

Luftdruck der Erdatmosphäre

Laut Definition ist der Luftdruck das Luftsäulengewicht pro Flächeneinheit welches auf die Erdoberfläche von 1m² lastet, gemessen vom Erdboden bis zum äußeren Rand der Atmosphäre. Da der Luftdruck auf alle Seiten mit der gleichen Kraft wirkt innerhalb eines Hauses und außerhalb davon, bricht ein Hausdach nicht unter der Last von rund 2 Millionen Kilogramm zusammen. Bei der Passage eines Tornados sinkt der äußere Luftdruck schlagartig so stark, dass ein Ausgleich so schnell nicht stattfinden kann, sodass der Überdruck innerhalb des Hauses zu stark ist und das Haus explodieren kann. Seit 1984 wird in der Meteorologie die Einheit Pascal (Pa) für den Luftdruck verwendet. Benannt nach dem französischen Philosophen Blaise Pascal (1623 – 1662). Dem Luftdruck von 1Pascal [Pa] entspricht somit ein Gewicht von 1 kg auf 1m² Erdoberfläche. Daneben ist noch die Einheit Torr (von Torricelli) im Gebrauch. Ein Torr ist der Druck einer Quecksilbersäule von 1 mm Höhe bei 0°C und Normalschwere (g= Schwerebeschleunigung auf 45° Breite. Die Umrechnung erfolgt über die Dichte des Quecksilbers ρ_{Hg} mittels:

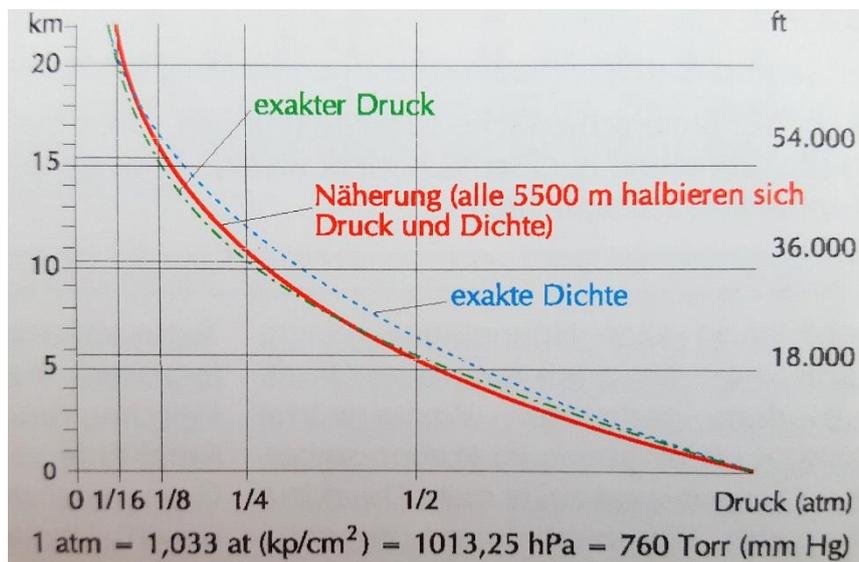
$$1 \text{ Torr} = 13,595 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,806\text{ms}^2 \cdot 10^{-3} = 133 \text{ Pa} = 1,33 \text{ hPa}$$

So entsprechen 760 mm Hg Quecksilbersäule 1013,25 hPa.

Unter Wirkung der Schwerkraft lastet somit auf Meeressniveau auf jedem Quadratmeter der Erdoberfläche eine Kraft von 10⁵ Newton. Das sind 10 Tonnen. Dieselbe Kraft wird beispielsweise auch durch eine Wassersäule von 10 m Höhe erzeugt.

Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe

Da die Luft komprimierbar ist, ändert sich der Luftdruck allerdings nicht linear mit zunehmender Höhe, sondern exponentiell. Das heißt, dass man in 3000 Metern Höhe über dem Meer, bereits ein Drittel des Gewichts der Erdatmosphäre unter sich hat und in 5500 Metern Höhe der Luftdruck schon um die Hälfte abgenommen hat. (siehe untere Grafik)



In diesem Zusammenhang kann man nun das Höhenintervall bestimmen, das einer Druckabnahme von 1 hPa entspricht: Dabei gehen wir zunächst von der Standardatmosphäre aus:

Folgende Parameter sind für die ISA (Internationale-Standardatmosphäre) festgelegt:

- Luftdruck: 1013,25 hPa
- Temperatur: 15 °C (oder 288,15 K)
- Temperaturabnahme (Gradient): 2 °C/1.000 ft (= 6,5 °C pro 1.000 m = 6,5 K/km) Höhengewinn bis in eine Höhe von 11.000 m
- Luftdichte: 1,225 kg/m³
- relative Luftfeuchte: 0 %
- Höhe: 0 m MSL (NN)
- Höhe der Tropopause: 36.000 ft (11 km)
- Tropopausen- (Stratosphären-) Temperatur: - 56,5 °C
- Isothermie von 11 km bis 20 km, darüber Temperaturzunahme mit unterschiedlichen Gradienten.
- Zusammensetzung der Luft ist bis 80 km Höhe gleich.

