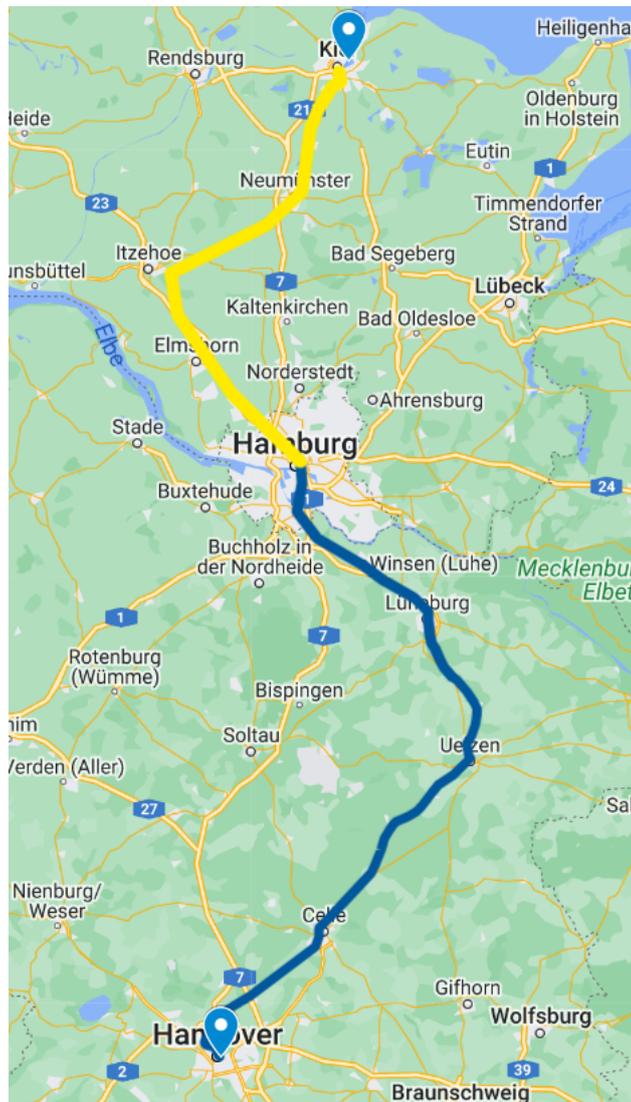
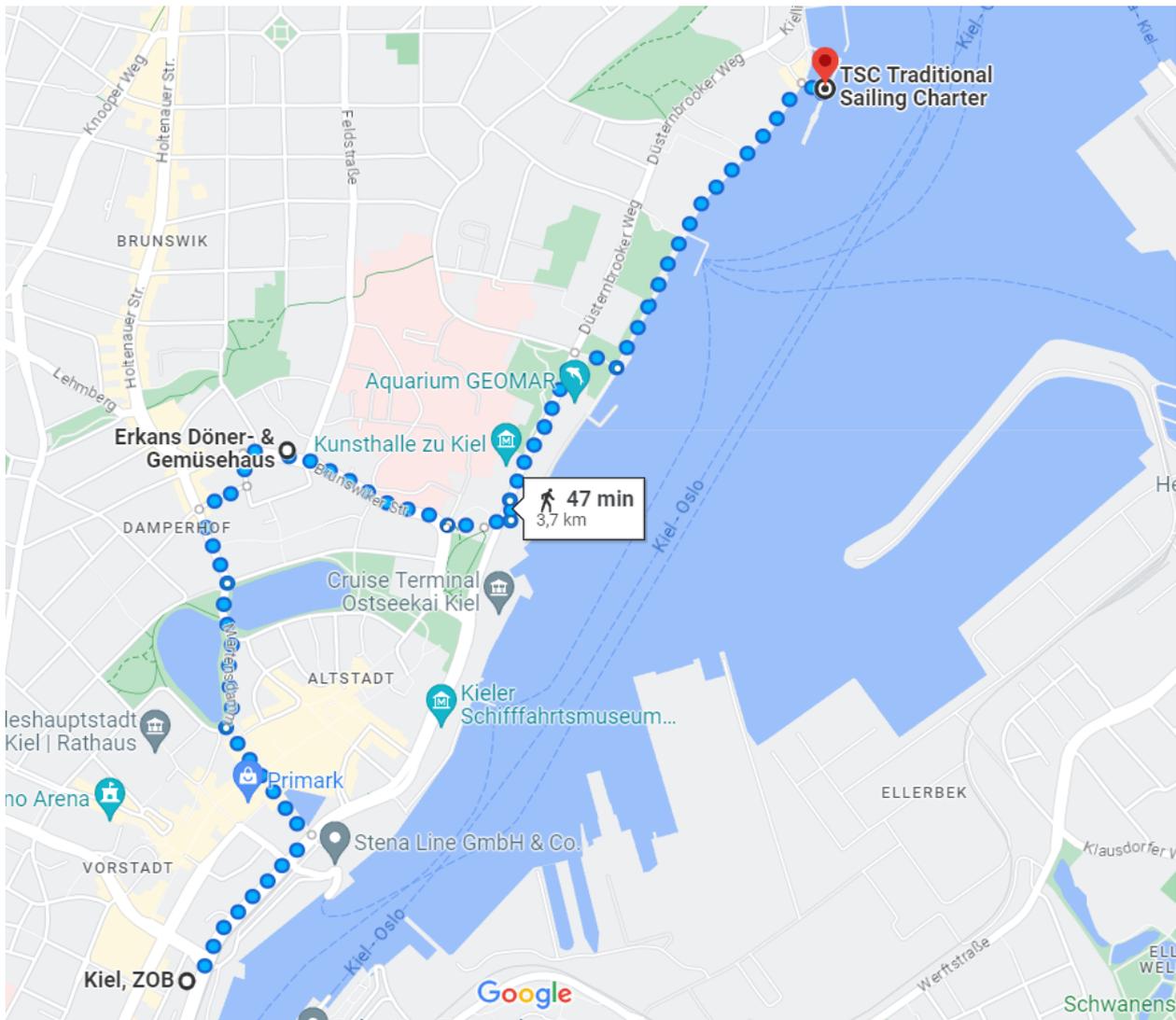


Abbildung 1: Route Montag: Zugreise

Zu Fuß ging es dann, mit einem kurzen Stopp bei dem in letzten Exkursionen getesteten Dönerladen, zum Hafen. Dort wartete bereits die Zuiderzee.

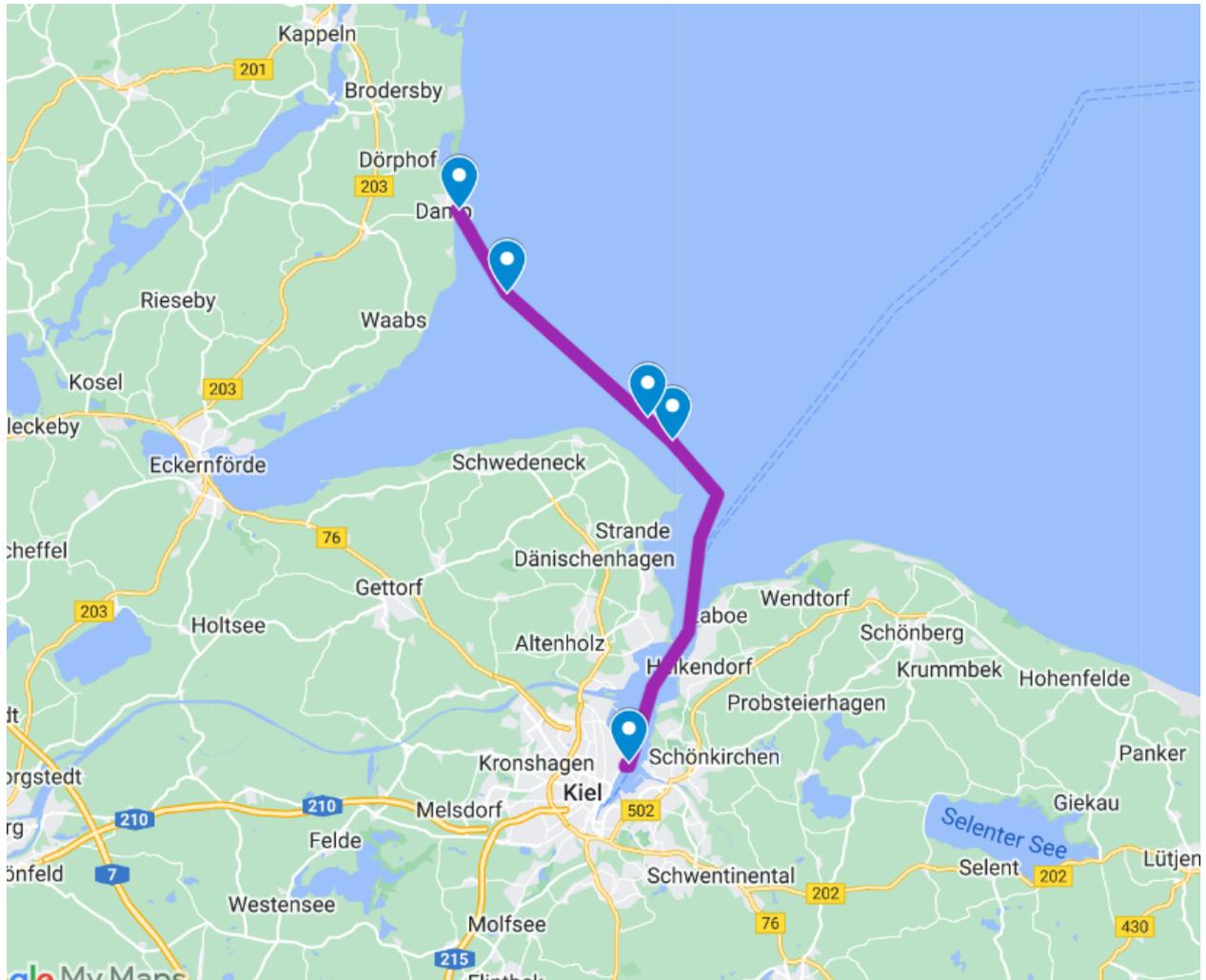
<sup>1</sup> [https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1MPN\\_Oufl8FRjMlCKDM5M3m0PnacM6V4&usp=sharing](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1MPN_Oufl8FRjMlCKDM5M3m0PnacM6V4&usp=sharing)



**Abbildung 2:** Route Montag: Wanderung zur Zuiderzee

Das Schiff wurde mit allem Hab und Gut und genug Proviant für eine Woche beladen. Nach einer Sicherheitseinweisung konnte der Abend gemütlich im Hafen ausklingen.

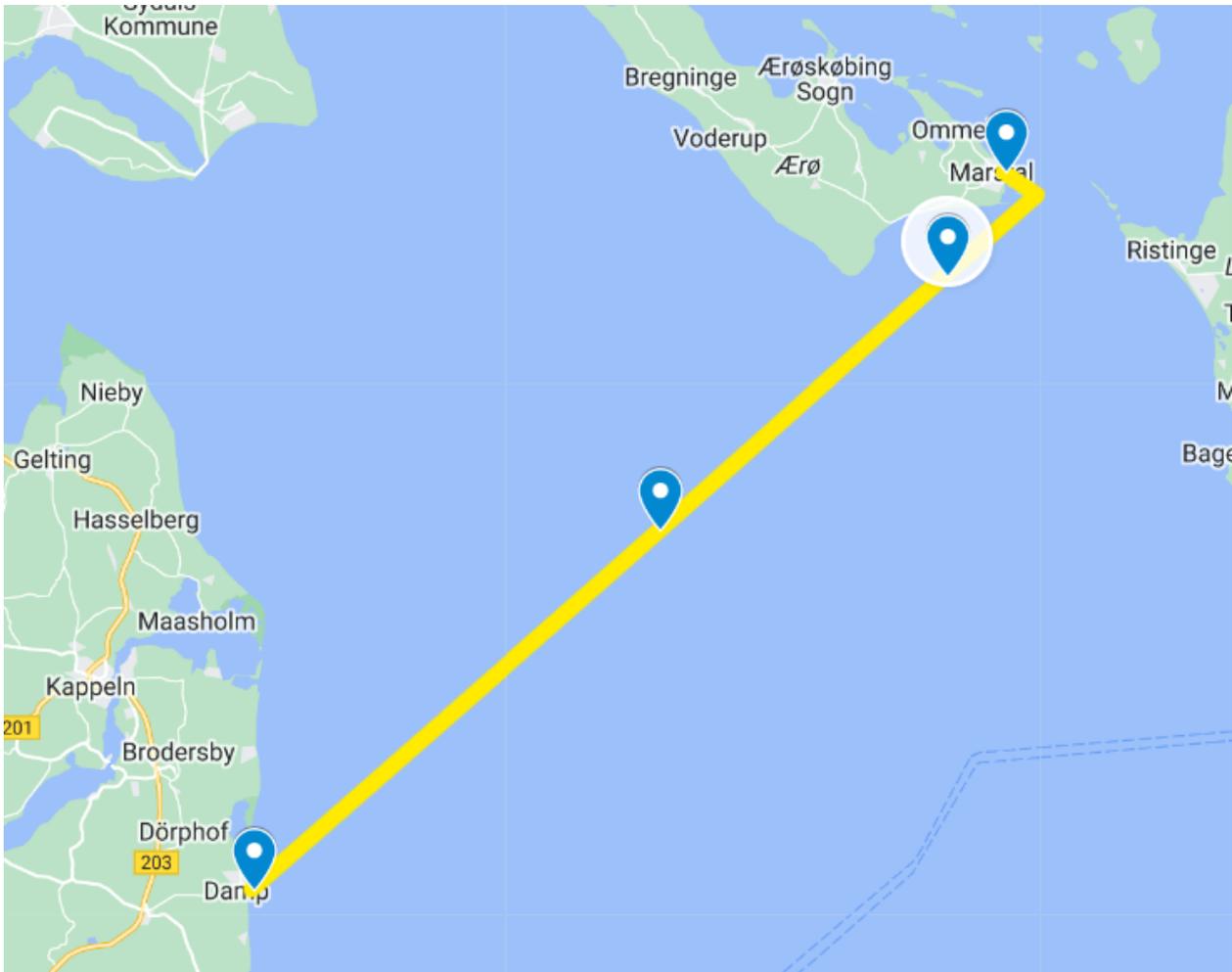
### 3.2 Dienstag



**Abbildung 3:** Route Dienstag: von Kiel nach Damp

Kurz nach dem Ablegen erhielten wir noch, innerhalb der Kieler Förde, eine Einweisung durch den Matrosen Martin. Nach einer Einführung zu den verschiedenen Segeln der Zuiderzee, der wichtigsten Knoten und welche unsere spätere Aufgabe beim Segel setzen sein sollte, lag die Kieler Bucht schon hinter uns. Nun wurden die Segel gesetzt. Da an diesem Tag nicht sonderlich viel Wind wehte, segelten wir langsam entlang der Küste. Leider frischte dieser im späteren Verlauf des Tages nicht auf und somit wurden die Segel gerafft. Die Leiter wurde an das Schiff gehängt und wer eine Abkühlung brauchte, sprang von Bord. Nach einer Stunde fuhren wir unter Motor weiter Richtung unserem Tagesziel Damp. Angelegt wurde gegen 16.45 Uhr.

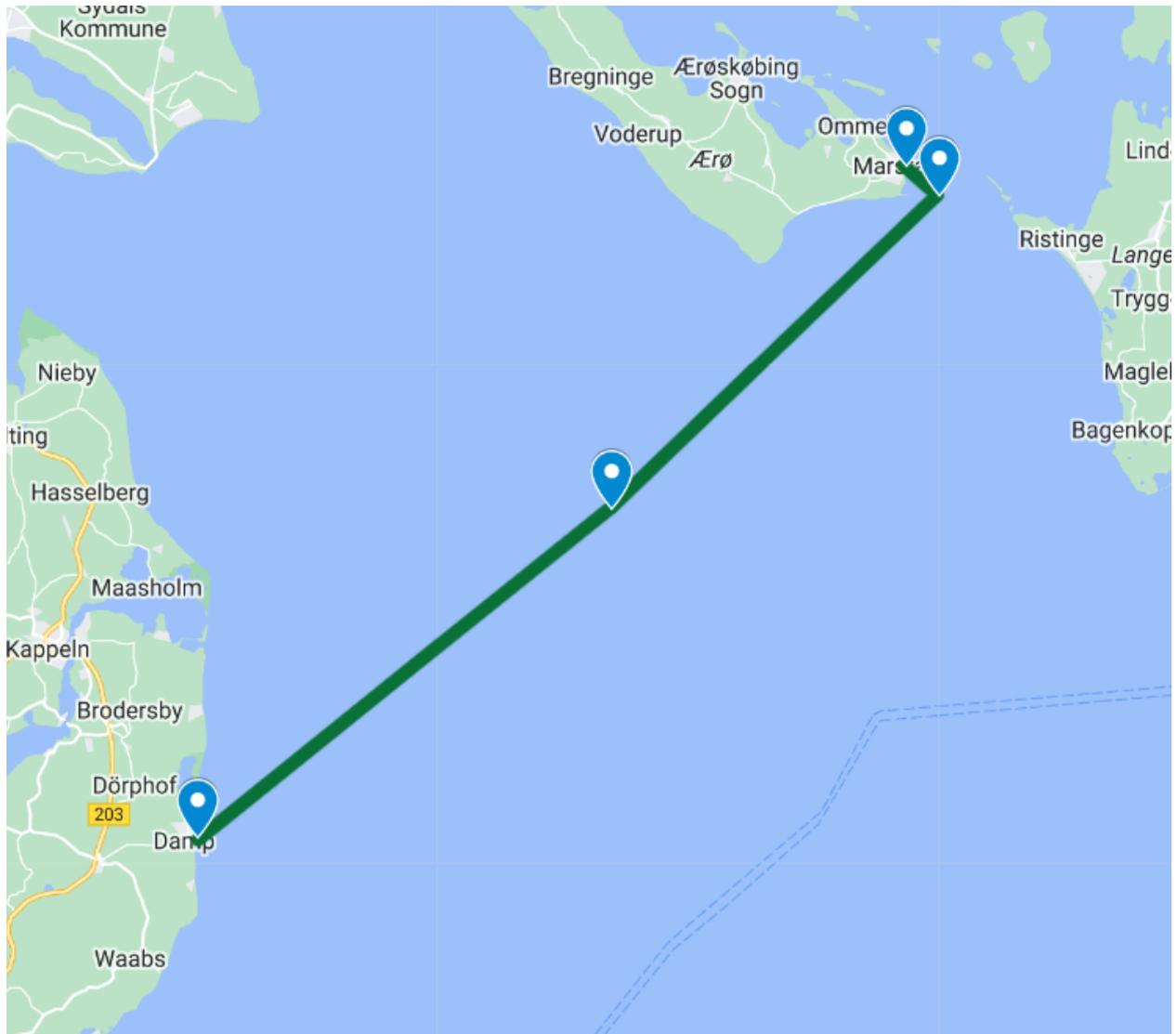
### 3.3 Mittwoch



**Abbildung 4:** Route Mittwoch: von Damp nach Marstal

Für den 2. Tag unserer Reise sollte sich besserer Wind für das Segeln einstellen und so kam es, dass nur kurz der Motor lief, um den Hafen zu verlassen. Anschließend konnten wir alle Segel, bis auf das Außenklüver setzen, und mit einer angenehmen Geschwindigkeit Kurs auf unser heutiges Ziel Marstal, auf der dänischen Insel Ærø, setzen. Bei ruhigem Seegang konnten wir auf unserer Reise nach Dänemark den Sonnenschein und eine erfrischende Brise genießen. Gegen 16 Uhr konnte nach einer ca. 6.5 h Fahrt schließlich am Hafen angelegt werden. Damit erreichten wir am zweiten Tag den nördlichsten Punkt unserer Reise bei 54,31N/10,06E.

