

Windbestimmung aus Wetterkarten

Inhalt

- Allgemeines
- Bestimmung der Windrichtung
- Einfluss der Temperaturschichtung
- Die praktische Durchführung
- Einige Beispiele
- Diagramme und Tabellen



Allgemeines

Die Windbestimmung und Windvorhersage aus Wetterkarten sind immer noch eine sinnvolle Ergänzung zu Wetterberichten und Navtex-Meldungen

Navtex ist eine bequeme Sache und für den Wochenendtörn und den Urlaub in der Ostsee oder dem Mittelmeer in der Regel auch ausreichend. Bei mehrtägigen Vorhersagen für längere Routen ist ein solcher Datenwust wenig anschaulich, es sei denn, man macht sich die Mühe, diese Wetterangaben als Wettersymbole in einen Wetterkartenvordruck einzutragen. Für den Langstrecken- oder Weltumsegler kommt hinzu, dass Seewetterberichte und Navtex-Meldungen in erster Linie für die Berufsschifffahrt und Fischerei gedacht sind und sich daher stark an den Welthandelsrouten und Fischfanggebieten orientieren. In den übrigen Regionen beziehen sich die über Navtex verbreiteten Wettervorhersagen oft auf Vorhersagegebiete, die für den Segler viel zu groß abgesteckt sind. Der Wetterablauf lässt sich aus ihnen kaum verfolgen, und sie lassen sich daher mit eigenen Beobachtungen nicht aktualisieren.

Da bieten Faksimile-Wetterkarten und Seegangskarten, wie sie heute - und auch in absehbarer Zukunft - immer noch über Kurzwelle gesendet werden, weit übersichtlichere, detailliertere und - bis zu 72 Stunden sehr zuverlässige - Informationen. Da diese Karten heute mit jedem guten Kurzwellenempfänger und entsprechender Software (ohne viel Schnickschnack) auf jedem Laptop oder mit einem preiswerten Konverter direkt auf einem Laptop-Drucker empfangen werden können, sollten sie für Langstreckensegler obligatorisch sein. Aus diesen Wetter- und Vorhersagekarten lassen sich recht einfach Windbestimmungen machen und daraus, falls nötig, auch Seegangsbestimmungen (vergleiche auch Palstek Heft 1/98 Seite 28ff).

Als Faksimile-Wetterkarten erhält man zurzeit und auch in absehbarer Zukunft weltweit:

1. Analysen der Luftdruckverteilung über NN, die *Bodenanalysen* mit Fronten für die so genannten Haupttermine 00z, 06z, 12z und 18z. NN bedeutet Normal-Null, eine aus Schweremessungen berechnete Niveaufläche, welche angenähert mit dem mittleren Meeresniveau übereinstimmt. Z ist die Zeitzone Zulu und entspricht der Weltzeit UTC
2. Vorhersagekarten der Luftdruckverteilung über NN mit Fronten bis zu 72 Stunden nach Analysentermin,
3. Synoptische Wetterkarten der Stationsmeldungen der Land- und Seestationen für die Nebentermine 03z, 09z, 15z und 21z. Aus ihnen lassen sich aktuelle Winddaten entnehmen, und in sie lassen sich - mit entsprechender Sachkenntnis und Erfahrung - Analysen (Isobaren und Fronten) einzeichnen.

Teilweise enthalten auch die Bodenanalysen ausgewählte Stationsmeldungen, im Übrigen sowie bei Vorhersagekarten ist man jedoch darauf angewiesen, den Wind aus den Wetterkarten selbst zu bestimmen. Dies ist am einfachsten mit dem folgenden - vom Verfasser erweiterten - Verfahren möglich.



Die erweiterte 300-sm-Regel

Die primären Ursachen des Windes sind bekanntlich die durch Temperaturunterschiede entstehenden Luftdruckunterschiede. Da jedoch alle Bewegungen auf der sich drehenden Erdkugel stattfinden, unterliegen sie auch der durch die Coriolis-Beschleunigung verursachten ablenkenden Kraft der Erdrotation und bei gekrümmten Bewegungen auch der Zentrifugalkraft. Infolgedessen benötigt man zur Windbestimmung

1. das Druckgefälle, dargestellt durch den Abstand der in festem Druckintervall gezeichneten Isobaren,
2. die Krümmung der Windbahnen, ersatzweise den Krümmungsradius der Isobaren,
3. die geographische Breite.

Im Gegensatz zu den von den Wetterdiensten häufig angewandten so genannten *Windlinealen* hat die 300-Seemeilen-Regel den Vorteil, dass

1. sie vom Maßstab der Wetterkarte und vom Druckintervall der Isobaren unabhängig ist,
2. man als Gerät nur einen Kartenzirkel benötigt,
3. man für die Erweiterung zur Erzielung der erforderlichen Genauigkeit lediglich die wenigen auf den Seiten 73 und 74 abgedruckten Diagramme des Verfassers benötigt. Für den Bordgebrauch können Sie diese Seite aus dem Heft trennen. Sie haben dann sämtliche Diagramme und eine Gebrauchsanleitung zur Hand.

Zunächst nimmt man entsprechend dem Maßstab der Wetterkarte (auf der ungefähren Breite des Schiffs oder Vorhersageortes) eine Distanz von 300 Seemeilen gleich fünf Breitengrade in den Kartenzirkel und interpoliert über diese Distanz - mit dem Ort in der Mitte - aus der Wetterkarte senkrecht zu den Isobaren die Druckdifferenz Δp in Hektopascal. Zu beachten ist dabei, dass in den kontinental-europäischen Ländern und ihren Kolonien die Isobaren für Druckintervalle von fünf Hektopascal (d 5) im angelsächsischen Bereich (England, USA) und ihren Kolonien dagegen für Druckintervalle von vier Hektopascal (d,) gezeichnet werden.

Multipliziert man diese Druckdifferenz mit einem von der Breite abhängigen Faktor f , erhält man die Windgeschwindigkeit in Knoten:

$$v \text{ [knl]} = f \times \Delta p_{(300\text{sm})} \text{ [hPal]}$$

Bei geradlinigen Windbahnen ist der Faktor auf 45 Grad Breite (überschlägig zwischen 40 Grad und 50 Grad)

$$f = 2$$

Für andere Breiten entnimmt man den Faktor aus dem Diagramm 2 auf der Seite 73. Als Ergebnis erhält man 70 Prozent des so genannten *Gradientwindes*. In diesem Wert ist nämlich bereits die Reibung in der bodennahen Luftschicht berücksichtigt, und zwar für indifferente Temperaturschichtung der Luft, das heißt in wolkenfreier Luft für eine Temperaturabnahme mit der Höhe von rund einem Grad pro 100 Metern. Wie man diesen Wert für labile Luftschichtung, die entsteht, wenn das Wasser wärmer ist als die Luft, korrigieren muss, erläutere ich später.

Wie bereits erwähnt, gelten die so erhaltenen Windgeschwindigkeiten nur bei geradlinigen Windbahnen (ungefähr entsprechend geradlinigen Isobaren), dem so genannten geostrophischen Wind.

Wegen des Einflusses der Zentrifugalkraft ist bei zyklonal (das heißt zum tiefen Druck hin) gekrümmten Windbahnen die Windgeschwindigkeit kleiner als bei geradlinigen. Dies ist um so geringer, je stärker die zyklonale Krümmung, das heißt, je kleiner der zyklonale Krümmungsradius ist. Bei antizyklonaler (negativer) Krümmung ist die Windgeschwindigkeit größer als bei geradlinigen Windbahnen, und kann theoretisch bis zum Doppelten des geostrophischen Windes ansteigen.

Zur Berücksichtigung dieses Einflusses auf die Windgeschwindigkeit ermittelt man durch Probieren mit dem Kartenzirkel den Krümmungsradius der Isobaren in Breitengraden. Dabei wählt man den Mittelpunkt des Kreises nur so aus, dass man einen auf oder zwischen den Isobaren liegenden Bogen über einen Winkel von etwa 30 Grad nachfahren kann. Für diesen Krümmungsradius entnimmt man dann den Diagrammen 3 bis 5, sowie der Tabelle 1 die entsprechenden Werte oder Korrekturen.

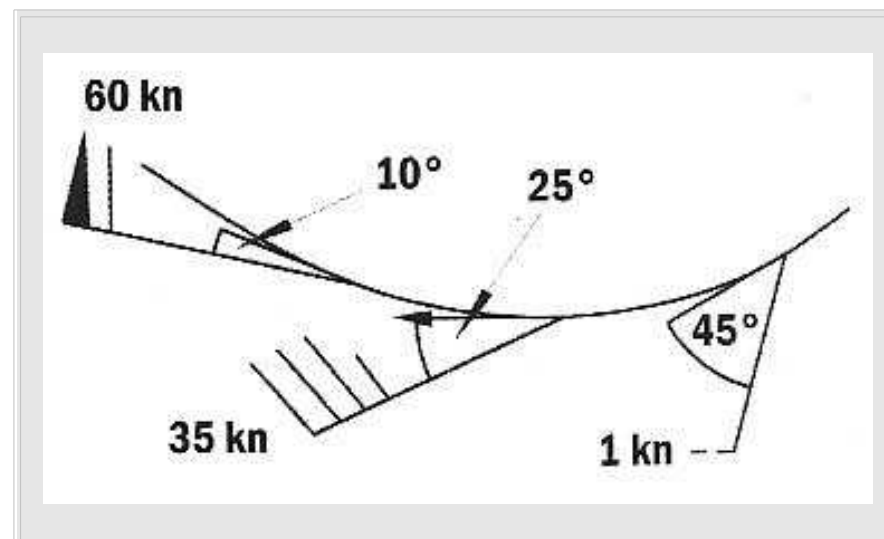
In den Diagrammen 3 und 4 sind die Windgeschwindigkeiten auf 45 Grad Breite in Abhängigkeit von zyklonalen und antizyklonalen Krümmungsradien für häufige Isobarenabstände d , dargestellt. Sie liefern gute Werte zwischen 40 Grad und 50 Grad Breite und bei höheren Breiten etwas zu große, das heißt "sichere" Werte. Sind die Isobaren für Druckintervalle von vier Hektopascal gezeichnet, muss man die Abstände vorher mit 1,25 multiplizieren.

In Diagramm 5 ist die mittlere, prozentuale Abweichung vom dem mit der 300-Seemeilen-Regel ermittelten Wind in Abhängigkeit vom zyklonalen und vom antizyklonalen Krümmungsradius dargestellt, und in Tabelle 1 sind die prozentualen Abweichungen für die beiden wichtigsten antizyklonalen Krümmungsradien -20 Grad und -10 Grad für verschiedene Windgeschwindigkeiten angegeben. Damit lassen sich die mit der 300Seemeilen-Regel bestimmten Windgeschwindigkeiten gut korrigieren.



Bestimmung der Windrichtung

Die Bestimmung der Windrichtung muss *nach* der Bestimmung der Windgeschwindigkeit vorgenommen werden, denn der Winkel, den die Windrichtung mit der Isobare bildet, hängt von der Windgeschwindigkeit ab.