Tabelle Standardatmosphäre

Luftdruck in hpa	Höhe in Metern	Temperatur	Luftdichte
1013,25	0	15	1,225
1000	110	14	1,167
950	550	11	1,112
900	990	8	1,058
850	1500	5	1,006
800	2000	2	0,957
750	2500	-1	0,909
700	3000	-5	0,819
600	4200	-12	0,736
500	5500	-21	0,660
400	7000	-32	0,590
300	9000	-44	0,413
200	12000	-56	0,364

Luftdruck 100 N/m² = 100 Pa = 1hPa

Luftdichte bei 15°C 1,225 kg/m³

Schwerebeschleunigung 9,81 m/s²

$$\Delta h \text{ 1hPa} = \frac{100 \text{ N/m}^2}{(9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot 1,225 \text{ kg/m}^3)} = 8,32 \text{ m}$$

Bei 15°C würde der Luftdruck pro 8,3 m um 1 hPa abnehmen. Einige Barometer, wie beispielsweise das Quecksilberbarometer, sind auf Normalschwere und 0°C geeicht. Die Dichte von 0°C ist 1,293. Mit der Berechnung der oben angeführten Formel wäre das Höhenintervall dann 7,88 m /1hPa. Die Differenz in der Berechnung des Luftdrucks von 0°C und 15°C fällt auf Meereshöhe noch gering aus, nimmt aber mit zunehmender Höhe deutlich zu, wie das Beispiel zeigt:

A) Luftdruckeichung nach Standardatmosphäre auf 15°C

B) Luftdruckeinstellung auf 0°C

$$p = 1013,25 - \left(\frac{1 \text{ hPa}}{8,32 \text{ m}} \right) \cdot 500 \text{ m} = 953,15 \text{ hPa}$$

$$p = 1013,25 - \left(\frac{1 \text{ hPa}}{7,88 \text{ m}} \right) \cdot 500 \text{ m} = 949,7 \text{ hPa}$$

Das Ergebnis zeigt in 500 m Höhe bereits eine Differenz von 3,45 hPa. Bei der Reduktion des Luftdrucks würde es dadurch analog ebenso unterschiedliche Angaben geben. Bereits jetzt zeigen beide Rechnungen, dass der Luftdruck bei tiefen Temperaturen und hoher Luftdichte, sich mit zunehmender Höhe schneller verringert als bei hohen Temperaturen und folglich kleinerer Dichte der Luft. Wie der Luftdruck abnimmt, kann man eindrucksvoll an einem Hochhaus feststellen, wenn man mit dem Aufzug vom Erdgeschoss in höher gelegene Stockwerke gelangt. Wenn der

Luftdruck um rund 1 hPa/8m abnimmt, dann wäre der Druck bei einem 40 Meter hohen Gebäude in den oberen Stockwerken um 5 hPa niedriger. Diese Berechnung des Höhenintervalls kann allerdings nur in den unteren Luftschichten angewendet werden, da der Luftdruck mit zunehmender Höhe nicht linear, sondern exponentiell abnimmt. Man hat deshalb für genauere Berechnungen die **barometrische Höhenformel** eingeführt, die der Luftdruckabnahme durch die exponentiell-Funktion gerechter wird.

Bei der nachfolgenden Höhenformel rechnen wir mit der feuchten Atmosphäre und der virtuellen Temperatur, die in diesem Beispiel um 1,4 °C höher liegt, als die der Standardatmosphäre von 15°C und gelangen damit zu folgendem Ergebnis:

$\Delta H/1hPa$ Höhenänderung die 1 hPa entspricht

T_{vm} mittlere virtuelle Temperatur zwischen beiden Schichten in °C

P_u Luftdruck an der Untergrenze der Schicht

P_o Luftdruck an der Obergrenze der Schicht

$$\Delta H/1hPa = 18400 \cdot (1 + 3,67 \cdot 10^{-3} \cdot T_{vm}) \lg \frac{P_u}{P_o}$$

$$\frac{\Delta H}{1hPa} = 18400 \cdot (1 + 3,67 \cdot 10^{-3} \cdot 16,4^\circ C) \lg \frac{1013,25 \text{ hPa}}{1012,25 \text{ hPa}}$$

$$\frac{\Delta H}{1hPa} = 8,37$$

Das Höhenintervall würde unter Berücksichtigung der virtuellen Temperatur hier etwas höher ausfallen. Fazit: Je höher die virtuelle Temperatur, desto größer die Höhenstufe.

Tabelle: Temperaturabhängigkeit der barometrischen Höhenformel

Temperatur °C	Dichteterm ($1+0,00367 \cdot T$)	Höhenintervall (m) einer Druckänderung von 1 hPa
30	1,109	8,75
20	1,073	8,46
10	1,036	8,17
0	0	7,88

Mit der **barometrischen Höhenformel** lässt sich nun die Höhe leicht bestimmen, wenn zwei Luftdruckwerte bekannt sind unter Vernachlässigung der Temperatur:

$$H = 18400 \cdot \log \left(\frac{1013 \text{ hPa}}{850 \text{ hPa}} \right) = 1401,9 \text{ m}$$

Durch Umstellung der o.a. Formel können wir den Luftdruck in jeder Höhenlage bestimmen. Rechnen wir mit folgendem Beispiel:

Es soll ein Luftdruck auf Höhe der Talstation berechnet werden. Der absolute Luftdruck an einer Station in 1500 Metern Höhe betrage 854,3 hPa. Es wird eine Außentemperatur von 11°C gemessen. Bekannt ist nur die Höhe der Talstation, die sich in 435 Meter über dem Meeresspiegel befindet. Die Höhendifferenz beträgt 1065 Meter. Zunächst muss die mittlere Temperatur berechnet werden. Es liegt trockene Luft vor mit einem Temperaturgradienten von 0,98°C/100 m. Die Temperatur an der tiefer gelegenen Station ist somit

$$11^\circ C + \left(\frac{0,98^\circ C}{100} \right) \cdot 1065 \text{ m} = 21,4^\circ C$$

