

# Gliederung des Kurses

Warum Meteorologie?

Kinetische Gastheorie, Konvektion etc.

Die Sprache des Himmels

Wir bauen uns eine Wetterstation

Die große Wetterstation Internet

# Warum Meteorologie?

Nie mehr ohne Regenschirm im Regen

Spaßfaktor

Beitrag zur Forschung

Nie mehr ohne Regenschirm im Regen

Wann und warum liegen die Wettervorhersagen daneben?

Der Himmel spricht zu uns!

Kurzzeitige Vorhersagen (z.B. bei Wanderungen)

## Spaßfaktor

Verstehen, was passiert - wissen was passieren wird

Schönheit der "Wolkengemälde" (Sonnenauf- und Untergang)

Meteorologische Optik













Beitrag zur Forschung

StationsbetreuerIn (KlimabeobachterIn)

Phänologische/r BeobachterIn

# Kinetische Gastheorie

Grau ist alle Theorie (?)

Was ist ein Gas?

welche Eigenschaften hat es?

wie hängt alles zusammen?

# Atome und Moleküle

Atome: "Unzerteilbar" - kleinste Teilchen eines chemischen Elements

Moleküle: Zusammenschlüsse von Atomen

## Festkörper (Wasserkristall)

Fahrt mit der U-Bahn

In Japan: keinerlei Bewegungsmöglichkeit

"Pusher" stopfen die Fahrgäste in die  
Waggons

Im Kristall sieht das etwas anders aus

Vibration

Energiezufuhr: Vibration verstärkt sich



# Flüssigkeit

Vergleich: voller Waggon bei uns

Eng aber bereits chaotisch

Flüssigkeiten lassen sich nicht zusammendrücken

Energiezufuhr: Die Teilchen bewegen sich schneller



QATAR

QATAR

STEFF  
CIL

NORDSØ

KUNFT W

Eisgrøn

MONEY  
CHANGE

TRASD

## Gas

Vergleich: wir verlassen Zug und Station

Gelegentliche Kollisionen

Gase lassen sich zusammendrücken



Vespa

Zwei Eigenschaften:

Temperatur

Druck

## Temperatur

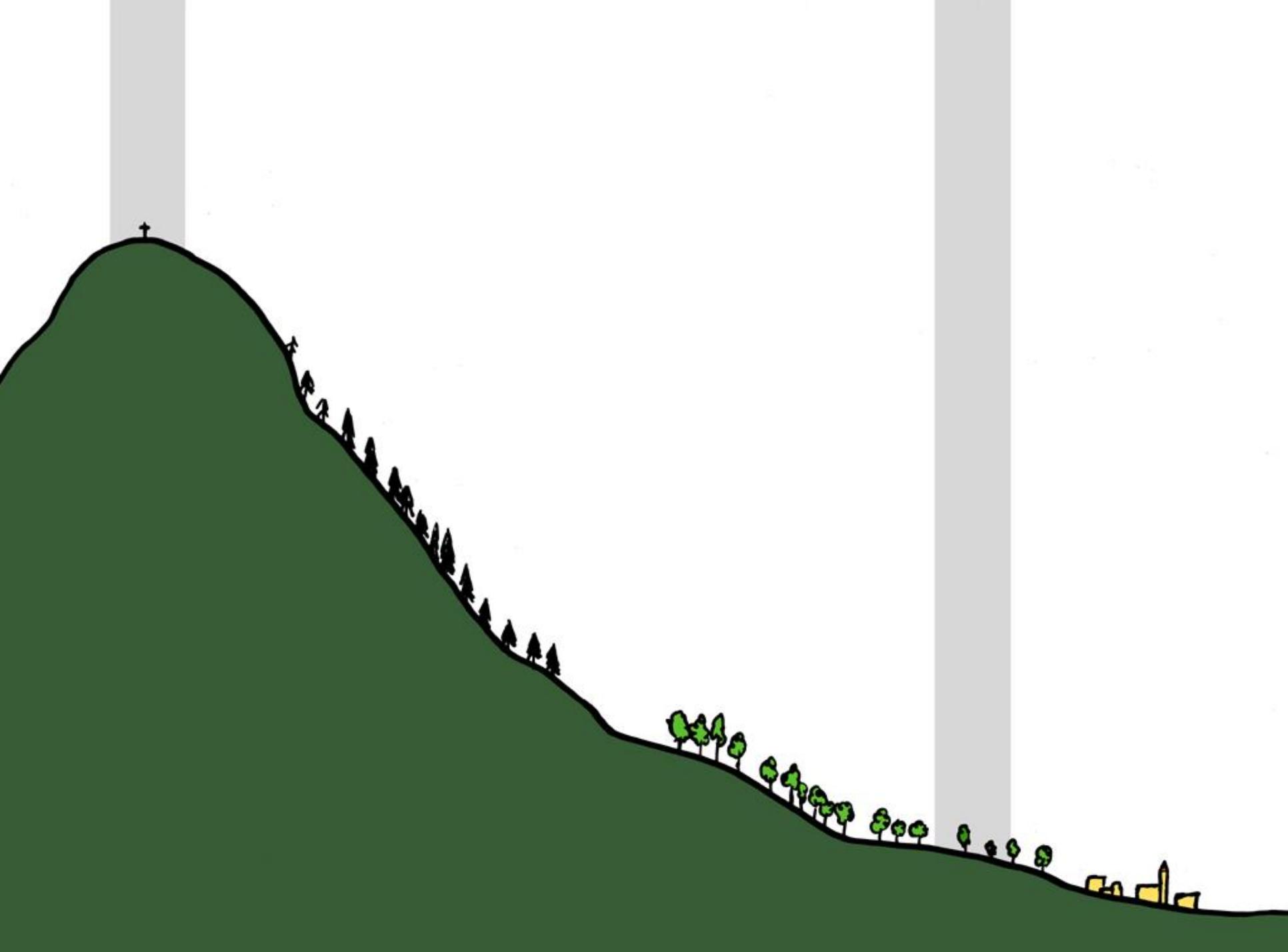
Mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen

## Druck

Impuls, mit dem die Teilchen gegen ein Hindernis prallen (Gefäßwand)

Vergleich: Nieseln, Regen und Hagel auf Autodach

Druck kann man hören



## Luftdruck in der Atmosphäre:

Gewicht der auf uns lastenden Luftsäule

Beim Tauchen ist die Druckzunahme mit der Tiefe selbstverständlich

Wir leben am Boden eines "Luftozeans" -  
können aber Berge erklimmen

Vorsicht beim Verzehr gekochter Kartoffeln  
auf Berghütten!

Wir erhöhen die Temperatur

Verhältnisse in einer Fahrradpumpe

Die Geschwindigkeit der Gasteilchen wird größer

Der Impuls, mit dem sie gegen die Gefäßwand prallen wird auch größer

Der Druck steigt

Versuch: Fahrradpumpe in heißes Wasser tauchen



## Wir erhöhen den Druck

Aufpumpen eines Fahrradreifens

Wir stecken mechanische Energie in das System

Modell: eine bereits rollende Billardkugel nochmals anstoßen

Die mittlere Geschwindigkeit der Teilchen erhöht sich

=-> Die Temperatur des Gases erhöht sich

Wir erniedrigen die Temperatur

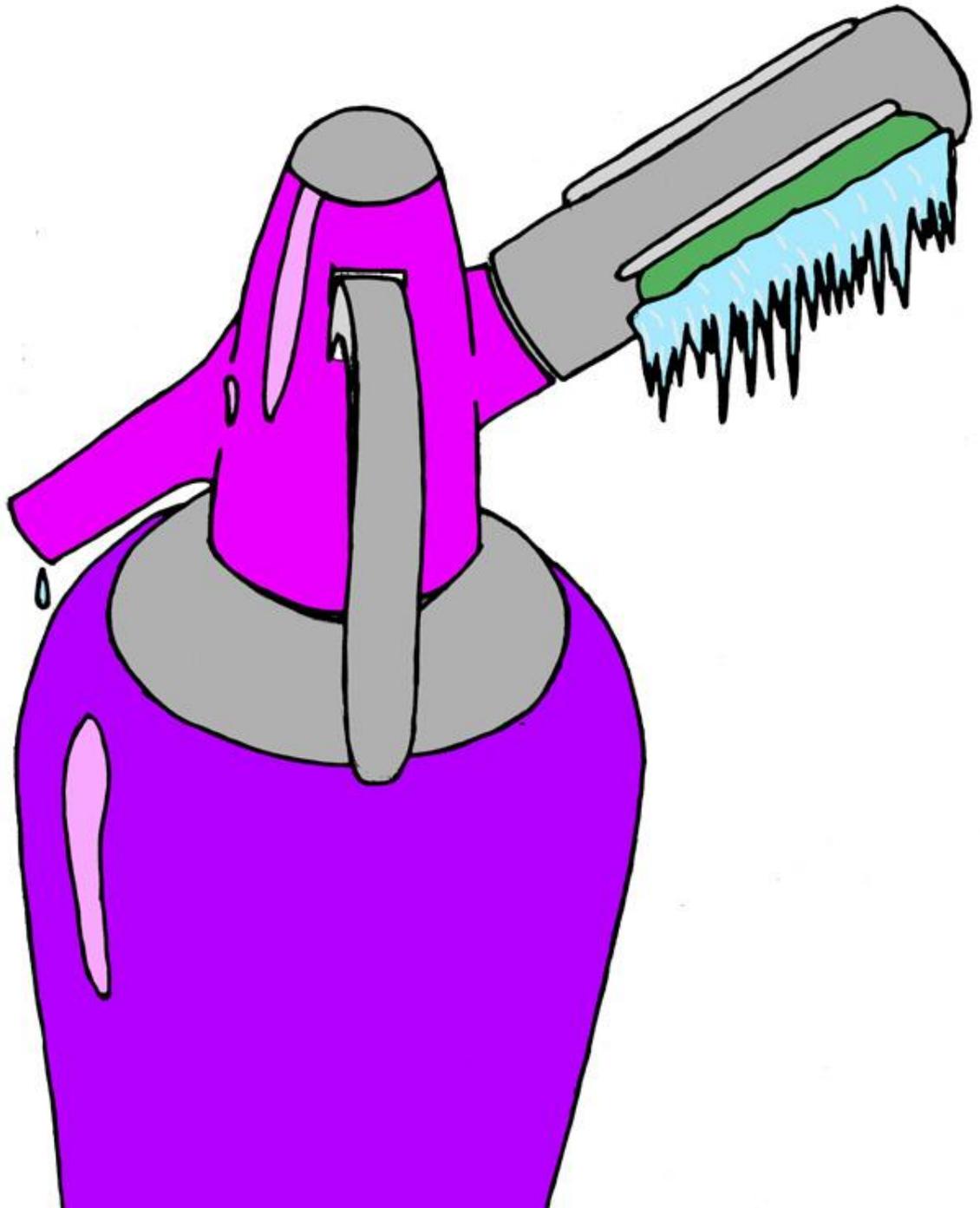
Der Druck fällt

Experiment: Plastikflasche im Tiefkühlfach

Wir erniedrigen den Druck

Die Temperatur fällt

Experiment: Wir erzeugen Sodawasser mit  
einem Heimsyphon



## Zusammenfassung:

Druck und Temperatur verhalten sich immer gleichsinnig.