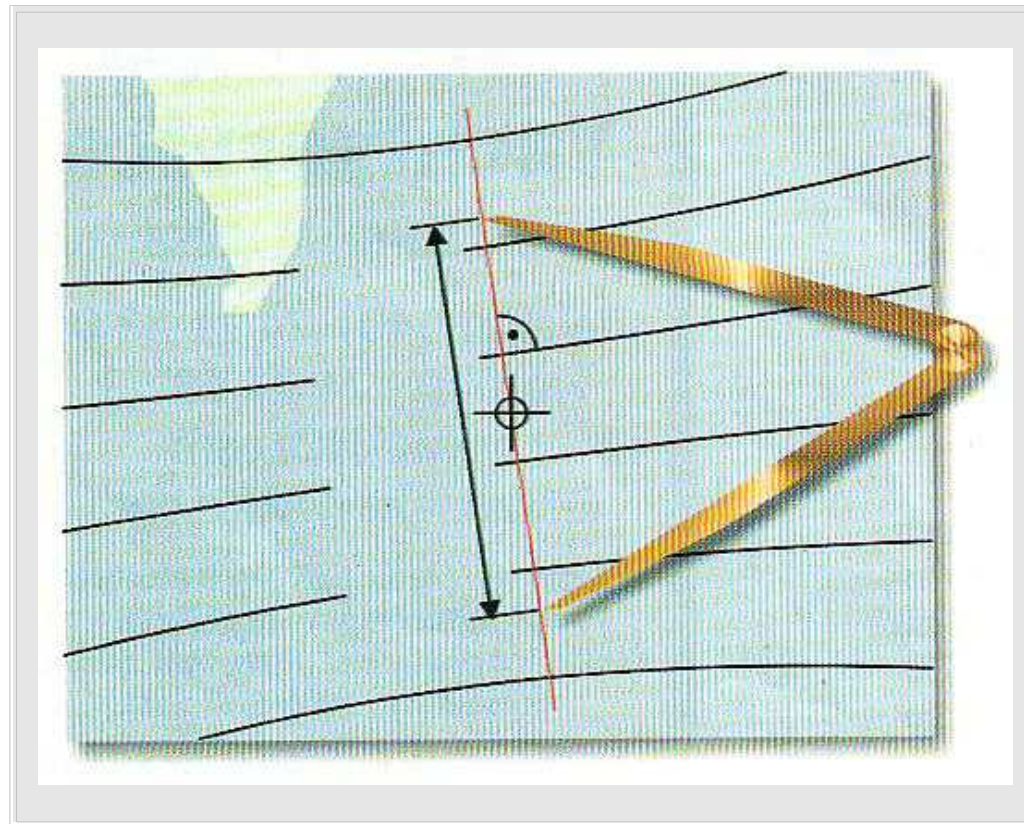


Der Winkel, den die Windrichtung mit der Isobare bildet, hängt von der Windgeschwindigkeit ab

Da die Grenzschichtreibung im unteren Teil der Bodenreibungsschicht weitgehend unabhängig von der Windgeschwindigkeit ist, ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht des barischen Windgesetzes, dass der Winkel zwischen der Windrichtung und der Isobare mit wachsender Windgeschwindigkeit immer kleiner wird. Nach ECKMANN ist der Grenzwinkel für verschwindende Windgeschwindigkeit am Boden 45 Grad.

Bei Orkanwindstärken über 60 Knoten wird der Winkel kleiner als zehn Grad, im Zentrum tropischer Orkane wird er Null Grad, und in ihrem Kernbereich kann der Wind wegen der dort herrschenden hohen Zentrifugalkräfte sogar vom Kern nach außen über die Isobare wehen, wodurch das Auge des Orkans entsteht. In Diagramm 6 (Seite 76) ist der Winkel zwischen Windrichtung und Isobare in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit graphisch dargestellt.

Da die Luft in der Regel immer zum tieferen Druck hin strömt, ist dieser Winkel auf Nordbreite von der nach Luv weisenden Richtung der Isobare abziehen, auf Südbreite hinzuzuzählen. Natürlich genügt es, das Ergebnis auf volle zehn Grad aufbz. abzurunden oder bei Verwendung der Strichrose auf 2 Strich (zum Beispiel SSW, ENE, NW) anzugeben.



Zunächst nimmt man entsprechend dem Maßstab der Wetterkarte (auf der ungefähren Breite des Schiffs oder Vorhersageortes) eine Distanz von 300 Seemeilen gleich fünf Breitengrade in den Kartenzirkel und interpoliert über diese Distanz - mit dem Ort in der Mitte - aus der Wetterkarte senkrecht zu den Isobaren die Druckdifferenz Δp in Hektopascal



Einfluss der Temperaturschichtung

Wie schon erwähnt, gelten die so ermittelten Windgeschwindigkeiten nur für *indifferente* thermische Schichtung der Luft. Ist die Luft dagegen labil geschichtet, das heißt, ist die Temperaturabnahme größer, so wird mehr Energie von den höheren in die tieferen Schichten der Atmosphäre übertragen. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn das Wasser wärmer als die Luft ist. Dadurch wird der geostrophische Wind stärker als 70 Prozent des Gradientwindes. Er kann dann bis zu 95 Prozent desselben betragen! In Diagramm 7 (Seite 76) sind diese Prozentzahlen in Abhängigkeit von der Differenz Wassertemperatur minus Lufttemperatur dargestellt.

Besonders bei Kaltlufteinbrüchen auf der Rückseite von Kaltfronten muss das berücksichtigt werden. Dann muss man die für indifferente Schichtung ermittelte Windgeschwindigkeit durch 0,7 dividieren und mit dem aus Diagramm 7 entnommenen Faktor multiplizieren.

Auf den ersten Blick sieht das vielleicht alles recht kompliziert aus, ist es aber nicht. Deshalb gehen wir nun ein Beispiel durch:

Die praktische Durchführung

Nehmen wir an, aus der Wetterkarte wurde über die Distanz von 300 Seemeilen ein Druckunterschied von 18 Hektopascal interpoliert. Bei geradlinigen Isobaren und indifferenter Temperaturschichtung ergibt dies auf 45 Grad Breite eine Windgeschwindigkeit von 36 Knoten gleich acht Beaufort. (Nach Diagramm 2 wären es auf 40 Grad Breite knapp 40 Knoten, das entspricht satten acht Beaufort (8+), auf 50 Grad Breite gut 33 Knoten gleich sieben bis acht Beaufort und auf 60 Grad Breite noch fast 31 Knoten entsprechend sieben Beaufort.)

Die Winkel der Windrichtung von Luv zur Isobare wären nach Diagramm 6: 200, 180, 23' und 24'. Wäre das Wasser S' C wärmer als die Luft, wären die entsprechenden Werte:

• $36/0,7 \cdot 0,9 = 46,3$ kn	9 Bft
Winkel 15'	
• $40/0,7 \cdot 0,9 = 51,4$ kn	10 Bft
Winkel 13'	
• $33/0,7 \cdot 0,9 = 42,4$ kn	8-9 Bft
Winkel 17'	
• $31/0,7 \cdot 0,9 = 39,9$ kn	8+ Bft
Winkel 19,	

Man sieht, dass dieser Einfluss besonders in Nordwest-Rückseiten der Tiefs - nicht vernachlässigt werden darf! Bei antizyklonalem (negativem) Krümmungsradius wäre der Wind erheblich stärker. Dann müsste man die Werte für den geostrophischen Wind alle noch nach Tabelle 1 mit dem entsprechenden Faktor - bei 500 Breite und einem Krümmungsradius von -10 beispielsweise mit 1,25 multiplizieren, hätte also bei indifferenter Temperaturverhältnissen statt 33 Knoten gut 41 Knoten, das heißt satte acht Beaufort.

Hätte man die 18 Hektopascal Druckunterschied dagegen bei einem zyklonalen Krümmungsradius von 15 Grad gleich 1.500 Seemeilen interpoliert, so entspräche dies einem mittleren Isobarenabstand von d, gleich 1,4 Grad. Aus dem Diagramm 3 ergäbe sich dann ein Wind von

- $29 \text{ kn} = 6\text{-}7 \text{ Bft auf } 45^\circ \text{ Breite.}$

Und mit anderen Breitenfaktoren umgerechnet:

- $29/2 * 2,2 = 31,9 \text{ kn} = 7\text{-}8 \text{ Bft au } 40' \text{ Breite}$
- $29/2 * 1,85 = 26,8 \text{ kn} = 6 \text{ Bft au } 50' \text{ Breite}$
- $29/2 * 1,7 = 24,6 \text{ kn} = 6 \text{ Bft auf } 60' \text{ Breite.}$

Wäre auch hierbei das Wasser fünf Grad Celsius wärmer als die Luft, so würden die entsprechenden Werte lauten:

- $29/0,7 * 0,9 = 37,3 \text{ kn} = 8 \text{ Bft}$
- $31,9/0,7 * 0,9 = 41 \text{ kn} = 8+ \text{ Bft}$
- $26,8/0,7 * 0,9 = 34,5 \text{ kn} = 7 \text{ Bft}$
- $24,6/0,7 * 0,9 = 31,6 \text{ kn} = 7\text{-}8 \text{ Bft}$



Einige Beispiele

Nun wollen wir aus der auf der folgenden Seite abgedruckten FaxWetterkarte den Wind für die Positionen

1. 55- N, 47- W
2. 52- N, 23' W
3. 69- N, 04- E

bestimmen.

Auf Position 1 findet man einen zyklonalen Krümmungsradius von knapp zehn Grad und eine Druckdifferenz

$$\Delta p_{(300\text{sm})} = 20,5 \text{ hPa.}$$

Für geradlinige Isobaren ergäbe das nach Diagramm 2 einen Wind von knapp 36 Knoten (55' Breite ergibt einen Faktor von 1,75; $1,75 * 20,5 = 35,9$). Wegen der zyklonalen Krümmung wären nach Diagramm 5 davon 85 Prozent gleich gut 30 Knoten zu nehmen. Nun hat das etwa 500 Seemeilen südöstlich davon stehende Schiff eine Lufttemperatur von zwei Grad Celsius und eine Wassertemperatur von 4,2 Grad Celsius gemeldet. Man muss davon ausgehen, dass in der von Nordwesten aus den polaren Breiten heranströmenden Kaltluft an Position 1 die Luft kaum mehr als minus zwei Grad Celsius (ein 300 Seemeilen nordnordöstlich stehendes Schiff hat minus neun

Grad Celsius gemeldet) und die Wassertemperatur auch nicht mehr als drei bis vier Grad beträgt. Somit ist das Wasser sicher etwa fünf Grad wärmer als die Luft. Die Korrektur ergibt daher

$$30 \text{ kn}/0,7 * 0,9 = 38,6 \text{ kn} = 8 \text{ Bft.}$$

Auf Position 2 sind die Isobaren geradlinig, und die Luft ist möglicherweise bis zu zwei Grad Celsius wärmer als das Wasser. Allerdings darf man hier nicht nur die Druckdifferenz für 300 Seemeilen über die Kaltfront hinweg interpolieren, denn die Isobarenabstände nehmen bis zur Front noch ab und sind hinter der Front erheblich größer, das heißt, der Wind nimmt bis zur Front noch zu und nach der Winddrehung dann ab. In solchen Fällen interpoliert man den Druckunterschied nur über etwa 150 Seemeilen entsprechend 2,5 Breitengrade und verdoppelt den Wert oder den Breitenfaktor. So erhält man:

$$20 \text{ hPa} \cdot 2 \cdot 1,8 / 0,7 \cdot 0,6 = 62 \text{ kn} = 11 \text{ Bft.}$$

Auch wenn man ungeachtet der Front die Druckdifferenz über 300 Seemeilen ermitteln würde, erhielte man 30 Hektopascal und multipliziert mit 1,8 für 52' Breite immer noch 54 kn Wind, und selbst nach einer Temperaturkorrektur noch 46 Knoten.

Angesichts der benachbarten Schiffsmeldungen erscheinen diese Werte reichlich hoch. Hier wird die Grenze der 300-Seemeilen-Regel sichtbar. Das liegt daran, dass es sich infolge der durch die Front verursachten Diskontinuität nicht mehr um ein größeres, einheitliches Druckfeld handelt.

Als Alternative bietet sich daher an, nur den Abstand zwischen zwei oder drei Isobaren in Breitengraden zu messen und diese Druckdifferenz auf 300 Seemeilen umzurechnen: Unmittelbar an Position 2 herrscht ein Druckgefälle von zehn Hektopascal über eine Distanz von 96 Seemeilen gleich 1,6 Grad; das ergibt einen mittleren Abstand $d = 1,3'$. Aus Diagramm 3 interpoliert man dafür für 30 Grad Krümmungsradius - der ja ohne den Einfluss der Front etwa vorhanden wäre und außerdem der Geradlinigkeit sehr nahe kommt eine Windgeschwindigkeit von 32 Knoten. Aus Bild 4 findet man für einen antizyklonalen Radius von -30 Grad (ebenfalls nahe der Geradlinigkeit) einen Wind von 39 Knoten.



An der Position 3 hat man ein Druckgefälle von zehn Hektopascal auf 150 Seemeilen entsprechend 20 Hektopascal auf 300 Seemeilen bei einem antizyklonalen Krümmungsradius von sechs Grad. Mit einem Faktor von 1,6 für 70 Grad Breite ergibt das zunächst für indifferente Temperaturschichtung einen geostrophischen Wind von 32 Knoten. Da das Wasser auf der Nordsee zwei Grad Celsius kälter als die Luft ist, hat man

$$32 \text{ kn} / 0,7 * 0,6 = 27 - \text{kn}$$

Für die antizyklonale Krümmung müsste man theoretisch diesen Wert nach Diagramm5 verdoppeln, das ergäbe 54 Knoten. Bedenkt man aber, dass es sich nur um eine kleinräumige, durch den Sattel zwischen den beiden Tiefs verursachte Deformation des Druckfeldes handelt, während das gesamte übrige Windfeld von der Warmfront aus bis ins Eismeer hinauf im Durchschnitt nahezu geradlinige Windbahnen aufweist, genügt es, einen durchschnittlichen antizyklonalen Radius von -20 Grad anzusetzen. Man braucht also nicht mit mehr als

$$27 \text{ kn} * 1,45 = 39 \text{ kn} = 8 \text{ Bft zu rechnen und ist damit auf der "sicheren" Seite.}$$

In einer Vorhersagekarte sind natürlich keine Wettermeldungen und damit auch keine Temperaturangaben zu finden. Man kann hierzu jedoch die letzte Bodenanalyse benutzen: Die Wassertemperaturen ändern sich in einem Seegebiet nur sehr langsam (Wassertemperaturkarten werden vom hydrographischen Dienst nur wöchentlich erstellt). Bei den Lufttemperaturen kann man sich an denen des jeweils gleichen Luftmassenbereichs orientieren, also zum Beispiel:

1. Auf der Vorderseite des Tiefs
2. Vor der Warmfront
3. Im Warmsektor des Tiefs
4. Vor der Kaltfront
5. Hinter der Kaltfront
6. In der Rückseite des Tiefs

Diese Werte kann man dann auf die entsprechenden Bereiche in der Vorhersagekarte anwenden.