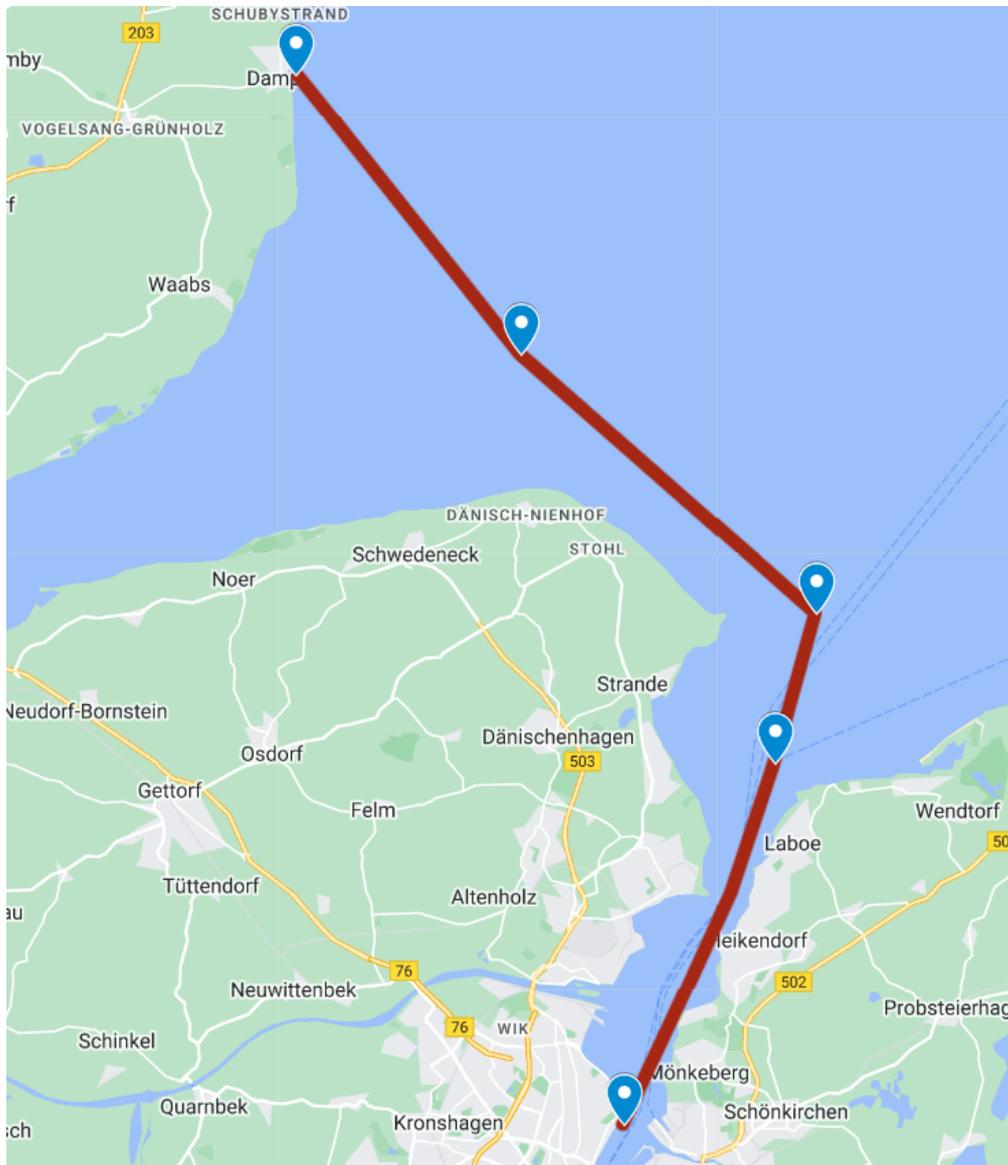
### 3.4 Donnerstag



**Abbildung 5:** Route Donnerstag: Marstal nach Damp

Für den letzten vollen Tag sollte uns die See noch einmal zeigen, dass die Wellen auch höher werden können. Mit einer signifikanten Wellenhöhe von 1 m ist schon dem ein oder anderen an Bord etwas flau geworden. Nachdem wir den Hafen mit dem Motor verlassen haben, wurden die Segel gesetzt. Der Motor musste jedoch kurz danach wieder eingeschaltet werden, um Kurs zu halten und um die Stabilität für das Schiff zu erhalten, da wir in einer Schiefelage fuhren. Am frühen Nachmittag erreichten wir zum zweiten Mal auf unserer Reise den Yachthafen von Damp. Nach einer kurzen Pause wurden dort am Strand dann auch die restlichen Seminare gehalten.

### 3.5 Freitag

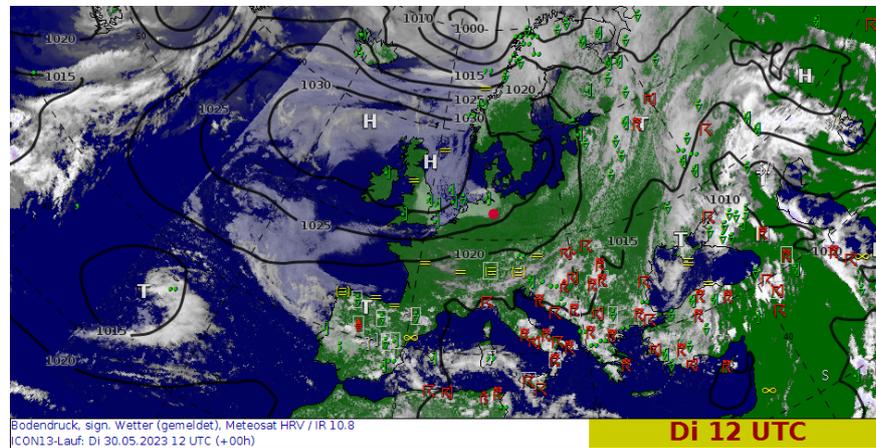


**Abbildung 6:** Route Freitag: von Damp nach Kiel

Am Freitag war auch schon der letzte Tag unserer Reise gekommen. Wir legten gegen 9.30 Uhr vom Yachthafen Damp ab und setzten Kurs auf den Ausgangsort unserer Reise, Kiel. Auch am letzten Tag konnten wir fast nicht mehr ausschließlich Segeln und so kam es, dass nur kurz der Motor des Schiffes nicht lief. Nach etwa 1.5 h waren wir innerhalb der Kieler Förde angekommen und bewegten uns nun auf den letzten Metern Richtung Kieler Hafen, wo unsere Segelfahrt enden sollte. Um etwa 13.30 Uhr erreichten wir die Blücherbrücke und damit das Ende unserer Zeit auf der Zuiderzee. Nach einer kurzen Verschnaufpause und dem Aufräumen des Innenraums verließen wir das Schiff und brachen auf zum Hauptbahnhof. Um ca. 19.30 Uhr endete unsere Reise dann mit der Ankunft am Hbf. Hannover.

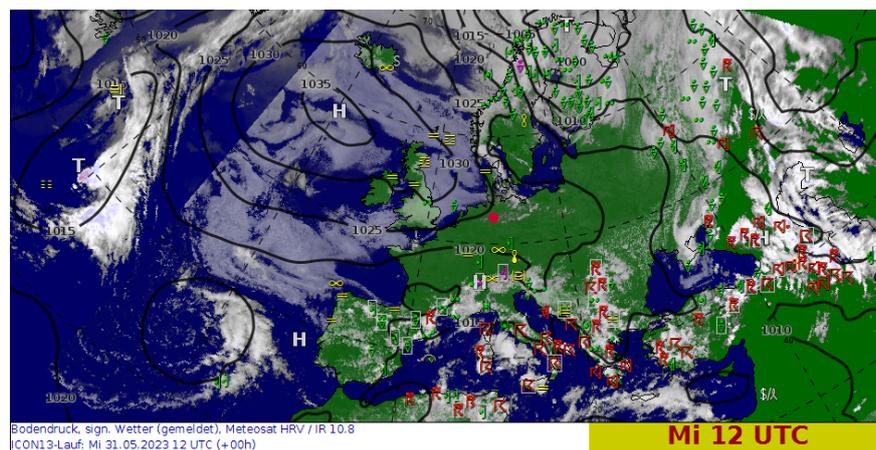
## 4 Wie war das Wetter?

### 4.1 Großwetterlage



**Abbildung 7:** Bodendruck, signifikantes Wetter am Dienstag, 30.05.2023, 12 UTC

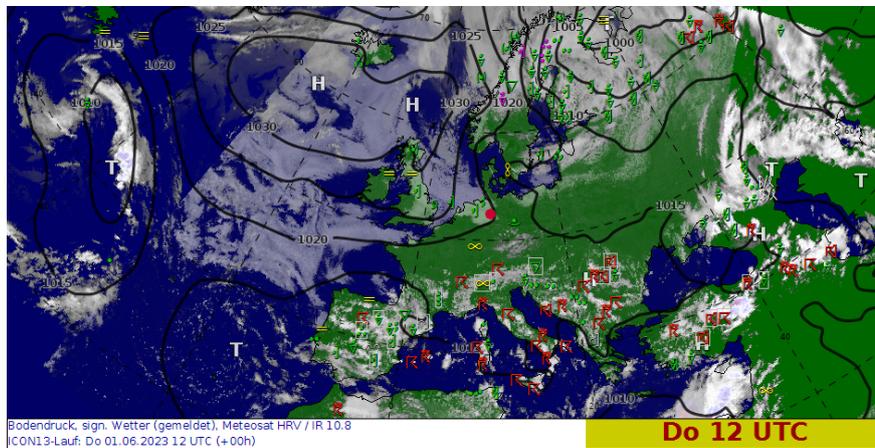
Am Dienstag, den 30.05.2023 befindet sich über Großbritannien ein ausgeprägtes Hoch unter dessen Einfluss auch die Ostsee liegt. Die Frontalzone verläuft hierbei über die Nordsee und Skandinavien nach Osten, so dass bis mittags noch eine flächendeckende Bewölkung vorherrscht, die sich dann zum Abend hin teilweise auflöst. Des Weiteren weht durch die antizyklonale Westlage ein Nord-West Wind, der trockene und mäßige Luft bringt und auf Grund eines schwachen Druckgradienten mit  $1,5 \text{ m s}^{-1}$  nur sehr gering ausfällt. Die Durchschnittstemperatur über den Tag hinweg, liegt nach unseren Messungen bei  $13,8^\circ\text{C}$ .



**Abbildung 8:** Bodendruck, signifikantes Wetter am Mittwoch, 31.05.2023, 12 UTC

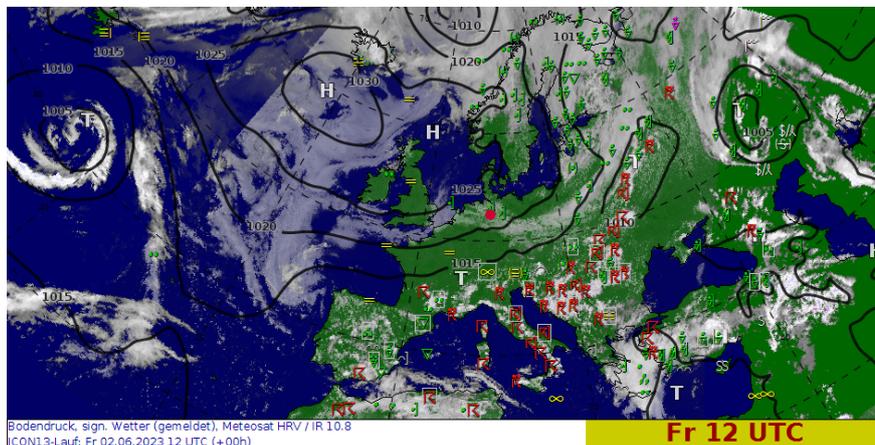
Am Mittwoch, den 31.05.2023 bildet sich vom Hochdruckgebiet bei den Britischen Inseln ausgehend ein Bodenhochkeil, der sich über Norddeutschland bis hinein nach Polen ausstreckt. In Kombination mit dem Tiefdruckgebiet über Nordfinnland nimmt der Druckgradient zu. Im Laufe des Tages zeigt sich dies darin, dass der Wind auf  $4,7 \text{ m s}^{-1}$  auffrischt und von zunächst nördlicher Richtung zunehmend auf Westen dreht. Die Advektion feuchterer Nordseeluft begünstigt die Bildung bodennaher Quellbewölkung, die jedoch in

der vertikalen Entwicklung durch die Absinkinversion blockiert wird und damit niederschlagsfrei bleibt. Die Lufttemperatur erreicht mit  $19,4^{\circ}\text{C}$  ihr Maximum in direkter Nähe zum Festland bei Ærø .



**Abbildung 9:** Bodendruck, signifikantes Wetter am Donnerstag, 01.06.2023, 12 UTC

Am Donnerstag, den 01.06.2023 liegt die Ostsee südlich des Bodenhochkeils, wodurch der Tag mit mäßiger Quellbewölkung und einer erhöhten Windgeschwindigkeit von  $7,9\text{ m s}^{-1}$  in Ærø beginnt. Auf dem Weg nach Damp erreicht die Windgeschwindigkeit ein Maximum von  $10,0\text{ m s}^{-1}$  aufgrund des weiter südlich verlagernden Keils und einem zunehmenden Druckgradienten. Die morgentliche Cumulusbewölkung löst sich auf See immer weiter auf. Die Lufttemperatur steigt im Verlauf des Tages auf  $15,0^{\circ}\text{C}$  im Hafen von Damp.



**Abbildung 10:** Bodendruck, signifikantes Wetter am Freitag, 02.06.2023, 12 UTC

Am Freitag, den 02.06.2023 besteht weiterhin das Hoch der letzten Tage nördlich von Großbritannien und beeinflusst immer noch das Wetter der Ostsee. Mit dem Keil in Richtung Baltikum behält das Hoch seine blockierende Wirkung und Wolkenbildung bleibt auch im Bereich der Ostsee aus. Der Wind drehte laut unseren Messungen im Verlauf des Vormittags von Ostsüdostwind hin zu Nordostwind, wobei die Windgeschwindigkeit von  $6,5\text{ m s}^{-1}$  auf  $3,5\text{ m s}^{-1}$  zurück ging. Die Temperatur blieb währenddessen relativ konstant im Bereich von  $14 - 15^{\circ}\text{C}$ .



Quellen: <https://www.meteo.uni-hannover.de/de/institut/personen/dr-micha-gryschka/wetterkarten-und-satellitenbilder>

## 4.2 Messdaten

| Datum | Lokale Zeit | Position      | $T_{Luft}$    | $T_{feucht}$ | $T_{Wasser}$ | Windgeschw.        | Windrichtung      | Schiffsgeschw.      | Schiffskurs        | Bedeckungsgrad | Wolken | Sign. Wetter |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------|--------|--------------|
| 30.05 | 10:00 Uhr   | 54,34N/10,16E | 13,9 °C       | 10,8 °C      | 15,0 °C      | 0,8 $\frac{m}{s}$  | 310°              | x                   | x                  | 8/8            | Sc     | x            |
|       | Kiel        | 54,48N/10,19E | 13,0 °C       | 10,8 °C      | 13,6 °C      | 2,2 $\frac{m}{s}$  | 320°              | 0,6 $\frac{m}{s}$   | 300°               | 7/8            | Sc     | x            |
|       | ↓           | 54,49N/10,17E | 13,8 °C       | 10,8 °C      | 14,5 °C      | 1,0 $\frac{m}{s}$  | 320°              | 2,0 $\frac{m}{s}$   | 73°                | 3/8            | Ci,Cu  | x            |
| Damp  | 16:00 Uhr   | 54,31N/10,06E | 14,5 °C       | 10,8 °C      | 14,0 °C      | 2,5 $\frac{m}{s}$  | 340°              | 11,84 $\frac{m}{s}$ | 322°               | 3/8            | Ci,Cu  | x            |
|       | 31.05       | 10:00 Uhr     | 54,35N/10,02E | 16,8 °C      | 12,9 °C      | 14,7 °C            | 3,6 $\frac{m}{s}$ | 335°                | 2,73 $\frac{m}{s}$ | 10°            | 6/8    | Ci,Cu        |
| Damp  | 12:00 Uhr   | 54,45N/10,07E | 14,9 °C       | 13,0 °C      | 14,2 °C      | 4,7 $\frac{m}{s}$  | 350°              | 3,65 $\frac{m}{s}$  | 69°                | 7/8            | Ci,Cu  | x            |
|       | ↓           | 54,49N/10,29E | 15,2 °C       | 12,4 °C      | 13,0 °C      | 4,7 $\frac{m}{s}$  | 260°              | 7,0 $\frac{m}{s}$   | 63°                | 6/8            | Ci     | x            |
| Ærø   | 16:00 Uhr   | 54,86N/10,52E | 19,4 °C       | 14,0 °C      | 16,3 °C      | 3,5 $\frac{m}{s}$  | 230°              | Hafen               | Hafen              | 5/8            | Ci     | x            |
| 01.06 | 10:00 Uhr   | 54,51N/10,31E | 12,8 °C       | 10,2 °C      | 11,2 °C      | 7,9 $\frac{m}{s}$  | 260°              | 3,96 $\frac{m}{s}$  | 138°               | 4/8            | Cu     | x            |
|       | Ærø         | 54,47N/10,19E | 13,4 °C       | 11,0 °C      | 13,4 °C      | 10,0 $\frac{m}{s}$ | 260°              | 3,09 $\frac{m}{s}$  | 230°               | 1/8            | Cu     | x            |
|       | ↓           | 54,34N/10,02E | 17,0 °C       | 12,9 °C      | 14,9 °C      | 3,1 $\frac{m}{s}$  | 250°              | 2,88 $\frac{m}{s}$  | 233°               | 1/8            | Cu     | x            |
| Damp  | 16:00 Uhr   | 54,34N/10,01E | 18,3 °C       | 15,3 °C      | 15,0 °C      | 1,0 $\frac{m}{s}$  | 180°              | Hafen               | Hafen              | 2/8            | Cu     | x            |
|       | 02.06       | 10:00 Uhr     | 54,31N/10,07E | 13,8 °C      | 10,4 °C      | 14,4 °C            | 6,5 $\frac{m}{s}$ | 110°                | 3,24 $\frac{m}{s}$ | 139°           | 2/8    | Cu           |
| Damp  | 12:00 Uhr   | 54,20N/10,09E | 15,7 °C       | 12,2 °C      | 15,4 °C      | 3,5 $\frac{m}{s}$  | 30°               | 2,78 $\frac{m}{s}$  | 193°               | 1/8            | Cu     | x            |
|       | ↓           | Kiel          |               |              |              |                    |                   |                     |                    |                |        |              |

**Tabelle 1:** Messwerte

## 5 Was wurde gekocht?

### 5.1 Dienstag

Kochgruppe: Anna, Hauke, Julia, Sebastian

#### Vorspeise: Tomatencremesuppe

- 2,5 Zwiebeln
- 5 Knoblauchzehen
- 2,5 kg Tomaten
- 10 EL Öl
- ca. 2,5 EL Zucker
- 1,5 L Gemüsebrühe
- 2,5 Dosen gehackte Tomaten
- ca. 2,5 EL Salz
- 2 Pck. Sojasahne
- 1 Tube Tomatenmark
- Basilikum und Kräuter nach Wahl



**Zubereitung:** Die Tomaten kreuzweise einschneiden, mit Öl und Zucker beträufeln und für ca. 20 Minuten im Ofen backen, bis sie weich sind. Zwiebeln und Knoblauch im Topf andünsten, und mit den gehackten Tomaten und Brühe ablöschen. Die weichen Tomaten, Tomatenmark und Sojasahne dazu geben und ca. 15 Minuten köcheln lassen. Alles pürieren und mit Salz, Basilikum und ggf. weiteren Kräutern abschmecken.

#### Hauptspeise: Vegetarische Frikadellen mit Nudeln und Tomatensauce

##### Frikadellen



- 5,5 L Gemüsebrühe
- 825 g Reis
- 825 g geriebener Emmentaler
- 11 Karotten
- 11 Zwiebeln
- 11 Eier
- Salz und Pfeffer
- 2 Packungen TK Kräuter
- Paniermehl
- mind. 1 L Bratöl
- 2 kg Nudeln
- 2 kg passierte Tomaten



**Zubereitung Frikadellen:** Die Brühe aufkochen lassen, den Reis hineingeben und 15 min kochen. Er sollte dann noch etwas äldenteßein. Den Reis abgießen und abkühlen lassen. Den Käse raspeln, die Karotten putzen und raspeln. Die Zwiebeln fein würfeln.

Reis, Käse, Karotten, Zwiebeln und Eier miteinander vermengen. Pfeffer (ruhig reichlich), Salz und Kräuter einrühren. Nun Semmelbrösel einrühren, bis die Masse etwas Konsistenz hat. Dann ca. 15 min quellen lassen. Prüfen, ob die Masse unter Druck in den Händen zu einer Frikadelle geformt werden kann. Wenn ja, anschließend noch leicht in Semmelbröseln wälzen.