Die mittlere Temperatur zwischen Station A und B berechnet sich über

$$T_m = \frac{(t_{NN} + t_H)}{2} = T_m = \frac{(21,4^\circ C + 11^\circ C)}{2} = 16,2^\circ C$$

$$P_0 = \log P_1 + \left(\frac{Hm}{18400m \cdot \left(1 + \frac{1}{273,15^\circ\text{C} \cdot 16,2^\circ\text{C}}\right)} \right)$$

Mit Einsetzen der Variablen gelangen wir zu folgendem Ergebnis

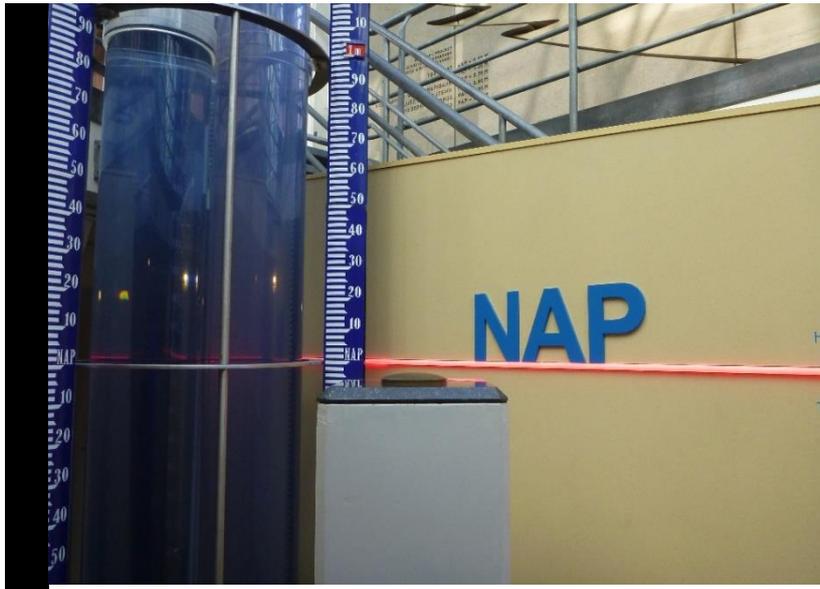
$$P_0 = \log 854,3 \text{ hPa} + \left(\frac{1065m}{18400m \cdot 1,0593} \right) = 2,993$$

Bezieht man die Gleichung nicht auf den natürlichen Logarithmus zur Basis $e = 2,7183\dots$ sondern auf den dekadischen Logarithmus zur Basis 10 dann ergibt sich ein Luftdruck von

$$10^{2,993} \text{ hPa} = 984 \text{ hPa}$$

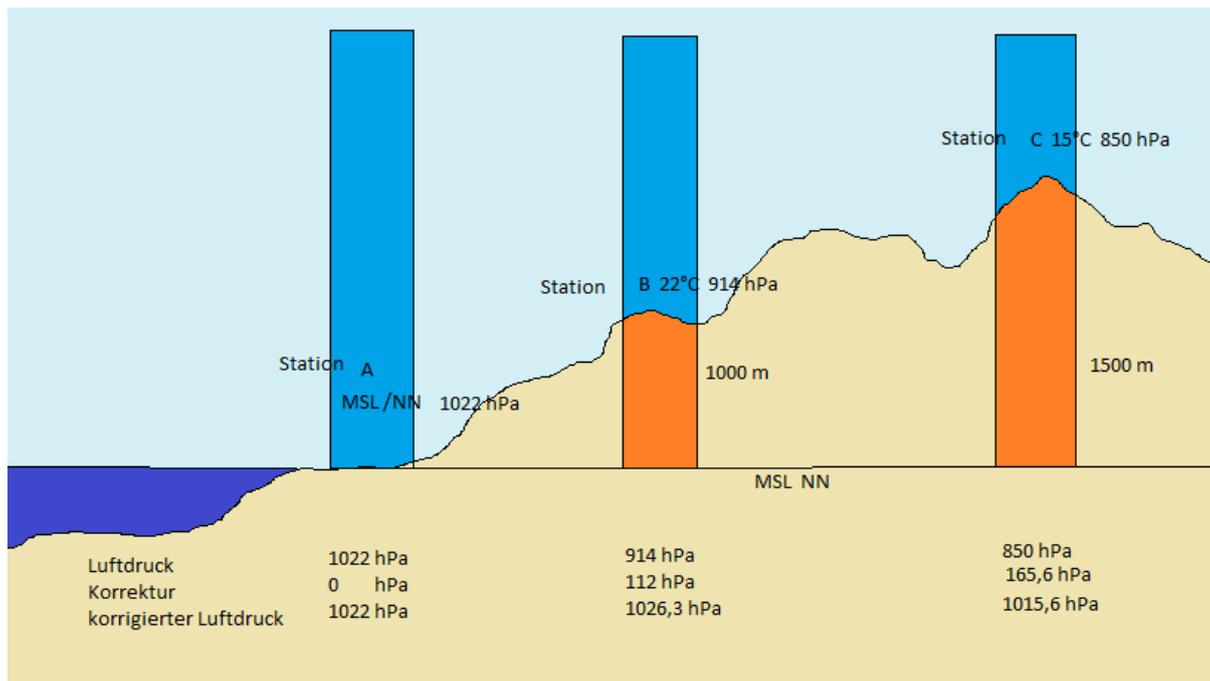
Der Umgebungsluftdruck beträgt auf Höhe der Talstation in 435 m Höhe 984 hPa.

