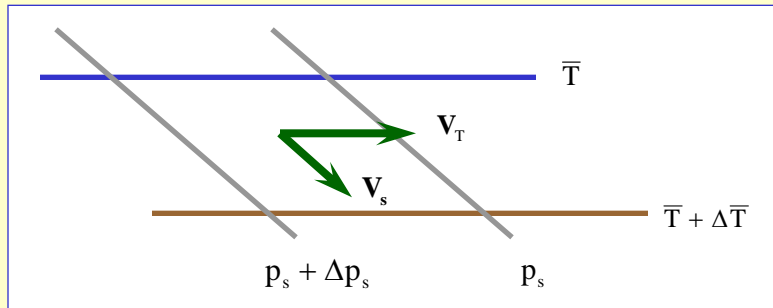




### **Luftbewegungen bei barokliner Schichtung**

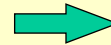
- **In den baroklinen Bereichen der Atmosphäre schneiden sich Druck- und Temperaturflächen unter einem beliebigen Winkel.**
- **Dann variiert der Abstand und die Linienform der Isohypsen von Druckfläche zu Druckfläche.**
- **z. B. die Tiefdruckzentren in Bodennähe werden häufig von kreisförmigen Isohypsen umgeben, während die Höhenwetterkarten Tröge zeigen.**
- **Die Geschwindigkeit und die Richtung des geostrophischen Windes sind auf den einzelnen Druckflächen unterschiedlich.**

Bei barokliner Schichtung kreuzen sich Isohypsen und Isothermen, so daß der geostrophische Wind eine Komponente senkrecht zu den Isothermen oder Schichtdickenlinien besitzt.



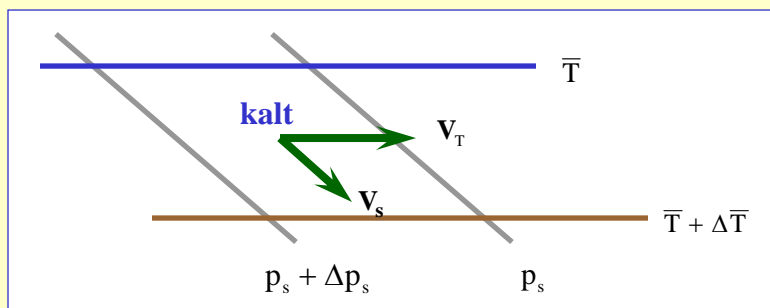
Die horizontale Zufuhr von unterschiedlich temperierte Luft durch den geostrophischen Wind wird als **geostrophische Temperatur-advektion** bezeichnet.

Es gibt zwei Möglichkeiten:



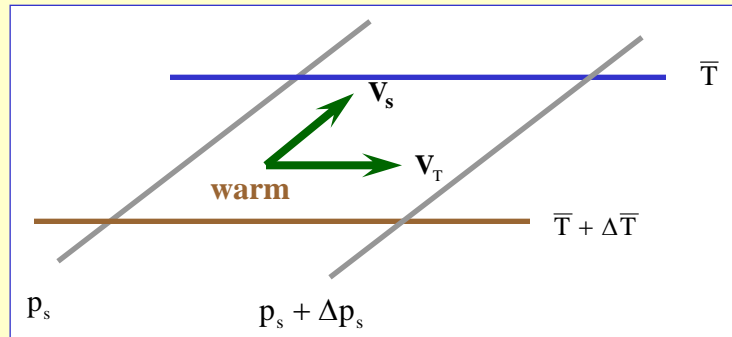
Wenn der Wind von der kälteren zur wärmeren Luft weht, so wird - von einem festen Ort aus betrachtet - mit dem Wind kältere Luft advehiert . . .

Man spricht dann von **Kaltluftadvektion**.



Wenn der Wind von wärmeren zur kälteren Luft weht, so wird - von einem festen Ort aus betrachtet - mit dem Wind wärmere Luft herantransportiert.

In diesem Fall herrscht **Warmluftadvektion**.