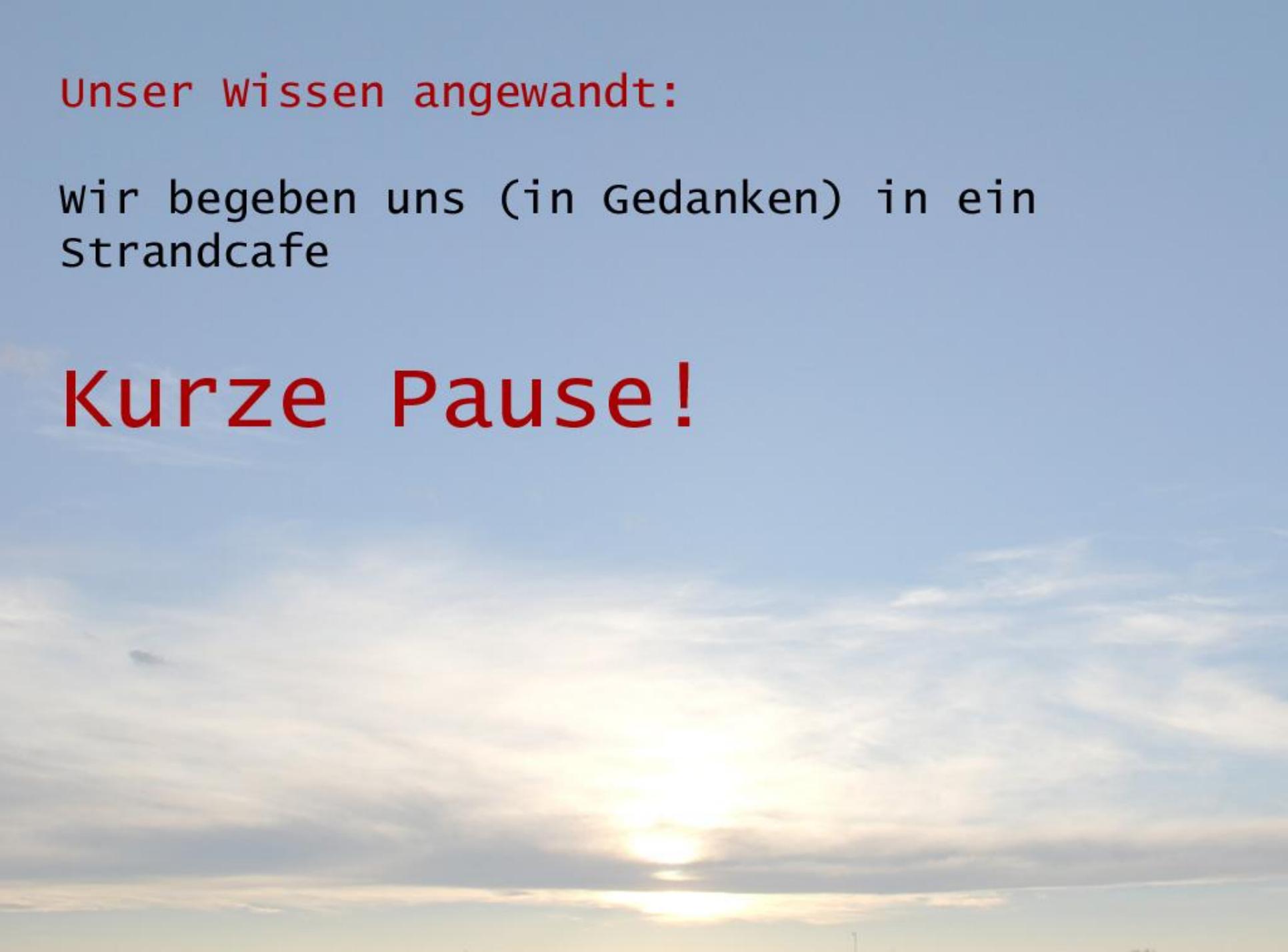
Steigt die eine, steigt der andere

Und umgekehrt

Unser Wissen angewandt:

wir begeben uns (in Gedanken) in ein  
Strandcafe

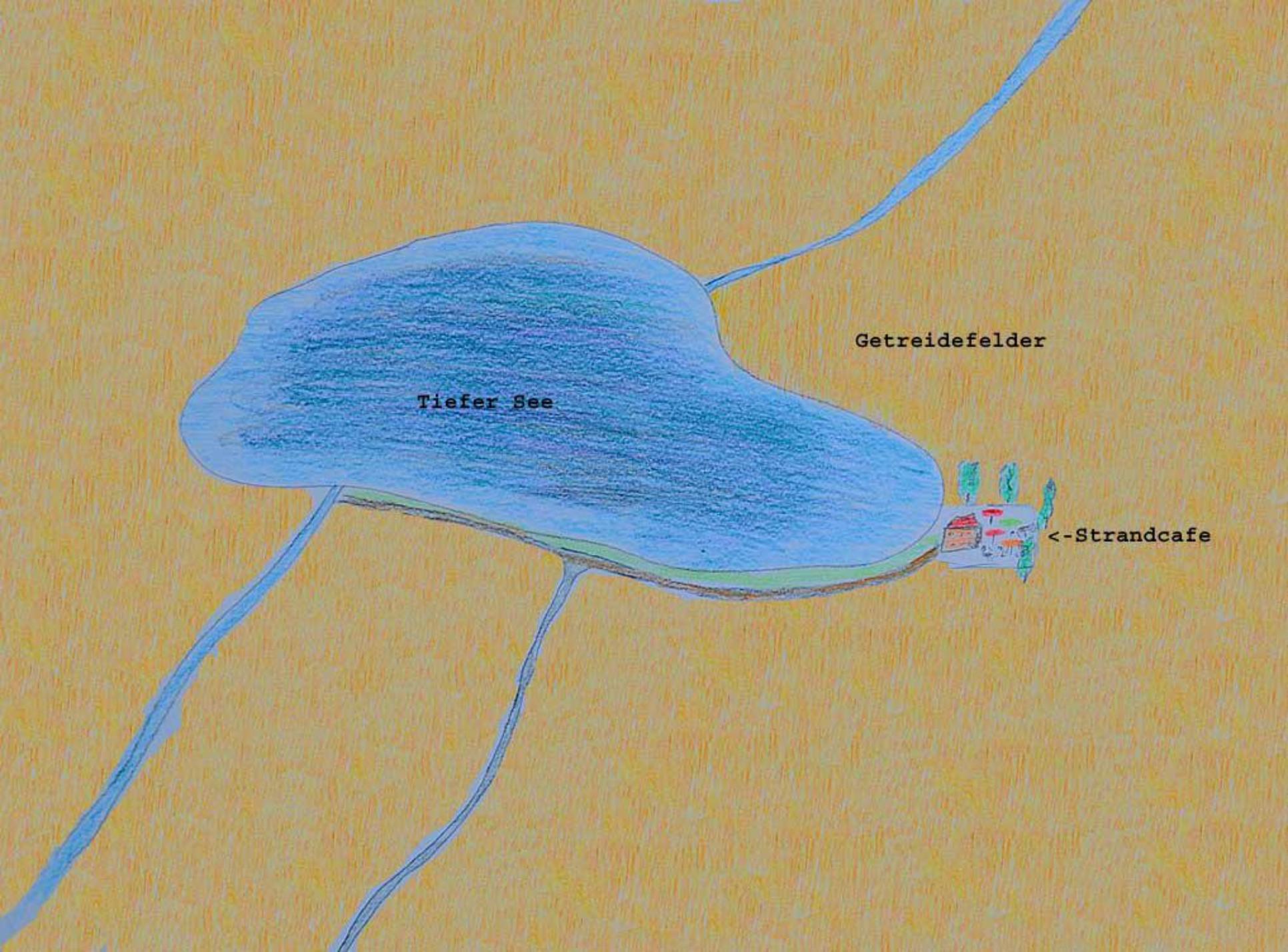
**Kurze Pause!**



## Das Strandcafe

Ein größerer See

Umgeben von Getreidefeldern (oder dichtem Nadelwald)



Tiefer See

Getreidefelder

<-Strandcafe

Getreidefelder: schlechte Wärmeleiter

Sie heizen sich in der Sonne stark auf

See (Wasser):

Tiefer See

Guter Wärmeleiter

Ändert seine Temperatur kaum

Getreidefelder



<-Strandcafe



## Die Folgen (1):

Heiße Luft dehnt sich aus

Geringere Dichte  $\Rightarrow$  Leichter

Steigt in die Höhe

Flimmern über den Feldern (Straßen)