Man sieht, dass man mit der erweiterten 300-sm-Regel recht gute Ergebnisse erzielen kann, wenn man sie den jeweiligen Gegebenheiten des Druckfeldes entsprechend sinngemäß anwendet.



Diagramme und Tabellen

Wind 300-Seemeilen-Regel	r = -20		r = -10	
[Knoten]	Zuschlag [%]	Faktor	Zuschlag [%]	Faktor
60	35	1,35	100	2
50	25	1,25	100	2
40	20	1,2	100	2
30	20	1,2	40	1,4

20

15

1,15

20

1,2

Tabelle 1: Korrektur der Ergebnisse der 300-Seemeilen-Regel für antizyklonale Krümmungen

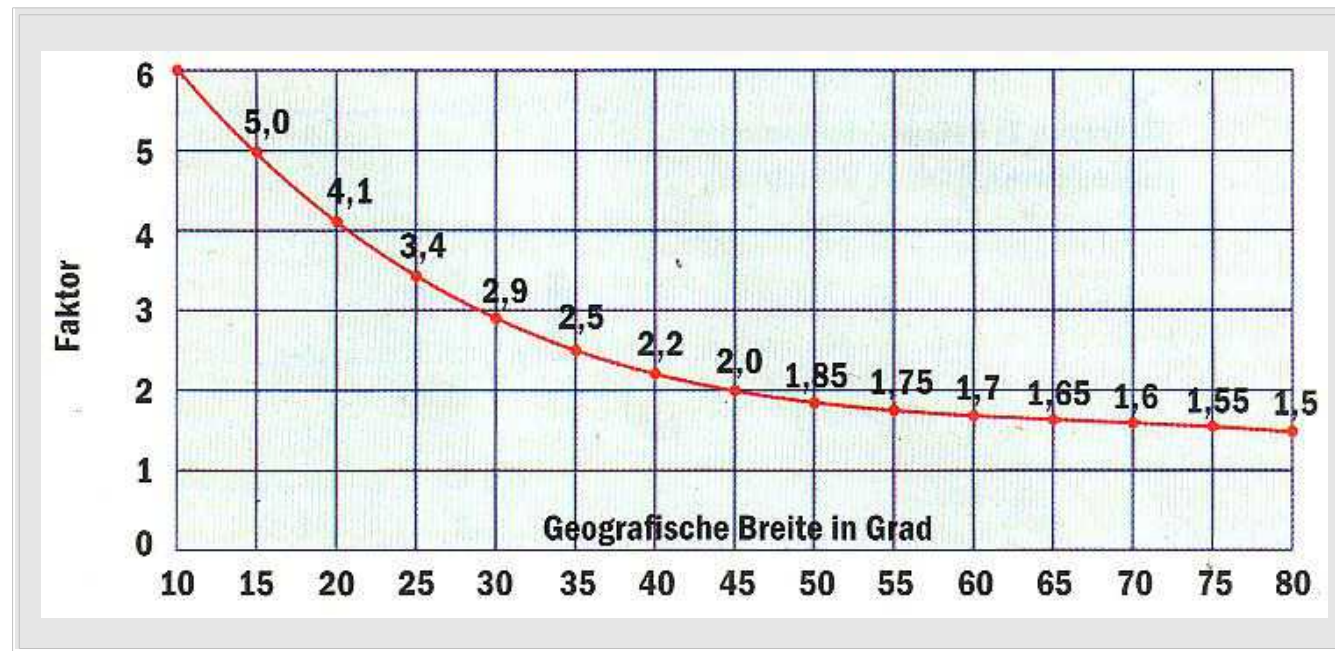


Diagramm 2: Breitenfaktor



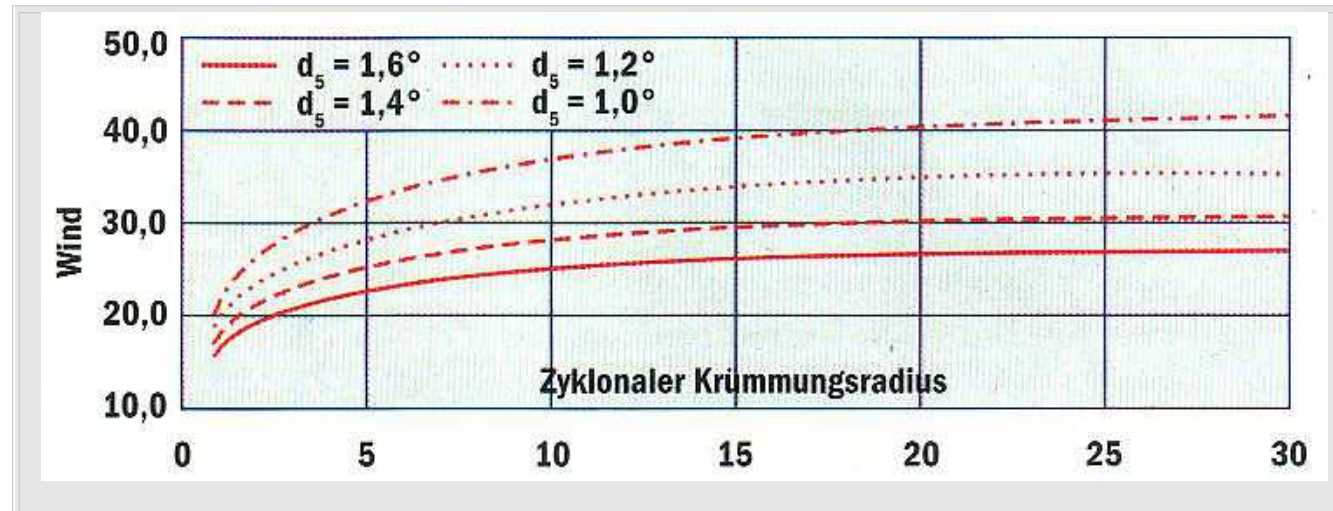


Diagramm 3: Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom zyklonalen Krümmungsradius für verschiedenen Isobarenabstände d_5 auf 45° Breite bei einem Luftdruck von 1013 hPa, einer Lufttemperatur von 00 C und indifferenter Temperaturschichtung

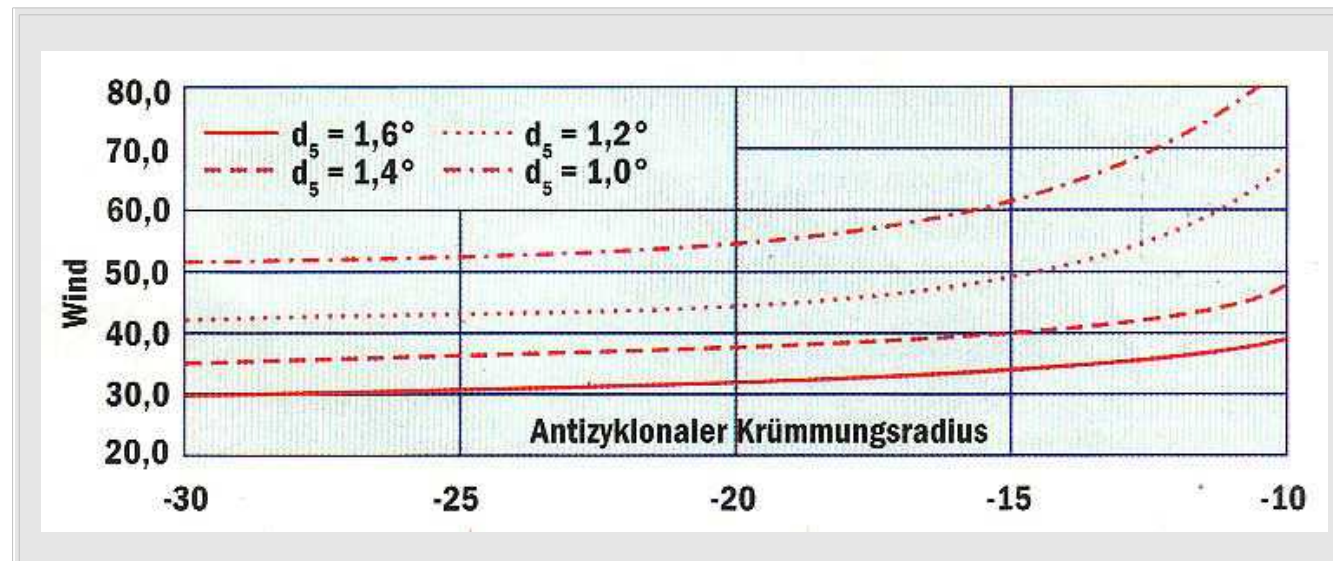


Diagramm 4: Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom antizyklonalen Krümmungsradius für verschiedene Isobarenabstände d_5 auf 45° Breite bei einem Luftdruck von 1013 hPa, einer Lufttemperatur von 0° C und indifferenter Temperaturschichtung



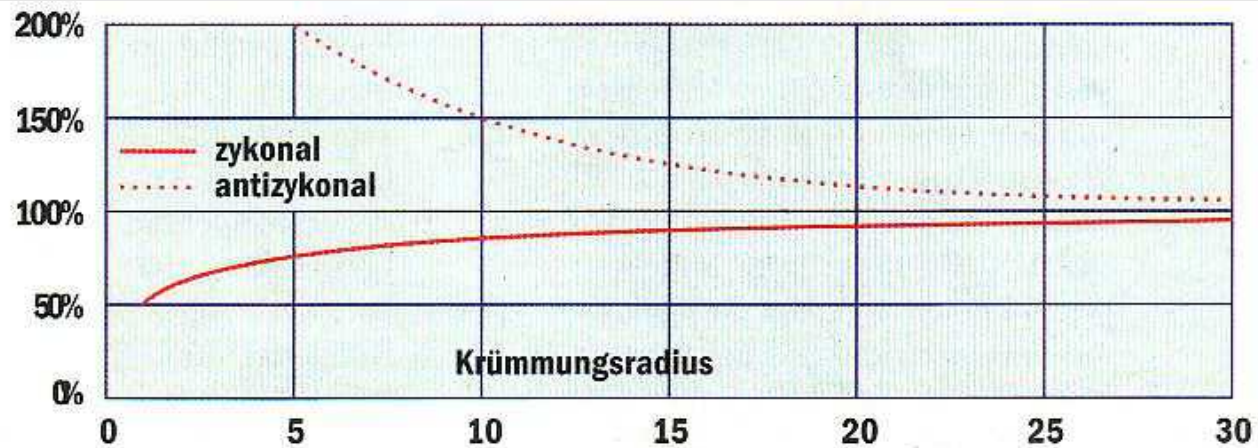


Diagramm 5: Mittlere relative Abweichung vom geostrophischen Wind in Abhängigkeit vom Krümmungsradius

