

# Adiabatische Temperaturänderung

## Wie verhalten sich Gase bei Druckänderung?

Wir können uns eine Luftmasse in der Atmosphäre zur Veranschaulichung als »Luftpaket« vorstellen. Wenn dieses in der Atmosphäre aufsteigt, wird sein Umgebungsdruck geringer und das Luftpaket kühlt sich ab. Umgekehrt erwärmt es sich, wenn es absinkt und damit unter höheren Umgebungsdruck gerät. Bei diesen Vorgängen wird weder Energie hinzugefügt noch aus dem System entfernt.

Wenn sich die Temperatur der Luft ändert, ohne dass dem System Energie hinzugefügt oder aus dem System entfernt wird, bezeichnet man das als *adiabatische* Temperaturänderung.

Ein Modell kann dies verdeutlichen. In einem Kolben befindet sich ein Gas, ein Thermometer misst dessen Temperatur, ein Manometer seinen Druck in Hektopascal (hPa; entspricht Millibar).

Abb. 1:

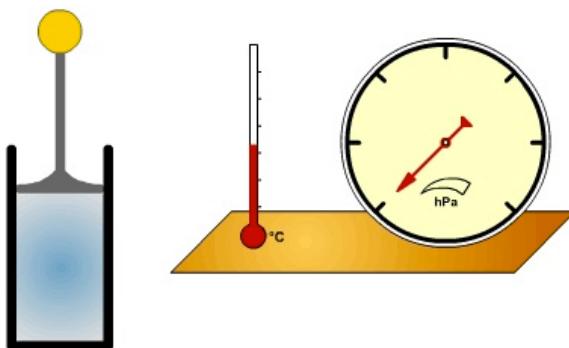


Abb. 2:

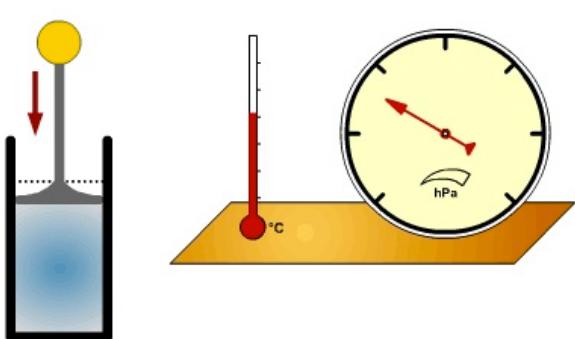


Abb. 3:

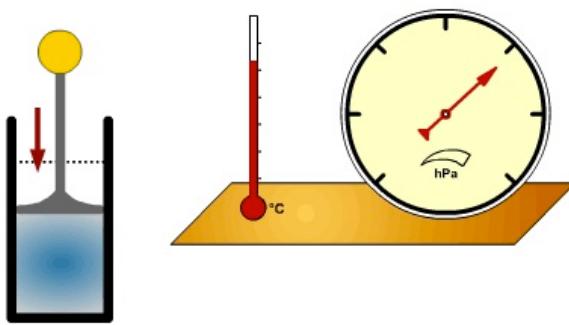
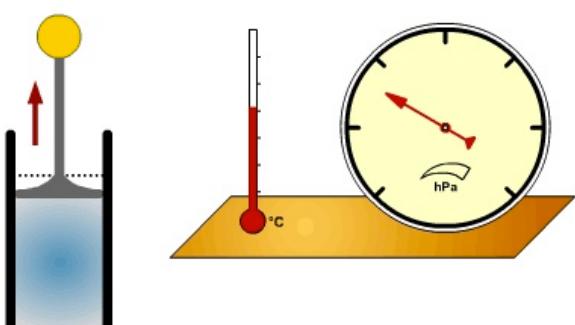


Abb. 4:



### AUFGABEN

1. Beschreibe, wie sich Volumen, Temperatur und Druck verhalten, wenn der Kolben auf und ab bewegt wird<sup>1)</sup>.
2. Übertrage diesen Vorgang auf die Atmosphäre. Hier sorgen z.B. Konvektion oder Gebirge dafür, dass Luftpakete sich auf- oder abwärts bewegen. Beschreibe auch hier, welche Vorgänge bei der Hebung bzw. beim Absinken von Luft





ablaufen.