In reichlich Öl bei geringer Hitze vorsichtig von beiden Seiten goldbraun braten.

#### **Zubereitung Nudeln und Tomatensauce:**

Nudeln nach Packungsanweisung kochen.

Für die Tomatensauce haben wir als Basis einen Rest Tomatensuppe von Martin (dem Matrosen) mit den passierten Tomaten ergänzt. Dazu kamen ein paar Gewürze.

Zum Nachkochen empfehlen wir Zwiebeln und Knoblauch in der (Frika-)Pfanne anzubraten, die entsprechende Menge passierte Tomaten dazu geben. Nach beilieben würzen. Wenn das gut durchgerührt ist, dann die gekochten Nudeln ebenfalls in die Pfanne geben und gut umrühren. Für kleinere Mengen Nudeln und Soße ist das eine sehr leckere Variante.

#### **Dessert: Der einfachste Nachtisch der Welt**

- 3 Pck. Zwieback
- 1,5 L Naturjoghurt
- 3 Becher Schlagsahne
- 1,5 kg Rote Grütze



**Zubereitung:** Den Zwieback in eine Schüssel geben. Die Sahne (ungeschlagen) und den Joghurt mit einem Schneebesen miteinander verrühren und über den Zwieback geben. Kurz vor dem Servieren die rote Grütze darauf verteilen. Schmeckt super leicht und erfrischend.

## 5.2 Mittwoch

Kochgruppe: Jens, Lennart, Maja, Marcel, Ole

### Vorspeise: Couscoussalat

- 400 g Couscous
- 2 TL Salz
- 800 mL Wasser
- 8 Frühlingszwiebeln
- 500 g Cherrytomaten
- 2 rote Paprika
- 1 Gurke
- 15 g frische Minze
- 15 g frische Petersilie

#### Dressing:

- 12 EL Olivenöl
- 4 EL Zitronensaft
- 2 EL Tomatenmark
- 4 TL Honig/Agavendicksaft
- 1 TL mildes Paprikapulver
- 1 TL Kreuzkümmel gemahlen
- 1 Prise Salz
- 1 Prise Pfeffer



**Zubereitung:** Couscous mit 2TL Salz vermischen und mit kochendem Wasser übergießen. Quellen lassen, bis das Wasser aufgesogen ist. Abkühlen lassen.

Frühlingszwiebeln, Tomaten, Paprikas und Gurke waschen und klein schneiden. Petersilie und Minze waschen, die Blätter von den Stielen zupfen und fein schneiden.

Alle Zutaten für das Dressing vermengen und unter den Couscous rühren.

Sobald der Couscous etwas abgekühlt ist, das komplette Gemüse und die frischen Kräuter dazugeben.

**Hauptspeise: Veganes Curry**

- 4 Zwiebeln
- 12 Knoblauchzehen
- 8 cm Ingwer
- 6 EL Currypulver
- 3 EL Kurkumapulver
- 5 TL Kreuzkümmel
- 5 TL Korianderpulver
- 1 EL Zucker
- 1 TL Zimt
- Salz
- Rapsöl/Sonnenblumenöl
- 3 TL Sambal Oelek
- 3 EL Tomatenmark
- 5 Dosen Kokosmilch (á 400 g)
- 5 Dosen gestückelte Tomaten (á 400 g)
- 6 Paprikas
- 4 Zucchini
- 10 große Möhren
- 3 Dosen Mais (á 300 g)
- 4x Tofu natur (á 200 g)
- 1,5 kg
- Rosinen

**Zubereitung:** Zwiebeln in Öl anbraten. Knoblauch und Ingwer fein hacken und etwas später dazugeben. Wenn die Zwiebeln fertig sind, Curry, Kurkuma, Kreuzkümmel und Koriander in einer Schale vermischen und sehr kurz mitbraten. (Vorsicht, dass es nicht anbrennt!) Tomatenmark und Sambal Oelek hinzugeben und sehr kurz mitbraten. Kokosmilch und gestückelte Tomaten hinzugeben. Zucker, Zimt und eine beliebige Menge Salz hinzugeben. (Abschmecken)

Möhren und Paprika klein geschnitten hinzugeben. Wenn Möhren und Paprika etwas weicher geworden sind, klein geschnittene Zucchini hinzugeben. Reis mit doppelter Menge Wasser und Salz kochen. Ein paar Minuten bevor das Curry fertig ist, Mais, klein geschnittenes Tofu und optional Rosinen hinzugeben. Das Curry ist fertig, wenn das Gemüse weich genug ist.

**Dessert: Apfelcrumble mit Vanilleeis**

- 350 g Mehl
- 200 g zarte Haferflocken
- 250 g Zucker
- 1 Prise Salz
- 300 g vegane Butter/Margarine (+1 EL für die Form)

**Für die Äpfel:**

- 7-8 Äpfel (ca. 800 g)
- 5 EL Zitronensaft
- 50 g Zucker
- 2,5 Pck. Vanillezucker
- 1 TL Zimt

**Zusatz:**

- Vanilleeis



**Zubereitung:** Mehl, Haferflocken, Zucker und Salz in einer Schüssel vermengen. Vegane Butter/Margarine dazugeben und mit den Händen zu einem krümeligen Teig kneten. Streusel beiseitestellen.

Anschließend die Äpfel schälen und vierteln. Das Gehäuse entfernen und die Äpfel in ungefähr 2 cm<sup>3</sup> große Würfel schneiden. Mit Zitronensaft, Zucker, Vanillezucker und Zimt mischen.

Die Auflaufform mit etwas veganer Butter/Margarine ausstreichen. Apfelwürfel in die Form legen und die Streusel darauf verteilen. Auf der mittleren Schiene bei 190°C Ober-/Unterhitze 35-40 Minuten backen, bis sich die Streusel goldbraun verfärben. Aus dem Ofen nehmen und am besten noch warm mit (veganem) Vanilleeis servieren.



### 5.3 Donnerstag

Kochgruppe: Dominik, Harmund, Jonas, Lena, Rebecca

#### Zwischendurch: Obstsalat



- 8 Bananen
- 12 Äpfel
- 6 Orangen
- 6 Birnen
- 1 Flasche Zitronensaft
- 1-mal Agavendicksaft
- 3 Packungen Trauben
- 1kg Crunchmüsli Hafer
- 1 Becher Veganer Joghurt
- 3,5kg Naturjoghurt
- 2kg griechischer Joghurt

**Zubereitung:** Das gesamte Obst wurde in einer vorbildlichen Teamarbeit, auch unter tatkräftiger Unterstützung aus anderen Kochgruppen, in mundgerechte Stücke geschnitten und mit dem Zitronensaft versetzt.

Das Obst wurde mit griechischem Joghurt und Crunchmüsli als Buffet im Gruppenraum angeboten und war eine willkommene Belohnung nach einem anstrengenden Segeltag mit viel Seegang.

Empfehlung aus der Küche: Am besten bei strahlendem Sonnenschein an Deck genießen.

#### Vorspeise: Tomate-Mozzarella

- 3 kg Fleischtomaten
- 12 Kugeln Mozzarella
- Balsamico
- ein Strauch Basilikum



**Zubereitung:** Tomaten und der teilweise im Kühlschrank tiefgefrorene Mozzarella wurden in Scheiben geschnitten und zusammen mit Basilikum und Balsamico einzeln auf Tellern serviert.

Opfer der Vorspeise wurde der kahlgerupfte Basilikumstrauch, welcher aufgrund der geringen Überlebenschancen nach etwa 1h an Bord, das zeitliche segnen musste.

Empfehlung aus der Küche: Teller können auch noch für die Hauptspeise verwendet werden, das Abwaschteam wird es ihnen danken.

### Hauptspeise: Chili sin carne



- 6 Zwiebeln
- 2 Knoblauchknollen
- 12 Kartoffeln
- 1,5 kg rote Linsen
- 6 Dosen Kidneybohnen
- 7 Dosen Mais
- 6 passierte Tomaten
- Etwas Gemüsebrühe
- Chili- und Paprikapulver

**Zubereitung:** Die Zwiebeln und den Knoblauch klein schneiden und in einem großen Topf anbraten. Kartoffeln in mundgerechte Stückchen schneiden und dazugeben. Die abgebrausten roten Linsen ebenfalls dazugeben und alles mit etwas Gemüsebrühe ablöschen. Das ganze ca. 20 Minuten kochen lassen, bis Kartoffeln und Linsen durch sind.

Anschließend Kidneybohnen und Mais dazugeben, mit den passierten Tomaten strecken und gut heiß werden lassen. Abschließend je nach Bedarf würzen.

Servieren mit etwas Petersilie und geschnittenem teurem aber leckerem dänischen Baguette.

Empfehlung aus der Küche: Gasherde sollte man nicht anlassen ohne eine Flamme angezündet zu haben.

Danke an Matrose Maddin für das anschließen der neuen Gaskartusche.

Als musikalisches Setting empfiehlt sich ruhiger Jazz.

**Dessert: Paradiescreme**

- 6 Packungen Dr. Oetker Paradies Creme (Vanille, Stracciatella, Schokolade)
- 2 Liter Milch
- 1 veganer Schokopudding



**Zubereitung:** Die drei Geschmacksrichtungen wurden strikt nach Packungsvorgabe mit Milch, mithilfe des geliehenen Mixers vom Nachbarboot, verrührt und kaltgestellt.

Nach einiger Kühlungszeit konnte angerichtet werden. Wie auf dem Bild zu sehen, wurden auch die Reste des nachmittäglichen Snacks wiederverwertet.

Natürlich wurde auch an die veganen Mitfahrer\*innen gedacht und veganer Schokopudding serviert.

## 6 Vorträge

Das Kapitel Vorträge beinhaltet alle an Deck oder im Aufenthaltsbereich des Traditionssglers gehaltenen Fachvorträge rund um das Thema Ostsee, Schiffsentwicklung und Klima.



**Abbildung 11:** Vorträge am Strand von Damp

Natürlich soll diese Exkursion den Bildungsauftrag erfüllen. Hierzu wird von jedem Exkursionsteilnehmer ein 10 bis 15- minütiger Vortrag erwartet, der im Laufe der Segelexkursion den anderen Teilnehmern näher gebracht werden soll. Hier boten sich die Gelegenheiten bei wenig Wind an Deck, vor dem Ausschiffen oder auch bei schönster sonniger Strandkulisse, wie es in Hafen von Damp der Fall war.



## Entstehung und geografische Lage der Ostsee (Ole Wagner)

### Geografische Lage:

- Weltgrößtes Randmeer mit einer Fläche von ca. 415000 km<sup>2</sup>
- Ostseebecken ist relativ flach mit einer mittleren Tiefe von 52m
- Tiefster Punkt im Landsort-Tief mit 456m
- Verschiedene Meeresteile: Bottenwiek, Bottensee, Zentrale Ostsee, Golf von Finnland, Golf von Riga, Kattegat, Großer Belt und Sund
- Erstreckt sich vom Kattegat im Westen bis zum Golf von Finnland im Osten und vom Stettiner Haff im Süden bis zum Bottnischen Meerbusen im Norden
- Anrainerstaaten: Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Lettland, Litauen, Norwegen, Polen, Russland und Schweden

### Geologische Beschaffenheit der Ostsee:

- Ostsee ist ein Schelfmeer
- Tiefere Untergrundgesteine ähnlich wie umgebene Landmassen (Granite, Gneise, Ablagerungsgesteine)
- Ozeane bestehen aus ozeanischer Kruste (dunkle vulkanische Gesteine wie Basalt)

### Entstehung während der letzten Eiszeit:

- Während Höhepunkt der Eiszeit vor ca. 20000 Jahren von Eis bedeckt
- Gletscher schürften das Ostsee-Becken aus und transportierten Gesteinspartikel
- Meeresspiegel während der Eiszeit weltweit etwa 130 Meter niedriger

### Ende der Eiszeit und Bildung der Ostsee:

- Sich erwärmendes Klima führte zum Schmelzen des skandinavischen Eises
- Vor ca. 12000 Jahren bildete sich ein riesiger Schmelzwassersee im Ostseebecken
- Überlauf des Ostsee-Beckens vor etwa 10300 Jahren in Mittelschweden und Verbindungskanal entsteht
- Süßwassererguss senkte den Seespiegel um rund 25 Meter
- Durch Verbindungskanal konnte Salzwasser einfließen und Ostsee wurde ein Brackwassersee

### Weitere Entwicklung der Ostsee:

- Anstieg des weltweiten Meeresspiegels und Anhebung von Mittelschweden
- Verbindungskanal schließt sich wieder
- Vor 9500 Jahren wurde die Ostsee wieder ein Süßwassersee, der zeitweise größere Flächen als die heutige Ostsee einnahm
- Einige Gebiete der heutigen Ostsee lagen noch trocken und verhinderten Abfließen in Nordsee
- Weltweiter Anstieg des Meeresspiegels sorgte vor 8000 Jahren für Salzwassereindringen durch Kattegatt, Öresund und Belt
- Brackwasser-dominierte Ostsee, wie sie heute existiert, entsteht

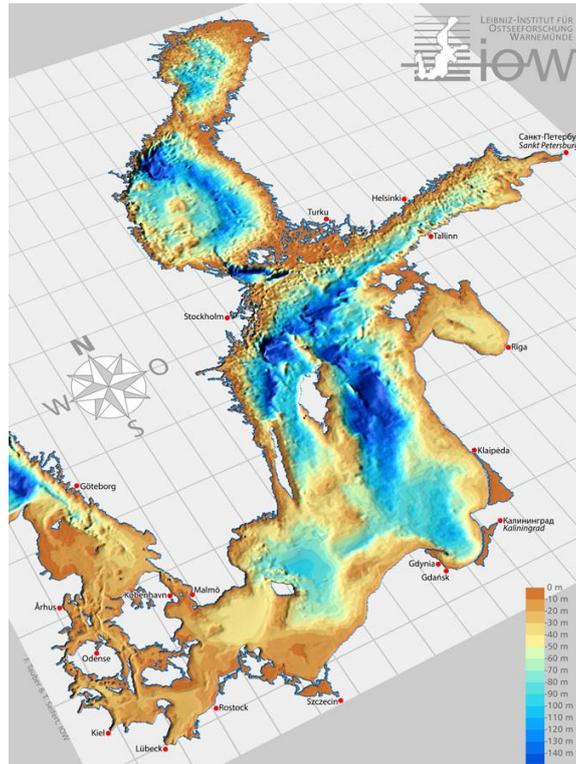


Abbildung 2 Stadien der Ostsee. Quelle: <https://www.io-warnemuende.de/steckbrief-der-ostsee.html>

### Die Ostsee-Stadien

(umgezeichnet nach S. Björck, 1995)

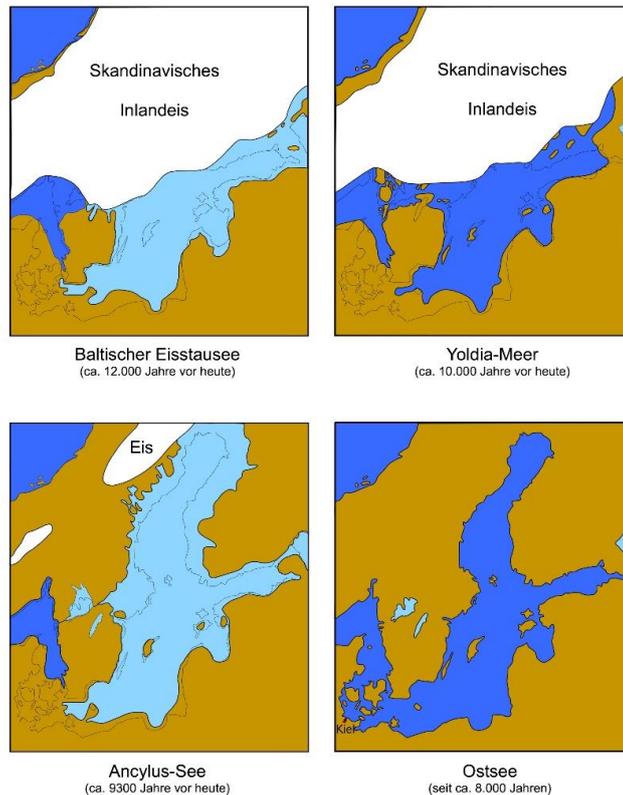


Abbildung 1 Topographie der Ostsee. Quelle: <https://www.geomar.de/entdecken/artikel/die-entstehung-der-ostsee>

## 6.2 Schiffsroutenberatung (Jens Hauschopp)

Die Sicherstellung der Seeschifffahrt ist eine der Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

### Historik

- Internationales Übereinkommen von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf See (SOLAS), eine UN-Konvention zur Schiffssicherheit.
  - Untergang des Frachtschiffs „MS München“ 1978 im Atlantik, 28 Besatzungsmitglieder verschollen.
- ⇒ Deutscher Wetterdienst beginnt Routenberatung.

### Bestimmung der idealen Route

- Naturbedingte Parameter: Wind, Seegang, Sicht, Meeresströmungen, Eisverhältnisse, meteorologische Gefahren (tropische Wirbelstürme)
  - Nautische Parameter: Schiffstyp, Größe, Tiefgang, Geschwindigkeit, Landung, Beladungszustand
  - Geopolitische Parameter: SECA-Zonen, Zwangswege, Piratengebiete
- ⇒ Abwägen der idealen Route nach Schiffs- und Ladungssicherheit sowie Wirtschaftlichkeit.

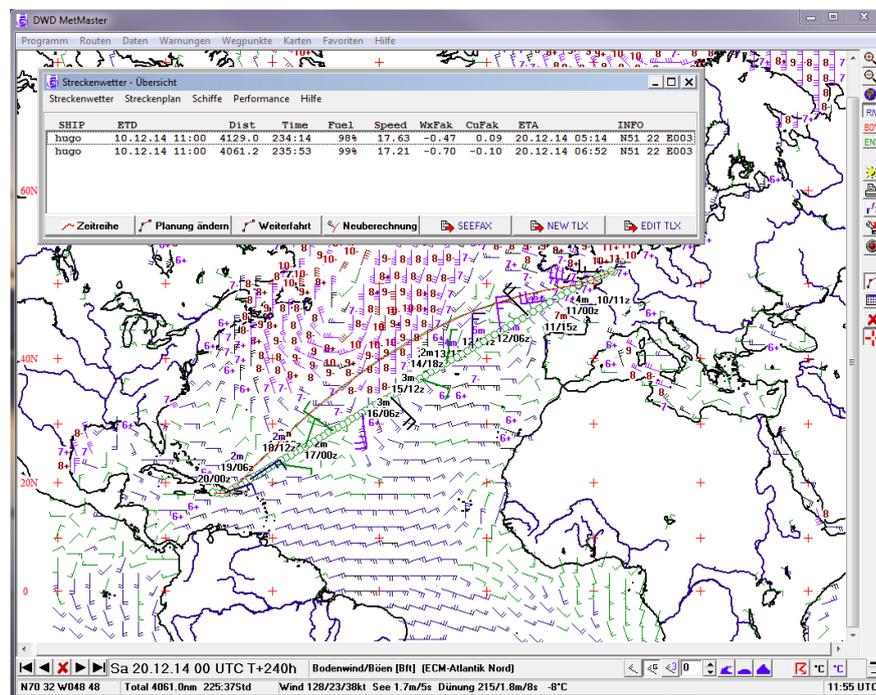


Abbildung 12: Schiffsroutenberatung des Deutschen Wetterdienstes

### Durchführung

- Nutzung von globalen und regionalen Wind- und Seegangsvorhersagen bis zu 10 Tage in die Zukunft basierend auf Beobachtungs- und Satellitendaten.