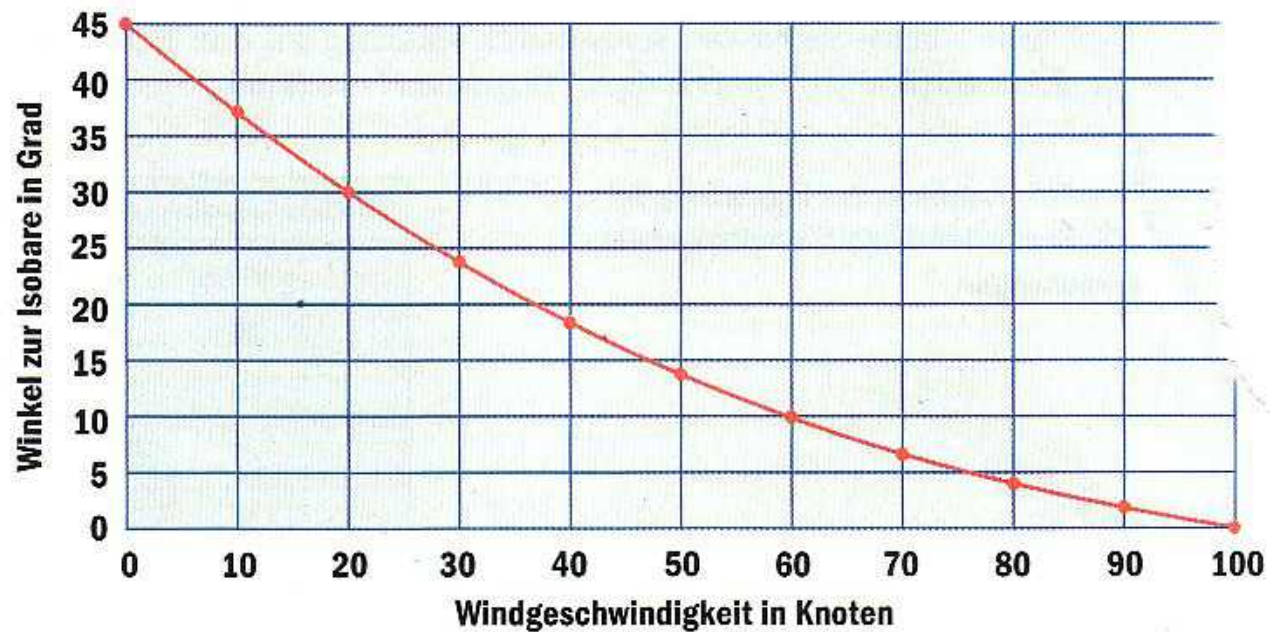


Diagramm 6: Der Winkel zwischen Windrichtung und Isobare in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

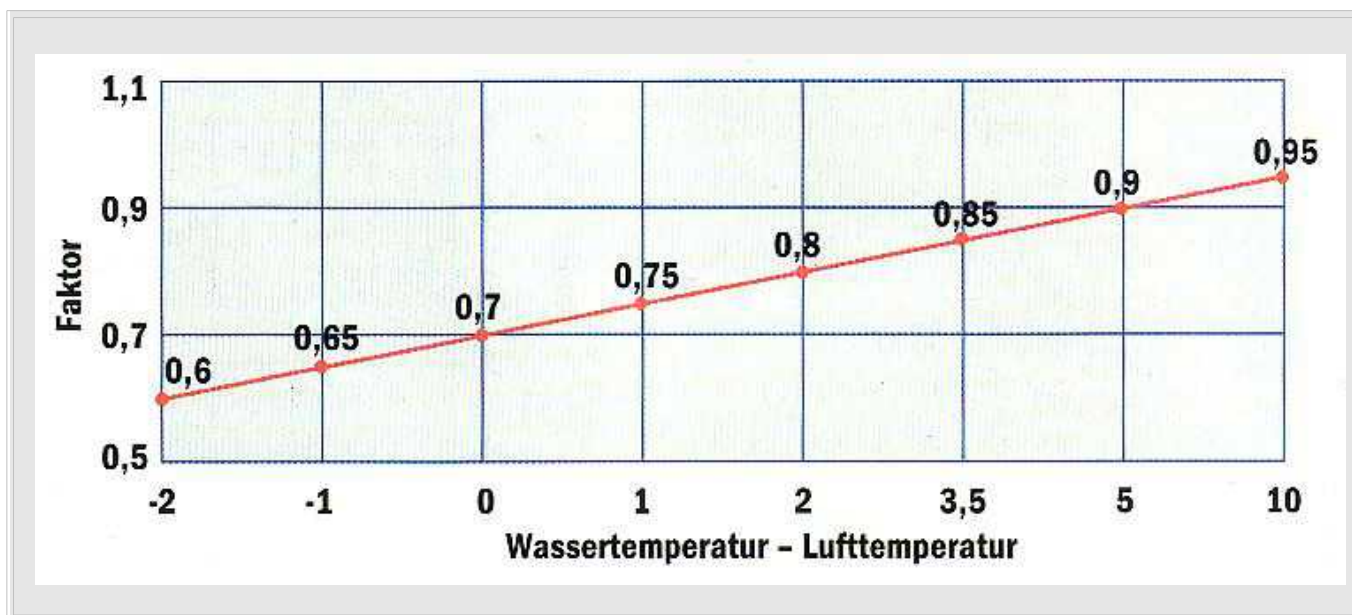


Diagramm 7: Reibungsfaktoren für Lufttemperatur minus Schichtung

Wettersymbole

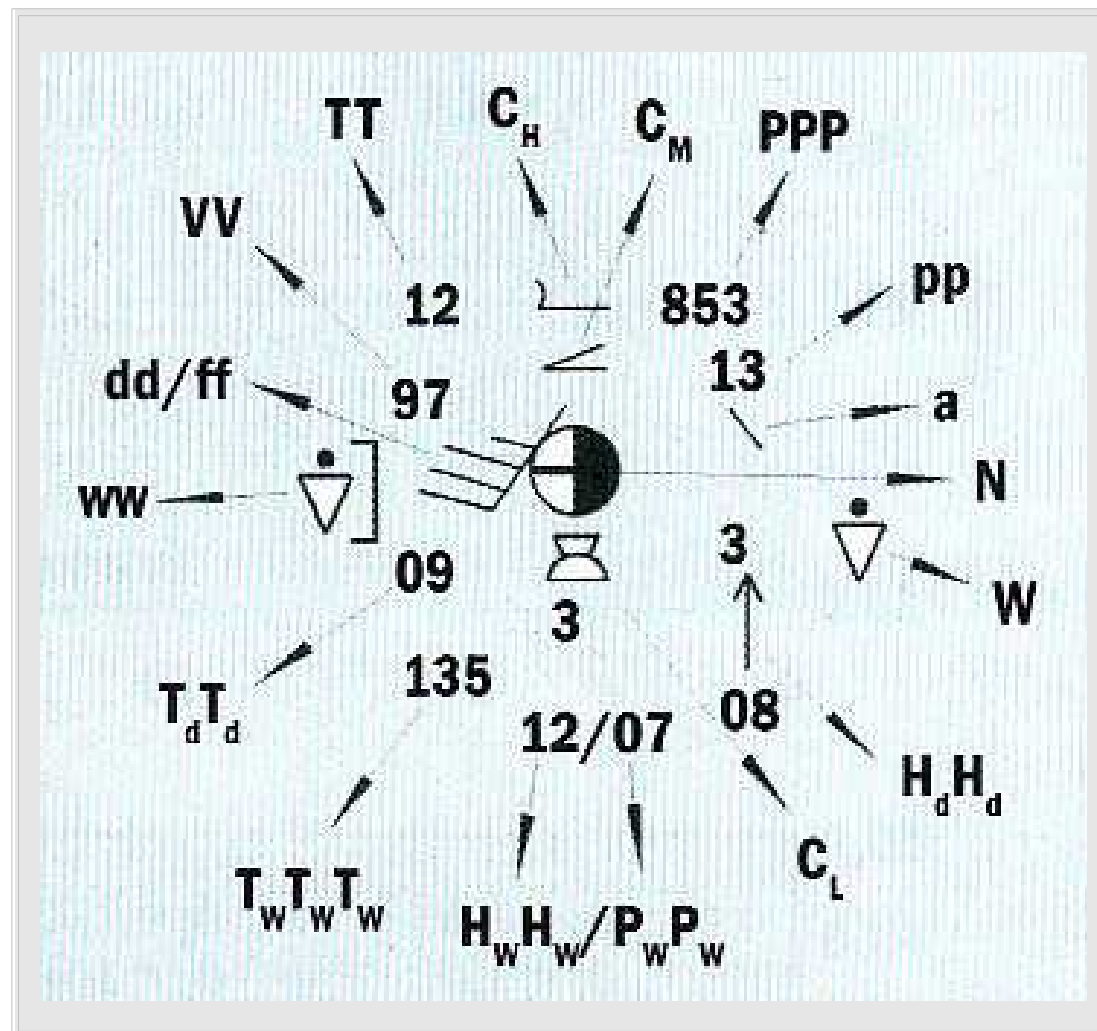
Beim Lesen der Wettersymbole ist zu beachten, dass die Befiederung der Windpfeile in allen diesen Karten falls nicht ausdrücklich anders angemerkt - nach der Knotenskala erfolgt: Eine lange Feder bedeutet zehn Knoten, eine kurze fünf Knoten! Will man für die Umsetzung in die gewohnte Beaufort-Skala nicht die bekannte, genaue Tabelle benutzen, so kann man einfach folgende Regel anwenden:

Man liest die Knoten-Befiederung wie eine Beaufort-Befiederung und bringt eine Korrektur nach folgender Regel an:

1. Von eins bis sieben eins zugeschrieben (+1 Beaufort)
2. Acht bis zehn bleibt so stehn.
3. Elf und drüber eins ist über (-1 ff Beaufort)



Nach dieser Regel ergeben sowohl 35 Knoten als auch 40 Knoten Windstärke acht Beaufort. Der Mittelwert von acht Beaufort sind tatsächlich 37 Knoten. Ebenso ergeben danach 50 Knoten als auch 55 Knoten Windstärke 10 Beaufort, deren Mittelwert bei 53 Knoten liegt. Um die Stationsmeldungen möglichst ganz lesen zu können, hier- das vollständige Stations-Schema:



N	Bedeckungsgrad in Achteln, hier 5/8
dd	Windrichtung in 10°-Stufen, hier 22=220°=ca. SW
ff	Windgeschwindigkeit in Knoten; lange Feder=10kn, kurze Feder=5kn. Hier 35 kn
TT	Lufttemperatur in Grad Celsius, hier 12°C
TdTd	Taupunkttemperatur in Grad Celsius, hier 9°C
TWTWTW	Wassertemperatur in 1/10 Grad Celsius, hier 13,5°C
PPP	Luftdruck über NN ohne Hunderter und Tausender, hier 985,3 hPa
pp	Luftdruckänderung in den letzten 3 Stunden in 1/10 hPa, hier 1,3 hPa
a	Luftdrucktendenz (symbolisch), hier fallend
VV	Sichtweite als Schlüsselziffer: 90:<50in, 91x200m, 92x500m, 93:4000m, 94:<1sm, 94:<2sm, 96:<Ssm, 97:<10sm, 98:<25sm, 99:<25sm
ww	

W	Wetter zum Termin, hier "nach Regenschauer"
cH	Wetterverlauf seit dem letzten Haupttermin, hier Regenschauer
cM	Hohe Wolken, hier Cirrostratus (zunehmend)
cL	Mittelhohe Wolken, hier Altostratus (translucidus)
HwHw	Tiefreichende Wolken (Untergrenze unter 2000m), hier Cumulonimbus
PWPW	Höhe der Windsee in halben Metern, hier 6m
H d H d	Periode der Windsee in Sekunden, hier 7s
P d,Pd	Höhe der Dünung in halben Metern, hier 4m
	Periode der Dünung in Sekunden (ohne Zehner), hier 13s

Nicht angebbare Pflichtangaben werden durch X ersetzt, andere fehlende Angaben werden weggelassen.



Allgemeines

Die Windbestimmung und Windvorhersage aus Wetterkarten sind immer noch eine sinnvolle Ergänzung zu Wetterberichten und Navtex-Meldungen

Navtex ist eine bequeme Sache und für den Wochenendtörn und den Urlaub in der Ostsee oder dem Mittelmeer in der Regel auch ausreichend. Bei mehrtägigen Vorhersagen für längere Routen ist ein solcher Datenwust wenig anschaulich, es sei denn, man macht sich die Mühe, diese Wetterangaben als Wettersymbole in einen Wetterkartenvordruck einzutragen. Für den Langstrecken- oder Weltumsegler kommt hinzu, dass Seewetterberichte und Navtex-Meldungen in erster Linie für die Berufsschiffahrt und Fischerei gedacht sind und sich daher stark an den Welthandelsrouten und Fischfanggebieten orientieren. In den übrigen Regionen beziehen sich die über Navtex verbreiteten Wettervorhersagen oft auf Vorhersagegebiete, die für den Segler viel zu groß abgesteckt sind. Der Wetterablauf lässt sich aus ihnen kaum verfolgen, und sie lassen sich daher mit eigenen Beobachtungen nicht aktualisieren.