3. Nummeriere die Teilprozesse in Beispiel 1 und 2, so dass sie eine sinnvolle Reihenfolge ergeben.

## Beispiel 1

..... Umgebungsluftdruck nimmt ab — ..... Luftpaket steigt auf — ..... Luftpaket kühlt ab —..... Volumen des Luftpakets wird größer

## Beispiel 2

..... Luftpaket sinkt ab — ..... Luftpaket erwärmt sich — ..... Volumen des Luftpakets wird kleiner —..... Umgebungsluftdruck steigt

---

Quelle der Abbildungen: Andreas Kalt, [WEBGEO-Modul: »Adiabatische Prozesse«](#)

## Welche Konsequenzen hat das für Prozesse in der Atmosphäre?

Die folgenden Abbildungen stammen aus dem interaktiven [WEBGEO-Modul »Adiabatische Prozesse«](#), das allerdings schon älter ist und technische auf modernen Geräten in der Regel nicht mehr funktioniert.

Die Inhalte können natürlich dennoch genutzt werden, im Original sind orangene Elemente jedoch interaktiv und können vom Benutzer beeinflusst werden.

## Adiabatische Prozesse in der Atmosphäre

Auf der **Luv-Seite** vieler Gebirge fällt in höheren Lagen häufig Regen aus einer dichten Bewölkung. Beispielhaft hierfür ist die Südseite der Alpen.

Auf der **Lee-Seite** hingegen hat man zur gleichen Zeit klare Sicht und im Tal weht ein warmer trockener Wind vom Berg herab, der in den Alpen Föhn genannt wird.

Diese enormen Wetterunterschiede gehen auf Vorgänge zurück, die mit der Hebung und Absenkung von Luftmassen verbunden sind.

### In diesem Modul erfahren Sie...

am Beispiel des Föhns der Alpen, was adiabatische Prozesse sind und welche Bedeutung sie im Klimageschehen haben.

### Beobachten Sie ...

die Luft bei der Überquerung eines Gebirges und verfolgen Sie dabei Schritt für Schritt die Veränderungen innerhalb der Luftmasse.

**Erforderliche Vorkenntnisse:** Sie sollten die grundlegenden Messgrößen der Luftfeuchtigkeit kennen, bearbeiten Sie dafür z.B. die Lerneinheit **Kondensation und Feuchtemaße**

**Voraussichtlicher Zeitbedarf:** ca. 25 min

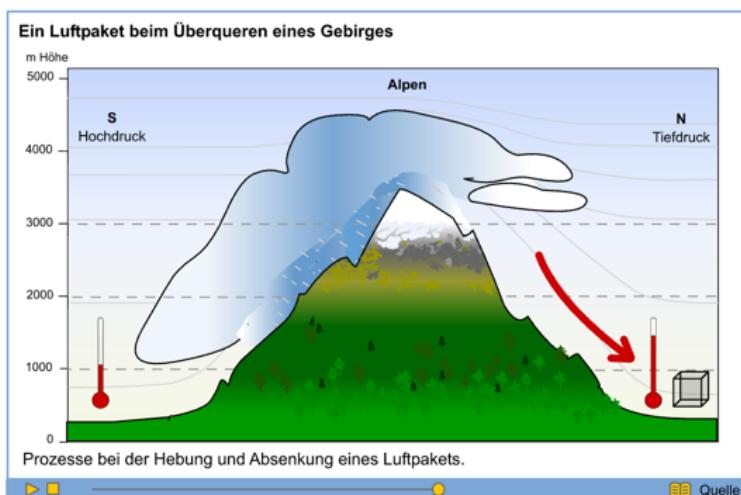
**Autor:** Andreas Kalt (WEBGEO|klima)  
Institut für Physische Geographie, Universität Freiburg

[zurück](#)

[weiter](#)

### Was mit der Luft passiert...

Drücken Sie "Play" und schicken Sie das Luftpaket über die Alpen



**Föhnmauer**



Die Wolken bilden eine sog. "Föhnmauer", die nur wenig über den Bergkamm auf die Lee-Seite hinüberreicht. Warum löst sich diese Wolke hinter dem Kamm so rasch auf?