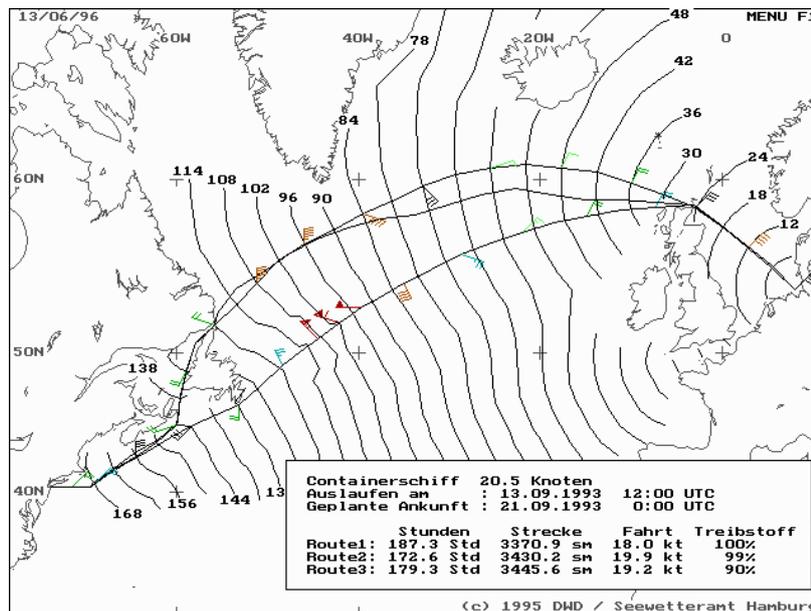
- Modelle des DWD und des Europäischen Zentrums für Mittelfristvorhersagen verwendet.
- Ständige Überwachung der Route, alle 3 Tage Nachberatung, bei Stürmen öfter.
- Bei längeren Seereisen Lüftungsberatung  $\Rightarrow$  Laderaummeteorologie

### Ziele und Erfolge

- Vermeidung von Personen-, Ladungs- und Schiffsschäden.
- Zeitersparnis (zum Teil 2 - 3 % der Reisezeit in den mittleren Breiten).
- Treibstoffminimierung  $\rightarrow$  Kostenersparnis (ca. 500.000 € pro Jahr durch SRB des DWD).

### Isochronenverfahren

- Isochronen = Linien gleicher Erreichbarkeit
- Berücksichtigung von Wind, Strömungen und Schiffsgeschwindigkeit im zeitlichen Verlauf.
- Berechnung des Weges mit geringster Reisedauer.



**Abbildung 13:** Isochronenverfahren des Deutschen Wetterdienstes

Quellen: [https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/schiffahrt/maritimberatung/\\_functions/Teasergroup/thema\\_routenberatung.html](https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/schiffahrt/maritimberatung/_functions/Teasergroup/thema_routenberatung.html)

[1974] International-Maritime-Organization „International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)“ und alte Exkursionsberichte.



### 6.3 Klimawandel und Meeresspiegelanstieg

#### Klimawandel

Als Klimawandel wird eine weltweit auftretende Veränderung des Klimas auf der Erde bezeichnet. Man unterscheidet dabei zwischen einer anthropogenen (von Menschen gemachten) und einer natürlichen Klimaänderung. Die gegenwärtige, anthropogene globale Erwärmung ist ein Beispiel für einen sehr rasch verlaufenden und noch nicht abgeschlossenen Klimawandel.

Die Verbrennung fossiler Brennstoffe, die Abholzung von Wäldern und die Viehzucht beeinflussen zunehmend das Klima und die Temperatur auf der Erde. So erhöht sich die Menge der in der Atmosphäre natürlich vorkommenden Treibhausgase enorm, was den Treibhauseffekt und die Erderwärmung verstärkt.

Ein Klimawandel auf globaler Ebene beruht im Wesentlichen auf einer Veränderung des Strahlungsantriebs, der das Erdklimasystem aus einem stabilen Gleichgewicht in ein Neues überführt.

2011-2020 war den Aufzeichnungen zufolge das bislang wärmste Jahrzehnt mit einer weltweiten Durchschnittstemperatur im Jahr 2019 von 1,1 °C über dem vorindustriellen Niveau. Die anthropogene Erderwärmung nimmt derzeit alle zehn Jahre um 0,2 °C zu. Ein Temperaturanstieg um 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter hat gravierende irreversible negative Auswirkungen auf die Umwelt, auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen und Lebewesen.

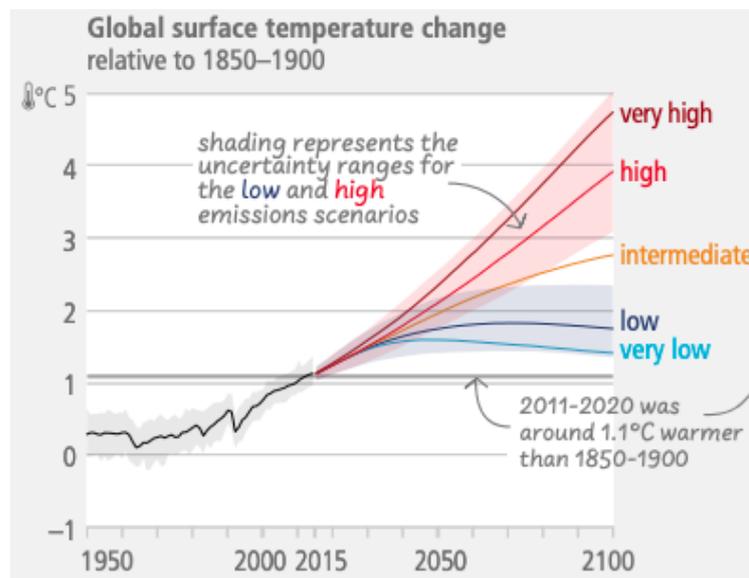


Abbildung 14: Änderung der globalen Oberflächentemperatur

Der Klimawandel hat schon jetzt erhebliche Schäden und Verluste in Land-, Süßwasser- und Meeresgewässern verursacht.

Es kommt zu Hunderten lokalen Artenverlusten aufgrund einer Zunahme von Hitzeextremen. Dazu kommen weitere Gefahren wie z.B. vermehrte Ernteausfälle, ansteigende Brandgefahren, Süßwasserknappheit und damit verbundene Gesundheitsprobleme.

Jede Zunahme der globalen Erwärmung wird mehrere und gleichzeitig auftretende Gefahren verstärken.

## Meeresspiegelanstieg

Der globale mittlere Meeresspiegel (GMSL) steigt in den letzten Jahrzehnten aufgrund der zunehmenden Eisverlusten der grönländischen und antarktischen Eisschilde, sowie des anhaltenden Gletschermassenverlusts und der thermischen Ausdehnung der Ozeane schneller an. Zwischen 1901 und 2010 stieg der Meeresspiegel um 1,7 mm/Jahr, von 1993 bis 2010 waren es durchschnittlich 3,2 mm/Jahr. 2018 wurde der Rekordwert von 3,7 mm gemessen.

Die Zunahme tropischer Wirbelsturmwinde und -niederschläge, sowie die Zunahme extremer Wellen verschärfen in Kombination mit dem relativen Anstieg des Meeresspiegels extreme Meeresspiegelereignisse und Küstengefahren.

Der Anstieg des Meeresspiegels ist global nicht einheitlich und kann regional variieren.

| Quelle                    | Beitrag in mm/a im Zeitraum |             |
|---------------------------|-----------------------------|-------------|
|                           | 1961–2003                   | 1993–2003   |
| Wärmeausdehnung der Meere | 0,42 ± 0,12                 | 1,60 ± 0,50 |
| Gletscherschmelze         | 0,50 ± 0,18                 | 0,77 ± 0,22 |
| Grönländischer Eisschild  | 0,05 ± 0,12                 | 0,21 ± 0,07 |
| Antarktischer Eisschild   | 0,14 ± 0,41                 | 0,21 ± 0,35 |

**Abbildung 15:** Quellen des Meeresspiegelanstiegs

### Quellen:

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCCAR6.pdf>

<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>

<https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policy-makers/>

<https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-changede:tex/>

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

<https://de.wikipedia.org/wiki/Meeresspiegelanstiegseit1850>



## Meereis

Lennart Wilkening

### Was ist Meereis?

Meereis ist zu Eis gefrorenes Meerwasser, dass sich direkt auf dem Ozean bildet. Es bedeckt im Jahresmittel ca. 6,5% der Weltmeere, dies entspricht einer Fläche von etwa 22,5 Millionen km<sup>2</sup>. Abgesehen von den Polargebieten kommt Meereis saisonal auch in der Ostsee, in skandinavischen Fjorden und im Ochotskischen Meer vor. Meereis ist eher porös, in den Poren sind zum einen Luft sowie flüssige, salzhaltige Sole und feste Salzkomplexe eingeschlossen.

### Meereistypen

Beim Meereis unterscheidet man zwischen verschiedenen Typen. Die Bildung ist hierbei abhängig von den vorherrschenden Bedingungen. Bei bewegter Ozeanoberfläche kommt es zur Bildung von Frazil-Eis, hierbei handelt es sich um etwa 2cm große Eisplättchen, die nach und nach zu suppenartigem Eisschlamm verdichten. Bei weiterem Wachstum entsteht Pfannkuchen-Eis, dabei handelt es sich um bis zu 3m große, kreisförmige Eisstücke(Bild links). Wenn kein Seegang vorherrscht, bildet sich eine geschlossene Eisdecke, die als Nilas bezeichnet wird(Bild rechts), diese gewinnt durch das Anfrieren von Wasser unterhalb der Eisschicht an Dicke.



### Eis-Albedo-Rückkopplung

Meereis hat eine höhere Albedo (0,65-0,9) als das Meerwasser (0,07) und reflektiert somit mehr eintreffende Strahlung in den Weltraum. Je weniger Meereis vorhanden ist, desto mehr Strahlung wird von der Meeresoberfläche absorbiert, wodurch sich das Wasser wiederum stärker erwärmt und somit weiteres Meereis zum Schmelzen gebracht wird.

### Antarktisches und arktisches Meereis

Die Eisbedeckung in der Arktis sowie in der Antarktis schwankt im Laufe der Jahreszeiten. Auf der Nordhalbkugel schmilzt im Sommer das saisonale Eis der Arktis, wobei im September das Minimum der Eisbedeckung erreicht wird. Zu diesem Zeitpunkt liegt in der Arktis nur noch mehrjähriges Eis vor. Danach beginnt das saisonale Eis sich wieder neu zu bilden und die Bedeckung erreicht im März sein Maximum. Im Fall der Antarktis ist fast das gesamte Meereis einjährig. Entsprechend ist der Großteil des die Antarktis umgebenden Ozeans im Sommer eisfrei. Während die Eisfläche der Arktis im Laufe der letzten Jahrzehnte rückläufig war, wuchs die Eisfläche der Antarktis an. Wobei der Rückgang des arktischen Meereises größer als der Zuwachs des antarktischen Meereises ist, während die

Meereisausdehnung der Antarktis um 3,2% pro Dekade zunahm, hat die Meereisausdehnung der Arktis um 13% pro Dekade abgenommen.

**Meereiskonzentration**

**Arktis, 15.09.2022**

Ausdehnung:  
4,82 Mio. km<sup>2</sup>

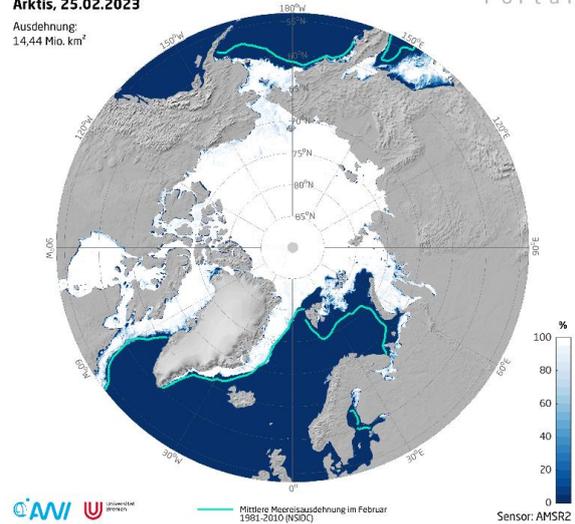


MEEREIS  
Portal

**Meereiskonzentration**

**Arktis, 25.02.2023**

Ausdehnung:  
14,44 Mio. km<sup>2</sup>

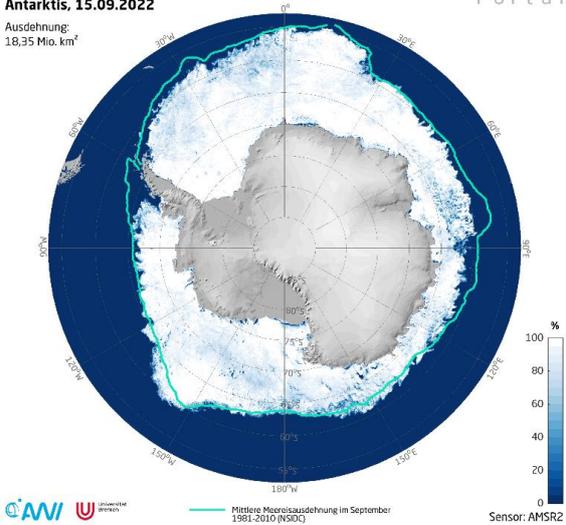


MEEREIS  
Portal

**Meereiskonzentration**

**Antarktis, 15.09.2022**

Ausdehnung:  
18,35 Mio. km<sup>2</sup>

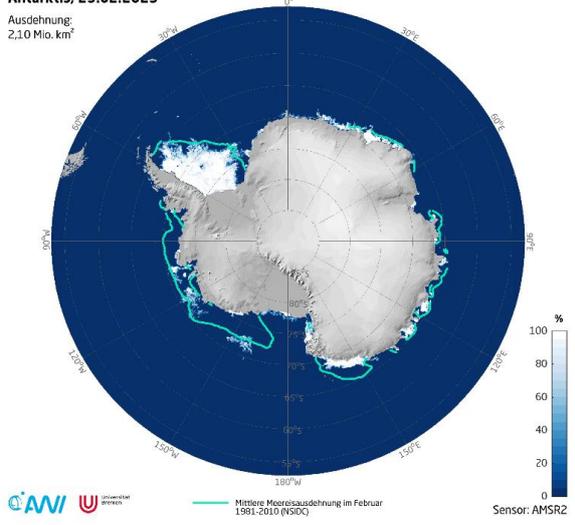


MEEREIS  
Portal

**Meereiskonzentration**

**Antarktis, 25.02.2023**

Ausdehnung:  
2,10 Mio. km<sup>2</sup>



MEEREIS  
Portal

**Quellen**

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

<https://www.meereisportal.de/>

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

alte Exkursionsberichte



## 6.5 Beaufort Skala (Martin Schmidt)

Die Beaufort Skala basiert auf phänologischen Elementen und hat ihren Ursprung in der Seefahrt. Sie besteht aus 13 Stufen von 0 - 12 für den normalen Gebrauch und wurde in dem Jahr 1805 von Francis Beaufort (Marinekommandant aus Großbritannien 1774-1857) entwickelt und im 20. Jahrhundert mit der Entwicklung von Messinstrumenten durch die Windgeschwindigkeit ergänzt. Durch die Skala kann die Windgeschwindigkeit gut ohne Messinstrumente geschätzt werden. Eine Überbrückung zur Fujita Skala bieten die fünf weiteren Stufen von 13 - 17, wobei die Stufe 17 bei  $61,2 \text{ m s}^{-1}$  beginnt. Dieser Bereich ist phänologisch auf der See nicht mehr unterscheidbar. Im Jahr 1960 wurde eine erwartete Wellenhöhe ergänzt. Die Geschwindigkeit aus dem Beaufort Wert berechnet sich nach

$$v = 0,836 \text{ m s}^{-1} \cdot B^{\frac{3}{2}}, \quad (1)$$

wobei  $B$  der Beaufort Wert ist. Tabelle 2 zeigt die Windgeschwindigkeiten der Beaufort Skala, während Tabelle 3 die phänologischen Auswirkungen zeigt.

| Stärke | Deutsche Bezeichnung | Englische Bezeichnung  | $v \text{ (m s}^{-1}\text{)}$ | $v \text{ (km h}^{-1}\text{)}$ | $v \text{ (kt)}$ | signifikante Wellenhöhe (m) |
|--------|----------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------------|
| 0      | Windstille           | <i>Calm</i>            | 0 - 0,2                       | <1                             | <1               | 0                           |
| 1      | leiser Zug           | <i>Light Air</i>       | 0,3 - 1,5                     | 1 - 5                          | 1-3              | 0,1                         |
| 2      | leichte Brise        | <i>Light Breeze</i>    | 1,6 - 3,3                     | 6 - 11                         | 4-6              | 0,2                         |
| 3      | schwacher Wind       | <i>Gentle Breeze</i>   | 3,4 - 5,4                     | 12 - 19                        | 7-10             | 0,6                         |
| 4      | mäßiger Wind         | <i>Moderate Breeze</i> | 5,5 - 7,9                     | 20 - 28                        | 11-16            | 1                           |
| 5      | frischer Wind        | <i>Fresh Breeze</i>    | 8,0 - 10,7                    | 29 - 38                        | 17-21            | 2                           |
| 6      | starker Wind         | <i>Strong Breeze</i>   | 10,8 - 13,8                   | 39 - 49                        | 22-27            | 3                           |
| 7      | steifer Wind         | <i>Near Gale</i>       | 13,9 - 17,1                   | 50 - 61                        | 28-33            | 4                           |
| 8      | stürmischer Wind     | <i>Gale</i>            | 17,2 - 20,7                   | 62 - 74                        | 34-40            | 5,5                         |
| 9      | Sturm                | <i>Severe Gale</i>     | 20,8 - 24,4                   | 75 - 88                        | 41-47            | 7                           |
| 10     | schwerer Sturm       | <i>Storm</i>           | 24,5 - 28,4                   | 89 - 102                       | 48-55            | 9                           |
| 11     | orkanartiger Sturm   | <i>Violent Storm</i>   | 28,5 - 32,6                   | 103 - 117                      | 56-63            | 11,5                        |
| 12     | Orkan                | <i>Hurricane</i>       | >32,7                         | >118                           | >64              | >14                         |

**Tabelle 2:** Beaufortskala mit mittlerer Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe in den verschiedenen Einheiten  $\text{m s}^{-1}$ ,  $\text{km h}^{-1}$  und kt sowie die signifikante Wellenhöhe

Die **Quellen** für die Tabellen sind:

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv3=100390&lv2=100310>

<https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html;jsessionid=572093ECA0461405412F8DC1E795C432.live21073?lv2=100310&lv3=536590>

Die **Quellen** für den Text sind:

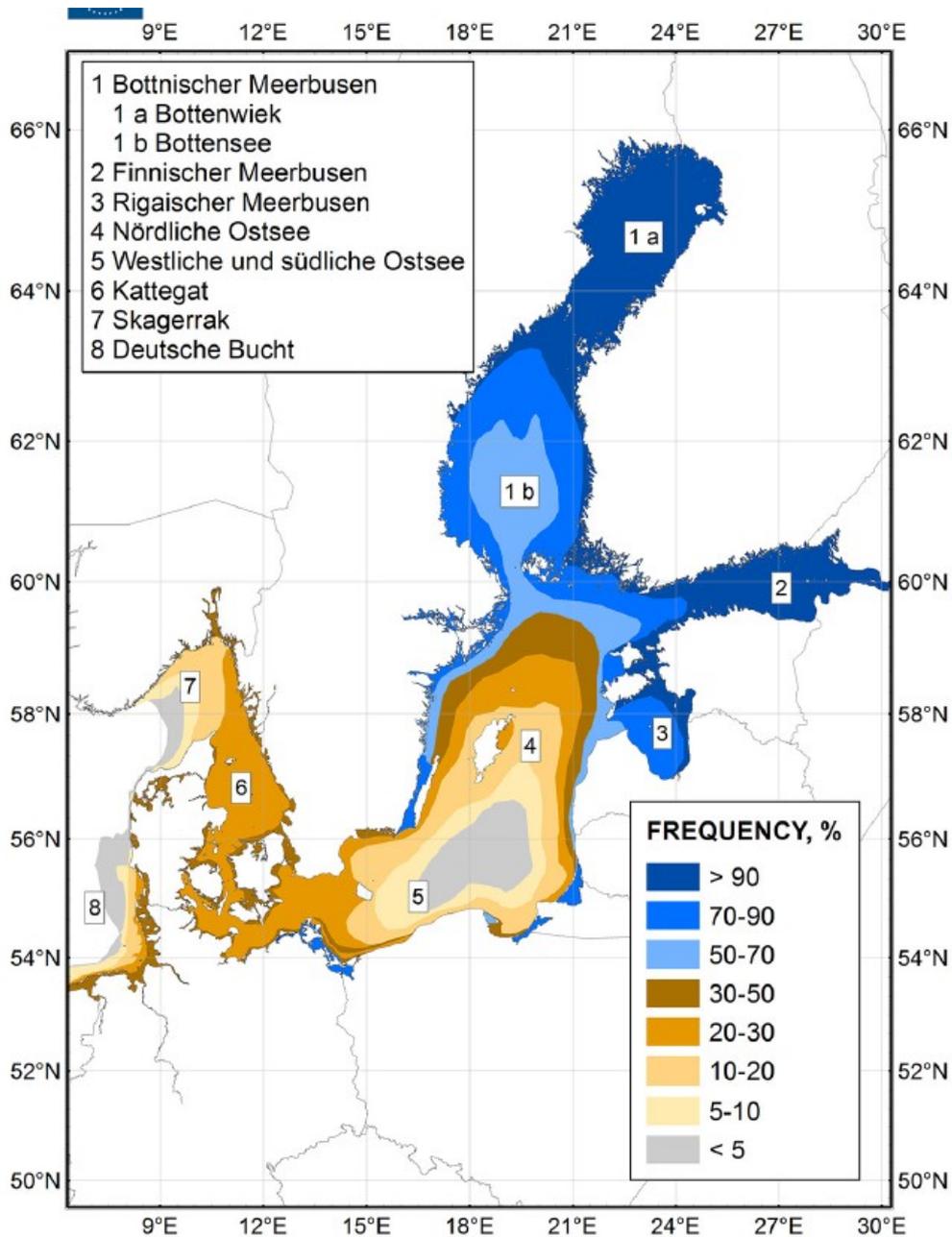
[https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/library-and-archive/library/publications/factsheets/factsheet\\_6-the-beaufort-scale.pdf](https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/research/library-and-archive/library/publications/factsheets/factsheet_6-the-beaufort-scale.pdf)