Reduktion des Luftdrucks auf Meeresspiegelniveau (NN)



Normal Amsterdamer Pegel NAP (Höhennormal-Null NN)

Damit die Luftdruckbeobachtungen (höhenabhängiger Umgebungsdruck) der verschiedenen Wetterstationen, verglichen werden können, muss man die Luftdruckwerte auf Meereshöhe, NN reduzieren.



Darstellung unterschiedlicher Luftdruckangaben in verschiedenen Höhenlagen mit Reduktion auf Meereshöhe MSL Beispiel:

An einer Station auf 430 m Höhe wird ein Umgebungsdruck von 960 hPa gemessen. Die virtuelle Temperatur beträgt hier 22°C. Auf Meereshöhe wird eine Temperatur von 27°C angenommen.

$$p_{NN} = p_H \cdot \exp\left(\frac{g \cdot \frac{m}{s^2} \cdot H_m}{R \cdot \frac{J}{kg} \cdot T_v K}\right)$$

Um die Gleichung lösen zu können, muss zunächst noch die mittlere virtuelle Temperatur zwischen beiden Höhen von 0m/NN bis 430 m berechnet werden:

$$T_m = \frac{(t_{NN} + t_H)}{2} = T_m = \frac{(27^\circ C + 22^\circ C)}{2} = 24,5^\circ C$$

Die mittlere virtuelle Temperatur beträgt 24,5°C, und mit den eingesetzten Variablen gelangen wir zu diesem Ergebnis

$$p_{NN} = 960 \text{ hPa} \cdot \exp\left(\frac{(9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 430m)}{(287 \frac{J}{kg} \cdot 297,65 K)}\right) = 1008,6 \text{ hPa}$$

Der Luftdruck auf Meereshöhe reduziert, ist damit 1008,6 hPa

Durch Umstellen der Gleichung gelangen wir zur hypsometrischen Formel zur Höhenmessung mit den gleichen Werten:

$$\Delta H = \frac{\left(R \cdot \frac{J}{kg} \cdot T_K\right)}{g \cdot \frac{m}{s^2}} \cdot \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$\Delta H = \frac{(287 \frac{J}{K} \cdot 297,65 K)}{9,81 \frac{m}{s^2}} \cdot \ln\left(\frac{1008,6 \text{ hPa}}{960 \text{ hPa}}\right) = 430 \text{ m}$$

In der Luftfahrt werden zur Vereinfachung der Luftdruck und die Höhe nach der Standardatmosphäre eingestellt. Nach diesem Prinzip arbeiten auch alle Höhenmesser und werden auch auf 15°C und einem Luftdruck von 1013,25 hPa geeicht. Damit können wir zwei Abkürzungen, die vor allem in der Luftfahrt Verwendung finden definieren:

Der QNH-Wert (Altimeter Druck)

Der QNH-Wert ist der in Höhe des Flugplatzes gemessene und auf Meereshöhe reduzierte Luftdruck. Wie schon erwähnt wird hier die Reduktion auf Basis der internationalen Standardatmosphäre durchgeführt. Also ohne Berücksichtigung von Temperaturänderung und Luftfeuchte. Eingetragen wird das QNH in den Metar Meldungen, entweder codiert:

2015/10/09 10:20

EDDS 091020Z VRB02KT 9999 FEW022 SCT046 BKN070 14/09 **Q1020** NOSIG

oder im Klartext:

Ort m ü. NN	Zeit	Temperatur	Taupunkt	Rel. Luftfeuchte	Luftdruck: Altimeter NN Station	Wind in Beaufort (Knoten)	Sichtweite (Meter)	Wolken (Meter über Grund)
Stuttgart 419	Fr 09.10. 12:20	14	9	72 %	1020 1020 970	Uml 1 (2)	>= 10000	Stark bewölkt (2100) Wolkig (1400) Leicht bewölkt (670)

Der QFF-Wert

Dieser Wert ist der auf Meereshöhe reduzierte Luftdruck, wie er bei den Wetterdiensten ermittelt und verwendet wird. Es ist die genau durchgeführte Reduktion. Als gemessene Werte verwendet man als Grundgleichung die barometrische Höhenformel, in die Temperatur, die Dichte und Feuchte mit einbezogen werden. Für die Berechnung wird der Einfachheit halber ein Temperaturgradient von 0,6°C /100m angenommen. Die Berechnung des QFF-Wertes ist aufwendig. In der Praxis wird dies mittels Rechner oder mit Hilfe von Tabellen durchgeführt. Trotz alledem ist auch dieser Wert nicht ganz genau, vor allem dann nicht, wenn der Temperaturgradient von 0,6°C stark abweicht, wie es bei Inversionswetterlagen typisch ist. Als Vergleich zur Demonstration zwischen beiden Werten von QFF und QNH sind folgende Parameter angenommen:

- p_{NN} gesuchter auf MSL reduzierter Luftdruck [hPa]
- p_h Luftdruck auf Stationshöhe [985 hPa]
- exp Exponentialfunktion
- g Schwerebeschleunigung [m/s^2]
- H_m Höhe auf der sich die Station befindet [370 m]
- R allgemeine Gaskonstante [J/kg]
- T_v mittlere virtuelle Temperatur [$17,4^\circ C = 290,55 K$]
- $0,12$ Adiabaten Konstante
- e Dampfdruck [13 hPa]
- $0,0065$ feuchtadiabatischer Temperaturgradient [$^\circ C$]

$$P_{NN} = P_h \cdot \exp\left(\frac{g \frac{m}{s^2} \cdot H_m}{R \frac{J}{kg} \cdot (T_v K + 0,12 \cdot e) + \left(\frac{0,0065 \cdot H_m}{2}\right)}\right)$$