Da bieten Faksimile-Wetterkarten und Seegangskarten, wie sie heute - und auch in absehbarer Zukunft - immer noch über Kurzwelle gesendet werden, weit übersichtlichere, detailliertere und - bis zu 72 Stunden sehr zuverlässige - Informationen. Da diese Karten heute mit jedem guten Kurzwellenempfänger und entsprechender Software (ohne viel Schnickschnack) auf jedem Laptop oder mit einem preiswerten Konverter direkt auf einem Laptop-Drucker empfangen werden können, sollten sie für Langstreckensegler obligatorisch sein. Aus diesen Wetter- und Vorhersagekarten lassen sich recht einfach Windbestimmungen machen und daraus, falls nötig, auch Seegangsbestimmungen (vergleiche auch Palstek Heft 1/98 Seite 28ff).

Als Faksimile-Wetterkarten erhält man zurzeit und auch in absehbarer Zukunft weltweit:

4. Analysen der Luftdruckverteilung über NN, die *Bodenanalysen* mit Fronten für die so genannten Haupttermine 00z, 06z, 12z und 18z. NN bedeutet Normal-Null, eine aus Schweremessungen berechnete Niveaufläche, welche angenähert mit dem mittleren Meeresniveau übereinstimmt. Z ist die Zeitzone Zulu und entspricht der Weltzeit UTC
5. Vorhersagekarten der Luftdruckverteilung über NN mit Fronten bis zu 72 Stunden nach Analysentermin,
6. Synoptische Wetterkarten der Stationsmeldungen der Land- und Seestationen für die Nebentermine 03z, 09z, 15z und 21z. Aus ihnen lassen sich aktuelle Winddaten entnehmen, und in sie lassen sich - mit entsprechender Sachkenntnis und Erfahrung - Analysen (Isobaren und Fronten) einzeichnen.

Teilweise enthalten auch die Bodenanalysen ausgewählte Stationsmeldungen, im Übrigen sowie bei Vorhersagekarten ist man jedoch darauf angewiesen, den Wind aus den Wetterkarten selbst zu bestimmen. Dies ist am einfachsten mit dem folgenden - vom Verfasser erweiterten - Verfahren möglich.

Die erweiterte 300-sm-Regel

Die primären Ursachen des Windes sind bekanntlich die durch Temperaturunterschiede entstehenden Luftdruckunterschiede. Da jedoch alle Bewegungen auf der sich drehenden Erdkugel stattfinden, unterliegen sie auch der durch die Coriolis-Beschleunigung verursachten ablenkenden Kraft der Erdrotation und bei gekrümmten Bewegungen auch der Zentrifugalkraft. Infolgedessen benötigt man zur Windbestimmung

2. das Druckgefälle, dargestellt durch den Abstand der in festem Druckintervall gezeichneten Isobaren,
3. die Krümmung der Windbahnen, ersatzweise den Krümmungsradius der Isobaren,
4. die geographische Breite.

Im Gegensatz zu den von den Wetterdiensten häufig angewandten so genannten *Windlinealen* hat die 300-Seemeilen-Regel den Vorteil, dass

4. sie vom Maßstab der Wetterkarte und vom Druckintervall der Isobaren unabhängig ist,
5. man als Gerät nur einen Kartenzirkel benötigt,

6. man für die Erweiterung zur Erzielung der erforderlichen Genauigkeit lediglich die wenigen auf den Seiten 73 und 74 abgedruckten Diagramme des Verfassers benötigt. Für den Bordgebrauch können Sie diese Seite aus dem Heft trennen. Sie haben dann sämtliche Diagramme und eine Gebrauchsanleitung zur Hand.



Zunächst nimmt man entsprechend dem Maßstab der Wetterkarte (auf der ungefähren Breite des Schiffs oder Vorhersageortes) eine Distanz von 300 Seemeilen gleich fünf Breitengrade in den Kartenzirkel und interpoliert über diese Distanz - mit dem Ort in der Mitte - aus der Wetterkarte senkrecht zu den Isobaren die Druckdifferenz Δp in Hektopascal. Zu beachten ist dabei, dass in den kontinental-europäischen Ländern und ihren Kolonien die Isobaren für Druckintervalle von fünf Hektopascal (d 5)l im angelsächsischen Bereich (England, USA) und ihren Kolonien dagegen für Druckintervalle von vier Hektopascal (d,) gezeichnet werden.

Multipliziert man diese Druckdifferenz mit einem von der Breite abhängigen Faktor f , erhält man die Windgeschwindigkeit in Knoten:

$$v \text{ [kn]} = f \times \Delta p_{(300\text{sm})} \text{ [hPa]}$$

Bei geradlinigen Windbahnen ist der Faktor auf 45 Grad Breite (überschlägich zwischen 40 Grad und 50 Grad)

$$f = 2$$

Für andere Breiten entnimmt man den Faktor aus dem Diagramm 2 auf der Seite 73. Als Ergebnis erhält man 70 Prozent des so genannten *Gradientwindes*. In diesem Wert ist nämlich bereits die Reibung in der bodennahen Luftschicht berücksichtigt, und zwar für indifferente Temperaturschichtung der Luft, das heißt in wolkenfreier Luft für eine Temperaturabnahme mit der Höhe von rund einem Grad pro 100 Metern. Wie man diesen Wert für labile Luftschichtung, die entsteht, wenn das Wasser wärmer ist als die Luft, korrigieren muss, erläutere ich später.

Wie bereits erwähnt, gelten die so erhaltenen Windgeschwindigkeiten nur bei geradlinigen Windbahnen (ungefähr entsprechend geradlinigen Isobaren), dem so genannten geostrophischen Wind.

Wegen des Einflusses der Zentrifugalkraft ist bei zyklonal (das heißt zum tiefen Druck hin) gekrümmten Windbahnen die Windgeschwindigkeit kleiner als bei geradlinigen. Dies ist um so geringer, je stärker die zyklonale Krümmung, das heißt, je kleiner der zyklonale Krümmungsradius ist. Bei antizyklonaler (negativer) Krümmung ist die Windgeschwindigkeit größer als bei geradlinigen Windbahnen, und kann theoretisch bis zum Doppelten des geostrophischen Windes ansteigen.

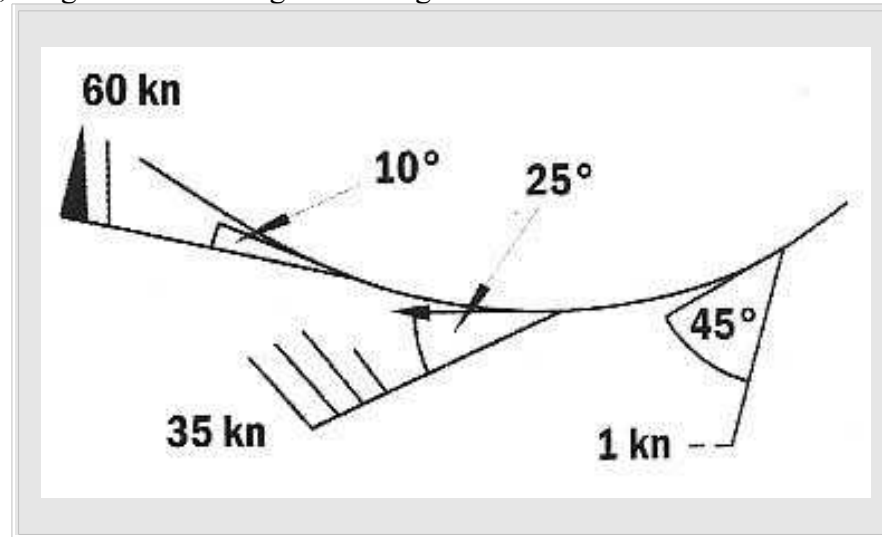
Zur Berücksichtigung dieses Einflusses auf die Windgeschwindigkeit ermittelt man durch Probieren mit dem Kartenzirkel den Krümmungsradius der Isobaren in Breitengraden. Dabei wählt man den Mittelpunkt des Kreises nur so aus, dass man einen auf oder zwischen den Isobaren liegenden Bogen über einen Winkel von etwa 30 Grad nachfahren kann. Für diesen Krümmungsradius entnimmt man dann den Diagrammen 3 bis 5, sowie der Tabelle 1 die entsprechenden Werte oder Korrekturen.

In den Diagrammen 3 und 4 sind die Windgeschwindigkeiten auf 45 Grad Breite in Abhängigkeit von zyklonalen und antizyklonalen Krümmungsradien für häufige Isobarenabstände d , dargestellt. Sie liefern gute Werte zwischen 40 Grad und 50 Grad Breite und bei höheren Breiten etwas zu große, das heißt "sichere" Werte. Sind die Isobaren für Druckintervalle von vier Hektopascal gezeichnet, muss man die Abstände vorher mit 1,25 multiplizieren.

In Diagramm 5 ist die mittlere, prozentuale Abweichung vom dem mit der 300-Seemeilen-Regel ermittelten Wind in Abhängigkeit vom zyklonalen und vom antizyklonalen Krümmungsradius dargestellt, und in Tabelle 1 sind die prozentualen Abweichungen für die beiden wichtigsten antizyklonalen Krümmungsradien -20 Grad und -10 Grad für verschiedene Windgeschwindigkeiten angegeben. Damit lassen sich die mit der 300Seemeilen-Regel bestimmten Windgeschwindigkeiten gut korrigieren.

Bestimmung der Windrichtung

Die Bestimmung der Windrichtung muss *nach* der Bestimmung der Windgeschwindigkeit vorgenommen werden, denn der Winkel, den die Windrichtung mit der Isobare bildet, hängt von der Windgeschwindigkeit ab.



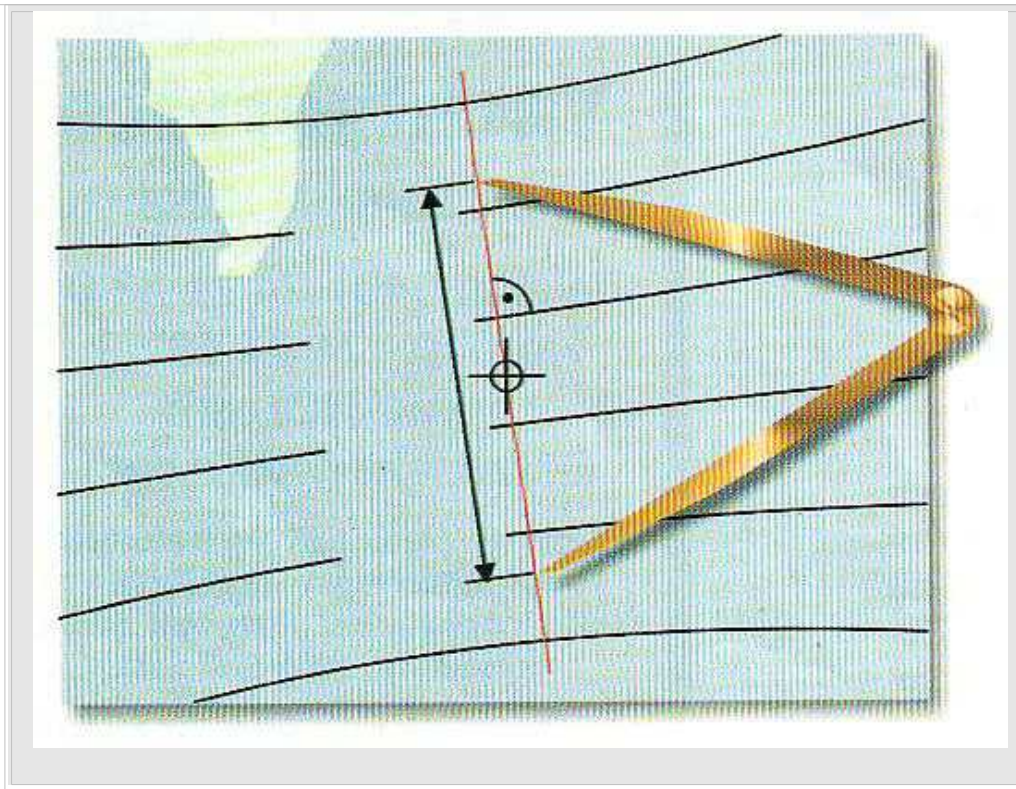
Der Winkel, den die Windrichtung mit der Isobare bildet, hängt von der Windgeschwindigkeit ab



Da die Grenzschichtreibung im unteren Teil der Bodenreibungsschicht weitgehend unabhängig von der Windgeschwindigkeit ist, ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht des barischen Windgesetzes, dass der Winkel zwischen der Windrichtung und der Isobare mit wachsender Windgeschwindigkeit immer kleiner wird. Nach ECKMANN ist der Grenzwinkel für verschwindende Windgeschwindigkeit am Boden 45 Grad.