<https://www.britannica.com/science/Beaufort-scale>

| Stärke | Deutsch            | Auswirkungen Land   | Auswirkungen See  |
|--------|--------------------|---|---|
| 0      | Windstille         | Rauch steigt senkrecht auf  | Spiegelglatte See   |
| 1      | leiser Zug         | Windrichtung angezeigt durch den Zug des Rauches  | Kleine schuppenförmig aussehende Kräuselwellen ohne Schaumkämme   |
| 2      | leichte Brise      | Wind im Gesicht spürbar, Blätter und Windfahnen bewegen sich                                  | Kleine Wellen, noch kurz, aber ausgeprägter. Die Kämme sehen glasisch aus und brechen nicht.  |
| 3      | schwacher Wind     | Wind bewegt dünne Zweige und streckt Wimpel   | Die Kämme beginnen zu brechen. Der Schaum ist glasisch. Vereinzelt können kleine Schaumköpfe auftreten.   |
| 4      | mäßiger Wind       | Wind bewegt Zweige und dünnere Äste, hebt Staub und loses Papier                              | Die Wellen sind zwar noch klein, werden aber länger. Weiße Schaumköpfe treten schon ziemlich verbreitet auf.  |
| 5      | frischer Wind      | kleine Laubbäume beginnen zu schwanken, Schaumkronen bilden sich auf Seen                     | Mäßige Wellen (ausgeprägte lange Form). Weiße Schaumkämme bilden sich in großer Zahl. Vereinzelt kann schon etwas Gischt vorkommen.   |
| 6      | starker Wind       | starke Äste schwanken, Regenschirme sind nur schwer zu halten, Stromleitungen pfeifen im Wind | Die Bildung großer Wellen beginnt. Überall treten ausgedehnte weiße Schaumkämme auf, häufig mit Gischt.   |
| 7      | steifer Wind       | fühlbare Hemmungen beim Gehen gegen den Wind, ganze Bäume bewegen sich                        | Die See türmt sich. Der beim Brechen der Wellen entstehende weiße Schaum beginnt sich in Streifen in Windrichtung zu legen.   |
| 8      | stürmischer Wind   | Zweige brechen von Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien                            | Mäßige hohe Wellenberge von beachtlicher Länge. Die Kanten der Kämme beginnen zu Gischt zu verwehen. Gut ausgeprägte Schaumstreifen.  |
| 9      | Sturm              | Äste brechen von Bäumen, kleinere Schäden an Häusern (Dachziegel oder Rauchhauben abgehoben)  | Hohe Wellenberge, dichte Schaumstreifen. Das bekannte „Rollen“ der See beginnt. Die Gischt kann die Sicht beeinträchtigen.  |
| 10     | schwerer Sturm     | Wind bricht Bäume, größere Schäden an Häusern   | Sehr hohe Wellenberge mit langen überbrechenden Kämmen. Meeresoberfläche sieht durch entstehende mit dem Wind wehende Schaumflächen im Ganzen weiß aus. Das Rollen der See wird schwer und stoßartig. Die Sicht ist beeinträchtigt.                                 |
| 11     | orkanartiger Sturm | Wind entwurzelt Bäume, verbreitet Sturm Schäden   | Außergewöhnlich hohe Wellenberge. Kleine und mittelgroße Schiffe zeitweise hinter Wellenbergen verdeckt. Die See ist völlig von langen weißen Schaumflächen bedeckt. Überall werden die Kanten der Wellenkämme zu Gischt verweht. Die Sicht ist stark herabgesetzt. |
| 12     | Orkan              | schwere Verwüstungen  | Die Luft ist mit Schaum und Gischt angefüllt. Die See ist vollständig weiß von treibender Gischt. Die Sicht ist sehr stark herabgesetzt.  |

**Tabelle 3:** Beaufortskala mit phänologischen Auswirkungen für Land und See

## 6.6 Vereisung der Ostsee (Anna Hauschild)



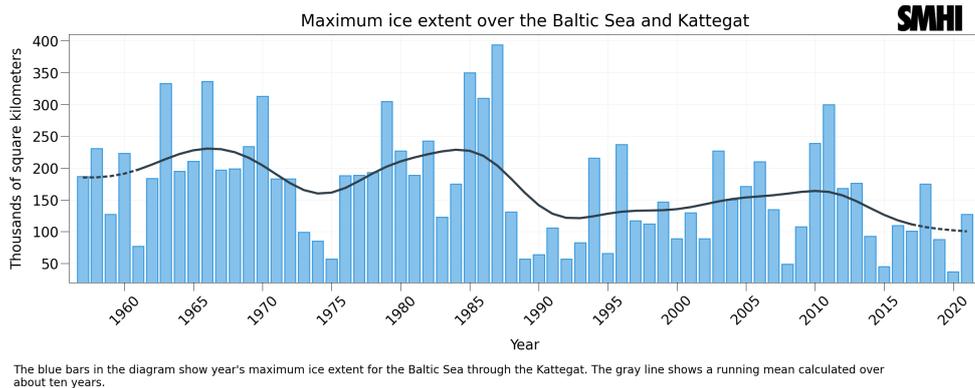
**Abbildung 16:** [Schmelzer, Holfort]: Eisaufreten in der Ostsee 1961 – 2010 (Häufigkeit in %)

### Gegebenheiten

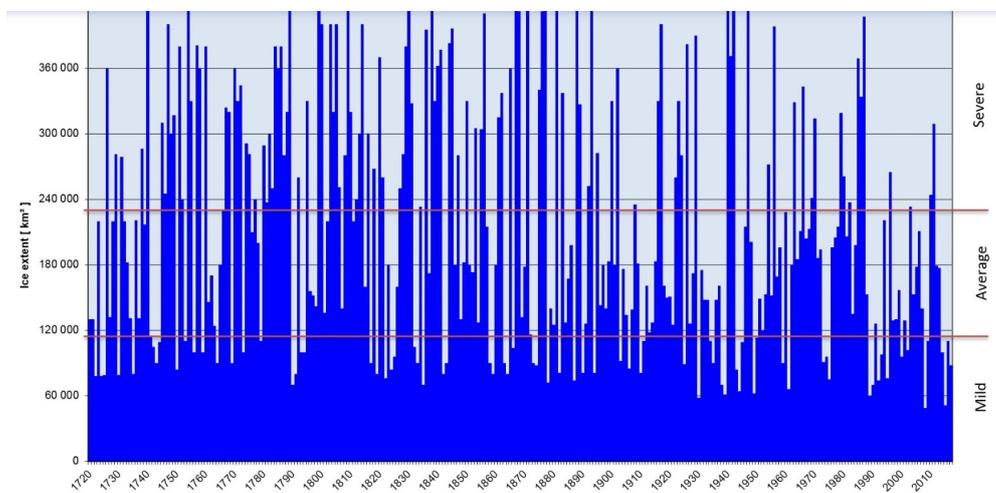
Die Ostsee hat über ihre ganze Fläche sehr viele verschiedene Einflüsse, die dazu führen, dass die Ostsee nicht einheitlich gefriert.

Die größten Unterschiede ergeben sich durch die Änderung des Klimas. Der Großteil der Ostsee befindet sich warmgemäßigtem Klima, im Norden ist jedoch ein hoher Einfluss des Kontinentalklimas spürbar.

Zusätzlich nimmt der Salzgehalt nach Norden und Osten hin ab. Besonders gering ist er in Buchten aufgrund des hohen Zuflusses an salzarmem Flusswasser, besonders hoch ist der Salzgehalt bei der Verbindung zur



**Abbildung 17:** [SMHI], Maximale Eisbedeckung (Fläche) nach Jahr



**Abbildung 18:** [FMI], Maximale Eisbedeckung (Fläche) nach Jahr

Nordsee.

Die Wellen sind größer auf offener See. Die Küstenbereiche sind durch das Land, vorgelagerte Inseln und eine zerklüftete Küstenlinie meistens von weniger starken Wellen betroffen.

### Typische Verteilung und Zeiträume

Die Eisbildung beginnt in den geschützten Küstenbereichen, häufig in Schärenbereichen, wo sich kleine Inseln vor der Küste befinden.

Die Eisbildung startet im nördlichsten Teil des baltischen Meerbusens und dem inneren Teil des Finnischen Meerbusens normalerweise im Oktober bis November, der Beginn kann aber auch erst Anfang Dezember stattfinden. Die Vereisung setzt sich dann im Bottensee fort.

In normalen Wintern sind der Baltische Meerbusen, der Finnische Meerbusen und der Rigaische Meerbusen und viele Küstengebiete mit Eis bedeckt.

In milden Wintern ist die Eisdecke nicht geschlossen und einige der genannten Gebiete sind nicht eisbedeckt, in strengeren Wintern kann zudem noch der Rest der Ostsee von Eis bedeckt sein.

Das Schmelzen des Eises startet im April und setzt sich von Süd nach Nord fort. Meist ist gegen Ende Mai der Großteil des Eises geschmolzen, jedoch gibt es auch Jahre, wo im Juni noch nicht alles geschmolzen ist.

Normalerweise ist die Eisschicht etwa 20-60 cm dick, in starken Wintern kann sie auf bis zu 70 cm anwach-



sen.

Dabei ist anzumerken, dass nur in Küstengebieten eine zusammenhängende Eisdecke vorhanden ist. Auf offenem Meer ist das Eis nicht statisch, da der Wind sorgt dafür, dass das Eis aufbricht und an anderen Stellen zusammen geschoben wird. Dies führt zu einer erhöhten Neueisbildung und Presseisrücken mit einer Höhe von bis zu 5m.

Anmerkung:

Die Einteilung der Stärke der Winter erfolgt entweder nach Fläche oder Volumen des Eises. Auf diesem Handout wurde die Fläche als Maß verwendet, da darüber historisch die meisten Daten verfügbar sind.

### Quellen:

[FMI] „Ice Season in the Baltic Sea“, Finnish Meteorological Institute,  
<https://en.ilmatieteenlaitos.fi/ice-season-in-the-baltic-sea>

[SMHI] „Climate Indicator - Sea Ice“, Swedish Meteorological and Hydrological Institute,  
<https://www.smhi.se/en/climate/climate-indicators/climate-indicators-sea-ice-1.91485>

[Tinz] „Vereisung der Ostsee im Wandel der Zeiten“, Birger Tinz, 1997, Spektrum,  
<https://www.spektrum.de/magazin/vereisung-der-ostsee-im-wandel-der-zeiten/823625>

[Schmelzer, Holfort] „Das Eis in der Nord- und Ostsee“, Schmelzer, N. & J. Holfort, 2015

Herausgegeben in: Lozán, J. L., H. Grassl, D. Kasang, D. Notz & H. Escher-Vetter: „Warnsignal Klima: Das Eis der Erde“, S. 210 ff.

[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.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/eis_der_erde/warnsignal_klima-eis_der_erde-kapitel-5_5.pdf)

[Liljequist] „Allgemeine Meteorologie“, Liljequist, S. 336 ff., 1974, Vieweg + Sohn, Braunschweig

IMuK  
Sarah Stenzel

Institut für Meteorologie und Klimatologie

Leibniz Universität Hannover  
Ostsee, Mai/Juni 2023

### Vortrag: Die Framdrift

#### ➤ Ziel

Fridtjof Nansen (1861 – 1930) wollte als erster Mensch den geographischen Nordpol erreichen, indem er sich die natürliche Eisdrift zu Nutze machte.

#### ➤ Idee

Ein Schiff, das an der Nordküste Sibiriens sank, tauchte drei Jahre später an der Südwestküste von Grönland wieder auf. Der Meteorologe Henrik Mohn stellte die These auf, dass es eine Strömung durch das Nordpolarmeer geben muss.

#### ➤ Expeditionsstart

24.06.1893 in Vardø auf der Fram. Das Schiff wurde so konstruiert, dass es den Eisdruck standhalten konnte. Nansen sowie zwölf weitere Expeditionsteilnehmer führen auf der Barentssee weiter bis zu den Neusibirischen Inseln, um sich im Oktober 1893 bei einer Breite von 78 °N an der Eiskante im Packeis einfrieren zu lassen.

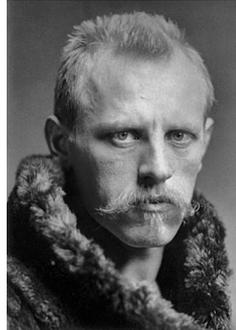


Abb. 1: Portrait Nansen



Abb. 2: Die Fram bei der Abreise aus Bergen

#### ➤ 1. Akt der Eisdrift (Marsch)

Driftrichtung und -geschwindigkeit waren unvorhersehbar. Mitte November befanden sie sich sogar südlicher als zu Beginn. Auf dem Schiff hielt Langeweile Einzug und es kam gelegentlich zu handgreiflichen Auseinandersetzungen. Erst im Januar 1894 war die Bewegung ausschließlich nordwärts gerichtet. Nansen fürchtete, dass es noch fünf Jahre dauern würde, bis sie den Pol erreichen und plante daher ohne Schiff weiterzureisen. Die Driftgeschwindigkeit betrug weniger als zwei Kilometer pro Tag. Er kam zu der Erkenntnis, dass man mit Langlaufskiern schneller unterwegs ist als mit Hundeschlitten. Dies war damals ein Durchbruch in der Entwicklung zu polaren Fortbewegungsmitteln.



Abb. 3: Nansen (zweiter von links) und Johansen (vierter von rechts) beim Aufbruch zum Marsch Richtung Nordpol

#### ➤ Aufbruch nach Norden

März 1895 brachen Nansen und Johansen, Hundeführer und Heizer des Schiffes zu ihrem Marsch zum Nordpol auf. Dabei starteten sie bei einer Breite von 84°4'N und waren auf Langlaufskiern mit Hunden unterwegs. Die restlichen 600 km wollten sie in 50 Tagen schaffen.

#### ➤ Problematik

Das Gelände wurde unebener, wodurch sie langsamer wurden. Zudem kämpften sie gegen die Eisdrift an, die nun südlich verlief. Nansen schrieb: „Ich bin mehr und mehr davon überzeugt, dass wir vorzeitig umkehren sollten.“ und nach einem Erkundungsgang sah war alles, was er sah „ein wahres

IMuK  
Sarah Stenzel

Institut für Meteorologie und Klimatologie

Leibniz Universität Hannover  
Ostsee, Mai/Juni 2023

*Durcheinander von Eisblöcken, das sich bis zum Horizont erstreckt.“*

➤ **Rückkehr**

Bei einer Breite von  $86^{\circ}13,6'N$  beschlossen sie nach Franz-Josef-Land anzusteuern. Nach einiger Zeit wurde das Vorankommen durch eine nordwestlich gerichtete Eisdrift erschwert. Ab Ende April 1895 fingen sie an einen Teil ihrer Schlittenhunde zu töten und an die anderen zu verfüttern. Ab Mitte Juni konnten sie sich von Robben und Seevögeln ernähren.

➤ **2. Akt der Eisdrift (Rekord der Fram)**

Die Fram wurde weiterhin von der Eisdrift mitgezogen. November 1895 erreichte die Fram eine Breite von  $85^{\circ}55'N$  (nur 35 km von Nansens und Johansens Rekord).

➤ **Expeditionsende**

13.08.1896 entkam die Fram dem Eis und gelangte ins offene Wasser nordwestlich von Spitzbergen. Die Annahme der Eisdrift wurde dadurch bestätigt.

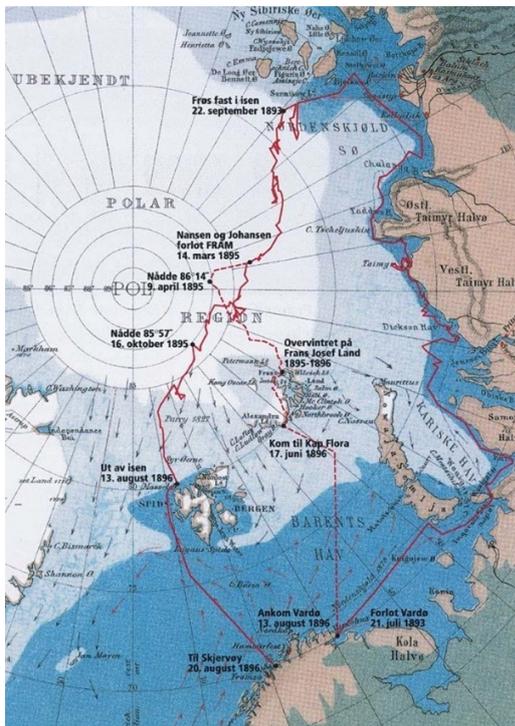


Abb. 4: Route der Fram

➤ **Framdrift als MOSAiC 1.0**

Nansens Framdrift-Expedition war Vorbild für die von 2019 bis 2020 vom Alfred-Wegener-Institut durchgeführte MOSAiC Expedition.