Einsetzen der Variablen:

$$P_{NN} = 985 \cdot \exp\left(\frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 370 m}{287 \frac{J}{kg} \cdot (290,55 K + 0,12 \cdot 13 hPa) + \left(\frac{0,0065^\circ C \cdot 370 m}{2}\right)}\right)$$

PNN = 1028,4 hPa

Als Vergleich dazu, der auf Standardatmosphäre reduzierte Luftdruck mit der fest eingestellten Temperatur von 15°C (288,15 K) und ohne Berücksichtigung der Luftfeuchte:

$$P_{NN} = 985 \cdot \exp\left(\frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 370 \text{ m}}{287 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 288,5 \text{ K}}\right) P_{NN} = 1029,1 \text{ hPa}$$

Obwohl die Temperaturdifferenz hier von 2,4 °C klein ist, kommen wir im Ergebnis zu unterschiedlichen Luftdruckangaben. Die Luftdruckdifferenz wird umso größer, je weiter die Temperatur von der Standardatmosphäre von 15°C abweicht, wie in der Tabelle dargestellt.

Umgebungsluftdruck hPa	Temperatur °C	Luftfeuchte e hPa	Luftdruck auf NN hPa
985	30	21	1026,6
985	20	15	1028,1
985	15	0	1029,1
985	5	6,57	1031,2
985	-10	2,86	1033,3

Durch Änderung des Vorzeichens kann der absolute Luftdruck in beliebiger Höhe bestimmt werden, wenn der auf MSL reduzierte, Luftdruck bekannt ist.

$$p = 1029,1 \cdot \exp\left(-\frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 370 \text{ m}}{287 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 288,5 \text{ K}}\right) P_{NN} = 984,8 \text{ hPa}$$



Beobachtungen des Luftdrucks

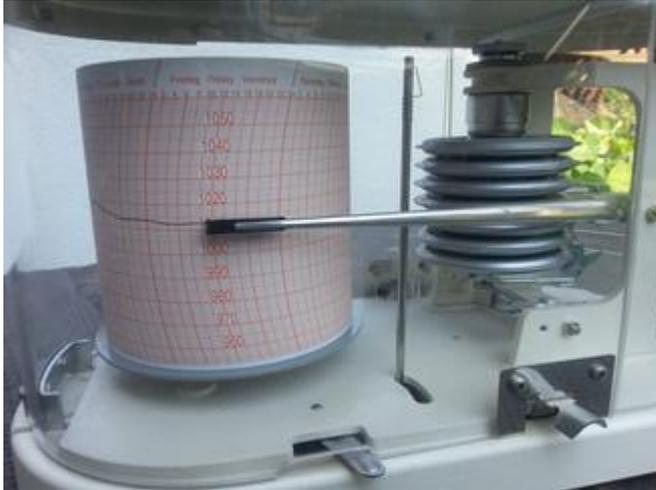
Angaben auf dem Barometer, wie Regen, Veränderlich und schön, wie auf dem Bild zu sehen, sind völlig irreführend. Viel wichtiger ist die Geschwindigkeit, mit der sich der Luftdruck nach oben oder nach unten verändert. Bei einem hohen Luftdruck (auf Schön stehend) im Winter, muss es nicht zwangsläufig schönes Wetter mit Sonnenschein geben, wie beispielsweise bei einer ausgeprägten Inversionswetterlage, die tagelang zu grauem Hochnebel führt. Ein auf Regen stehender Luftdruck im Sommer, muss auch nicht zu Regen führen. Und auch eine Wetterprognose allein nur über die Veränderung des Luftdrucks zu bestimmen, wird nicht generell zum Erfolg führen. Dennoch liefert ein Barograph Anhaltspunkte über die weitere Wetterentwicklung. Bei einem temperaturkompensierten Barometer hat man besonders über die Sommermonate das Problem der täglichen Luftdruck-Amplitudenschwankung. Durch die steigende Temperatur fällt der Luftdruck tagsüber mehr oder weniger stark, nachts dagegen durch die Abkühlung wieder an. Abweichungen von bis zu 6 hPa in den

Amplitudenspitzen gegenüber einen nach Standardatmosphäre eingestellten Barometer, welches keine Schwankungen bei einer stabilen Wetterlage zeigt, sind keine Seltenheit. Änderungen des Luftdrucks von mehr als 3-4 hPa innerhalb von drei Stunden werden als stark fallend, bzw. stark steigend bezeichnet. Im Sommer könnte ein stark fallender Luftdruck zu Gewittern führen, im Winter wiederum auf einen herannahenden Sturm hindeuten. Ein stark ansteigender Luftdruck wäre demnach ein Hinweis für ein Zwischenhoch, welches zu Wolkenrückgang und Sonnenschein führt. Langsame Änderungen deuten dagegen auf eine Umstellung der Wetterlage hin.

All diese schönen Empfehlungen, darf man allerdings nicht grundsätzlich 1:1 übernehmen. Letztendlich müssen die Großwetterlagen und die damit verbundenen dynamischen Zusammenhänge analysiert werden, um eine Prognose liefern zu können.

