

***„Es gibt nichts Praktischeres, als eine gute Theorie.“
Immanuel Kant***

***„Wer die Wolken genau beobachtet versteht die Thermik und kann sie besser nutzen“
Dr. Manfred Reiber***

1. Wolken als einen aktuellen physikalischen Prozess erkennen und interpretieren

Wolken sind für uns Flieger „sichtbare Wetterzeichen“. Ihre äußere Form und die Geschwindigkeit ihrer Veränderung sind ein qualitatives Maß für die Art und Stärke der in ihnen ablaufenden physikalischen Prozesse. Jeder „Thermikflieger“ schaut deshalb zuerst auf die Wolken, um praktisch verwertbare Hinweise auf die Thermik zu finden. Ich will in diesem Artikel zeigen, wie man über das exakte Studium von Wolken und nicht über theoretische Abhandlungen, praktisches Wissen über die Thermik gewinnen und nutzen kann. Es ist natürlich klar, dass die thermischen und strömungsdynamischen Prozesse in der Atmosphäre im Prinzip genauso ablaufen, wenn keine Wolken da sind, wir also nichts sehen können. Dann hilft uns aber das vorangegangene Wolkenstudium auch, dass wir uns ein „Bild“ von den gerade ablaufenden Prozessen machen können, weil wir eben diese Abläufe „früher“ schon an den Wolken studiert haben.

2. Wolken, die uns etwas über die Güte der Thermik, bzw. über das, was wir an Thermik erwarten können, verraten.



Abbildung 2.1 Solche Sc-Wolkendecken sind typisch für Hochdruckwetterlagen. Die Wolken bilden sich über Nacht an einer freien Inversion, der sog. Pelopause, in etwa 2000 bis 2500 m GND. Nach Sonnenaufgang behindern sie zunächst die Sonneneinstrahlung und damit die Ausbildung von Thermik. Vor allem im Sommer aber werden solche Sc-Decken mit einer Wahrscheinlichkeit > 85 % schon am frühen Vormittag von der Sonne „weggeheizt“. Dann entsteht bald gute, manchmal sogar sehr gute Thermik, die dann genau bis in die Höhe der nun aufgelösten Sc-Wolkenbasis reicht. Die genaue Höhe einer Pelopause-Inversion kann man leicht aus einem Temp bestimmen (siehe z. B. Wetterplattform www.meteoblue.ch oder www.flugwetter.de). Der durch die Wolkenlücken sichtbare azurblaue Himmel ist ein

weiterer „starker“ Hinweis auf die Ausbildung guter Thermik, denn diese Himmelsfarbe signalisiert trockene, unterhalb der Peplopause labil geschichtete Kaltluft.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 2.2 Segelflieger unterscheiden Blau- und Wolken thermik. Blauthermik unterscheidet sich von der Wolken thermik dadurch, dass bei Blauthermik der Kondensationspunkt des Wasserdampfes nicht erreicht wird. Der Himmel bleibt „blau“, es gibt zwar Thermik, aber keine Wolken. Auf dem Bild herrscht „praktisch“ Blauthermik. Nur ein winziges Wölkchen hoch über dem Plattkofel (Südtirol) macht die Thermik sichtbar. Die Thermikstärke ist bei Blauthermik in der Regel geringer als bei Wolken thermik und liegt etwa zwischen 1 und max. 5 m/s, bei sehr starker Labilität auch drüber. Unter Quellwolken erreichen die Vertikalwinde größere Werte und können durchaus 10 m/s erreichen. Weil bei Blauthermik die Quellwolken als „Thermikanzeiger“ fehlen sind Streckenflüge deutlich schwieriger.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 2.3 Gute Thermik ist zu erwarten, wenn sich 1 bis 4/8 flache Quellwolken (Cu hum, Cu fra) ausgebildet haben. Im Gegensatz zur Blauthermik, kann man Wolken thermik „sehen“ und damit viel besser finden und nutzen. Außerdem ist ja Wolken thermik in der

Regel deutlich stärker als Blauthermik, weil feuchte Luft eine geringere Dichte hat als trockenen und damit leichter ist und besser steigen kann. Das Wolkenbild in obiger Abbildung ist typisch für „Rückseitenkaltluft“, die unter Hochdruckeinfluss geraten ist. Die Quellwolken erreichen Untergrenzen von etwa 2000 bis 2500 m GND. Sie reichen bis an die Peplopause, die als markante Thermikobergrenze fungiert. Eine gut ausgeprägte Peplopause lässt dafür aber auch keine stärkere Quellwolkenbildung zu. Gefährliche CBs können also nicht entstehen. Durch die Quellwolken wird den ganzen Tag Feuchtigkeit bis in Peplousenhöhe transportiert, das führt am späten Nachmittag oder abends oft zur „Wolkenausbreitung“ und in der Nacht dann zur Ausbildung einer Sc-Wolkendecke (siehe Abbildung 2.1). Existieren solche Wetterlagen längere Zeit (einige Tage) dann „altert“ die Luftmasse und die Intensität der Thermik nimmt von Tag zu Tag ab.