Abb. 5: Polarstern in Bremerhaven (Stenzel, 2020)

**Literatur:**

- **Wikipedia: Nansen's Fram expedition**  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Nansen%27s\\_Fram\\_expedition](https://en.wikipedia.org/wiki/Nansen%27s_Fram_expedition), 24.05.2023

Dominik Hebaum

Segelexkursion IMuK 2023



### Seegang und Seegangsvorhersage

Definition von Seegang

- Zustand des Meeres in dem sich Wellen bilden und bewegen
- Kann von ruhigem Wasser bis hin zu hohen gefährlichen Wellen reichen

Entstehung von Wellen

- Übertragung von Energie vom Wind auf die Wasseroberfläche
- Reibungskräfte werden durch den Wind überm Wasser erzeugt -> Wasser in Bewegung versetzt -> überträgt sich auf benachbartes Wasser -> breitet sich horizontal mit Wellenstruktur aus

Signifikante Wellenhöhe

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

Faktoren, die den Seegang beeinflussen

- Windgeschwindigkeit und -richtung
  - Größter Einfluss, je stärker der Wind weht, desto größer und höher die Wellen
- Wassertiefe und Geographie
  - In flachem Gewässer, Wellen bauen sich schneller auf und werden steiler
  - In tiefen Gewässer, längere wellen und brechen weniger wahrscheinlich
- Meeresströmungen
- Gezeiten

Arten von Seegang

- Windsee
  - Durch den Wind angetriebener Seegang
  - Wellen werden größer, solange ihre Phasengeschwindigkeit kleiner als die des Windes ist
- Dünung
  - Nicht mehr vom Wind angetrieben -> schneller als Windsee
  - Anzeichen für einen Sturm
- Kreuzsee
  - Entstehen meist durch Dünungswellen, die mit einer Windsee „kollidiert“
  - Zwei oder mehrere Wellensysteme -> breiten sich in unterschiedliche Richtungen aus



Seegangsskala

Windstärken, Windgeschwindigkeit und Seegang

| Windstärke in Bft | deutsche Bezeichnung | m/s       | kn      | kt    | ms    | Seegang in Bft | Wellenhöhe in m | Wellenlänge   | Wirkung an Land                                      |
|-------------------|----------------------|-----------|---------|-------|-------|----------------|-----------------|---|--|
| 0                 | stille               | 0-0,2     | <1      | <1    | <1    | 0              |                 | beragelte See   | Windstille; Rauch steigt gerade auf                  |
| 1                 | sehr leicht          | 0,3-1,5   | 1-3     | 1-3   | 1-3   | 1              | 0-0,1           | schuppenförmige Wellenlinien                            | Wind weht; Rauch schräg nach ab                      |
| 2                 | leicht               | 1,6-3,3   | 3-6     | 4-7   | 4-7   | 2              | 0,2             | kleine Wellen; Krämer bewegen sich nicht                | Wind auf dem Gesicht spürbar; Blätter wehen          |
| 3                 | schwach (stark)      | 3,4-5,4   | 12-19   | 8-11  | 8-12  |                |                 | Wellenköpfe beginnen sich zu brechen                    | Blätter und kleine Zweige bewegen sich               |
| 4                 | mäßig                | 5,5-7,9   | 20-28   | 12-15 | 13-18 | 3              | 0,6             | nach kleine Wellen, jedoch oft Schaumköpfe              | kleine Äste bewegen sich                             |
| 5                 | frisch               | 8-10,7    | 29-38   | 16-21 | 19-24 | 4              | 1               | mäßig lange Wellen mit Schaumkränzen                    | kleine Bäume schaukeln                               |
| 6                 | stark (stark)        | 10,8-13,8 | 39-49   | 22-27 | 25-31 | 5              | 2               | Bildung großer Wellen; größere Schaumflächen            | große Äste bewegen sich                              |
| 7                 | stark                | 13,9-17,1 | 50-61   | 28-33 | 32-38 | 6              | 3               | See löst sich; Schaumströme in Windrichtung             | Bäume werden bewegt; Hemmungen beim Gehen            |
| 8                 | stürmisch            | 17,2-20,7 | 62-74   | 34-40 | 39-46 | 7              | 4               | hohe Wellenberge; Ökter beginnen zu verschütten         | große Bäume bewegen sich; Zweige beginnen zu brechen |
| 9                 | Sturm                | 20,8-24,4 | 75-88   | 41-47 | 47-56 |                |                 | über die Schaumströme; überdeckte See                   | kleinere Ströme an Häusern                           |
| 10                | schwerer Sturm       | 24,5-28,4 | 89-102  | 48-55 | 56-64 | 8              | 5,5             | sehr hohe Wellenberge; vermischt weißer Schaum          | schwerer Bäume werden entlaubt                       |
| 11                | verheerender Sturm   | 28,5-32,6 | 103-117 | 56-63 | 65-73 | 9              | 7               | außergewöhnlich hohe Wellenberge                        | schwere Baumstämme                                   |
| 12                | Orkan                | >32       | >117    | >63   | >74   |                |                 | See verhältnißmäßig weiß; Luft voller Gischt und Schaum | Verwüstungen   |

<https://www.ostseeapartements-ruegen.de/blog/allgemein/die-beaufortsskala-wissenswertes-nicht-nur-fuer-landratten.php>

Methoden zur Seegangsvorhersage

- Zentrale Rolle bei der Seegangsvorhersage, basierend auf mathematischen Gleichungen und Algorithmen, die die Eigenschaften des Meeres und der Atmosphäre berücksichtigen
- Eingabe aktueller Wetterdaten -> Vorhersage
- Berücksichtigung von Gezeiten, Unterwasserstrukturen und Küsten

| Modell | Gebiet  | Horizontale Auflösung    | Windantrieb       | Randsteuerung | Vorhersagezeit 00 und 12 UTC |
|--------|---|--------------------------|-------------------|---------------|------------------------------|
| GWAM   | Global<br>89.25°N - 85.25°S                         | 0.25° x 0.25°<br>(~28km) | ICON<br>(~13km)   | -             | T+174 h<br>(3-stündig)       |
| EWAM   | Europa<br>66.00°N - 30.00°N<br>10.50°W - 42.00°E    | 0.05° x 0.10°<br>(~5km)  | ICON-EU<br>(~6km) | GWAM          | T+120 h<br>(1-stündig)       |
| CWAM   | Deutsche Bucht,<br>Westliche und<br>Südliche Ostsee | 50" x 30"<br>(~900m)     |                   | EWAM          | T+72 h<br>(1-stündig)        |

Vorhersagegenauigkeit und Herausforderungen

- Begrenzte Datenverfügbarkeit
  - Das Fehlen von Messdaten in abgelegenen Gebieten und die Qualität von Messdaten beeinträchtigen die Vorhersagegenauigkeit
- Komplexität der Wellenbildung
  - Nicht vollständig verstanden, viele Faktoren
- Verbesserung durch Fortschritte in der Technologie
  - Qualität der Daten bei einer 2-Tage-Vorhersage 0.9 von 1
  - 1 ist dabei genau eingetroffen, -1 ist gänzlich daneben
  - Aber auch die 7-Tage-Vorhersage ist deutlich genauer als noch in den 70er Jahren

Quellen:

<https://planetsurfcamps.com/surf-tutorial/wellenkunde/>

DWD Glossar

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

<https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/schifffahrt/seegangsvorhersage.htm>

<https://www.blauwasser.de/seewetter-vorhersage-modelle-grib-daten>

## 6.9 Gezeiten der Meere (Maja Herrmann)

### Begriffe

- **Gezeiten / Tiden:** Zusammenspiel von Ebbe und Flut
- **Ebbe:** Zeitraum, während dem Meerwasser abläuft → Wasserspiegel sinkt
- **Flut:** Zeitraum, während dem Meerwasser zuläuft → Wasserspiegel steigt

### Tagesablauf

- 2x Ebbe, 2x Flut → Wechsel ca. alle 6 h, 12 min
- $4 \cdot 6 \text{ h}, 12 \text{ min} \approx 24 \text{ h}, 50 \text{ min}$  → nicht genau 24 h, deshalb verschieben sich Ebbe- und Flutzeiten pro Tag um 50 min



Abbildung 19: Tagesverlauf von Ebbe und Flut.

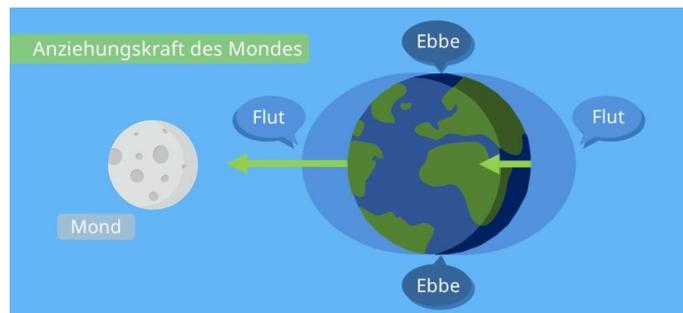


Abbildung 20: Einfluss des Mondes auf die Erdmeere.

### Entstehung

- Durch Anziehungskraft des Mondes und der Sonne

#### Einfluss des Mondes:

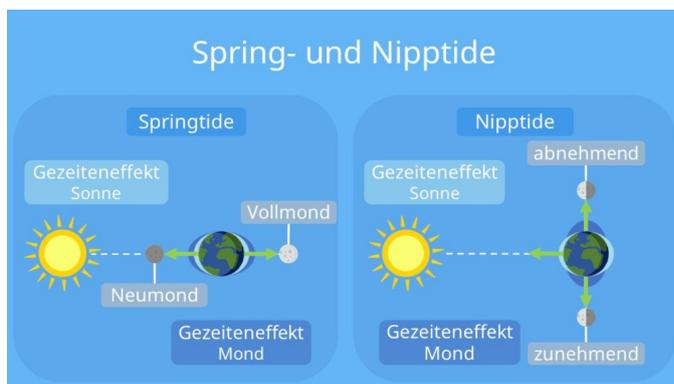
- Auf mondzugewandter Seite bildet sich Flutberg
- Auf mondabgewandter Seite bildet sich ebenfalls Flutberg wegen der Zentrifugalkraft ( $F_Z > F_{G, \text{Mond}}$ )
- „Gürtel“ zwischen den Flutbergen: Ebbtäler
- Erde dreht sich um sich selbst, deshalb dreht sie sich pro Tag unter 2 Flutbergen und 2 Ebbtälern hindurch → weil sich während eines Tages auch Mond um Erde bewegt dauert Phase von 2x Flut und 2x Ebbe 24 h, 50 min

#### Einfluss der Sonne:

- geringerer Einfluss als der des Mondes → Sonne ist weiter von Erde entfernt und übt dementsprechend weniger Anziehungskraft aus



- Vollmond und Neumond: Sonne, Mond und Erde in einer Linie → stärkere Anziehungskraft → höhere Flutberge → Springtide
- Halbmond: Sonne, Mond und Erde im rechten Winkel zueinander → Anziehungskräfte wirken in unterschiedliche Richtungen → abgeschwächte Flutberge → Nipptide



**Abbildung 21:** Einfluss der Sonne auf die Erdmeere.



**Abbildung 22:** Starker Tidenhub in der Bay of Fundy.

### Tidenhub

- Differenz der Meereshöhen zwischen Ebbe und Flut
- Ostsee (Kiel): ca. 30 cm
  - sehr gering wegen geringer Verbindung zu Ozeanen → Wasser kann nicht schnell genug in Ostsee fließen
- Bay of Fundy (Kanada): Normalfall: 13 m, Springflut: 16 m, Verstärkt durch Sturm 1869: 21,6 m
  - Gezeitenwelle braucht 12 h um 220 km lange Bucht zu durchqueren
  - Zeitabstand zwischen zwei Hochwassern beträgt ebenfalls 12 h
  - Beim Rückweg der Gezeitenwelle überlagert diese sich mit neuer Gezeitenwelle und wird größer → dieser Vorgang passiert mehrfach und Flutwelle wird immer größer

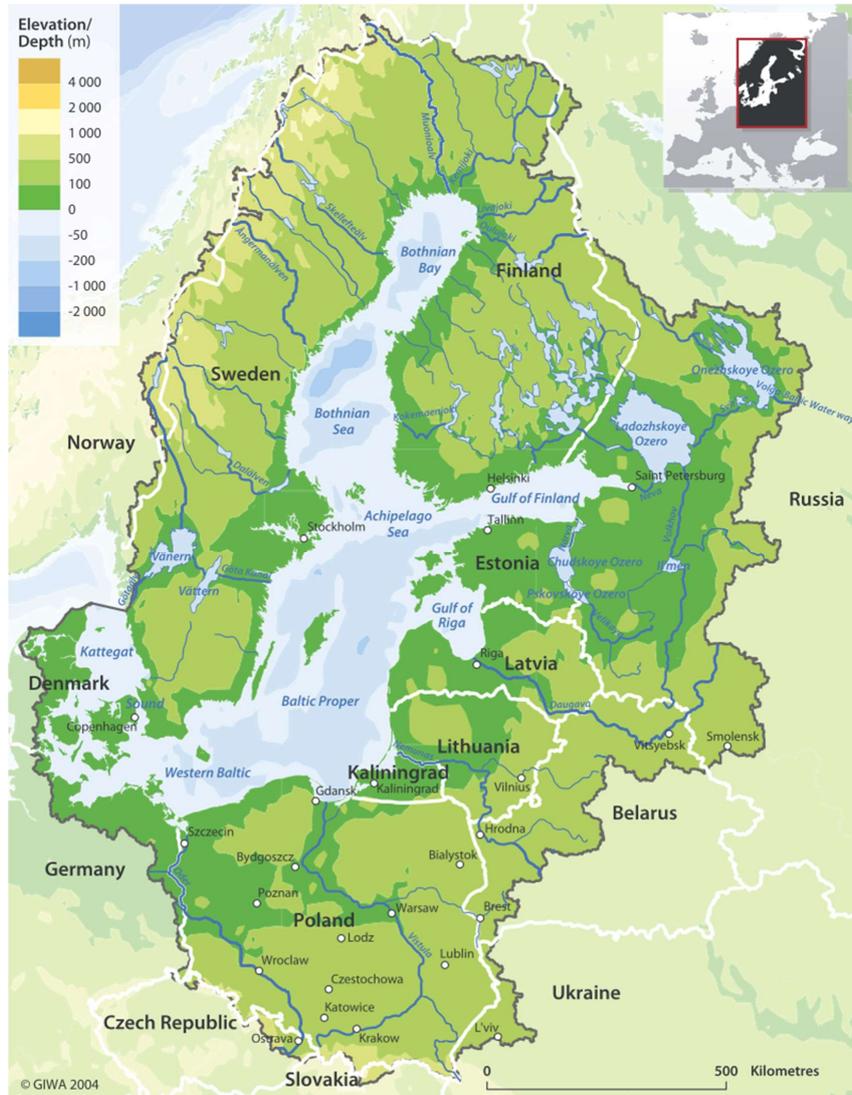
### Gezeitenkraftwerke

- Mit Gezeitenkraftwerken kann Ebbe und Flut zur Stromerzeugung genutzt werden
- Gezeitenkraftwerk Annapolis in der Bay of Fundy, 1984 in Betrieb genommen, erzeugt pro Jahr 50 GWh Strom

**Quellen:** Studyflix; Wikipedia: Gezeiten, Bay of Fundy, Gezeitenkraftwerk Annapolis, Tideresonanz; spektrum; Andere Exkursionsberichte; LEIFIphysik; silvertravellers

**Wasserhaushalt der Ostsee**

Jonas Wellmann



Global International Waters Assessment (GIWA)

Fläche: 412.500 km<sup>2</sup>

Volumen: 21630 km<sup>3</sup>

Max. Tiefe: 459 m

Mittlere Tiefe: 52m

Die größten Süßwasserzuflüsse der Ostsee in km<sup>3</sup>/Jahr:

|                  |      |
|------------------|------|
| Neva/Rusland     | 77,6 |
| Weichsel/Polen   | 33,6 |
| Düna/Lettland    | 20,8 |
| Memel/Litauen    | 19,9 |
| Oder/Polen       | 18,1 |
| Götaälv/Schweden | 18,1 |



### Wasserhaushaltsgleichung der Ostsee:

$$F+N-V=A-E$$

#### F = Flusswasserzufuhr

Den größten Einfluss auf die Wasserbilanz der Ostsee hat die Flusswasserzufuhr von Süßwasser aus den Flüssen des Einzugsgebietes. Das Einzugsgebiet umfasst circa 1730 000 km<sup>2</sup>, das ist etwa die vierfache Größe der Ostsee. Größter Zustrom ist die Newa in Russland mit etwa 77,6 km<sup>3</sup>/Jahr. Der Abfluss hat im Jahresverlauf große Schwankungen, welche vor allem durch die Schneeschmelze hervorgerufen werden.

**F= 483 km<sup>3</sup>    -> Schwankungen +/- 30 km<sup>3</sup>**

#### A-E= Ein- und Ausstrom aus der Nordsee

Für den Wasseraustausch mit der Nordsee gibt es verschiedene Treiber. Unter anderem werden durch die Gezeitenströmungen große Wassermengen in den dänischen Meerengen bewegt. Bei Flut strömt Wasser in die Ostsee, bei Ebbe aus ihr hinaus. Ein weiterer Einflussfaktor ist der Wind: Er treibt die Wasseroberfläche an und erzeugt Strömungen, je nach Windrichtung kann der Wasseraustausch verstärkt oder verringert werden. Westwinde erhöhen den Zufluss in die Ostsee. Eine zentrale Rolle spielen die Dichteunterschiede zwischen Nord- und Ostsee. Das salzhaltigere Wasser der Nordsee hat eine höhere Dichte als das süßere leichte Wasser der Ostsee, wodurch ein Schwerkrafttrieb entsteht, der Nordseewasser in die Ostsee strömen lässt, andersherum fließt leichteres Brackwasser an der Oberfläche in die Nordsee zurück. Der Wasseraustausch ist ein dynamischer Prozess und alle Faktoren können sich gegenseitig beeinflussen

**A=1370 km<sup>3</sup>    E=830km<sup>3</sup>**

-> effektiv strömt deutlich mehr Wasser aus der Ostsee in die Nordsee/Atlantik. Wäre die Verbindung der Meere nicht gegeben, würde der Meeresspiegel in der Ostsee um 124cm pro Jahr durch den positiven Wasserhaushalt ansteigen.

#### N= Niederschlag

Da es für die Niederschläge über der Ostsee kein flächendeckendes stationäres Messnetz gibt, ist die Angabe korrekter Werte schwierig und muss aus umliegenden Werten interpoliert werden, außerdem muss der Landeffekt berücksichtigt werden, da durch die erzwungene Hebung an Land mehr Niederschlag fällt. Durchschnittlich fallen etwa **640 mm/Jahr** an Niederschlag, was **266 km<sup>3</sup>/Jahr** entspricht, es kommt jedoch zu starken Jahreszeitlichen Variationen.

#### V = Verdunstung

Ebenso wie beim Niederschlag, schwankt die Verdunstung jahreszeitlich sehr stark und kann z.B. durch Eisbildung extrem stark verändert werden. Durchschnittlich verdunsten im Jahr etwa **500 mm**, was **207 km<sup>3</sup> /Jahr** entspricht. Somit ergibt sich mit der Differenz des Niederschlages ein effektiver Beitrag von 60 km<sup>3</sup> und einer Süßwasserzufuhr insgesamt von etwa 540 km<sup>3</sup>, was fast 2,5% des gesamten Wasservolumens der Ostsee ausmacht.