[Quelle](#)

**?** Warum entstehen beim Aufstieg der Luft ab einer bestimmten Höhe Wolken und Niederschlag?

**?** Warum reicht die Föhnmauer nur knapp über den Kamm?

**?** Warum ist der Föhn so sprichwörtlich trocken und warm?

**?** Wie kommt es zu der beobachtbaren Temperaturdifferenz zu beiden Seiten des Gebirges?

**!** Erfahren Sie die Antworten auf den folgenden Seiten!

[zurück](#)

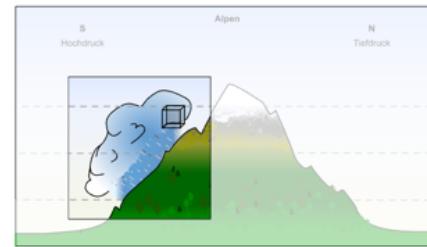
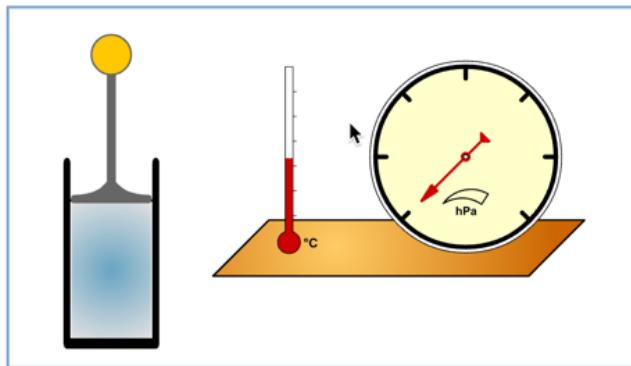
[weiter](#)

## Was mit der Luft passiert ...

Beim Überqueren eines Gebirges wird die Luft zwangsläufig angehoben. Da der Umgebungsdruck mit zunehmender Höhe immer geringer wird, kann sich die gehobene Luft ausdehnen - sie kühlt sich ab.

Das folgende Modell demonstriert, wie Volumen, Druck und Temperatur sich gegenseitig beeinflussen.

 Bewegen Sie den Kolben und beobachten Sie, was mit dem enthaltenen Gas geschieht und wie sich Temperatur und Druck dabei verhalten.



Verringert sich das Volumen, so steigt der Druck eines Gases, weil die Moleküle enger zusammenrücken und sich schneller bewegen: die Temperatur steigt. Dieses Prinzip wird beispielsweise bei der Selbstzündung des Dieselmotors angewendet.

Umgekehrt gilt für ein Luftpaket in der Atmosphäre:

geringerer Umgebungsdruck → größeres Volumen und Temperaturrückgang

Dies geschieht beim Aufsteigen von Luft in höhere Atmosphärenschichten, z.B. beim Überqueren eines Gebirges.

Es wird bei diesem Prozess Energie weder zu- noch abgeführt. Man spricht von **adiabatischer Temperaturänderung**.