Wir benutzen das beim Fahren im  
Heißluftballon

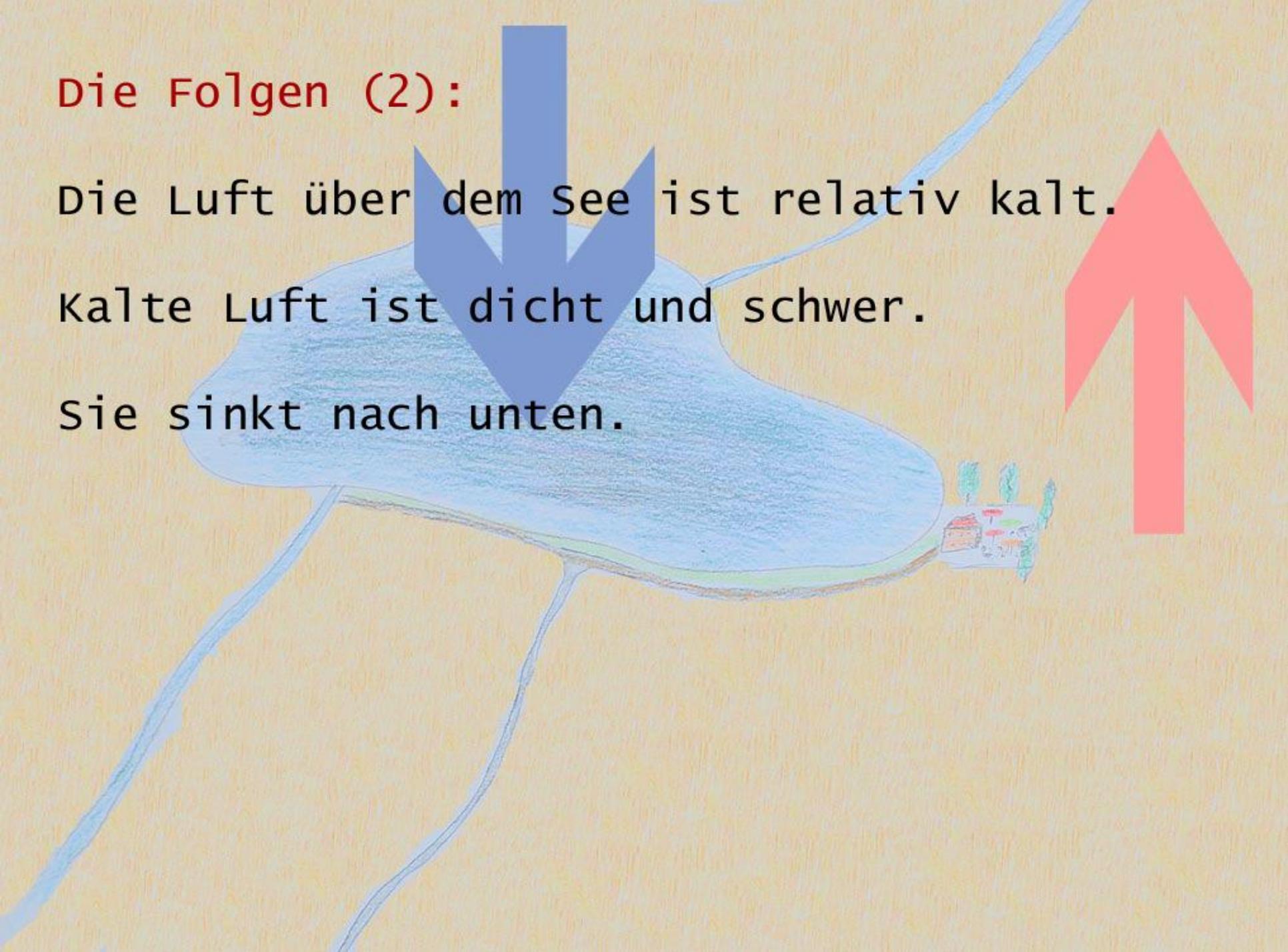


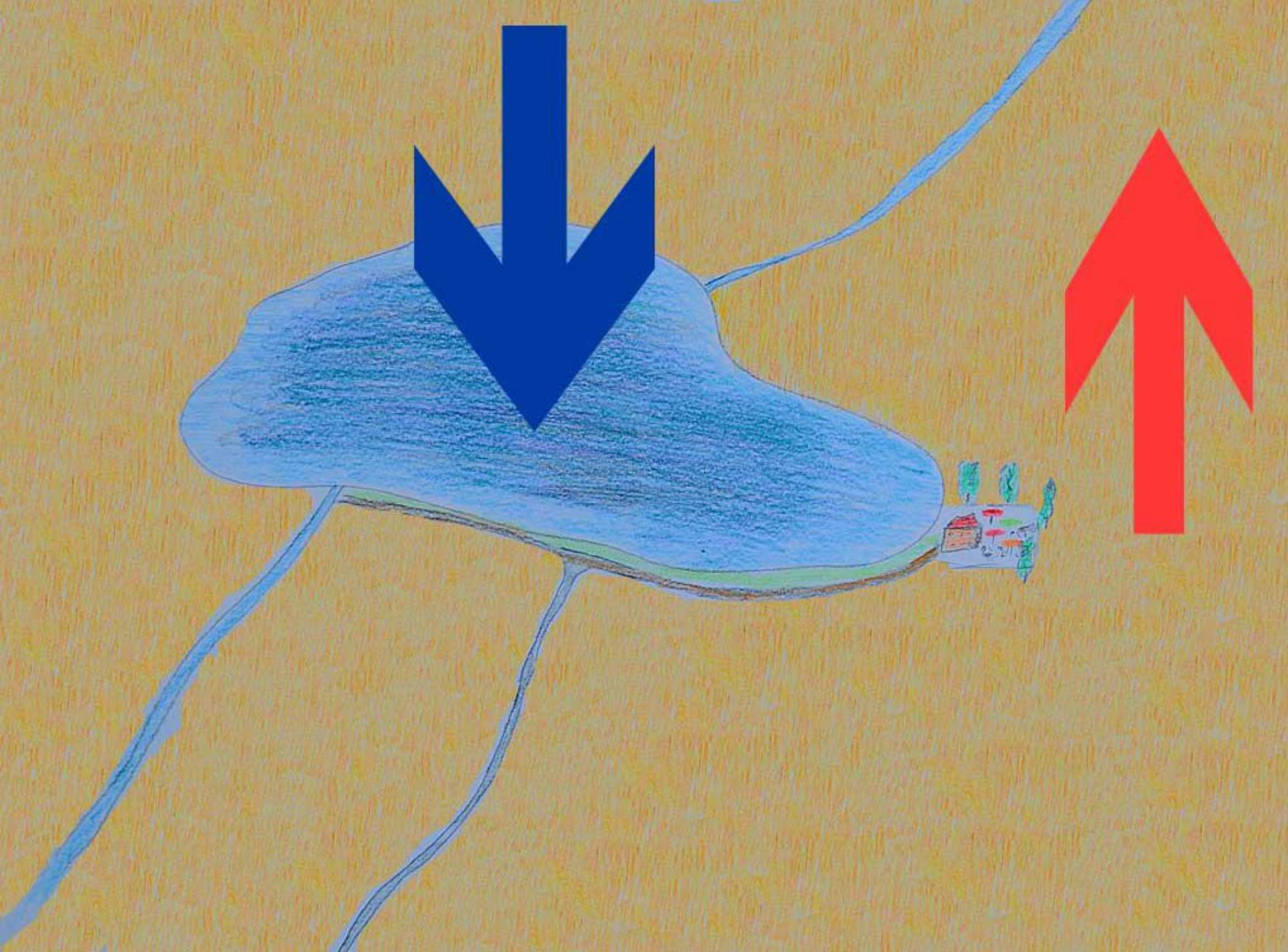
## Die Folgen (2):

Die Luft über dem See ist relativ kalt.

Kalte Luft ist dicht und schwer.

Sie sinkt nach unten.





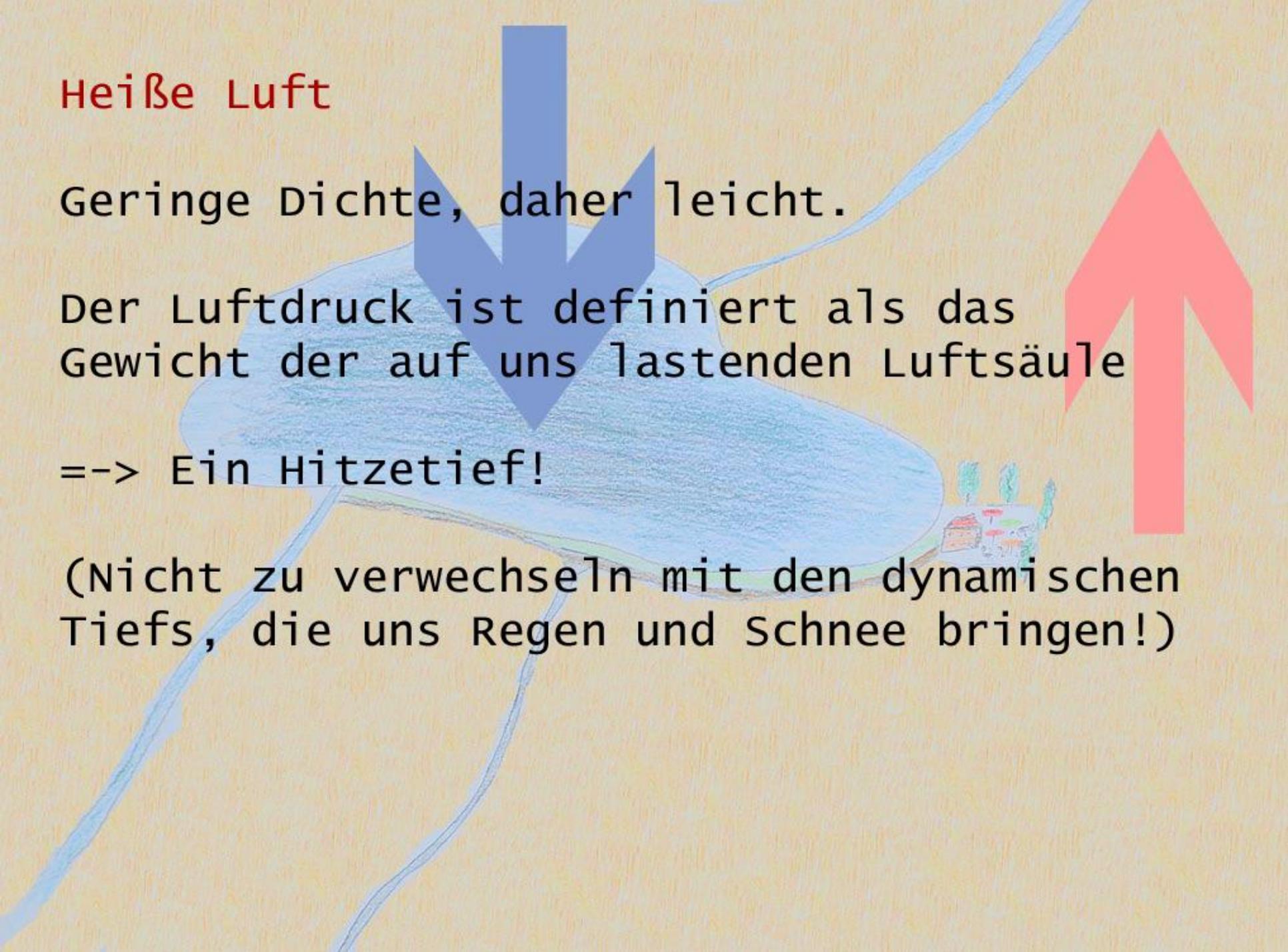
## Heiße Luft

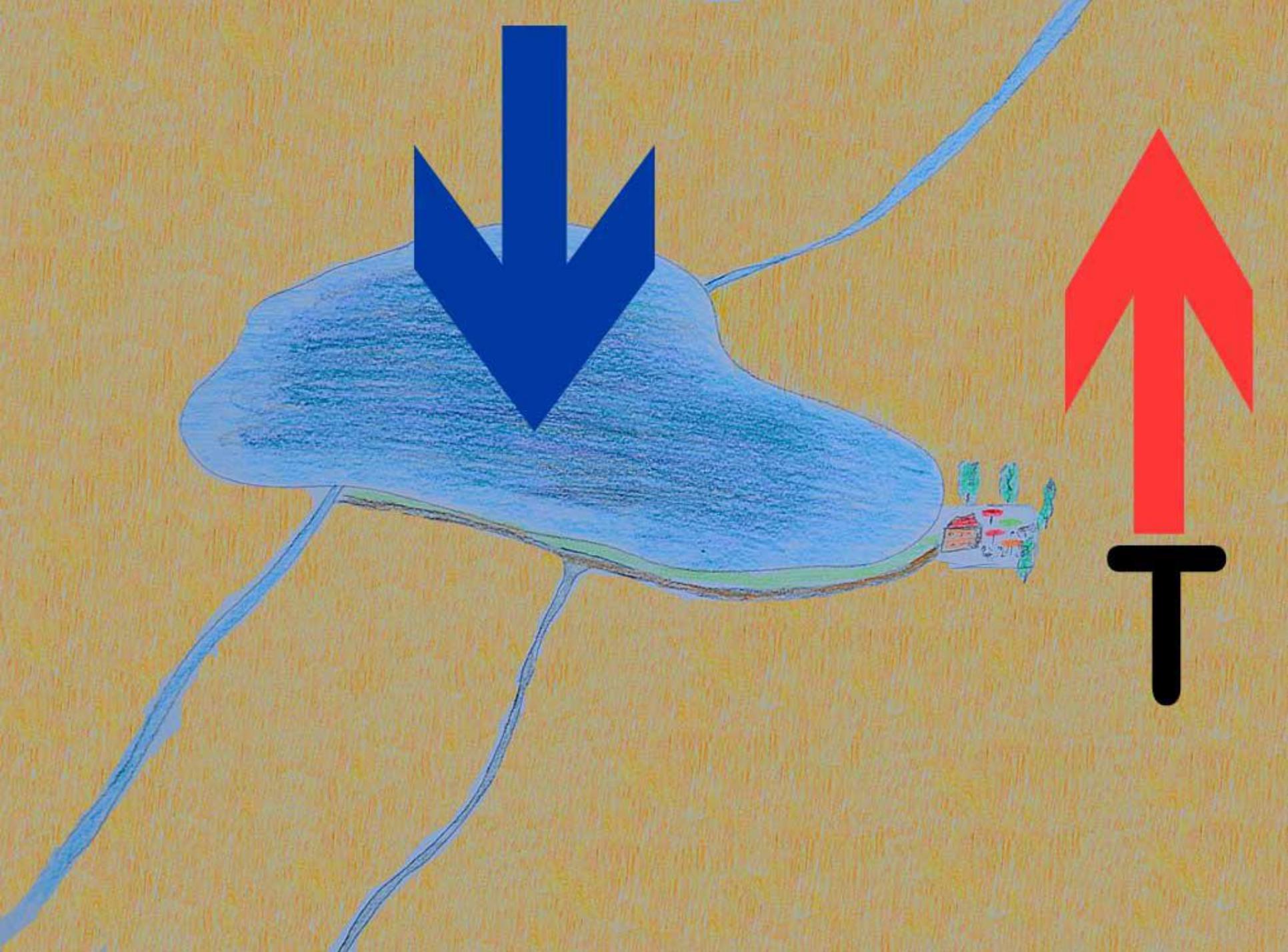
Geringe Dichte, daher leicht.