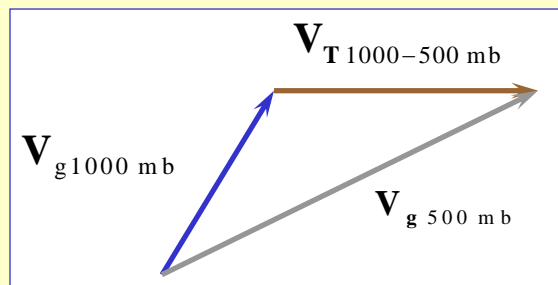


Nach der thermischen Windgleichung

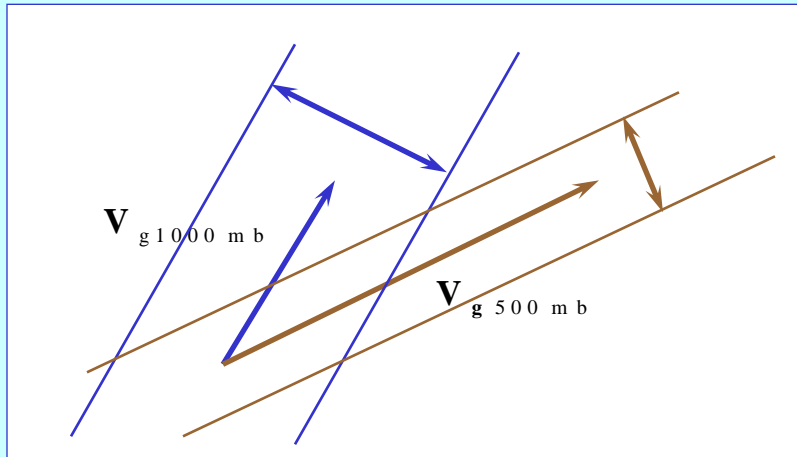
$$\mathbf{V}_T = \mathbf{V}_2 - \mathbf{V}_1 = \frac{g}{f} \mathbf{k} \wedge \nabla_p D$$

bläst der thermische Wind parallel zu den Isothermen

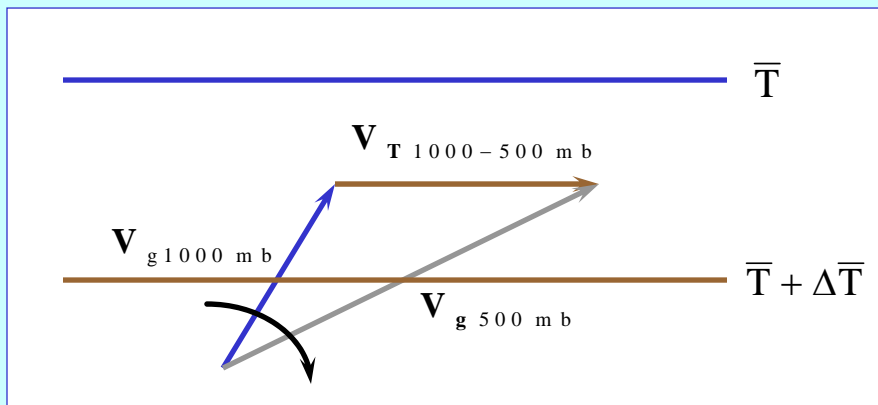
$$\mathbf{V}_{g\ 500\text{ mb}} = \mathbf{V}_{g\ 1000\text{ mb}} + \mathbf{V}_{T\ 1000-500\text{ mb}}$$



Hier dreht sich der geostrophische Wind mit der Höhe nach rechts

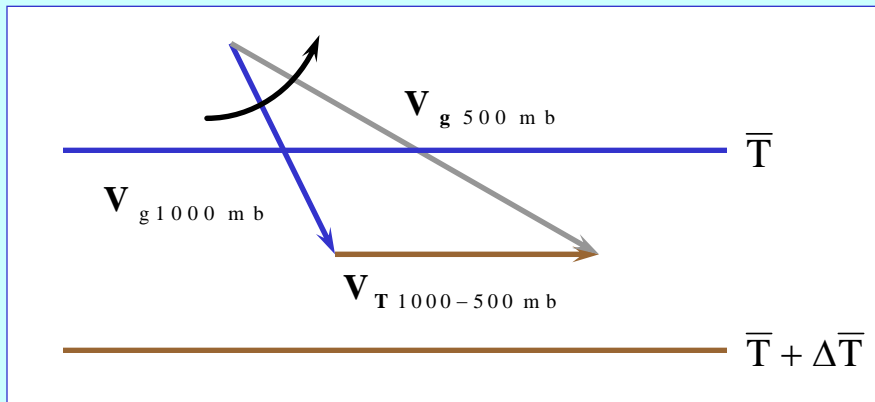


Hier ist  $|\mathbf{V}_{g\ 500\text{ mb}}| > |\mathbf{V}_{g\ 1000\text{ mb}}|$ , so daß der Abstand zwischen den Isohypsen auf der 500 mb Druckfläche kleiner sein muß als auf der 1000 mb Druckfläche.



#### Der Fall von Warmluftadvektion

Warmluftadvektion ist mit einer antizyklonalen Drehung verbunden (d.h. im Uhrzeigersinn).