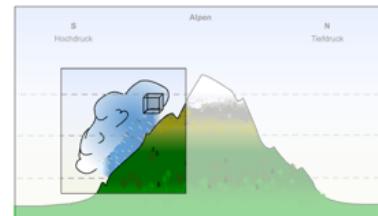
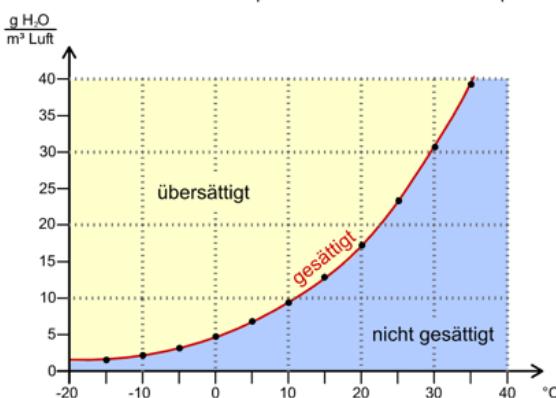
[zurück](#)

[weiter](#)

## Der Wasserdampf in der Luft

Das Diagramm zeigt die Kurve der Sättigungsfeuchte von Luft. Es gibt an, wie viel Gramm Wasser jeweils in einem Kubikmeter Luft enthalten sein können.

 Betrachten Sie das Schaubild! Was können Sie am Verlauf der Sättigungskurve ablesen? Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für das Luftpaket im nebenstehenden Beispiel?



Die Fähigkeit der Luft Wasserdampf aufzunehmen, steigt exponentiell mit höherer Temperatur. Umgekehrt sinkt die Aufnahmefähigkeit für Wasserdampf sehr rasch, wenn die Luft sich abkühlt.

Fällt die Temperatur unter einen bestimmten Wert, so kondensiert ein Teil des Dampfes und es bilden sich Wolken und evtl. auch Niederschlag.

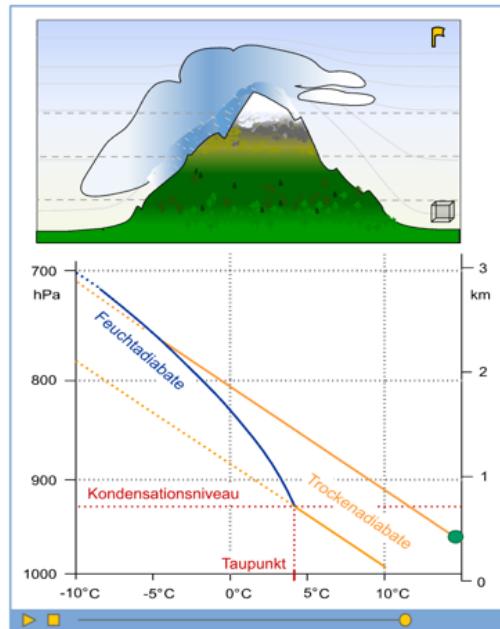
Dieser Temperaturwert, bei dem 100% relative Feuchte überschritten werden, heißt **Taupunkt**. Die Höhe über NN, auf der der Wasserdampf beginnt zu kondensieren, heißt  **Kondensationsniveau**.

Das links dargestellte Diagramm der Sättigungskurve gilt für einen konstanten Luftdruck. Da sich beim Aufsteigen der Druck aber ändert, ist das Kondensationsniveau nicht direkt aus diesem Schaubild ableitbar.

[zurück](#)

[weiter](#)

## Temperaturverlauf beim Auf- und Absteigen der Luft



Starten Sie die Animation mit ► "Play". Die Temperatur ist im Diagramm gegen die Höhe aufgetragen. Achten Sie auf den Temperaturverlauf in den einzelnen Phasen der Hebung und Absenkung!