Der Luftdruck ist definiert als das Gewicht der auf uns lastenden Luftsäule

=-> Ein Hitzetief!

(Nicht zu verwechseln mit den dynamischen Tiefs, die uns Regen und Schnee bringen!)



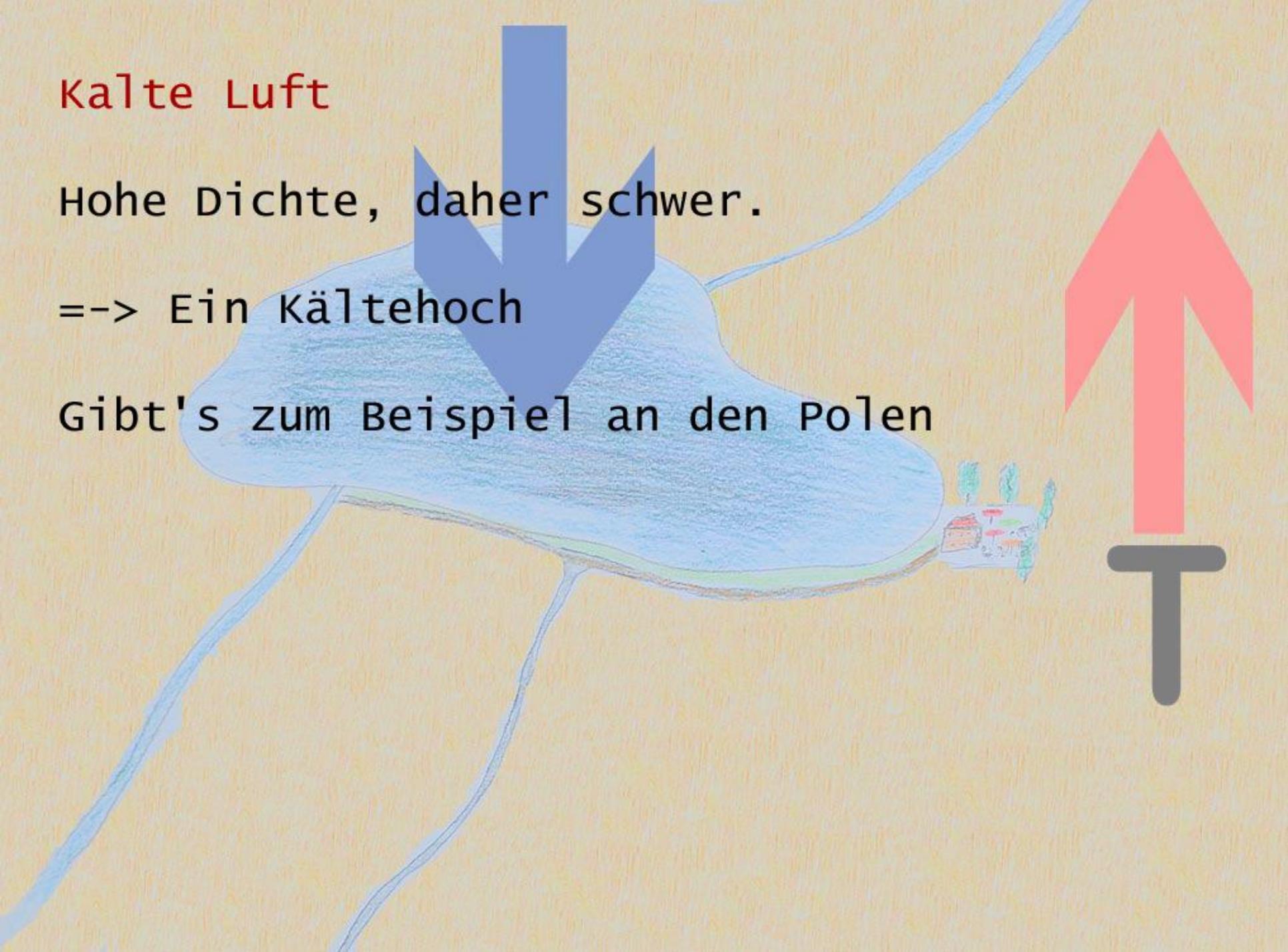


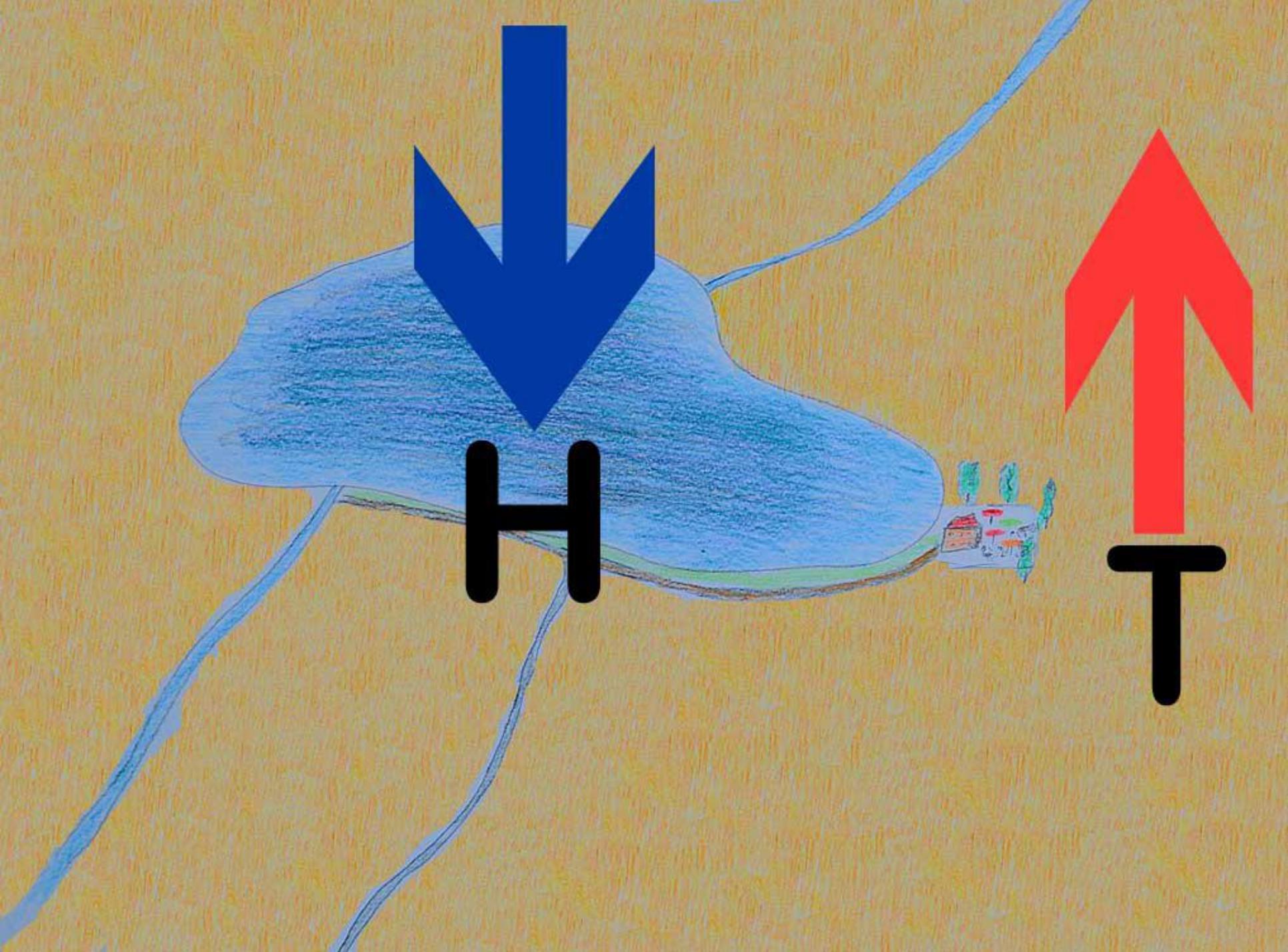
Kalte Luft

Hohe Dichte, daher schwer.