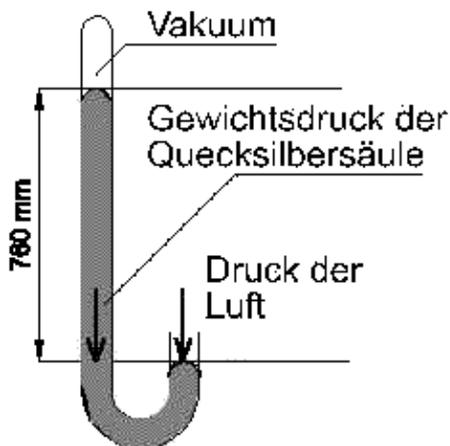
Bild oben: Dosenbarometer

Bild unten: Barograph mit 7 Druckdosen



Quecksilber -Stationsbarometer

Um den Luftdruck in Wetterkarten anzeigen zu können, muss dieser erst über ein Messgerät, wie dem Barometer, oder besser über dem Barographen bestimmt werden. Dies erfolgt bei den Wetterdiensten heutzutage über elektronische Geräte meist automatisch. Früher haben dies hauptamtliche Wetterbeobachter, die nur noch an ganz wenigen Stellen in Deutschland eingesetzt werden, übernommen. Dies erfolgte entweder über ein Dosen – oder Quecksilberbarometer. Das letztere, nach Torricelli benannte Stationsbarometer, funktioniert über eines mit Quecksilber gefüllten U-Rohres, dessen eine Seite verschlossen und luftleer ist. Auf dem offenen Schenkel des Rohres wirkt der Luftdruck und lässt die Quecksilbersäule im evakuierten Teil des Rohres aufsteigen.

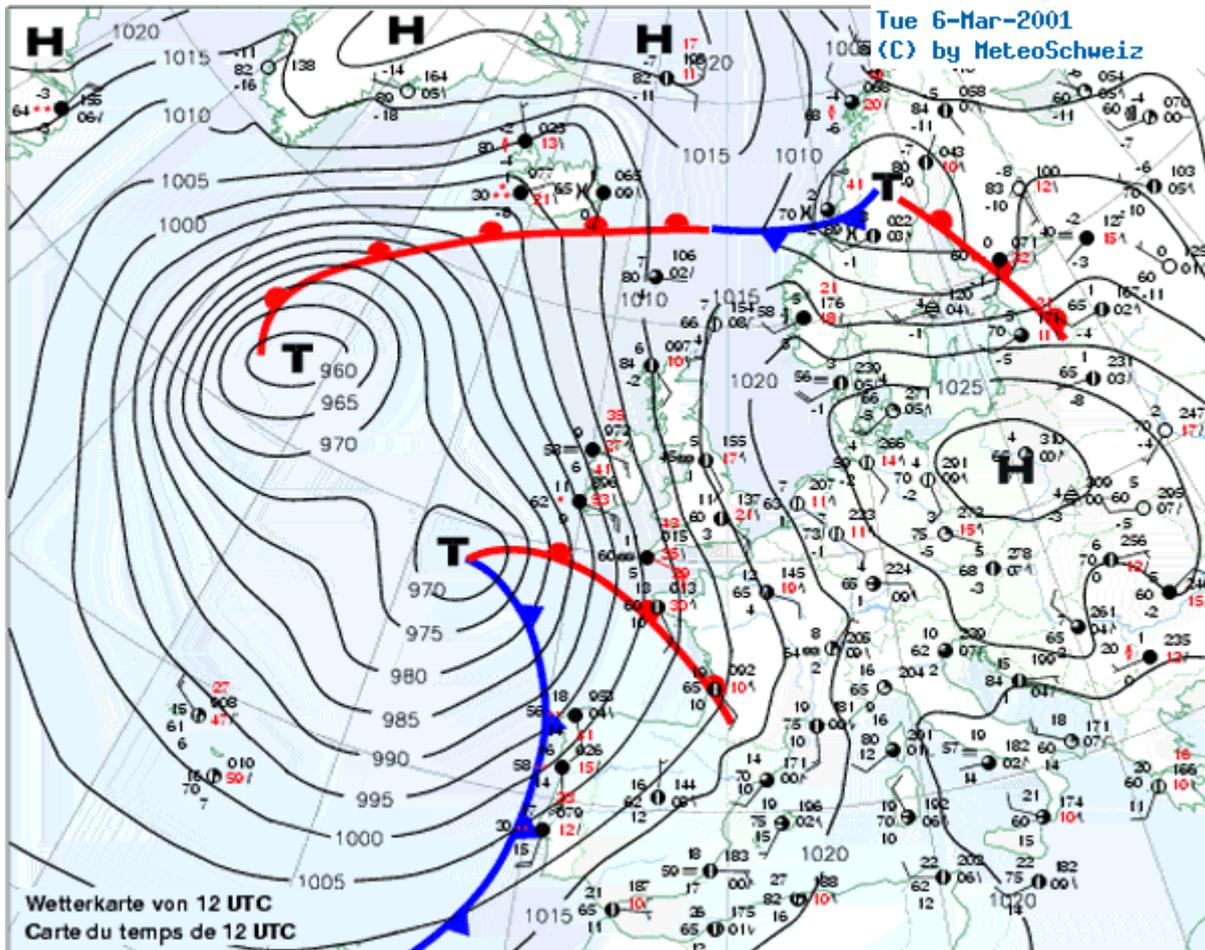


Bodenwetterkarte mit Isobaren (Linien gleichen Luftdrucks)

Die in den Bodenwetterkarten dargestellten Isobaren werden im Abstand von 5 hPa eingetragen. Je enger die Linien zueinander stehen, desto höher ist die Windgeschwindigkeit. In der Meteorologie bezeichnet man den Abstand zwischen dem Zentrum des Druckgebildes (Hoch oder Tief) bis zum äußeren Radius als Gradient.