- Luft steigt auf und kühlt sich dabei adiabatisch ab. Bevor sie den Taupunkt erreicht, ist sie noch nicht mit Wasserdampf gesättigt und man spricht daher von **trockenadiabatischer Temperaturänderung**. Diese beträgt konstant ca.  $1^{\circ}\text{C}$  pro 100 m Höhenunterschied, erkennbar am geraden Verlauf der Adiabatenlinie. Nachdem der Taupunkt erreicht ist, beginnt Wasserdampf zu kondensieren - es bilden sich Wolken.
- Nun ist die Luft wasserdampfgesättigt und die Temperaturänderung verläuft **feuchtadiabatisch**. Bei der Kondensation wird **latente Energie** frei und wirkt der Abkühlung entgegen (daher steigt die Linie der Feuchtadiabaten steiler an). Die **feuchtadiabatische Abkühlungsr率e** beträgt nur ca.  $0,3^{\circ}\text{C}$  bis  $0,7^{\circ}\text{C}$  pro 100 m Hebung, abhängig vom Wasserdampfgehalt der Luft: mehr Kondensation → mehr latente Energie → geringere Abkühlung. Mit der Höhe wird der Wasserdampfgehalt geringer und die Feuchtadiabate flacht ab.
- Beim Abstieg erwärmt sich die Luft wieder. Durch das Abregnen beim Aufstieg ist weniger Wasser vorhanden, das nach kurzer Zeit verdunstet ist. Die **feuchtadiabatische Phase** geht also rasch in die Phase **trockenadiabatischer Temperaturänderung** über: die Wolken lösen sich auf, die Temperatur steigt schon kurz hinter dem Kamm um ca.  $1^{\circ}\text{C}$  pro 100 m Höhenunterschied.

[zurück](#)

[weiter](#)

## Zusammenfassung

Wenn ein gedachtes Luftpaket in der Atmosphäre auf ein anderes Höhenniveau gelangt, ändert sich sein Umgebungsdruck. Dies bewirkt eine **adiabatische Temperaturänderung**. Sie beruht allein auf den geänderten Druckverhältnissen. Energie wird dabei weder zu- noch abgeführt.

Abhängig von der Temperatur kann die Luft mehr oder weniger Wasserdampf aufnehmen. Erreicht sie den **Taupunkt**, kommt es zur **Wolkenbildung**.

Der Wasserdampfgehalt der Luft ist entscheidend für das Maß der Temperaturänderung. Unter 100 Prozent relativer Feuchte ändert sich die Temperatur **trockenadiabatisch** ( $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ), erreicht die Luft Sättigung, folgt die Temperaturänderung dem **feuchtadiabatischen Gradienten** ( $0,3^{\circ}\text{C}$  bis  $0,7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ).

Der Wasserdampfgehalt der Luft ist also entscheidend für den Verlauf der Temperaturänderung bei der Hebung und Absenkung.

Adiabatische Prozesse laufen in der Atmosphäre immer dann ab, wenn Luftmassen gehoben oder abgesenkt werden. Sie sind daher von großer Bedeutung für das Verständnis des Wetter- und Klimageschehens.

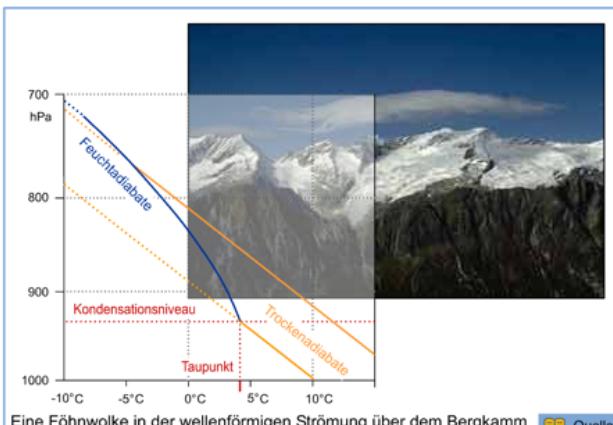
### weiterführende WEBGEO-Module:

 [Schichtungszustände der Atmosphäre](#)

### weiterführende Literatur:

**Häckel, H. (1999):** Meteorologie. Stuttgart.

**Seibert, P. (1993):** "Der Föhn in den Alpen", Geographische Rundschau, 45, 116-123.



[zurück](#)

[weiter](#)

[geographie, atmosphaere, wetter, klima](#)

1)

Wenn Du dieses Material online bearbeitest, kannst Du diese Abbildungen auch in Form einer Animation nutzen: [WEBGEO-Modul »Adiabatische Prozesse«, Seite 4](#)