=-> Ein Kältehoch

Gibt's zum Beispiel an den Polen





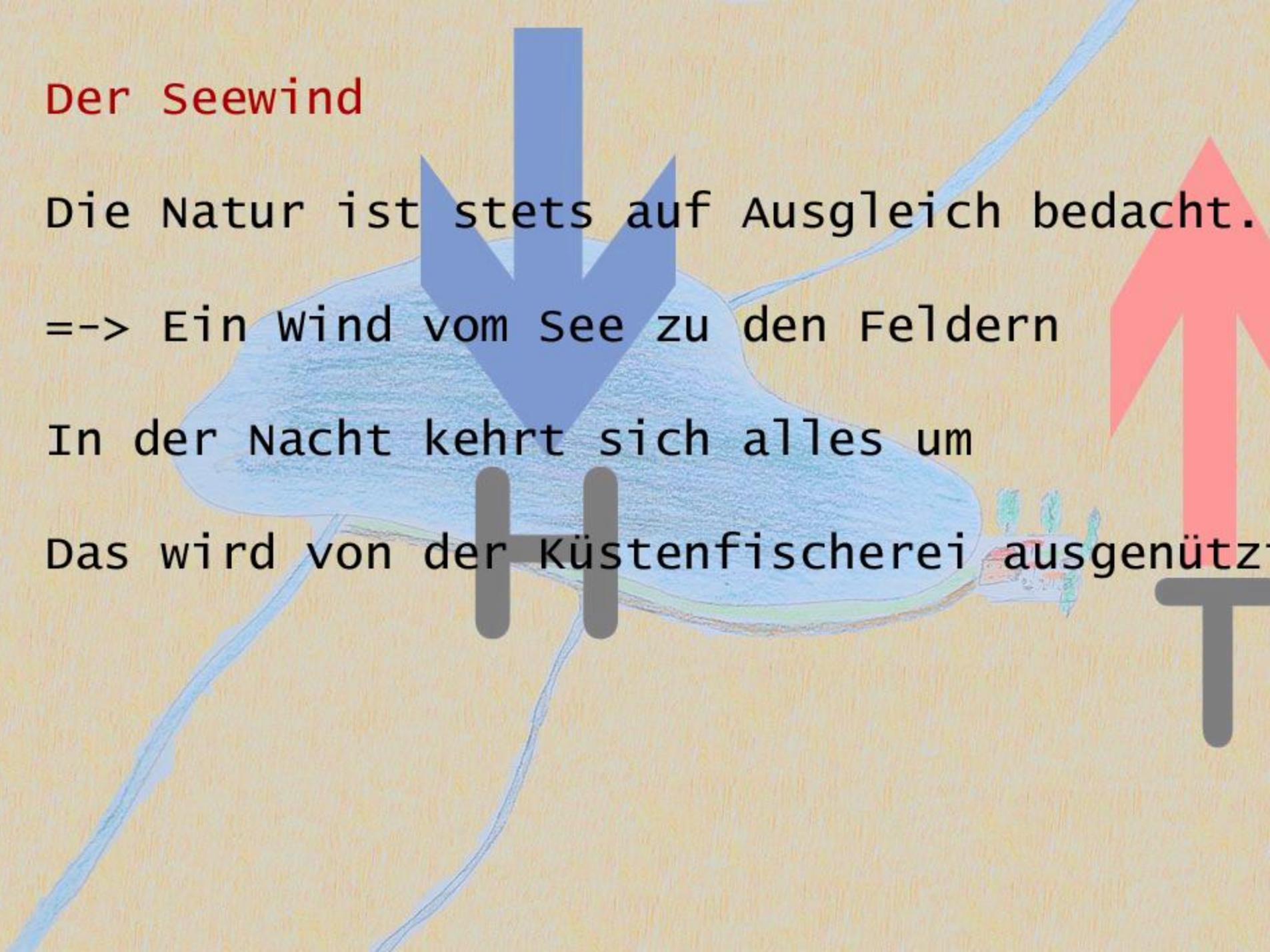
## Der Seewind

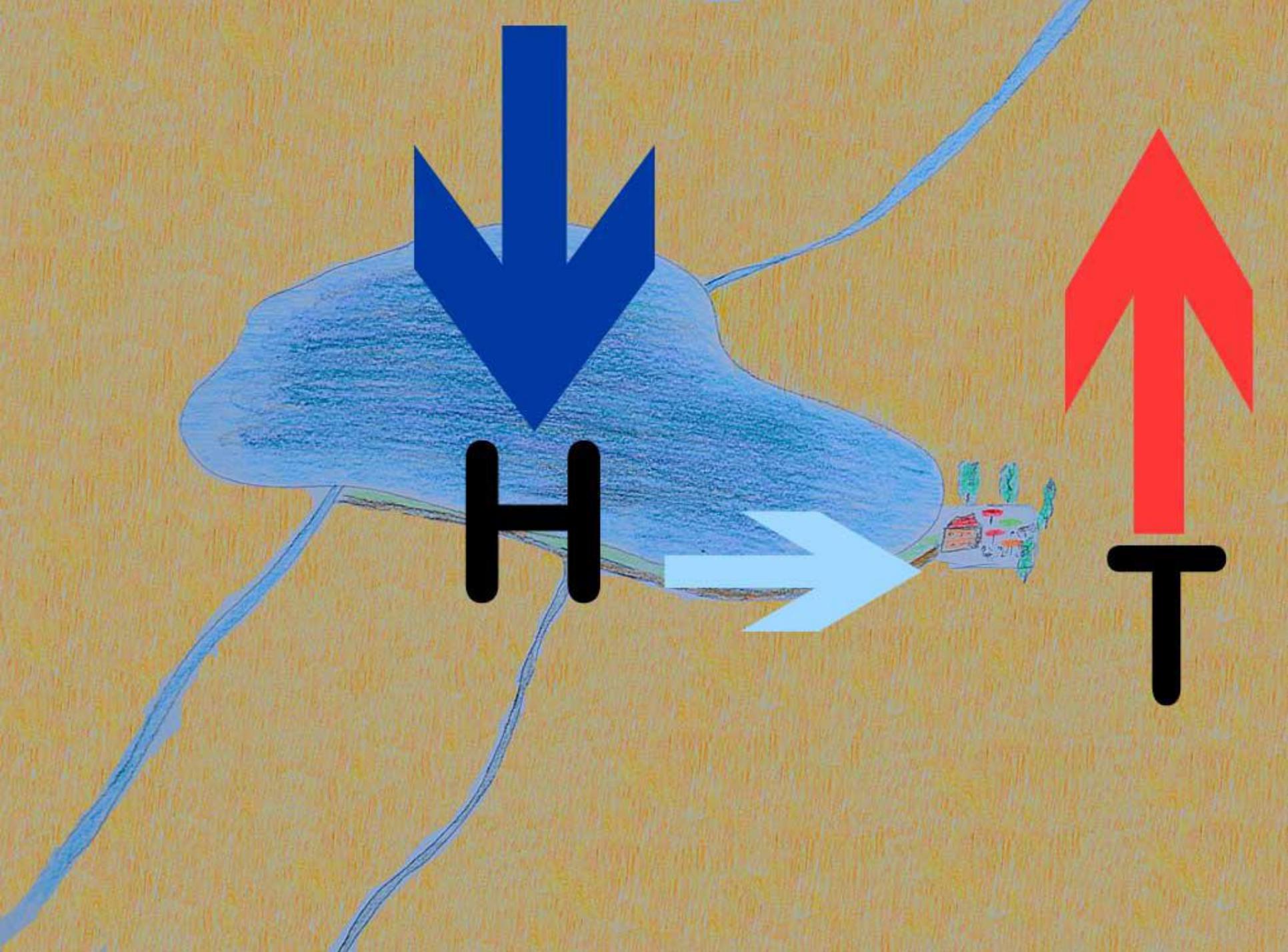
Die Natur ist stets auf Ausgleich bedacht.