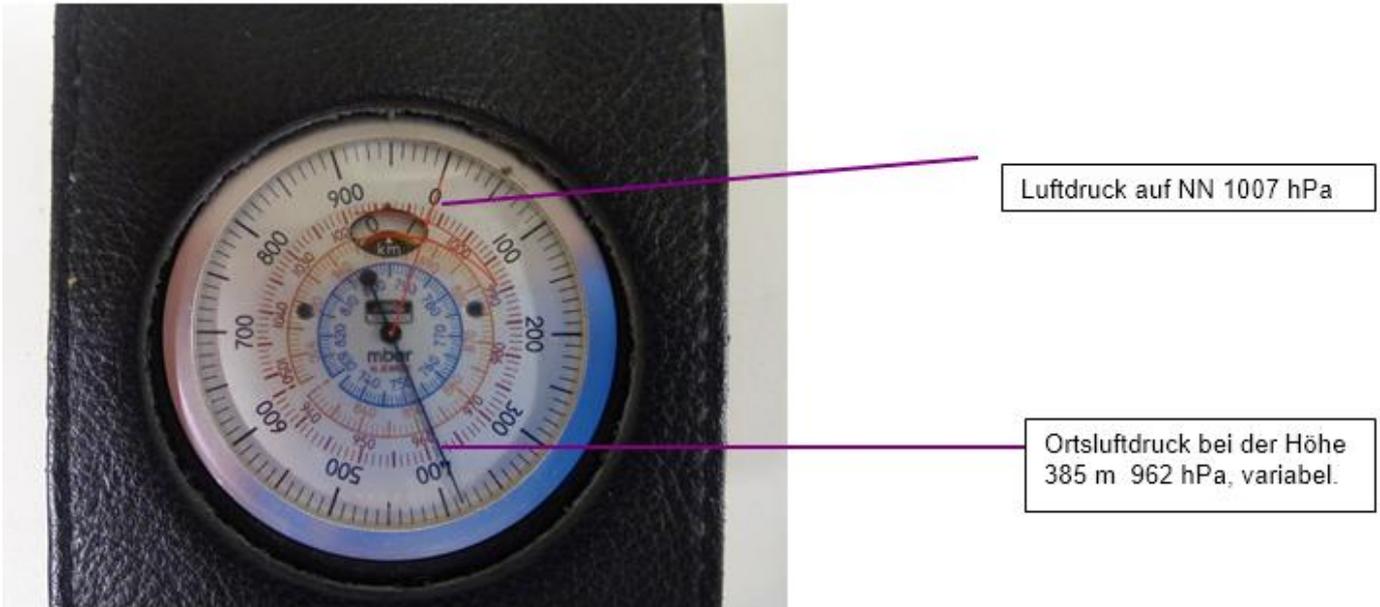
Luftdruckgradient

Den Luftdruckgradient darf man sich wie einen Trichter vorstellen: Je steiler der Trichter desto schneller rollt beispielsweise eine Kugel in ihm. Auf ein dynamisches Druckgebilde würde dies demnach eine immer höhere Windgeschwindigkeit bedeuten. Je enger die Isobaren, desto höher die Windgeschwindigkeit. Näheres gibt es dazu in einem weiteren Kapitel über Dynamik der Hochs und Tiefs und deren Windgeschwindigkeiten.



Bodenwetterkarte mit Druckgebilde auf Meereshöhe

Höhenmesser (Altimeter)