#### Quellen:

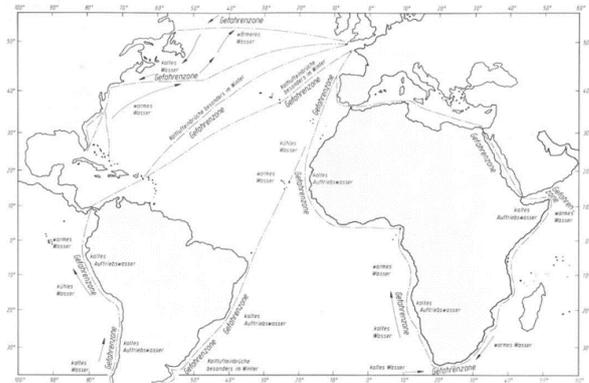
Rheinheimer, G. (1996). *Meereskunde der Ostsee* (Zweite Auflage). Springer.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-85211-4> ; Magaard, L. (1974). *Meereskunde der Ostsee*.  
 In *Hochschultext*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-96223-3>



# Laderaummeteorologie

Marcel Roßmann

- Durchqueren von Schiffen stark unterschiedlicher Klimagebiete
- Ein großer Teil der Schäden an Gütern in Schiffsladeräumen beruht meteorologisch-klimatischen Faktoren
- Schäden entstehen bspw. durch korrodierendes Metall, Feuchteschäden an hygroskopischen Gütern, Selbsterhitzung bis zu Ladungsbränden und Explosionen

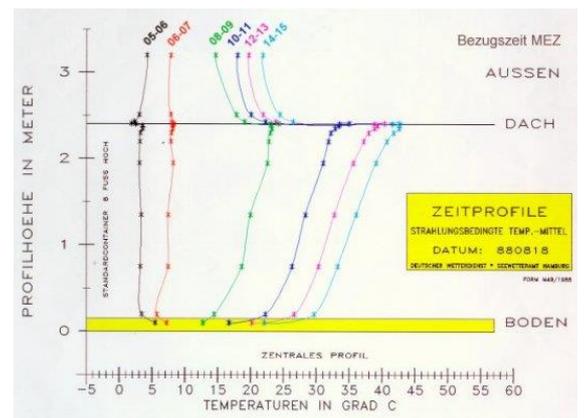
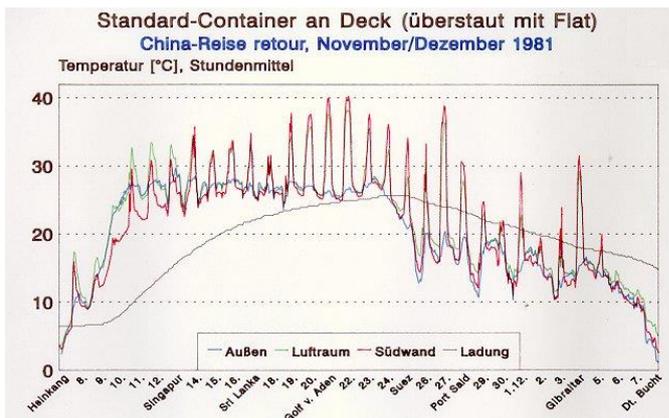
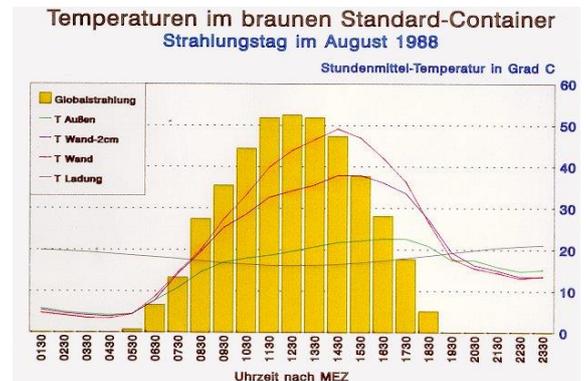


## Schweißbildung/Kondensation

- Schiffsschweiß
  - o Wasserdampf kondensiert an Konstruktionsteilen des Schiffes
  - o Warme Laderaumluft kühlt an kalter Bordwand ab
- Ladungsschweiß
  - o Wasserdampf kondensiert an der Ladung
  - o Von außen zugeführte Wärme kühlt an Ladungsoberfläche ab
- Hygroskopische Ware kann in passive (Holz, Pappe, ...) und aktive Ladung (bei entsprechender Temperatur und Feuchte kommt es zu biochemischen Prozessen) unterteilt werden
- Feuchteschäden an hygroskopischer Ware sind nicht immer von außen zu erkennen

## Temperatur

- Tagesgang der Temperatur ist sehr von Containern und Gütern abhängig (bspw. Papier hat sogar umgekehrten Tagesgang durch hohe Wärmekapazität)
- größere Erwärmung der Ware an durch Strahlung erwärmten Stellen des Schiffes
- Erwärmung und Tagesgang der Container erfolgt von oben nach unten (und von außen nach innen) → maximale Stauhöhe
- Erwärmung der Container stark von Farbe abhängig





### **Lüftung**

- durch kontrolliertes Lüften kann ein großer Teil an Frachtschäden minimiert werden
  - damals: „bei schönem Wetter: Luken auf!“, heute ist gezielte Ventilierung möglich
  - abhängig von Fracht und meteorologischen Parametern (vor allem Temperatur und Feuchte)
  - Schiffe messen einmal täglich und übermitteln die Daten dem DWD
- Daten werden dort mit Computerprogrammen ausgewertet und dem Schiff der optimale Lüftungszustand mitgeteilt

### **Allgemeine Lösungsansätze der Laderaummeteorologie zur Schadensminimierung**

- maximale Füllhöhe von Containern
- langfristige Messung von Temperatur und Feuchte sowohl in der Umgebung als auch an der Fracht
- Analyse der optimalen Lüftung (durch den DWD)
- optimaler Lagerort der Container an Bord

### **Quellen**

- Baak: „Laderaummeteorologische Untersuchungen und Beratungen des deutschen Wetterdienstes“, DWD, Geschäftsfeld Seeschifffahrt, Hamburg  
<https://www.tis-gdv.de/tis/tagungen/svt/svt98/baak/baak-htm/>
- Müller/ Kraus (Berger, Helmers, Terheyden): „Handbuch für die Schiffsführung, Band 3: Seemannschaft und Schiffstechnik, Teil A: Schiffssicherheit, Ladungswesen, Tankschifffahrt“, Hrsg. Walter Helmers, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1980, 8. Auflage

## Maritime Meteorologische Beobachtungen auf See

## Segelexkursion 2023

Rebecca Fink

### *Geschichte*

Im 18. Jahrhundert begannen die meteorologischen Beobachtungen auf See mit der Erfindung des Marinebarometers und der Entwicklung präziser Thermometer. Frances Beaufort führte 1805 die Beaufort-Skala ein. Jedoch waren die Messungen nicht standardisiert und daher schwer vergleichbar.

Im Jahr 1842 begann Matthew Fontaine Maury, Beobachtungen von Marineschiffen zu sammeln und eine Karte mit Winden und Strömungen des Nordatlantiks zu erstellen. Ab 1847 wurden regelmäßige meteorologische Beobachtungen von Schiffen durchgeführt, und ab 1851 konnten Segelanweisungen basierend auf den gesammelten Daten gegeben werden.

1853 wurde beschlossen, dass die Marine aller Nationen systematische Wetterbeobachtungen durchführen sollte. Die zivile Schifffahrt wurde aufgefordert, freiwillig an den Messungen teilzunehmen.

1863 wurde die Norddeutsche Seewarte in Hamburg gegründet, um die Beobachtungen der Schiffe zu sammeln, Segelanweisungen zu erstellen und diese an die Kapitäne zurückzugeben. Die Beobachtungen wurden alle vier Stunden durchgeführt und ab 1927 per Funk übermittelt. Hierfür wurde ein Datenschlüssel entwickelt, der in leicht abgeänderter Form heute noch existiert.



Abbildung 1 Georg von Neumayer, damaliger Leiter der Seewarte

### *Heutige Beobachtungen*

Die meisten meteorologischen Beobachtungen auf See werden immer noch von Schiffen durchgeführt. Über 450 vom Deutschen Wetterdienst (DWD) ausgerüstete Schiffe melden regelmäßig den Zustand der Atmosphäre. Die Daten werden per Funk oder Satellit an die Wetterdienste übermittelt und fließen in Wettervorhersagemodelle ein.

Obwohl einige Messungen an Bord automatisiert sind, werden bestimmte Parameter wie Bedeckungsgrad, Wellengang und Sichtweite von der Besatzung durchgeführt.

Jeden Monat gehen im maritimen Datenzentrum des DWD mehr als eine Million Meldungen von Schiffen und Bojen ein.

Zusätzlich zum VOS (Voluntary Observing Ship)-Programm, an dem weltweit etwa 4000 Schiffe teilnehmen, gibt es das EUCAWS (European Common Automated Weather Station), eine automatische Bordwetterstation. Die EUCAWS liefert kontinuierlich Daten zu Luftdruck, Luft- und Meeresoberflächentemperatur, Luftfeuchte, Windrichtung und -geschwindigkeit.



Abbildung 2 Innenleben eines EUCAWS

#### *Zusätzliche Beobachtungsmethoden*

Neben den Schiffen werden auch Bojen, Treibbojen, Satelliten- und Flugzeugmessungen zur Erfassung von Messdaten eingesetzt. Das ASAP (Automated Shipboard Aerological Programme) führt Radiosondenaufstiege durch, um die Troposphäre über dem Meer zu vermessen.

# Sturmfluten

Sebastian Reske

## Was ist eine Sturmflut?

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)

Dadurch werden zum Beispiel an der deutschen Ostseeküste Wasserstände von einem bis 3,5m über dem Hochwasserstand erreicht.

## Die „Zutaten“ für eine Sturmflut:

Für eine Sturmflut braucht es das „reguläre“ Hochwasser und starken Wind landeinwärts. Begünstigt wird die Sturmflut dann noch durch eine keilartige oder flache Küste. Sie treten meist im Frühling und im Herbst auf.

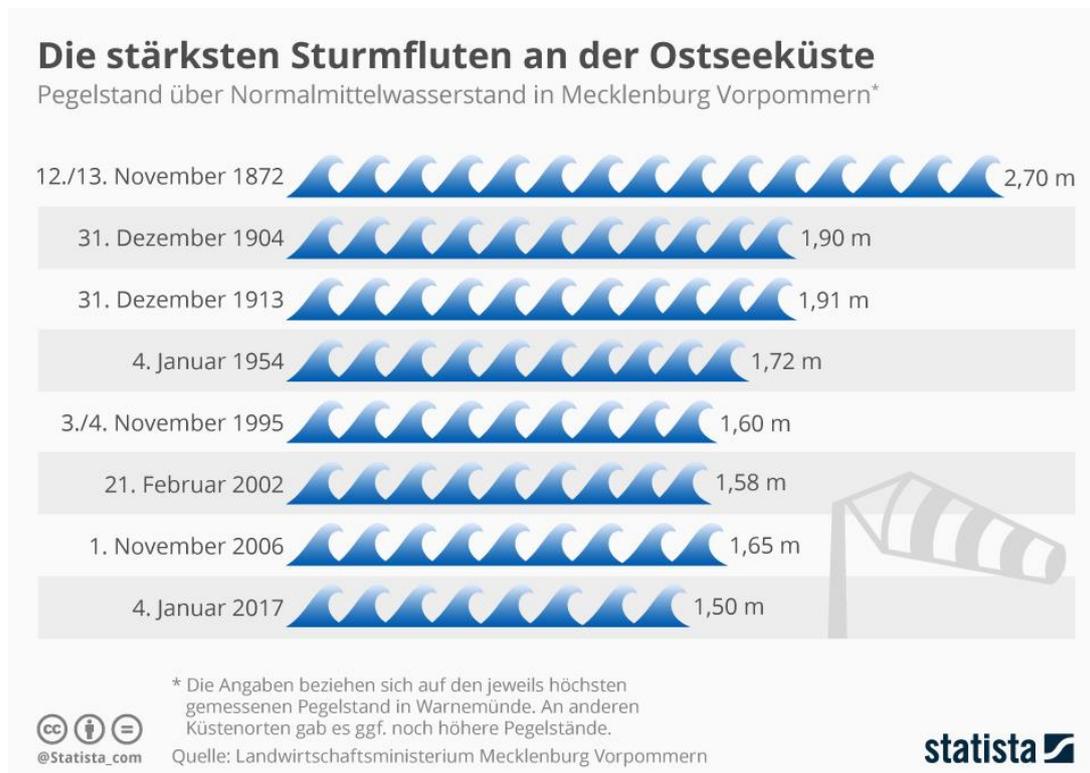
Des Weiteren ist in der Ostsee der sogenannte Badewanneneffekt nicht zu vernachlässigen. Dabei „drückt“ Wind aus süd-westlichen Richtungen das Wasser in Richtung Norden und es fließt dadurch Wasser aus der Nordsee nach. Anschließend wird dieses Wasser dann durch Wind aus nord-östlicher Richtung auf die deutsche Ostseeküste gespült.

## Klassifizierungen der Sturmfluten an der Ostseeküste Deutschlands

| Klasse | Bezeichnung            | Anstieg des Wassers über dem MHW in Metern |
|--------|------------------------|--|
| 1      | Sturmflut              | 1,00 bis 1,25                              |
| 2      | mittlere Sturmflut     | 1,24 bis 1,50                              |
| 3      | schwere Sturmflut      | 1,50 bis 2,00                              |
| 4      | sehr schwere Sturmflut | mehr als 2,00                              |

## Beispiele von Sturmfluten:

1. Sturmflut des Jahrhunderts (12.11.1872)  
Mit 273 Opfern an der Ostseeküste Deutschlands geht die Sturmflut vom 12. auf den 13. November als Sturmflut des Jahrhunderts in die Geschichtsbücher ein. Dabei stieg das Wasser auf den enormen Wert von 2,70m über dem mittleren Hochwasserstand.
2. Sturmflut in Kiel (31.12.1904)  
Diese Sturmflut erreichte eine Höhe von 2,65m über MHW. Dabei wurden Schiffe versenkt, Lagerbestände zerstört und Boote demoliert.



Quellen:

<https://ostseemagazin.net/sturmfluten-ostsee/>

<https://de.statista.com/infografik/7413/die-staerksten-sturmfluten-an-der-ostsee-seit-1872/>

<https://www.merkur.de/welt/sturmflut-wetter-entstehung-ostsee-nordsee-warnung-deutschland-90162098.html>

### Vermessung von Meeresströmungen

(Hauke Spickmann)

#### Direkte Messmethoden

- [Lagrangsche Messmethoden]  
→ Verfolgen von Objekten

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Tracer                          | → Tracer-Indikatoren<br>→ aus Luft verfolgt (Flugzeug / Satellit / etc.)<br>→ aufgrund von Diffusion nur über kurze Distanzen / Zeit verfolgbar   |
| Größtes Tracer Experiment       | → Hansa Carrier<br>→ 1990 Sturm vor Alaska<br>→ 1600 von 61.000 Sportschuhen (mit Seriennummer) wiedergefunden  |
| Drift Cards                     | → Plastikkarten in Küstennähe ausgeworfen<br>→ per Einsendung (Fundort) Aufschluss über Strömungen  |
| ARGO-Floats                     | → 1,1 m lang / 25 kg schwer<br>→ über 4 – 5 Jahre Messungen in bis zu 2000 m Tiefe<br>→ alle 7 – 10 Tage auftauchen und Übermittlung von Position / Salzgehalt / Temperatur an Satelliten<br>→ 19. Mai 2018: 3834 Stück |
| RAFOS (Tiefenströmungen)        | → Driftende Schallquellen<br>→ Messung von Druck / Temperatur anhand von Signalen auf dem Weg zw. Sonden<br>→ Ende: Gewicht abwerfen, auftauchen & Datenübermittlung an Satelliten                                      |
| Tiefensegel                     | → Boje an der Oberfläche gibt Position an<br>→ Fehleranfällig aufgrund des Versatzes von Tiefensegel und Boje   |
| Doppler-Strömungsmesser (heute) | → akustisch<br>→ Veränderte Schallausbreitung durch Doppler-Effekt<br>→ Vorteil: freie Positionswahl von Schiffen   |

- [Eulersche Messmethoden]  
→ Messung an einem festen Punkt

|                   |   |
|-------------------|---|
| Bojen (verankert) | → Messen Salzgehalt, Temperatur, Betrag / Richtung der Strömung<br>→ Oberflächennah |
| Positionssonden   | → simultane Messungen<br>→ Tiefenmessungen durch auf-/absteigen an einem Draht      |
| Sonar-Signale     | → Messen Randströmungen / Wirbel  |



#### Passive Messmethoden / Satellitenmessungen

- Umfangreichste Messung der Oberflächenströmung
- komplette Meeresoberflächenströmung mit dem Altimeter der TOPEX/POSEIDON-Mission erfassen (10 Tage)
  
- Meeresniveau mittels Radaraltimetern bestimmt
- Laufzeitdifferenz von Mikrowellenimpulsen gibt Aufschluss über Richtung und Geschwindigkeit von Strömungen
  
- Temperatur / Wirbel werden über Ausstrahlung der Meeresoberfläche bestimmt
  - nach Planck & Stefan-Boltzmann

#### Quellen:

Die Vermessung der Atlantikzirkulation <https://idw-online.de/de/news773945>

ARGO [https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Beobachtungssysteme/ARGO/argo\\_node.html](https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Beobachtungssysteme/ARGO/argo_node.html)

Meeresströmung <https://www.eskp.de/grundlagen/klimawandel/meeresstroemung-935142/>

<https://seos-project.eu/oceancurrents/oceancurrents-c06-p01.html>

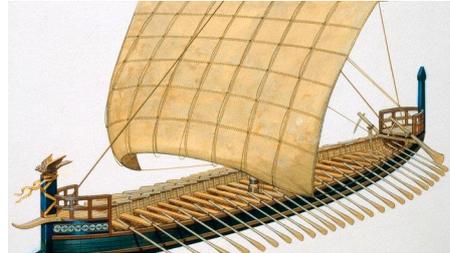
## Geschichte/Entwicklung der Segelschiffe

Vortrag von Yasmin Ahlert

Um 800 v. Chr- 200 n. Chr:



Handelsreisen der Phönizier



Griechische Galeere (für ca. 50 Ruderer)

1. Jahrtausend n. Chr:



Wikingerschiff (Nachbau)

12. Jh: Handel der Hanse



Haneschiff aus Bremen

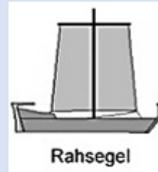
15. Jh: Entdeckung und Handel



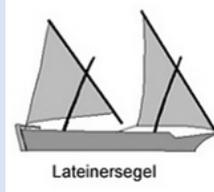
Zeigt einen Nachbau der „Niña“, mit der **Christopf Columbus** auf den Weltmeeren unterwegs war.

Karavelle „Niña“

Verschiedene Segeltypen



Rahsegel



Lateinersegel



Gaffel- und Stagesegel

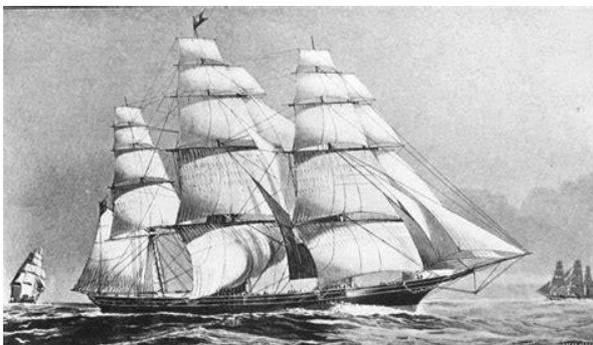


### 18./19. Jh: Großsegler Bark und Klipper



*Bark: Ein Frachtensegler mit 3 Masten, Gaffel- und Schratsegel an Bug und Heck und die Rahsegel an den 3 Masten quer zum Schiff*

**Bark: Gorch Fock (Marineschiff der Bundeswehr)**



*Klipper: Schneller Schiffstyp mit scharf zulaufendem Bug, der ab Mitte des 19. Jahrhunderts als Handelssegler eingesetzt wurde.*

**Klipper „Flying Cloud“ von dem kanadischen Ingenieur McKay**

### 21. Jahrhundert

*Heutzutage wird eher Segelsport betrieben, da sich die Segelschiffe für den Handel von den großen Dampfern und Dieselschiffen abgelöst wurden und damit eher unbrauchbar waren. Für außergewöhnliche Reisen oder als Kriegsschiffe werden sie noch eingesetzt.*



**Segelboot „Malizia-Seaexplorer“ beim Ocean Race 2023**



**Segelschiff u.a. für Exkursionen**

### Quellen:

[https://www.planet-wissen.de/technik/schifffahrt/geschichte\\_der\\_schifffahrt/index.html](https://www.planet-wissen.de/technik/schifffahrt/geschichte_der_schifffahrt/index.html)

<http://www.wassersport-kinder.de/html/Kinderecke-Caro/Segelarten.htm>

[https://www.planet-wissen.de/technik/schifffahrt/geschichte\\_der\\_schifffahrt/introphoengaleeregipg100~v-TeaserAufmacher.jpg](https://www.planet-wissen.de/technik/schifffahrt/geschichte_der_schifffahrt/introphoengaleeregipg100~v-TeaserAufmacher.jpg)



Lena Luise Evert

SoSe 2023

Exkursion Meteorologie

## Klima der Ostsee

### Klimazonen

- Ostsee liegt nach Köppen-Geiger Klassifikation in zwei Klimazonen:
  - o Südlichster Teil der Ostsee im C-Klima (warmgemäßigtes Regenklima) mit maritimen Einflüssen (b)
  - o Rest der Ostsee geprägt durch feuchtes Kontinentalklima (Dfb) und nördlich Estlands durch boreales Schneeklima (Dfc)
- Ostsee hat kein eigenes maritimes Klima und kann daher nur geringfügig zum klimatischen Austausch beitragen
- Energieaustausch der Ostsee mit darüber liegender Luft kann Einfluss auf Klima/Wetter nehmen
  - o Zum Beispiel kann nach dem Winter (noch) kaltes Meerwasser ein kaltes Frühjahr/kühlen Sommerbeginn bringen

### Klimadaten:

- Klima ist stark lageabhängig, große Unterschiede, insbesondere zwischen Norden und Süden

### Lufttemperatur:

- Starke Differenzen im langjährigen Jahresmittel
- Allgemein: wärmer im Süden (z.B. Kiel 9,5°C) als im Norden (z.B. Oulu 3,3°C)
- Temperatur im Norden hat höhere Schwankungsbreite als im Süden

### Wassertemperatur:

- Im Süden wärmer als im Norden
- Bsp. Oberflächentemperaturen Bornholm:
  - o Winter: 0-5°C
  - o Sommer 15-20°C
  - o Langjähriges Mittel 9-10°C