=-> Ein Wind vom See zu den Feldern

In der Nacht kehrt sich alles um

Das wird von der Küstenfischerei ausgenützt



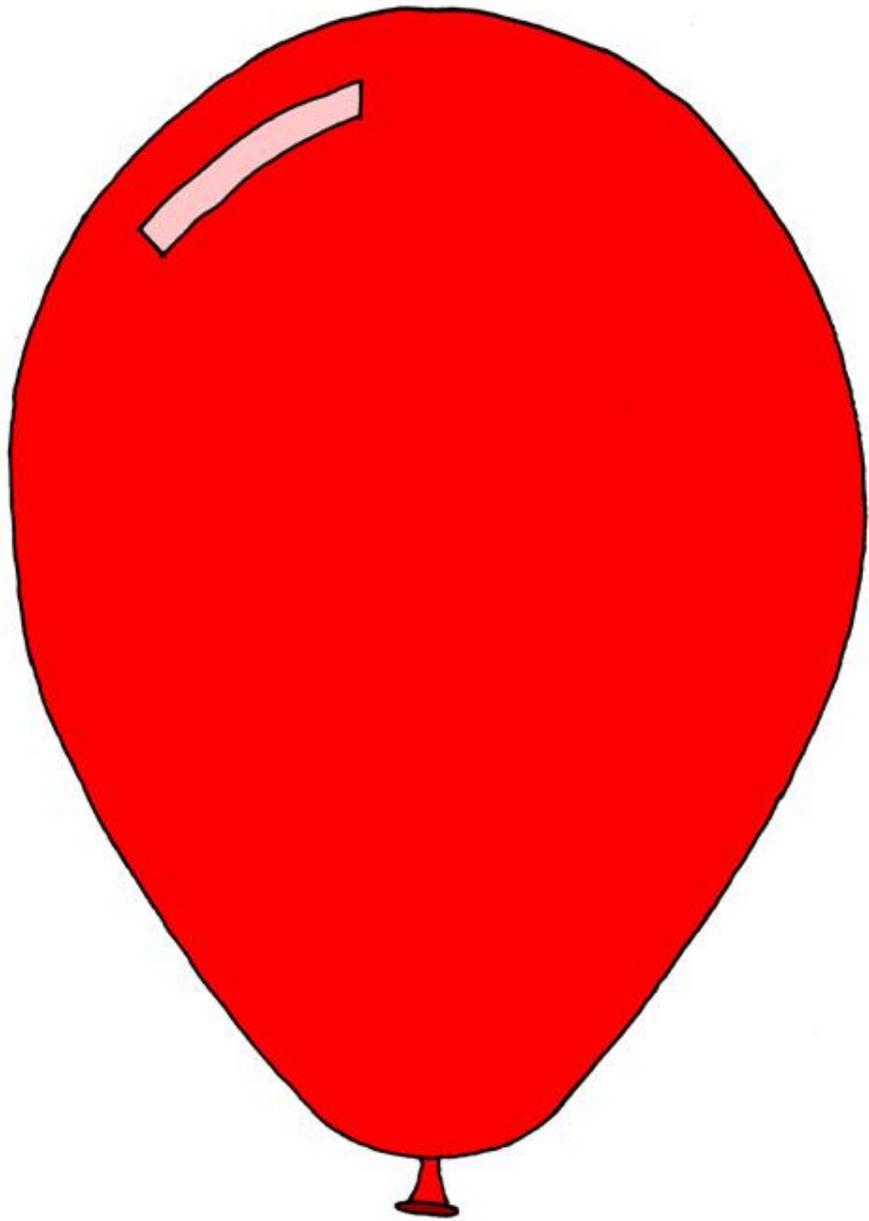


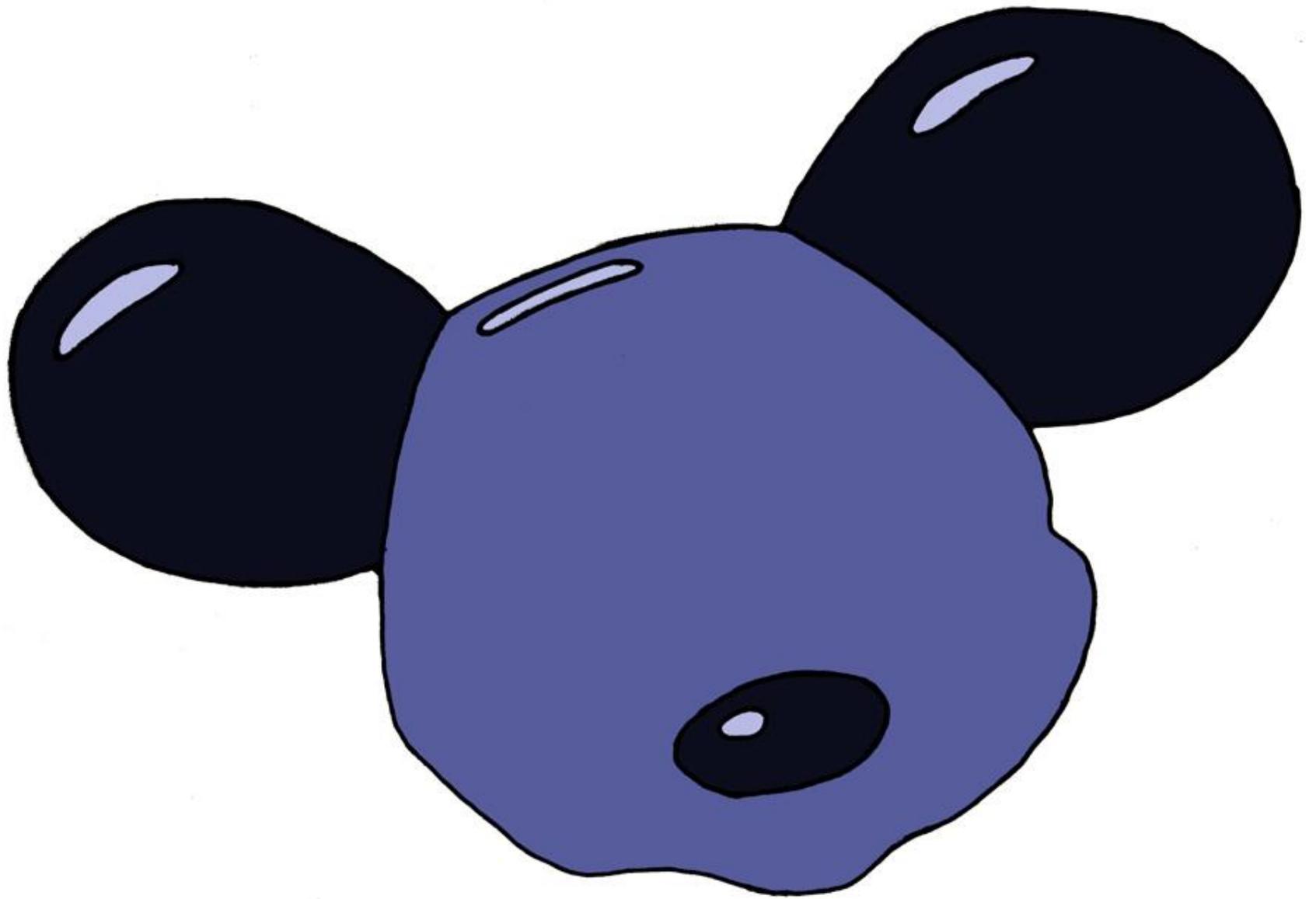
## Das adiabatische Luftpaket

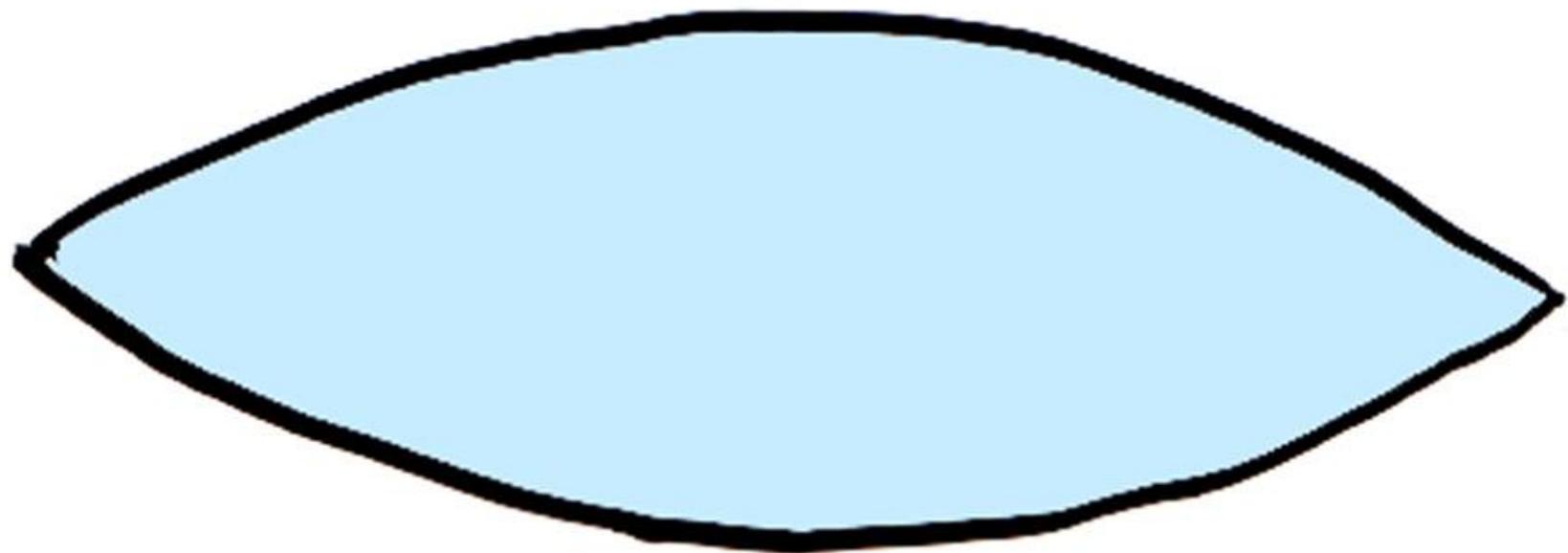
Kann es nicht geben, wird es nie geben

Grund dafür: die es umgebende Membran  
ist luft- und wärmeundurchlässig

Sie macht aber alle Bewegungen der Luft mit,  
so als ob es sie gar nicht gäbe.





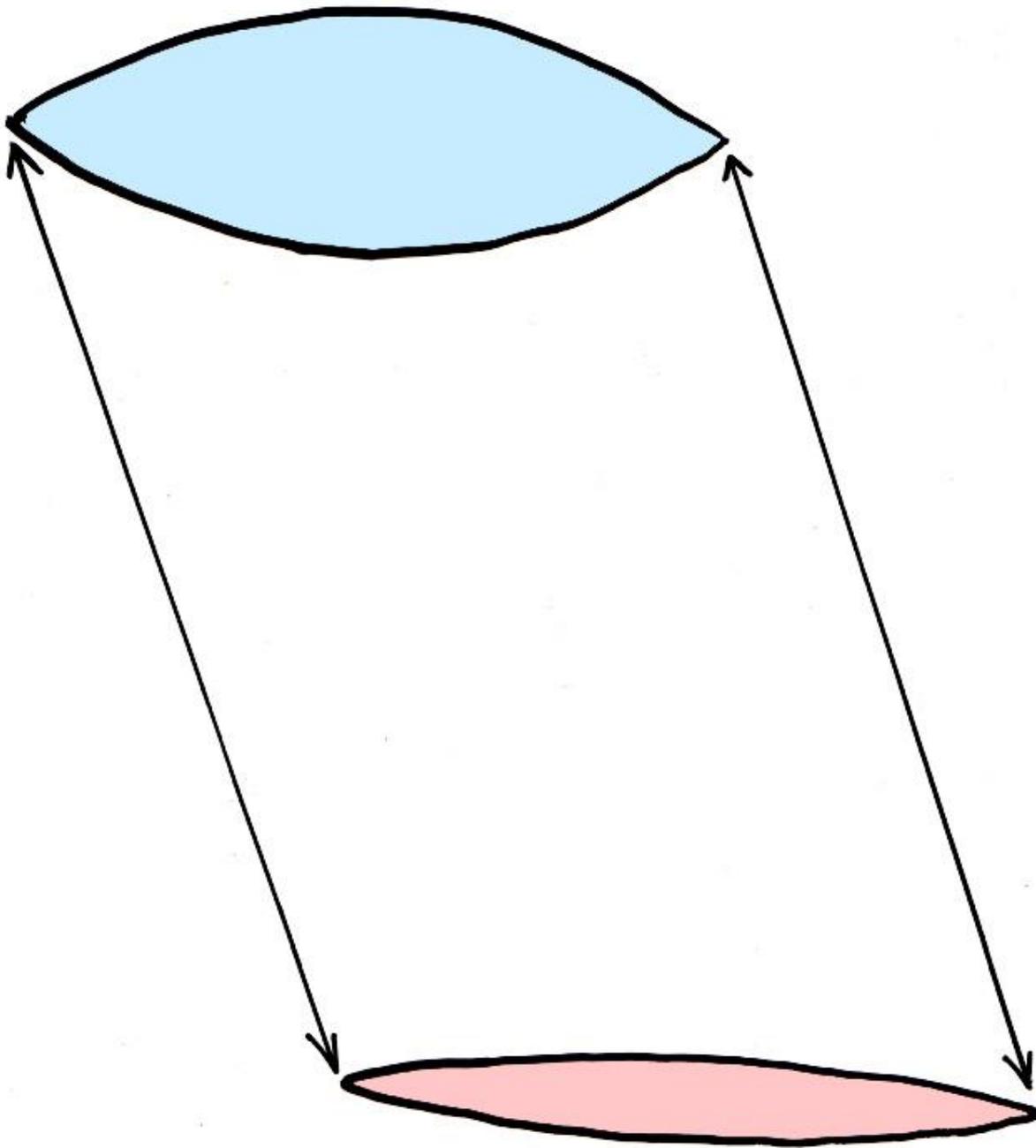


Wir ziehen das Luftpaket in die Höhe:

Der Umgebungsdruck nimmt ab

Das Luftpaket dehnt sich aus, der Innendruck nimmt ab

=-> Die Luft im Paket kühlt sich ab



## Der adiabatische Gradient:

Ergibt sich zwanglos aus dem Vorigen.

Die Lufttemperatur nimmt mit der Höhe ab (ca.  $1^\circ$  pro 100 m).

Das gilt aber nur im untersten Stockwerk der Atmosphäre, der "Troposphäre".

Wir ziehen das Luftpaket nach unten:

Der Umgebungsdruck nimmt zu

Die Luft im Paket wird zusammengepresst,  
und erwärmt sich.

## Was mit dem Luftpaket weiter passiert:

Hängt vom Temperaturgradienten in der Umgebungsluft ab.

Vier Gradiententypen gibt es:

Den indifferenten Gradienten

Den labilen Gradienten

Die Isothermie

Die Inversion

## Der indifferente Gradient:

Bei ihm ist quasi "alles egal".