Bei Orkanwindstärken über 60 Knoten wird der Winkel kleiner als zehn Grad, im Zentrum tropischer Orkane wird er Null Grad, und in ihrem Kernbereich kann der Wind wegen der dort herrschenden hohen Zentrifugalkräfte sogar vom Kern nach außen über die Isobare wehen, wodurch das Auge des Orkans entsteht. In Diagramm 6 (Seite 76) ist der Winkel zwischen Windrichtung und Isobare in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit graphisch dargestellt.

Da die Luft in der Regel immer zum tieferen Druck hin strömt, ist dieser Winkel auf Nordbreite von der nach Luv weisenden Richtung der Isobare abzuziehen, auf Südbreite hinzuzuzählen. Natürlich genügt es, das Ergebnis auf volle zehn Grad auf bzw. abzurunden oder bei Verwendung der Strichrose auf 2 Strich (zum Beispiel SSW, ENE, NW) anzugeben.



Zunächst nimmt man entsprechend dem Maßstab der Wetterkarte (auf der ungefähren Breite des Schiffs oder Vorhersageortes) eine Distanz von 300 Seemeilen gleich fünf Breitengrade in den Kartenzirkel und interpoliert über diese Distanz - mit dem Ort in der Mitte - aus der Wetterkarte senkrecht zu den Isobaren die Druckdifferenz A_p in Hektopascal

Einfluss der Temperaturschichtung

Wie schon erwähnt, gelten die so ermittelten Windgeschwindigkeiten nur für *indifferente* thermische Schichtung der Luft. Ist die Luft dagegen labil geschichtet, das heißt, ist die Temperaturabnahme größer, so wird mehr Energie von den höheren in die tieferen Schichten der Atmosphäre übertragen. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn das Wasser wärmer als die Luft ist. Dadurch wird der geostrophische Wind stärker als 70 Prozent des Gradientwindes. Er kann dann bis zu 95 Prozent desselben betragen! In Diagramm 7 (Seite 76) sind diese Prozentzahlen in Abhängigkeit von der Differenz Wassertemperatur minus Lufttemperatur dargestellt.

Besonders bei Kaltluftinbrüchen auf der Rückseite von Kaltfronten muss das berücksichtigt werden. Dann muss man die für indifferente Schichtung ermittelte Windgeschwindigkeit durch 0,7 dividieren und mit dem aus Diagramm 7 entnommenen Faktor multiplizieren.

Auf den ersten Blick sieht das vielleicht alles recht kompliziert aus, ist es aber nicht. Deshalb gehen wir nun ein Beispiel durch:



Die praktische Durchführung

Nehmen wir an, aus der Wetterkarte wurde über die Distanz von 300 Seemeilen ein Druckunterschied von 18 Hektopascal interpoliert. Bei geradlinigen Isobaren und indifferenter Temperaturschichtung ergibt dies auf 45 Grad Breite eine Windgeschwindigkeit von 36 Knoten gleich acht Beaufort. (Nach Diagramm 2 wären es auf 40 Grad Breite knapp 40 Knoten, das entspricht satten acht Beaufort (8+), auf 50 Grad Breite gut 33 Knoten gleich sieben bis acht Beaufort und auf 60 Grad Breite noch fast 31 Knoten entsprechend sieben Beaufort.)

Die Winkel der Windrichtung von Luv zur Isobare wären nach Diagramm 6: 200, 180, 23' und 24'. Wäre das Wasser S' C wärmer als die Luft, wären die entsprechenden Werte:

• $36/0,7 \cdot 0,9 = 46,3$ kn	9 Bft
Winkel 15'	
• $40/0,7 \cdot 0,9 = 51,4$ kn	10 Bft
Winkel 13'	
• $33/0,7 \cdot 0,9 = 42,4$ kn	8-9 Bft
Winkel 17'	
• $31/0,7 \cdot 0,9 = 39,9$ kn	8+ Bft
Winkel 19,	

Man sieht, dass dieser Einfluss besonders in Nordwest-Rückseiten der Tiefs - nicht vernachlässigt werden darf! Bei antizyklonalem (negativem) Krümmungsradius wäre der Wind erheblich stärker. Dann müsste man die Werte für den geostrophischen Wind alle noch nach Tabelle 1 mit dem entsprechenden Faktor - bei 500 Breite und einem Krümmungsradius von -10 beispielsweise mit 1,25 multiplizieren, hätte also bei indifferenten Temperaturverhältnissen statt 33 Knoten gut 41 Knoten, das heißt satte acht Beaufort.

Hätte man die 18 Hektopascal Druckunterschied dagegen bei einem zyklonalen Krümmungsradius von 15 Grad gleich 1.500 Seemeilen interpoliert, so entspräche dies einem mittleren Isobarenabstand von d, gleich 1,4 Grad. Aus dem Diagramm 3 ergäbe sich dann ein Wind von

- 29 kn = 6-7 Bft auf 45° Breite.

Und mit anderen Breitenfaktoren umgerechnet:

- $29/2 \cdot 2,2 = 31,9$ kn = 7-8 Bft au 40' Breite
- $29/2 \cdot 1,85 = 26,8$ kn = 6 Bft au 50' Breite
- $29/2 \cdot 1,7 = 24,6$ kn = 6 Bft auf 60' Breite.

Wäre auch hierbei das Wasser fünf Grad Celsius wärmer als die Luft, so würden die entsprechenden Werte lauten:

- $29/0,7 \cdot 0,9 = 37,3 \text{ kn} = 8 \text{ Bft}$
- $31,9/0,7 \cdot 0,9 = 41 \text{ kn} = 8+ \text{ Bft}$
- $26,8/0,7 \cdot 0,9 = 34,5 \text{ kn} = 7 \text{ Bft}$
- $24,6/0,7 \cdot 0,9 = 31,6 \text{ kn} = 7-8 \text{ Bft}$



Einige Beispiele

Nun wollen wir aus der auf der folgenden Seite abgedruckten Fax Wetterkarte den Wind für die Positionen

1. 55- N, 47- W
2. 52- N, 23' W
3. 69- N, 04- E

bestimmen.

Auf Position 1 findet man einen zyklonalen Krümmungsradius von knapp zehn Grad und eine Druckdifferenz

$$\Delta p_{(300\text{sm})} = 20,5 \text{ hPa.}$$

Für geradlinige Isobaren ergäbe das nach Diagramm 2 einen Wind von knapp 36 Knoten (55' Breite ergibt einen Faktor von 1,75; $1,75 \cdot 20,5 = 35,9$). Wegen der zyklonalen Krümmung wären nach Diagramm 5 davon 85 Prozent gleich gut 30 Knoten zu nehmen. Nun hat das etwa 500 Seemeilen südöstlich davon stehende Schiff eine Lufttemperatur von zwei Grad Celsius und eine Wassertemperatur von 4,2 Grad Celsius gemeldet. Man muss davon ausgehen, dass in der von Nordwesten aus den polaren Breiten heranströmenden Kaltluft an Position 1 die Luft kaum mehr als minus zwei Grad Celsius (ein 300 Seemeilen nordnordöstlich stehendes Schiff hat minus neun

Grad Celsius gemeldet) und die Wassertemperatur auch nicht mehr als drei bis vier Grad beträgt. Somit ist das Wasser sicher etwa fünf Grad wärmer als die Luft. Die Korrektur ergibt daher

$$30 \text{ kn} / 0,7 \cdot 0,9 = 38,6 \text{ kn} = 8 \text{ Bft.}$$

Auf Position 2 sind die Isobaren geradlinig, und die Luft ist möglicherweise bis zu zwei Grad Celsius wärmer als das Wasser. Allerdings darf man hier nicht nur die Druckdifferenz für 300 Seemeilen über die Kaltfront hinweg interpolieren, denn die Isobarenabstände nehmen bis zur Front noch ab und sind hinter der Front erheblich größer, das heißt, der Wind nimmt bis zur Front noch zu und nach der Winddreherung dann ab. In solchen Fällen interpoliert man den Druckunterschied nur über etwa 150 Seemeilen entsprechend 2,5 Breitengrade und verdoppelt den Wert oder den Breitenfaktor. So erhält man:

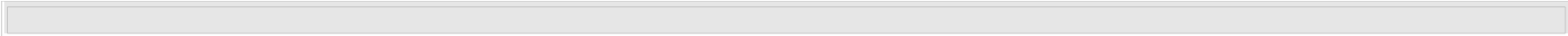
$$20 \text{ hPa} \cdot 2 \cdot 1,8 / 0,7 \cdot 0,6 = 62 \text{ kn} = 11 \text{ Bft.}$$

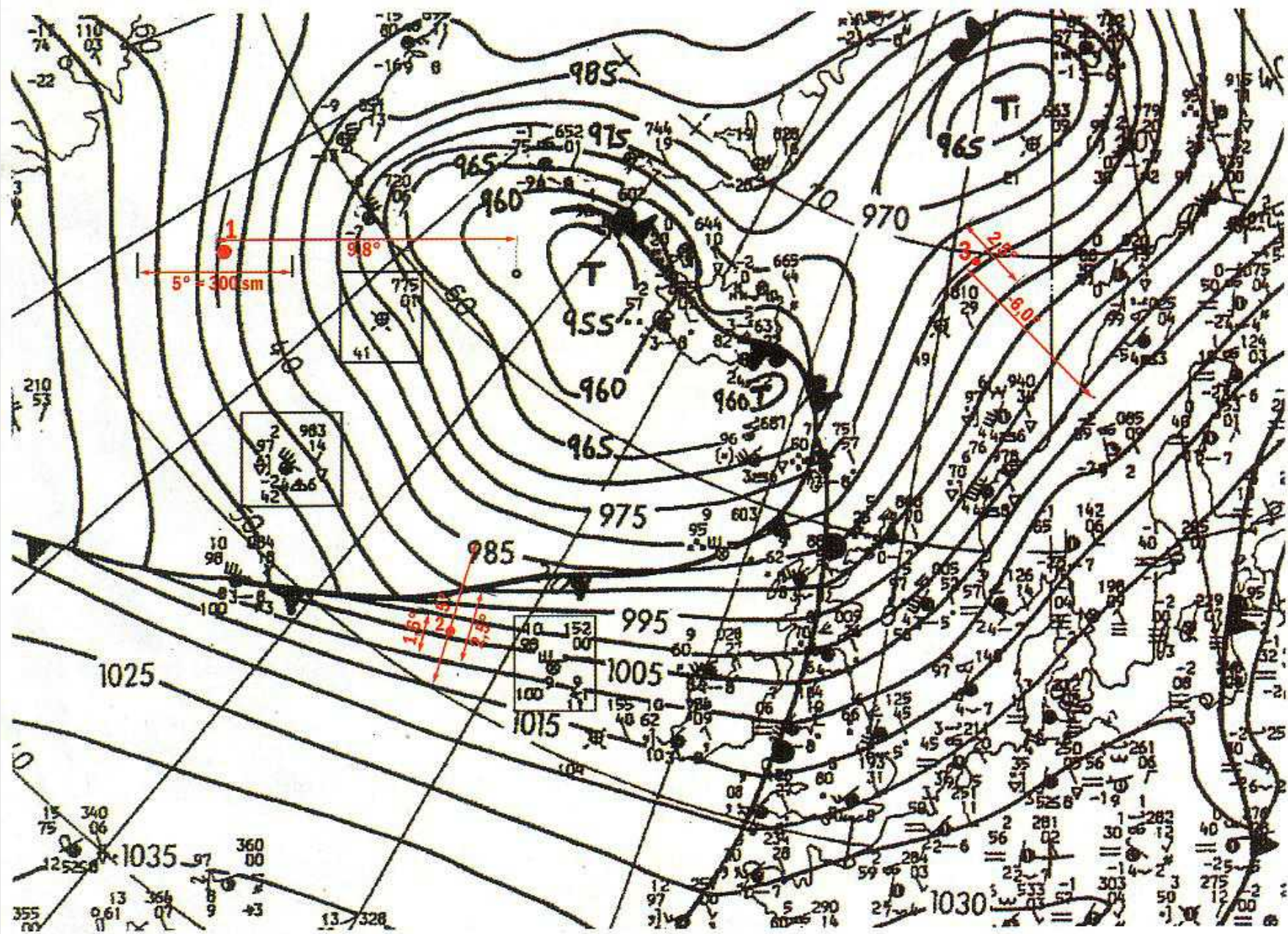
Auch wenn man ungeachtet der Front die Druckdifferenz über 300 Seemeilen ermitteln würde, erhielte man 30 Hektopascal und multipliziert mit 1,8 für 52' Breite immer noch 54 kn Wind, und selbst nach einer Temperaturkorrektur noch 46 Knoten.

Angesichts der benachbarten Schiffsmeldungen erscheinen diese Werte reichlich hoch. Hier wird die Grenze der 300-Seemeilen-Regel sichtbar. Das liegt daran, dass es

sich infolge der durch die Front verursachten Diskontinuität nicht mehr um ein größeres, einheitliches Druckfeld handelt.