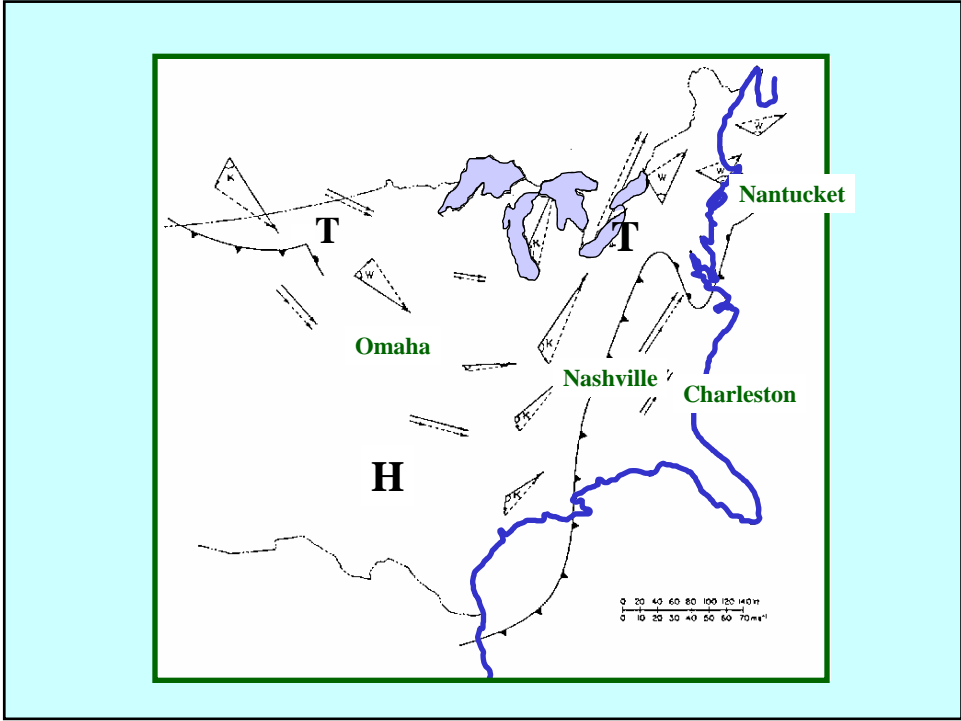


### Der Fall von Kaltluftadvektion

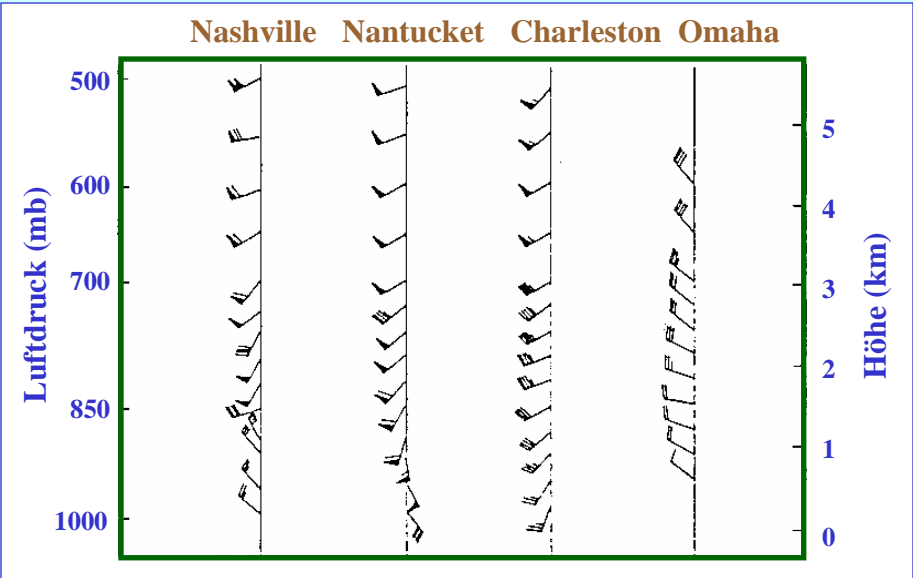
**Kaltluftadvektion ist mit einer zyklonalen Drehung verbunden (d.h. gegen den Uhrzeigersinn).**