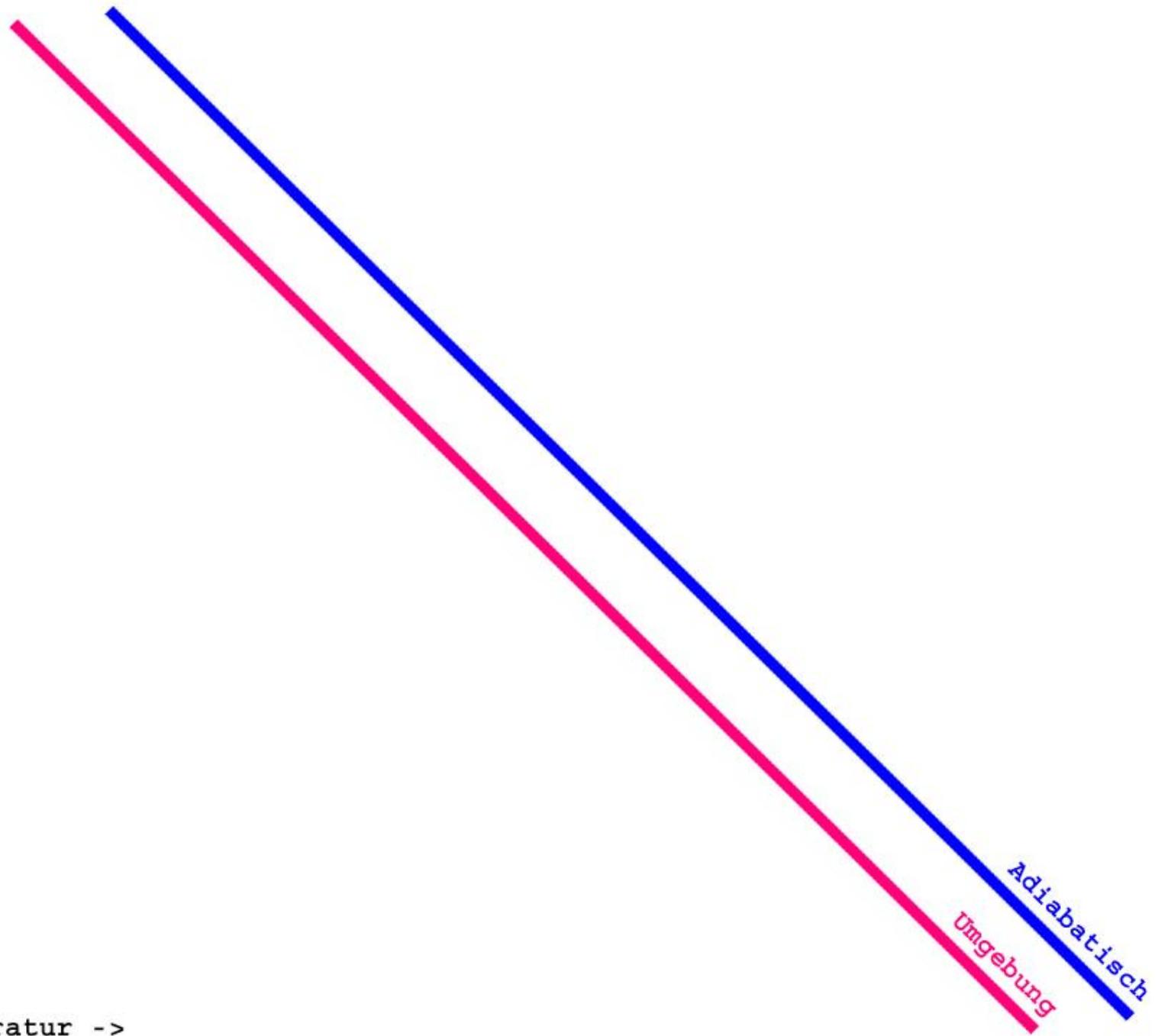
Er entspricht genau dem adiabatischen Gradienten.

Ziehen wir ein Luftpaket in die Höhe, so bleibt es schweben, wo es gerade ist.

(Oder auch nicht...)

Höhe ->

Temperatur ->



## Der labile Gradient:

Die Temperatur der Umgebungsluft nimmt stärker mit der Höhe ab als es dem adiabatischen Gradienten entspricht.

Man spricht von einem "überadiabatischen" Gradienten.

Ziehen wir ein Luftpaket in die Höhe, so steigt es beschleunigt immer weiter.

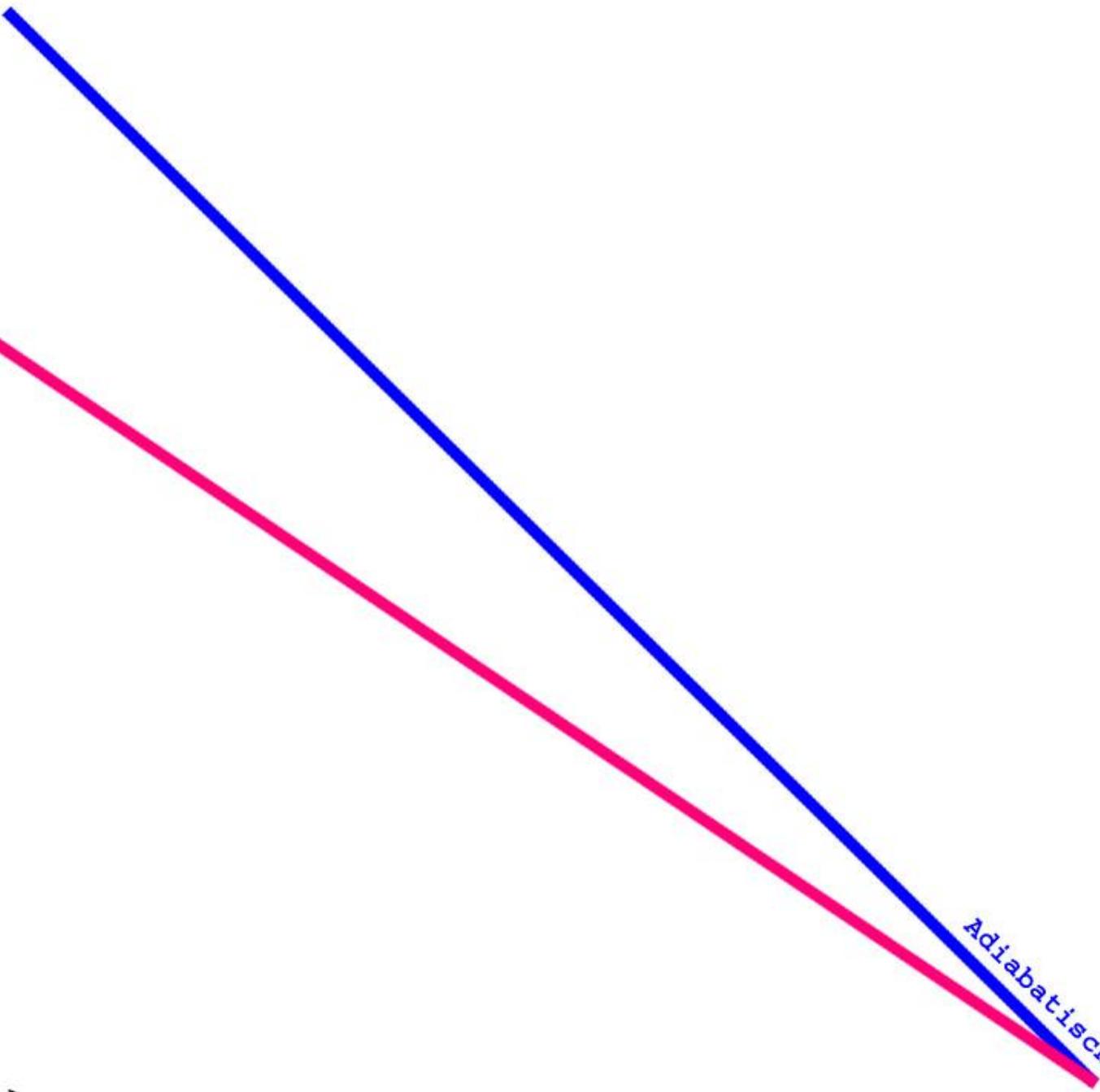
Dieser Gradient tritt nur kleinräumig auf.

Höhe ->

Temperatur ->

Umgebung

Adiabatisch



## Die Isothermie:

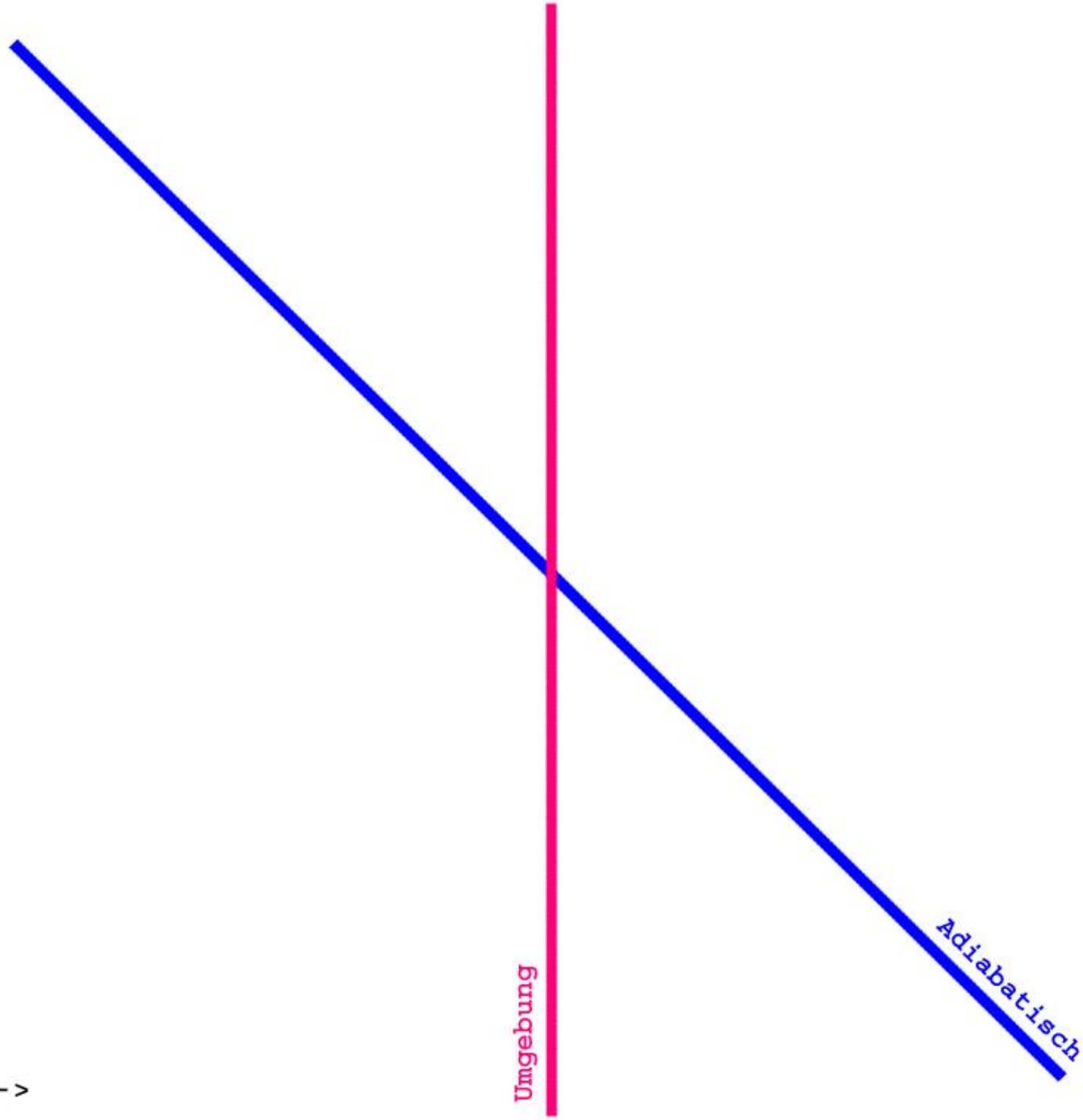
Eine "stabile" Luftschichtung

Die Temperatur der Umgebungsluft ändert sich mit der Höhe überhaupt nicht

Ein aufsteigendes Luftpaket gelangt in eine Umgebung mit wärmerer, weniger dichter Luft und sinkt wieder ab.