Als Alternative bietet sich daher an, nur den Abstand zwischen zwei oder drei Isobaren in Breitengraden zu messen und diese Druckdifferenz auf 300 Seemeilen umzurechnen: Unmittelbar an Position 2 herrscht ein Druckgefälle von zehn Hektopascal über eine Distanz von 96 Seemeilen gleich 1,6 Grad; das ergibt einen mittleren Abstand $d_m = 1,3'$. Aus Diagramm 3 interpoliert man dafür für 30 Grad Krümmungsradius - der ja ohne den Einfluss der Front etwa vorhanden wäre und außerdem der Geradlinigkeit sehr nahe kommt eine Windgeschwindigkeit von 32 Knoten. Aus Bild 4 findet man für einen antizyklonalen Radius von -30 Grad (ebenfalls nahe der Geradlinigkeit) einen Wind von 39 Knoten.







Der Mittelwert aus beiden ist 35,5 Knoten, also ungefähr 36 Knoten. Das steht mit den Schiffsmeldungen gut in Einklang. Allerdings darf man nicht vergessen, dass sich die Isobaren vor der Front sehr stark zusammendrängen, so dass man bei Annäherung der Front durchaus mit Böen von den anfangs bestimmten 46 Knoten rechnen muss!

An der Position 3 hat man ein Druckgefälle von zehn Hektopascal auf 150 Seemeilen entsprechend 20 Hektopascal auf 300 Seemeilen bei einem antizyklonalen Krümmungsradius von sechs Grad. Mit einem Faktor von 1,6 für 70 Grad Breite ergibt das zunächst für indifferente Temperaturschichtung einen geostrophischen Wind von 32 Knoten. Da das Wasser auf der Nordsee zwei Grad Celsius kälter als die Luft ist, hat man

$$32 \text{ kn} / 0,7 * 0,6 = 27 - \text{kn}$$

Für die antizyklonale Krümmung müsste man theoretisch diesen Wert nach Diagramm5 verdoppeln, das ergäbe 54 Knoten. Bedenkt man aber, dass es sich nur um eine kleinräumige, durch den Sattel zwischen den beiden Tiefs verursachte Deformation des Druckfeldes handelt, während das gesamte übrige Windfeld von der Warmfront aus bis ins Eismeer hinauf im Durchschnitt nahezu geradlinige Windbahnen aufweist, genügt es, einen durchschnittlichen antizyklonalen Radius von -20 Grad anzusetzen. Man braucht also nicht mit mehr als

$$27 \text{ kn} * 1,45 = 39 \text{ kn} = 8 \text{ Bft zu rechnen und ist damit auf der "sicheren" Seite.}$$

In einer Vorhersagekarte sind natürlich keine Wettermeldungen und damit auch keine Temperaturangaben zu finden. Man kann hierzu jedoch die letzte Bodenanalyse benutzen: Die Wassertemperaturen ändern sich in einem Seegebiet nur sehr langsam (Wassertemperaturkarten werden vom hydrographischen Dienst nur wöchentlich erstellt). Bei den Lufttemperaturen kann man sich an denen des jeweils gleichen Luftmassenbereichs orientieren, also zum Beispiel:

7. Auf der Vorderseite des Tiefs
8. Vor der Warmfront
9. Im Warmsektor des Tiefs
10. Vor der Kaltfront
11. Hinter der Kaltfront
12. In der Rückseite des Tiefs

Diese Werte kann man dann auf die entsprechenden Bereiche in der Vorhersagekarte anwenden.

Man sieht, dass man mit der erweiterten 300-sm-Regel recht gute Ergebnisse erzielen kann, wenn man sie den jeweiligen Gegebenheiten des Druckfeldes entsprechend sinngemäß anwendet.



Diagramme und Tabellen

Wind 300-Seemeilen-Regel	r = -20		r = -10	
[Knoten]	Zuschlag [%]	Faktor	Zuschlag [%]	Faktor

60	35	1,35	100	2
50	25	1,25	100	2
40	20	1,2	100	2
30	20	1,2	40	1,4
20	15	1,15	20	1,2

Tabelle 1: Korrektur der Ergebnisse der 300-Seemeilen-Regel für antizyklonale Krümmungen

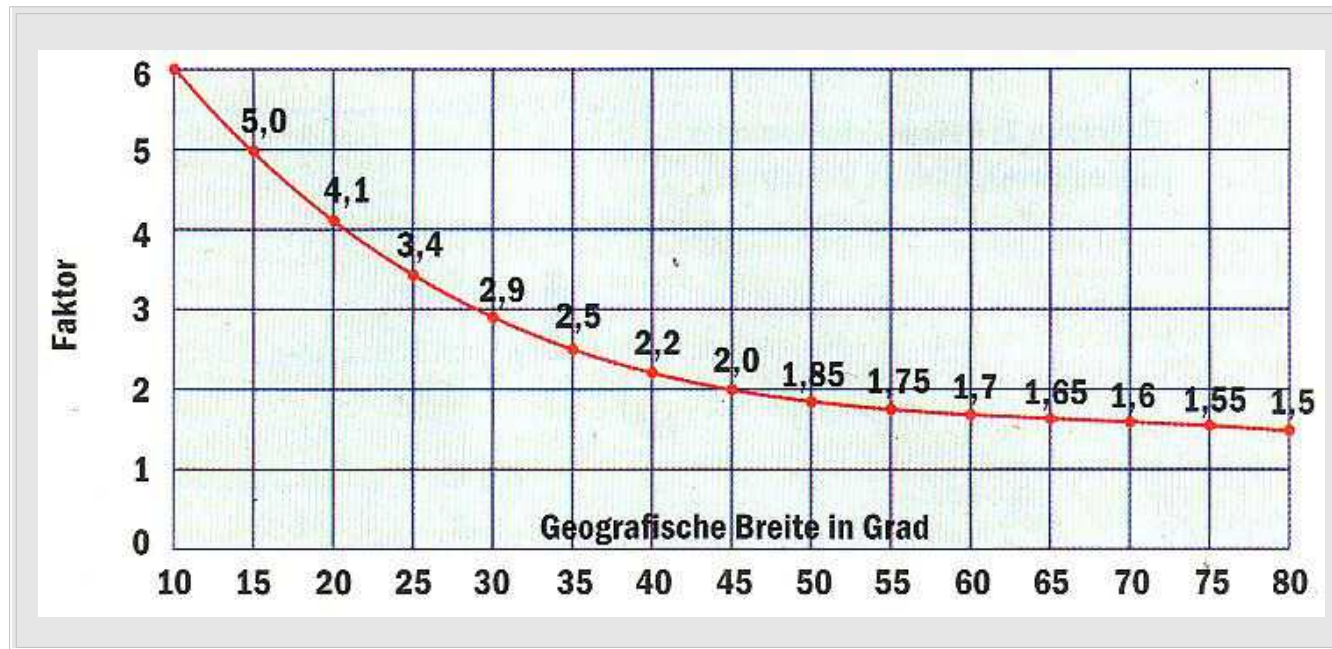


Diagramm 2: Breitenfaktor



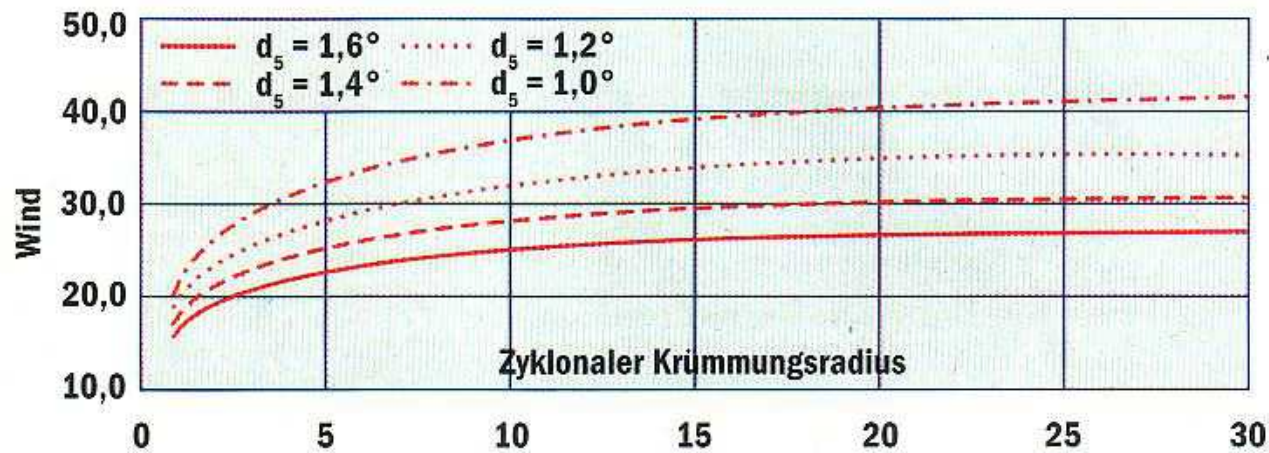


Diagramm 3: Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom zyklonalen Krümmungsradius für verschiedenen Isobarenabstände d_5 auf 45° Breite bei einem Luftdruck von 1013 hPa, einer Lufttemperatur von 00 C und indifferenter Temperaturschichtung

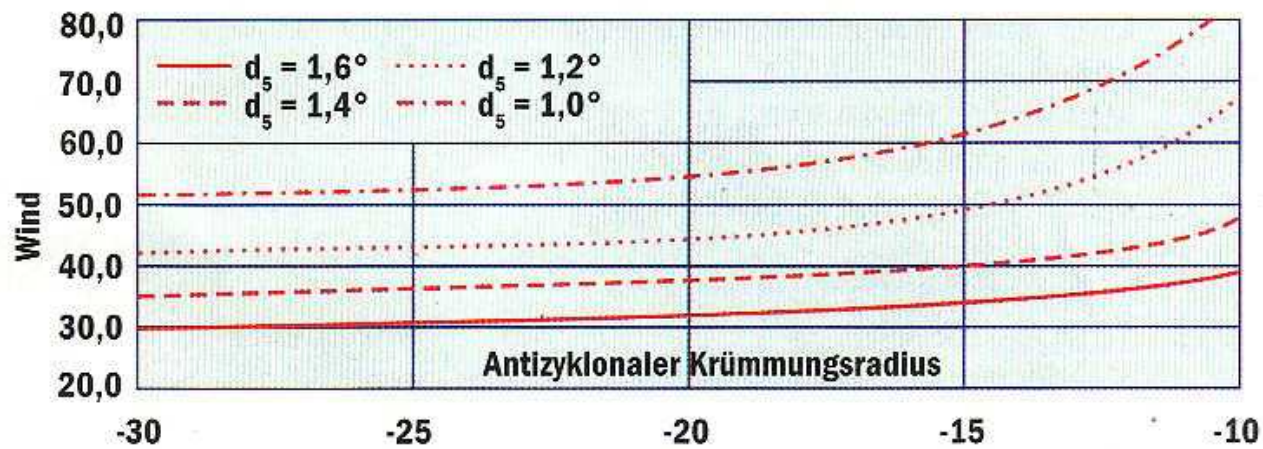


Diagramm 4: Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom antizyklonalen Krümmungsradius für verschiedene Isobarenabstände d_5 auf 45° Breite bei einem Luftdruck von 1013 hPa, einer Lufttemperatur von 0° C und indifferenter Temperaturschichtung

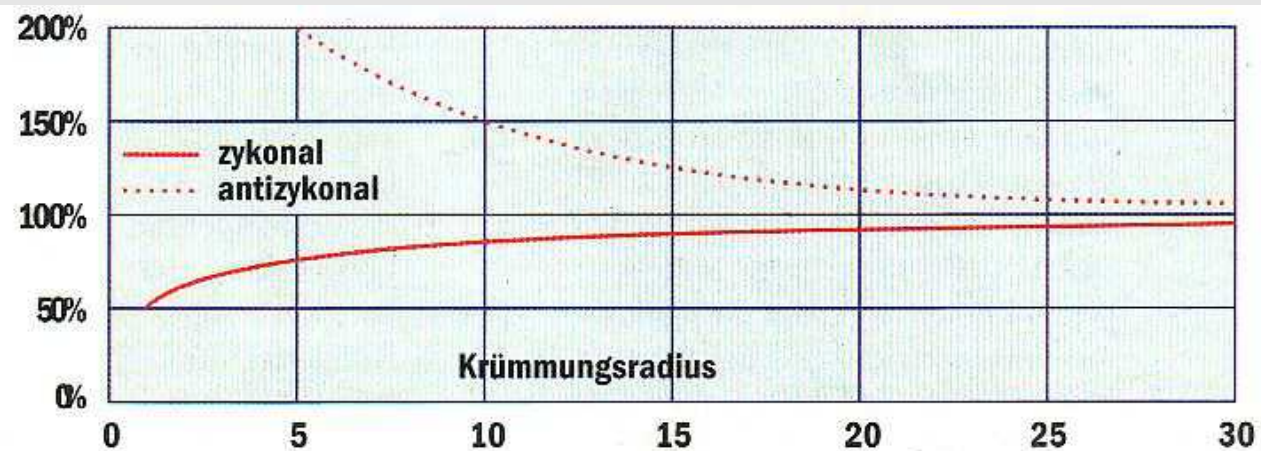


Diagramm 5: Mittlere relative Abweichung vom geostrophischen Wind in Abhängigkeit vom Krümmungsradius