### Wind:

- sehr variabel, häufigste Windrichtungen Westen und Südwesten
- Niedrigste mittlere Windgeschwindigkeit im Mai mit ungefähr 4 m/s
- Höchste Windgeschwindigkeit im Dezember mit ungefähr 8 m/s

### Niederschlag

- Jährliche Niederschlagsmenge schwankt zwischen 400 mm/a und 800 mm/a
  - o Am wenigsten im Norden, am Meisten im Südwesten
- Meister Niederschlag im August (~80-100 mm) und am wenigsten in den Wintermonaten (~20-60 mm)

### Sonnenstunden und Bewölkung

- Mittlere tägliche Sonnenscheindauer bei 4 bis 6 Stunden
- Juni Strahlungsintensivster und wolkenärmster Monat mit 8 bis 11 Stunden
- Dezember stärkste Bewölkung und wenigste Sonnenstunden (um 1h)

Lena Luise Evert

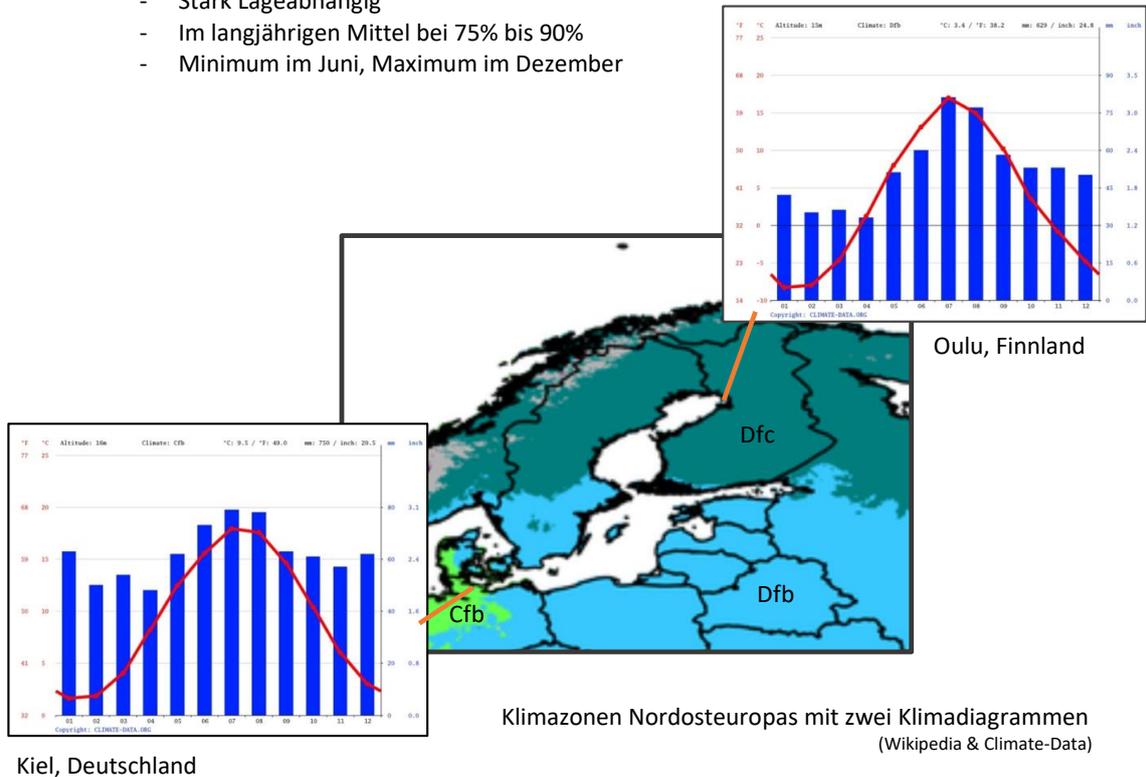
SoSe 2023

Exkursion Meteorologie

- Bewölkung ist hoch variabel auf Grund der verschiedenen Witterungsverhältnisse

*Relative Luftfeuchtigkeit*

- Stark Lageabhängig
- Im langjährigen Mittel bei 75% bis 90%
- Minimum im Juni, Maximum im Dezember



## Quellen:

Climate-Data: *Daten und Graphen zum Klima und Wetter*. Climate-data.org; aufgerufen am 25.05.2023

Gebhardt, H. (2020): *Geographie. Physische Geographie und Humangeographie*. 3. Auflage, Springer Spektrum, Berlin, 1272 S.

Rheinheimer, G. (1996): *Meereskunde der Ostsee*. Springer Berlin, Heidelberg. 338 S.

Wikipedia: *Baltic Sea*. wikipedia.org/wiki/Baltic\_Sea; aufgerufen am 25.05.2023

# Meeresströmungen in der Ostsee

## Allgemeine Daten zur Ostsee

- Die Ostsee ist ein Binnenmeer, mit einer Fläche von ca. 410.000 km<sup>2</sup> etwa 15% größer als Deutschland
- Die mittlere Tiefe beträgt 52 Metern bei einer maximalen Tiefe von 456 Metern südlich von Stockholm
- Durch signifikantem Süßwasserzufluss im Norden bei gleichzeitig eingeschränktem Wasseraustausch mit der Nordsee ist es das größte Brackwassermeer der Welt
- ausgeprägte Heterogenität der Salinität sowohl in Nord-Süd Richtung als auch mit der Tiefe
- Durch die geringe Tiefe und Ausdehnung sind Strömungen vor allem nahe der Oberfläche messbar und abhängig vom Windfeld, Süßwasserzufluss und Dichteunterschieden

## Strömungen der südwestlichen Ostsee

- Ort der stärksten Strömungen
- salzreicher Ausstrom an der Oberfläche und salzreicher Einstrom am Grund
- Unterschieden wird zwischen Strömungen mit Ursprung im Süßwasserzufluss und solchen die windabhängig sind
- West-, bzw. Ostwind führt zu Wasserstandsänderungen, entsprechende Ausgleichsströmungen folgen
- Ausgleichsströmungen können auch durch Hoch- und Tiefdruckgebiete hervorgerufen werden
- Im Fehmarnbelt Strömungen bis 2 m/s möglich, in der Regel nur einige cm/s
- bei Windstille Ausstrom

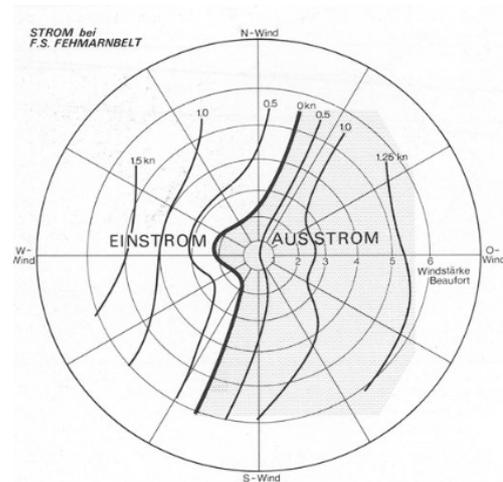


Abbildung 1 [Meereskunde der Ostsee, Magaart/Rheinheimer]

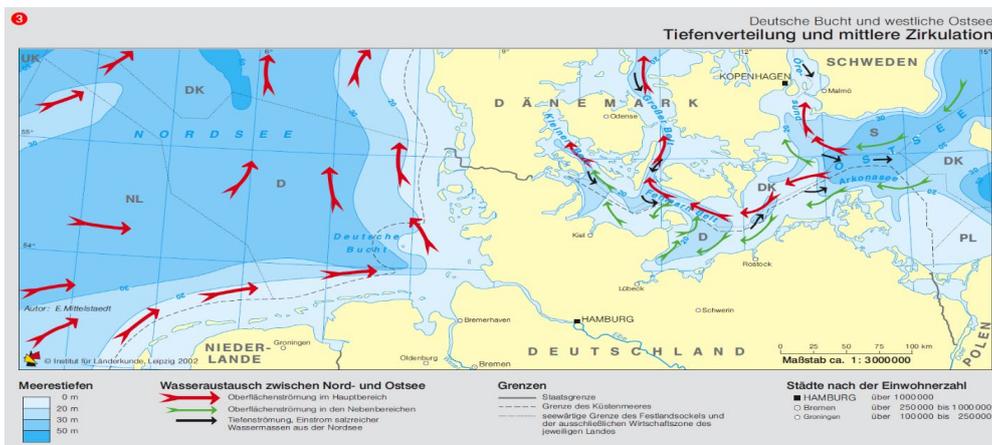


Abbildung 2 [Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland, Band 2]

### Strömungen der inneren Ostsee

- dichtes salzhaltiges Nordseewasser sammelt sich in Senken, mischt sich nur sehr langsam mit leichterem Süßwasser darüber
- Flusswasserzufuhr führt zu Erhöhung des Pegels um 35 cm in der nördlichen Ostsee
- im Mittel überwiegt eine Strömung Richtung Süden
- Ablenkung durch Corioliskraft, daher an schwedischer Küste eine langsame Strömung nach Süden. Im Sommer nur gering ausgeprägt
- Bildung einer größeren Zirkulation wird durch die Engstelle um Åland verhindert
- Insbesondere im Norden wird die Bildung von Strömungssystemen durch lange Eisbildung zusätzlich gehemmt

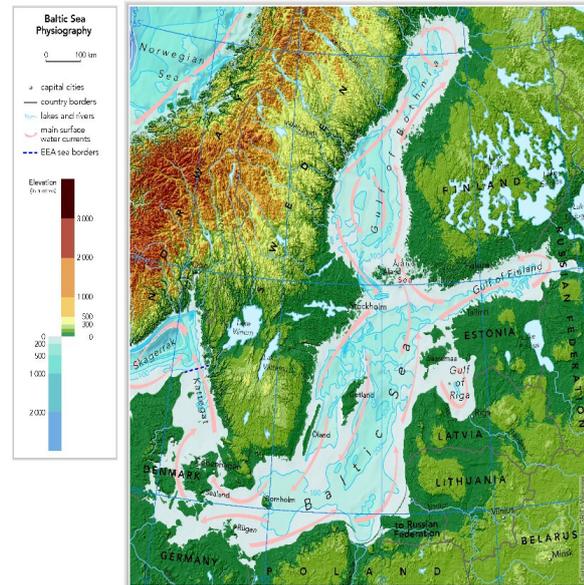


Abbildung 3 [European Environment Agency]

- gerichtete Strömungen zeigen sich nur im Mittel, die Regel sind lokale Wirbel
- vor allem durch Windfeld hervorgerufen, oft nur kurze Lebensdauer
- fördern den Austausch mit tieferem Wasser und somit wichtig für Sauerstoff und Nährstofftransport
- Im Sommer gut bei Algenblüten zu erkennen



Abbildung 5 [ESA, Envisat 13.07.2005]

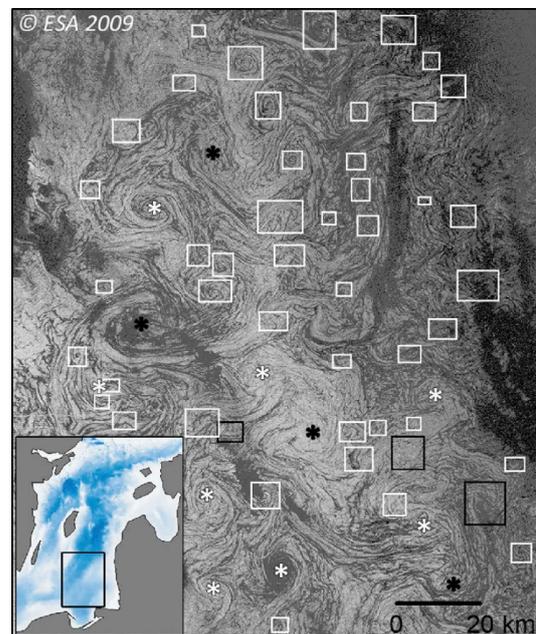


Abbildung 4 [Improved statistics of sub-mesoscale eddies in the Baltic Sea retrieved from SAR imagery]

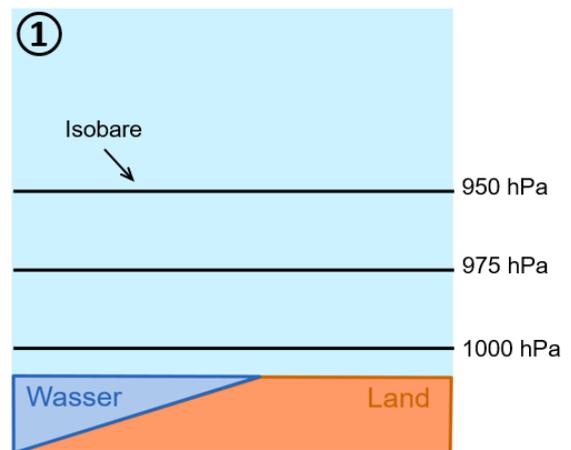
## Land-See-Windsystem

Harmund Paetzmann

- Tagesperiodisches Windphänomen welches an allen Küsten (See- und Binnen-) auftaucht
- Voraussetzung: Autochtone Wetterlage, stärker bei geringer Bewölkung
- Horizontale Ausdehnung in unseren Breiten: ca. 10 bis 20 km
- Vertikale Ausdehnung: ca. 2-4 km am Tag, ca. 1 km in der Nacht
- Wird häufig durch großräumige Windströmungen überlagert

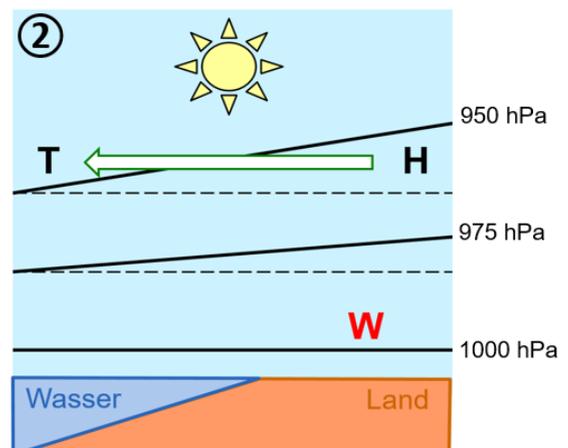
### 1) Ausgangssituation

- Keine horizontalen Druckunterschiede
- Keine Massebewegung
- Kein Wind



### 2) Landwind

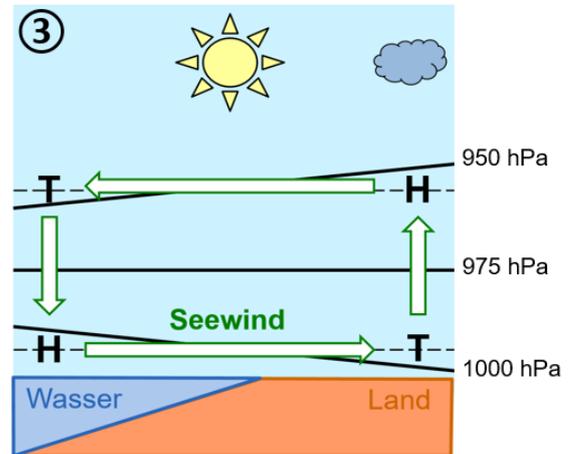
- Landoberfläche und die sich darüber befindende Luft erwärmt sich stärker als die Wasseroberfläche und die sich darüber befindliche Luft
  - Wärmekapazitäten: 4,18 kJ/(kg K) Wasser, 0,7 kJ/(kg K) Land
- Warme Luft: geringere Dichte, größeres Volumen
  - vertikale Ausdehnung der Luft über Land
  - Isobarenhebung über Land
- Horizontaler Druckunterschied in der Höhe
  - thermisches Höhenhoch über Land und Höhentief über Wasser
- Luftmassentransport in der Höhe von Land zu





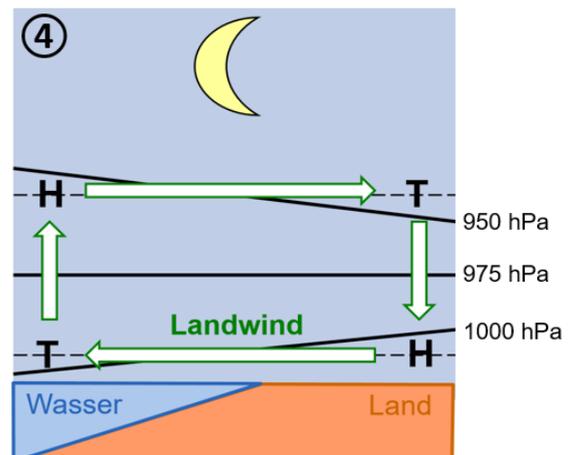
### 3) Seewind

- Durch Massentransport in (2) bildung eines lokalen Bodenhochs über dem Meer und lokales Bodentief über Land
- Ausgleichsströmung vom Hoch zum Tief  
→ **Seewind**
- Entstehung einer Zirkulation durch Luftmassentransporte
  - Über Land strömt Luftmasse von unten nach
  - Über See sinkt Luftmasse ab
 → **Land-See-Windzirkulation**



### 4) Nacht

- Umkehr der Strömungsverhältnisse
- Landoberfläche und darüber liegende Luft kühlt schneller ab als über dem Meer
- Ausbildung von zum Tag entgegengesetzte Hochs und Tiefs.
- Umgekehrte Ausgleichsströmungen
- → Landwind am Boden
- → Seewind in der Höhe



### Auswirkungen

- Seewind:
  - Auf See: Divergenz, Wolkenauflösung
  - Auf Land: Konvektion, Wolkenbildung mit eventuell Niederschlägen
- Landwind:
  - Feuchte konvektive Luft kann zur Gewitterbildung über See führen

### Quellen

SCHÖNWIESTE, C.-D. (2020) Klimatologie (5. Auflage). Utb.

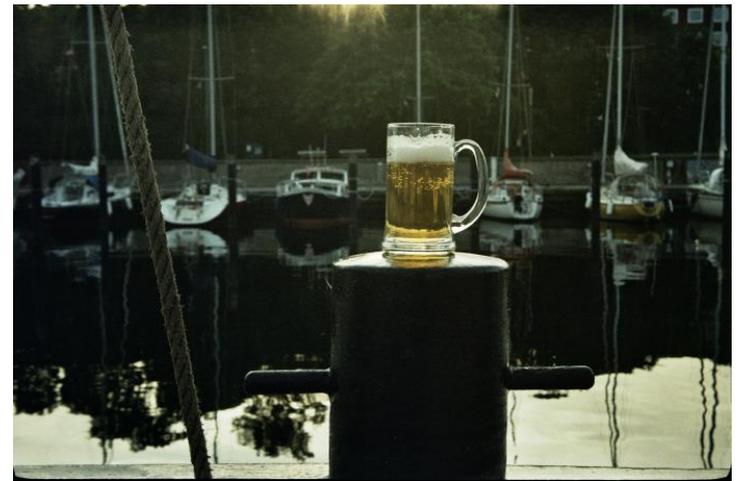
DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST) Die Land-See-Wind-Zirkulation.

[https://www.dwd.de/DE/wetter/thema\\_des\\_tages/2020/6/16.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2020/6/16.html), Eingesehen am: 24.05.2023



Kiel







# Damp



# Auf (und im) See



# Auf (und im) See



# Auf (und im) See



# Auf (und im) See



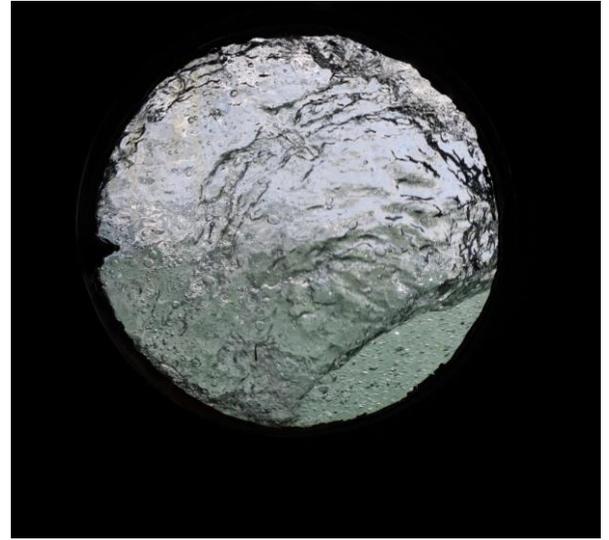
# Auf (und im) See





# An der Arbeit...





## Tiere und Studenten in freier Wildbahn



## Flaschenpost und was sonst noch gut auf Fotos aussieht