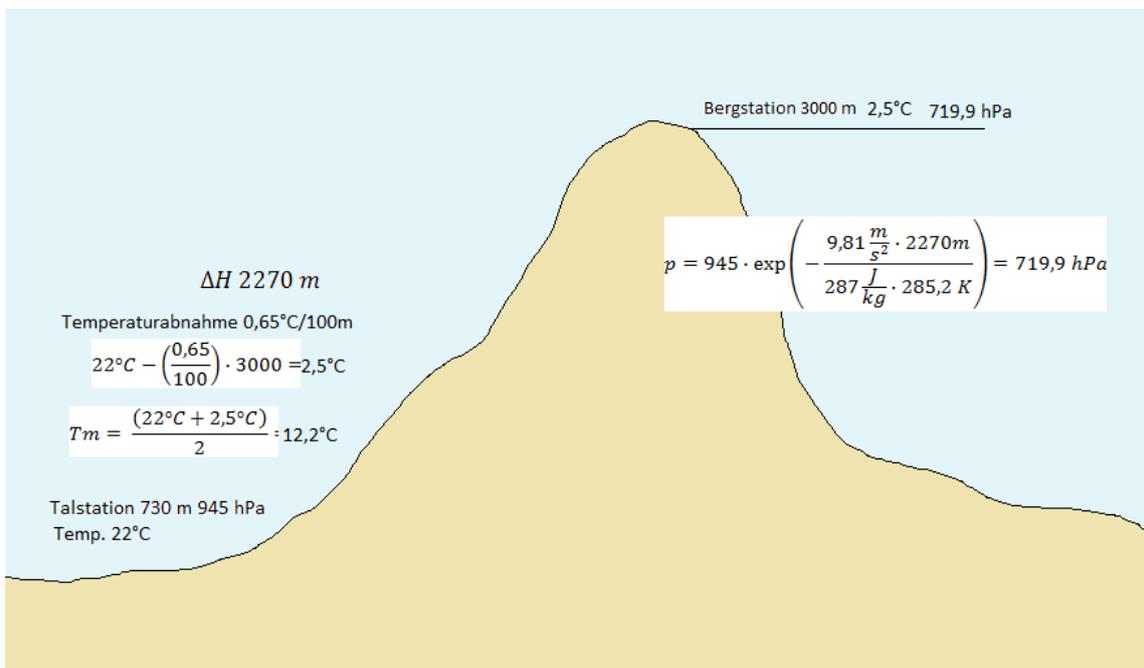


Luftdruck auf NN 1007 hPa

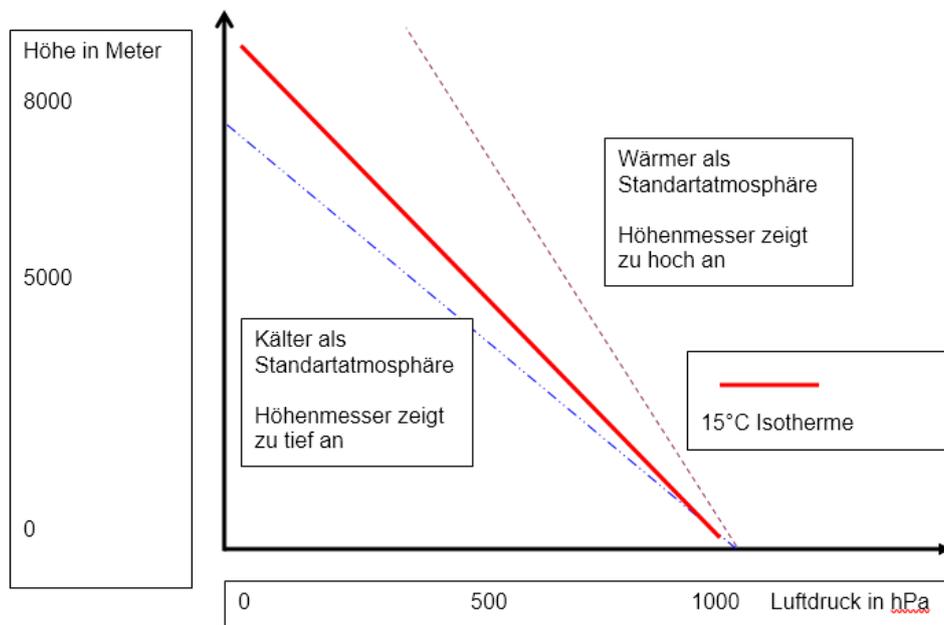
Ortsluftdruck bei der Höhe
385 m 962 hPa, variabel.

Mechanischer Höhenmesser (Thommen) mit Höhenskala, absoluten Luftdruck und Anzeige des auf NN reduzierten Luftdrucks

Höhenmesser, die immer nach den Vorgaben der Standardatmosphäre geeicht sind, sind eigentlich nichts anderes als Barometer, die auf Luftdruckänderungen reagieren. Gute Höhenmesser zeigen stets beide Luftdruckangaben. Zum einen den Umgebungsdruck, dieser höhenabhängig ist. Und zum anderen den auf Meereshöhe, also NN reduzierten Druck. Im inneren des Gehäuses besitzen sie eine kleine teilvakuierte Druckdose, ähnlich aufgebaut wie bei einem Aneroidbarometer. Höhenmesser können nur dann die genaue Höhendifferenz anzeigen, wenn die atmosphärischen Verhältnisse nicht allzu weit von der ISO-Atmosphäre abweichen. Dies ist in der Regel kaum möglich, da die Temperatur mit zunehmender Höhe in der Regel abnimmt und bei Inversionswetterlagen deutlich zunehmen kann. Somit sind beispielsweise bei einem Bergaufstieg die Höhenangaben mit mehr oder weniger großen Fehlern behaftet und müssten eigentlich ständig korrigiert werden. Auf die in der Abbildung gezeigte Höhenmesserskala entspricht ein Teilstrich 10 m und 1 hPa, eine barometrische Höhenstufe von 8,3 m.



Grafik zur Bestimmung des Luftdrucks mit Hilfe des Höhenmessers und der Barometrischen Höhenformel



Höhenmesserproblematik: An einer Talstation in 600 m Höhe über dem Meeresspiegel wird ein Umgebungsdruck von 951,7 hPa gemessen. An einem in der Nähe gelegenen Flughafen wird ein Luftdruck (QNH) von 1022 hPa gemessen. Der Höhenmesser wird, nach den Bedingungen der Standardatmosphäre, auf diesen Wert eingestellt. Im Laufe der Zeit soll sich nur die Temperatur ändern. Die in der Tabelle angezeigten Veränderungen der Höhe durch den Einfluss der Temperatur, sind nicht zu unterschätzen.

Umgebungsdruck	Gemessene Temperatur	Luftdruck NN	Angezeigte Höhe in m	Differenz in Höhenmetern
951,7 hPa	15 °C	1022	600 m	0 m
951,7 hPa	2 °C	1022	573 m	-27 m
951,7 hPa	25 °C	1022	621 m	+21 m
951,7 hPa	30 °C	1022	631 m	+31 m
951,7 hPa	-5 °C	1022	558 m	-42 m

Literatur:

Allgemeine Meteorologie
 Gösta H. Liljequist, Konrad Cehak Vieweg Verlag
 Meteorologie und Klimatologie Springer Verlag
 Prof. Horst Malberg
 Elemente des Klimas
 Thomas Littman, Jürgen Steinrücke, Monika Bürger Klett Verlag
 Moderne Flugmeteorologie
 Dr. Manfred Reiber

© Lothar Aeckerle