### Backing und Veering

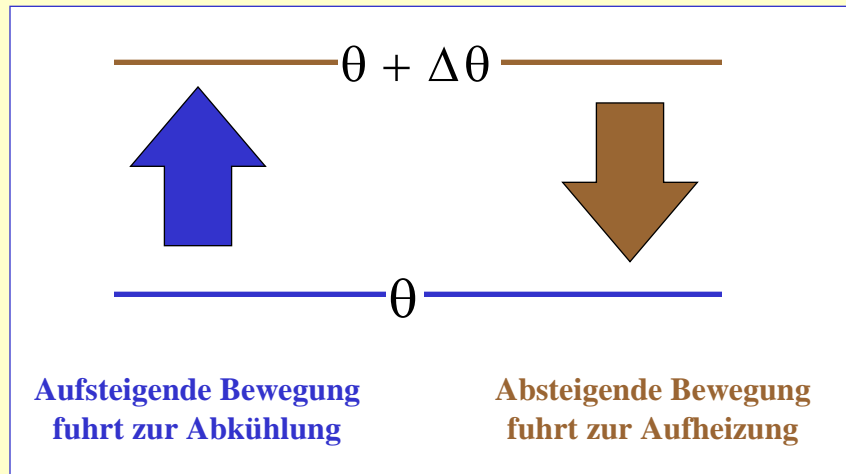
- Oft sagt man auch, daß der Wind bei Kaltluftadvektion mit der Höhe nach links und bei Warmluftadvektion nach rechts dreht.
- Meistens werden die englischen Ausdrücke **'backing'** (mit der Höhe nach links drehen, rückdrehen) und **'veering'** (mit der Höhe nach rechts drehen) auf der Nordhalbkugel und Südhalbkugel als Synonyme für eine Drehung gegen den Uhrzeigersinn bzw. im Uhrzeigersinn gebraucht.
- Wallace und Hobbs (S. 338) weichen davon ab und ordnen den Begriffen auf der Südhalbkugel die umgekehrten Drehsinne zu!



**Wind-Sondierungen quer zur Front**



Die atmosphärische Temperaturverteilung ändert sich nicht nur bei geostrophischer Temperaturadvektion sondern auch bei Vertikalbewegung und durch diabatische Einflüsse.



## Diabatische Prozesse

Diabatische Einflüsse schließen **Wärmezufuhr** (z. B. Sonnenstrahlung), **Wärmeentzug** (z.B. nächtliche Ausstrahlung), oder die Freisetzung von latenter Wärme ein.

Diese Prozesse lassen sich im Gegensatz zur geostrophischen Temperaturadvektion nur schwer quantitativ bestimmen.

## Der thermische Wind legt das gesamte geostrophische Windfeld fest

- Mit Hilfe der Gleichung für den thermischen Wind ist es möglich, das gesamte geostrophische Windfeld festzulegen.
- Man braucht die Temperaturverteilung  $T(x,y,p)$  und gleichzeitig die Werte von  $p(x,y)$  oder von  $V(x,y)$  auf der Erdoberfläche oder einem anderen Bezugsniveau.
- Deshalb genügen im Prinzip z.B. die Luftdruckmessungen, reduziert auf Meereshöhe, zusammen mit **Infrarot-Temperatur-Sondierungen von Satelliten**, um daraus die drei-dimensionale Verteilung von  $V$  für einen bestimmten Zeitpunkt ableiten zu können.

## Diagnostische Gleichungen

die geostrophische Gleichung

$$\mathbf{V}_g = \frac{g}{f} \mathbf{k} \wedge \nabla_p z$$

die Gradientwindgleichung

$$f\mathbf{V} + \frac{V^2}{r} = g \frac{\partial z}{\partial r}$$

die thermische Windgleichung

$$\mathbf{V}_T = \frac{g}{f} \mathbf{k} \wedge \nabla_p D$$

- Diese Gleichungen enthalten keine **Ableitung nach der Zeit!**
- Sie können nicht verwendet werden um **Veränderungen der Luftströmungen vorherzusagen**

Gleichungen dieser Art nennt man **diagnostische Gleichungen**



## Prognostische Gleichungen

Wenn beispielsweise die Druckverteilung zu einem bestimmten Zeitpunkt vorgegeben ist, läßt sich aus der geostrophischen Gleichung eine Diagnose des geostrophischen Windfeldes für diesen Zeitpunkt ableiten.

Im Gegensatz dazu erhält man durch Integration nach  $t$  aus der vollständigen Newton'schen Gleichung

$$\frac{d\mathbf{u}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{g} - \mathbf{f} \wedge \mathbf{u}$$

eine Vorhersage der zeitlichen Entwicklung der Strömung.

Gleichungen dieser Art nennt man **prognostischen Gleichungen**

## Prognostische Entwicklung der Strömung

Um eine Vorhersage der zeitlichen Entwicklung der Strömung werden zusätzlich zur **Bewegungsgleichung** noch zwei weitere Gleichungen benötigt:  
**die thermodynamische Gleichung und die Kontinuitätsgleichung.**



wird benötigt, um die Entwicklung des Temperaturfeldes vorherzusagen.



wird benötigt, um die Massenerhaltung sicherzustellen.

Eine vollständige Diskussion des Vorhersageproblems bildet die Grundlage für die Entwicklung von **Computermodellen**, wie sie in der **numerischen Wettervorhersage** eingesetzt werden.



**Ende**