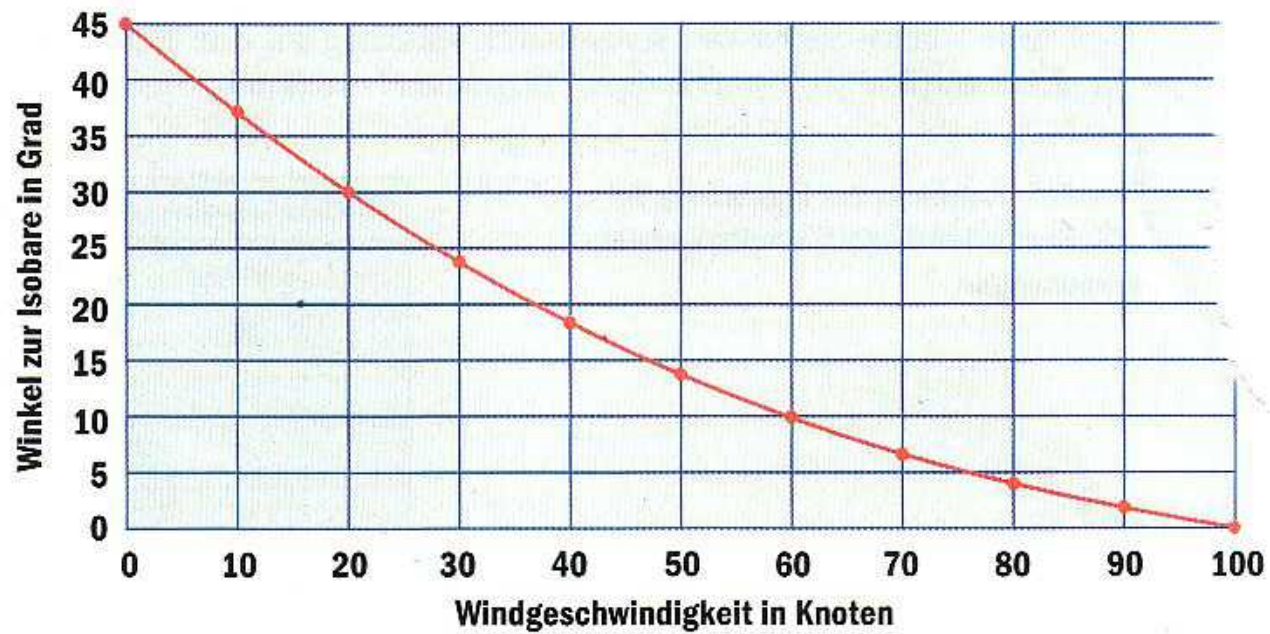


Diagramm 6: Der Winkel zwischen Windrichtung und Isobare in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

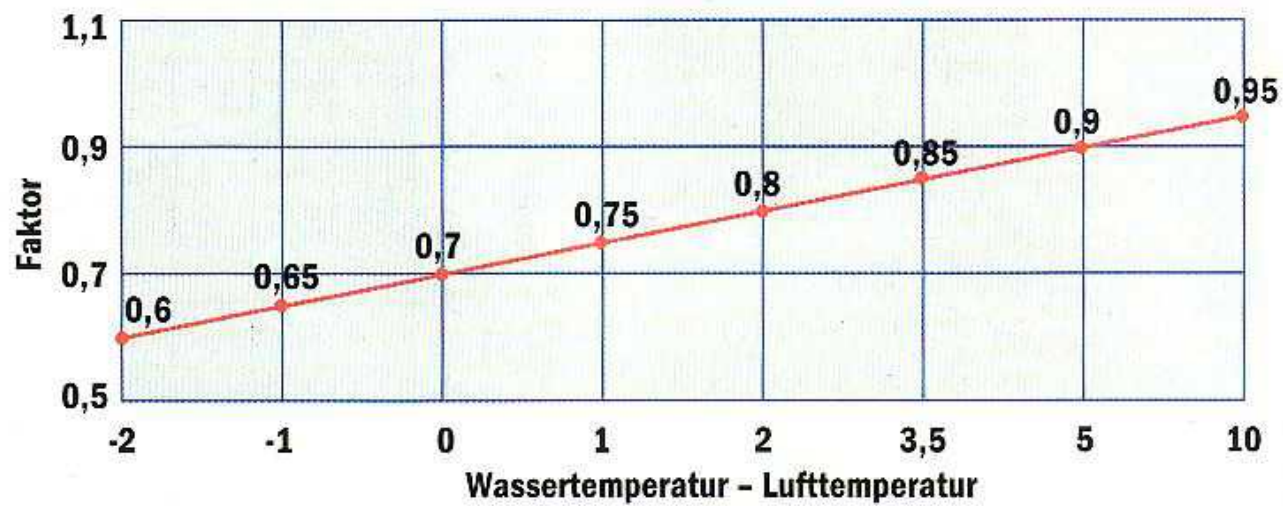


Diagramm 7: Reibungsfaktoren für Lufttemperatur minus Schichtung



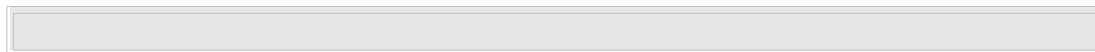
Wettersymbole

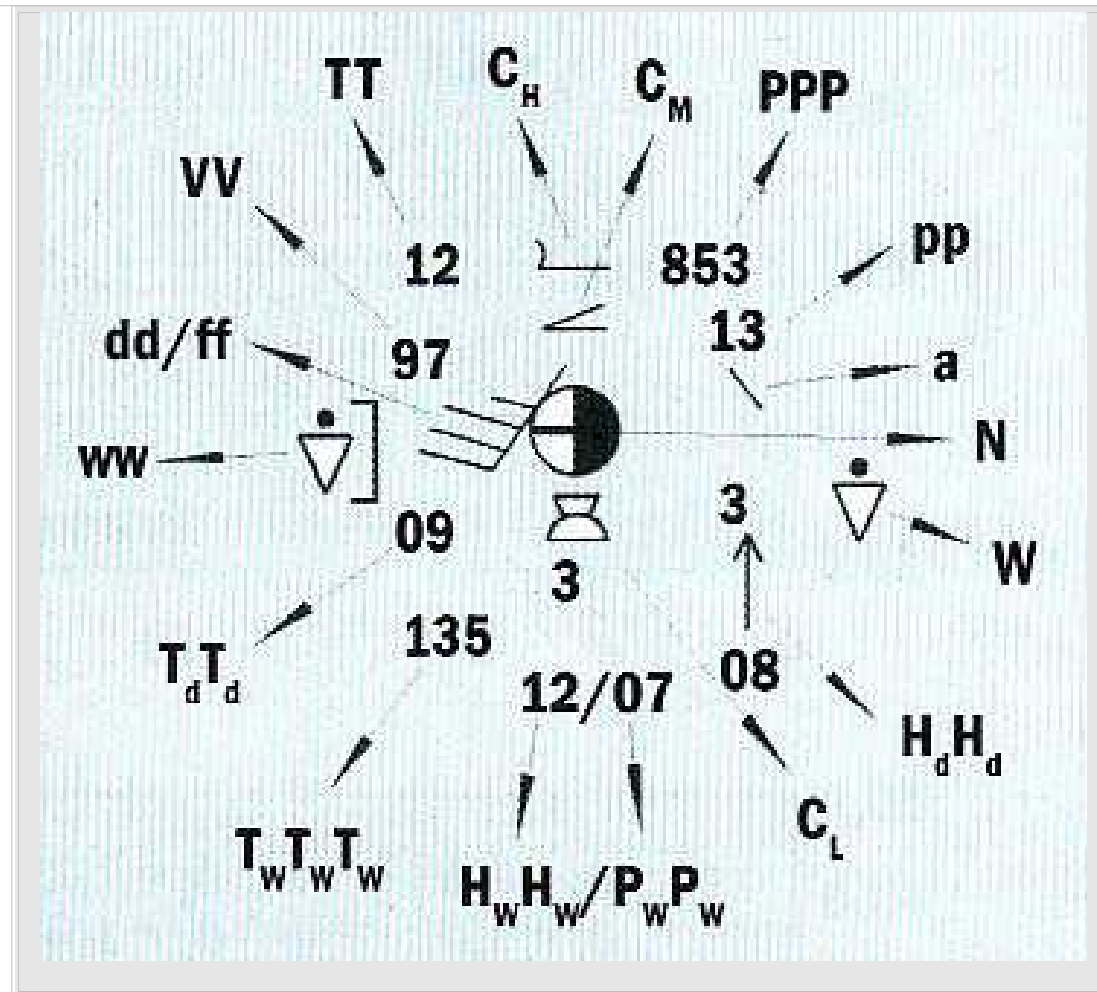
Beim Lesen der Wettersymbole ist zu beachten, dass die Befiederung der Windpfeile in allen diesen Karten falls nicht ausdrücklich anders angemerkt - nach der Knotenskala erfolgt: Eine lange Feder bedeutet zehn Knoten, eine kurze fünf Knoten! Will man für die Umsetzung in die gewohnte Beaufort-Skala nicht die bekannte, genaue Tabelle benutzen, so kann man einfach folgende Regel anwenden:

Man liest die Knoten-Befiederung wie eine Beaufort-Befiederung und bringt eine Korrektur nach folgender Regel an:

4. Von eins bis sieben eins zugeschrieben (+1 Beaufort)
5. Acht bis zehn bleibt so stehn.
6. Elf und drüber eins ist über (-1 ff Beaufort)

Nach dieser Regel ergeben sowohl 35 Knoten als auch 40 Knoten Windstärke acht Beaufort. Der Mittelwert von acht Beaufort sind tatsächlich 37 Knoten. Ebenso ergeben danach 50 Knoten als auch 55 Knoten Windstärke 10 Beaufort, deren Mittelwert' bei 53 Knoten liegt. Um die Stationsmeldungen möglichst ganz lesen zu können, hier- das vollständige Stations-Schema:





N	Bedeckungsgrad in Achteln, hier 5/8
dd	Windrichtung in 10'-Stufen, hier 22=220'=ca. SW
ff	Windgeschwindigkeit in Knoten; lange Feder=10kn, kurze Feder=5kn. Hier 35 kn
TT	Lufttemperatur in Grad Celsius, hier 12°C
TdTd	Taupunkttemperatur in Grad Celsius, hier 9°C
TWTWTW	Wassertemperatur in 1/10 Grad Celsius, hier 13,5°C
PPP	Luftdruck über NN ohne Hunderter und Tausender, hier 985,3 hPa
pp	Luftdruckänderung in den letzten 3 Stunden in 1/10 hPa, hier 1,3 hPa
a	Luftdrucktendenz (symbolisch), hier fallend
VV	Sichtweite als Schlüsselziffer: 90:<50in, 91x200m, 92x500m, 93:4000m, 94:<1sm, 94:<2sm,

ww	96:<Ssm, 97:<10sm, 98:<25sm, 99:<25sm
W	Wetter zum Termin, hier "nach Regenschauer"
cH	Wetterverlauf seit dem letzten Haupttermin, hier Regenschauer
cM	Hohe Wolken, hier Cirrostratus (zunehmend)
cL	Mittelhohe Wolken, hier Altostratus (translucidus)
HwHw	Tiefreichende Wolken (Untergrenze unter 2000m), hier Cumulonimbus
PWPW	Höhe der Windsee in halben Metern, hier 6m
H d H d	Periode der Windsee in Sekunden, hier 7s
P d,Pd	Höhe der Dünung in halben Metern, hier 4m
	Periode der Dünung in Sekunden (ohne Zehner), hier 13s

Nicht angebbare Pflichtangaben werden durch X ersetzt, andere fehlende Angaben werden weggelassen.



Zuletzt bearbeitet: Sonntag, 25. Oktober 2020