Höhe ->

Temperatur ->



Umgebung

Adiabatisch

## Die Inversion:

Noch "stabiler"

Die Temperatur der Umgebungsluft nimmt mit der Höhe sogar zu.

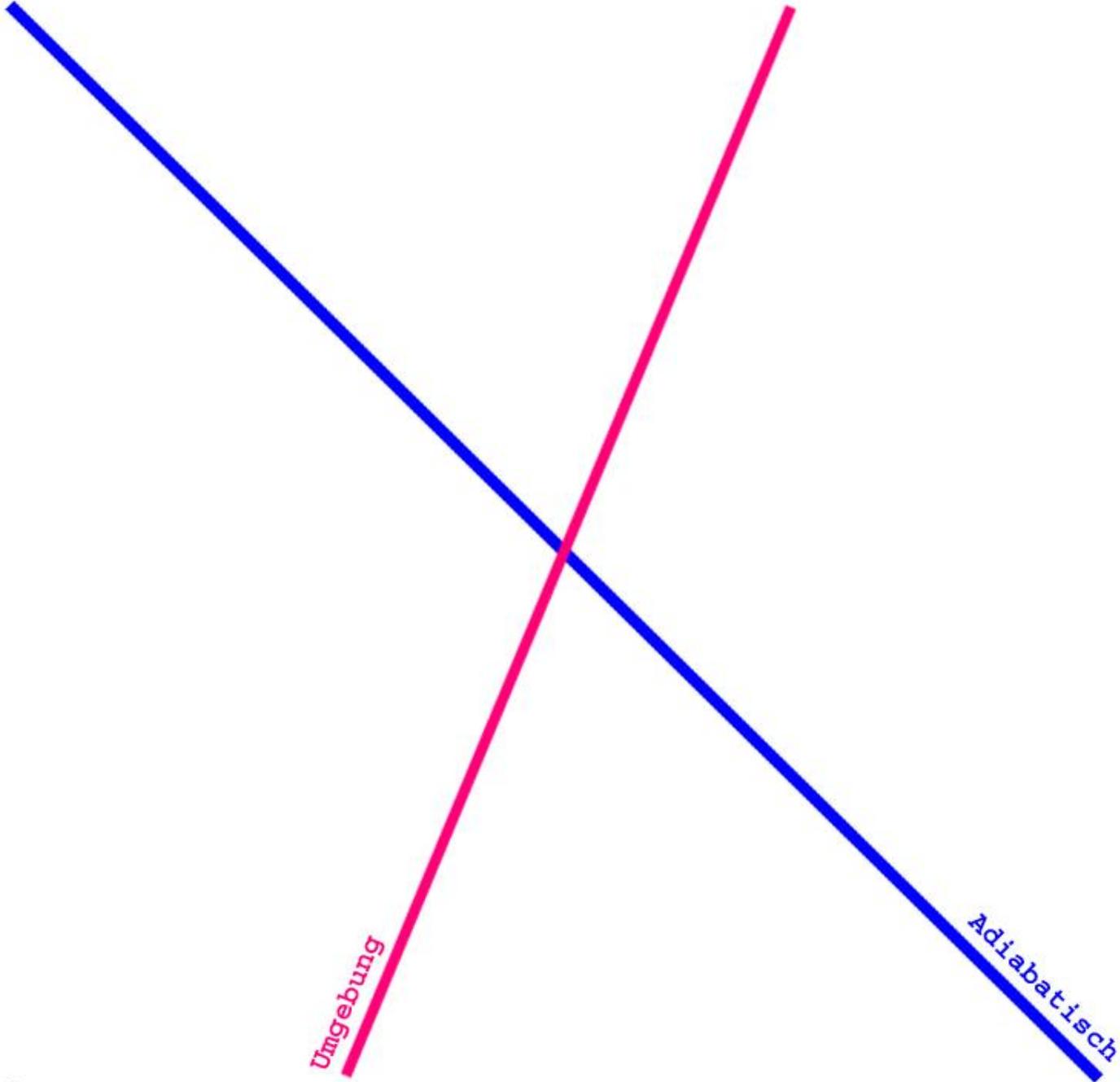
Daher blockiert eine Inversion jeden vertikalen Luftaustausch.

=-> Smog in Beckenlagen

Um das Zustandekommen einer Inversion zu verstehen, müssen wir einen Stapel von Luftpaketen betrachten...

Höhe ->

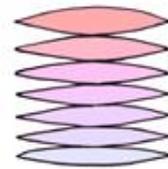
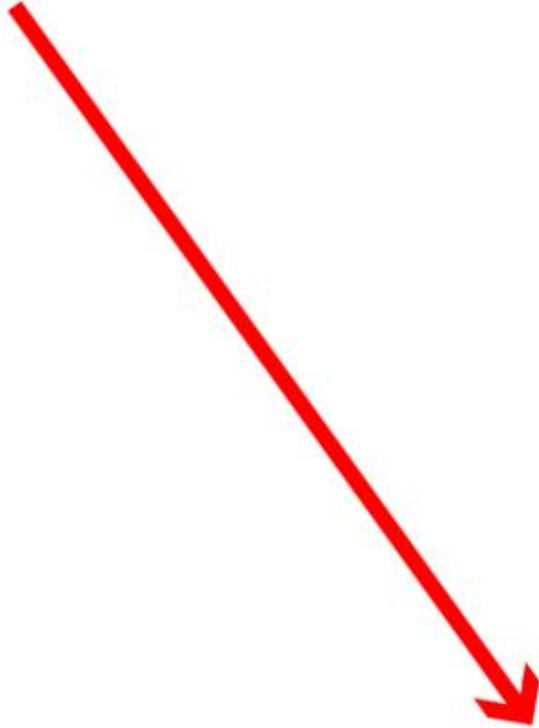
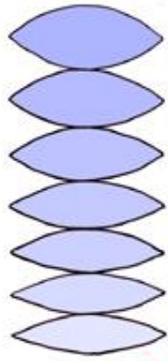
Temperatur ->



Wir ziehen einen Stapel von Luftpaketen  
nach unten:

Jedes einzelne Luftpaket wird  
Zusammengepresst

Dadurch schrumpft auch die Höhe des Stapels



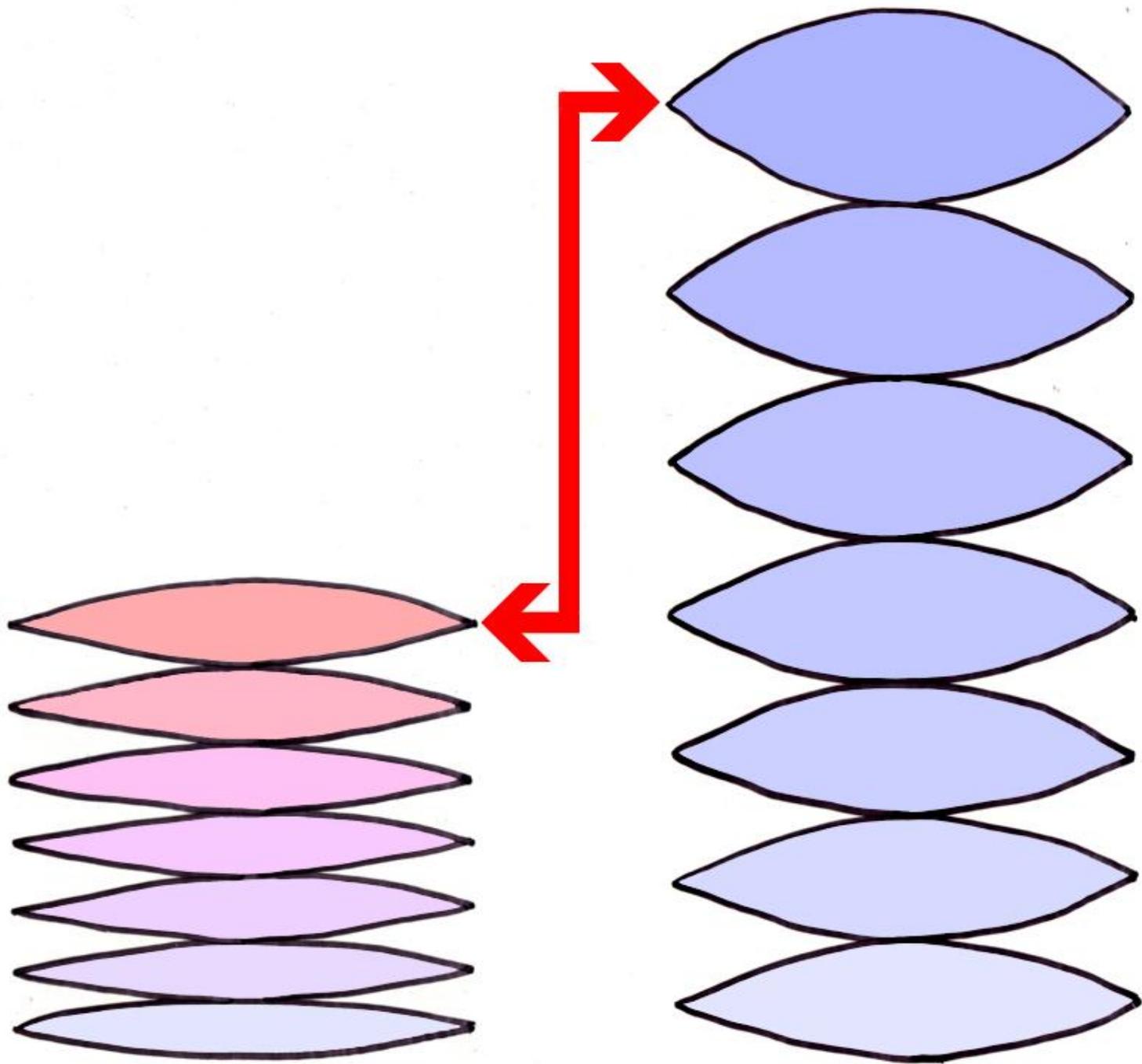
## Die Folge:

Das oberste Luftpaket legt einen längeren Weg zurück als das unterste.

Es wird daher stärker zusammengedrückt, und es erwärmt sich auch stärker.

Der normale Gradient kippt: eine Absinkinversion ist entstanden.

Sie sorgt im Winter für das triste Wetter und die Winterdepression (Hochnebel!)



Wir ziehen den Stapel in die Höhe:

wieder legt das oberste Luftpaket einen längeren Weg zurück.

Es kühlt sich auch stärker ab als das unterste.

=-> "Labilisierung"

(Gewitter auch in Warmfronten)