Foto: Dr. M. Reiber

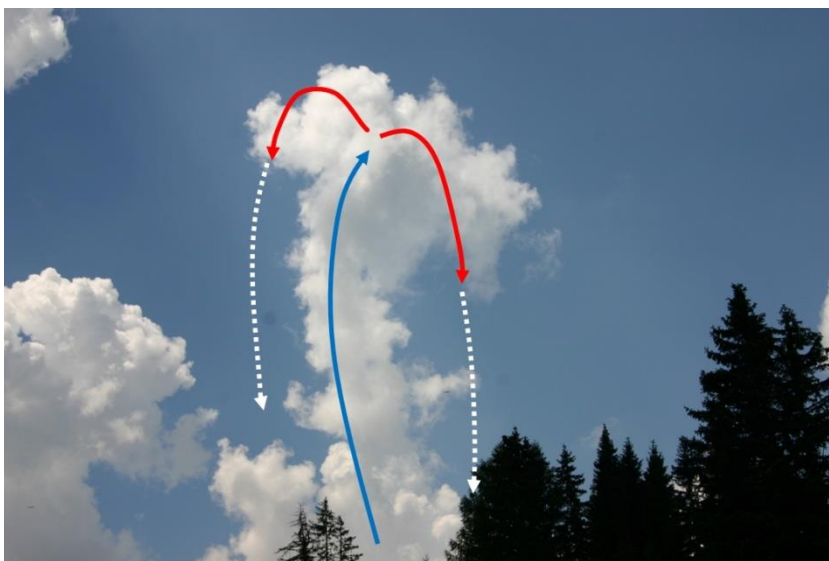


Abbildung 2.4 Diese Art von Quellwolken weist auf gute bis sehr gute Thermik hin. Die langgestreckten „Wolkentürme“ zeigen die aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung regelrecht an. Für alle Thermikflieger „eine Lust“ solche Wolken zu sehen. An der Form der Wolke erkennt man aber auch sehr schön, wie „eng“ aufwärts gerichtete und abwärts gerichtete Vertikalbewegung in der Thermik beieinanderliegen können.

Foto: Dr. M. Reiber

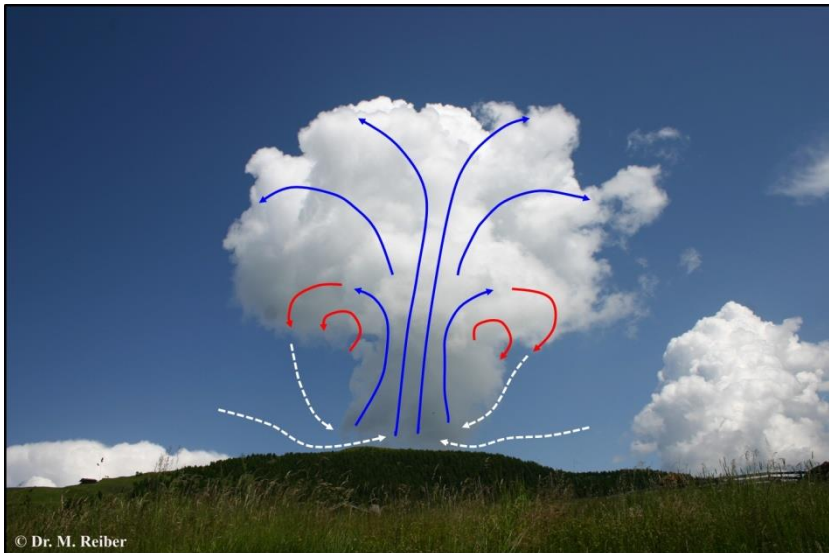


Abbildung 2.5 Betrachtet man dieses Bild als typische Form eines „Thermikbartes“, dann erkennt man im zentralen mittleren Bereich den am besten ausgeprägten aufwärts gerichteten Luftstrom, die abwärts gerichteten Luftströme an den Rändern, im „Schulterbereich“ auch turbulente Zonen und den seitlichen Luftzufluss knapp über dem Erdboden, der ja die thermische Böigkeit des bodennahen Windes verursacht. Man könnte diese Wolke bzw. die Thermik im Allgemeinen mit einer „Mini-Mini-....-Ausgabe eines Atompilzes vergleichen, der ja auch durch thermische Prozesse, wenn auch durch unvergleichlich stärkere, ausgelöst wird.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 2.6 Bei starker und gerade entstehender Thermik sind die Untergrenzen der Quellwolken oft konkav eingestülpt, was im Bild sehr gut zu sehen ist. Verursacht wird das durch starke aufwärts gerichtete Vertikalwinde. Sehr starke Thermik forciert natürlich die Quellwolkenbildung, sie ist durch keine Inversion nach oben begrenzt und es besteht die Gefahr, dass sich aus zunächst „harmlosen“ Quellwolken schnell, bei hoher Labilität sogar „explosionsartig“ schnell, CBs entwickeln. In CBs werden nicht selten Vertikalbewegungen bis 30 m/s erreicht und zwar auf- und abwärts gerichtete. Schon unterhalb starker

Quellbewölkung (vor allem unter CBs) kann die Thermik so extrem sein, dass sogar Segelflugzeuge in die Wolke regelrecht „eingesaugt“ werden. Im CB herrschen aber nicht nur starke Auf- und Abwinde, sondern auch extreme Turbulenz, ggf. Vereisung, Hagel und Blitzgefahr. Deshalb ist ein Flug in der Nähe eines CBs oder gar ein Einflug in einen CB immer eine extrem lebensbedrohliche Situation und sollte unbedingt unterbleiben!

Foto: Dr. M. Reiber

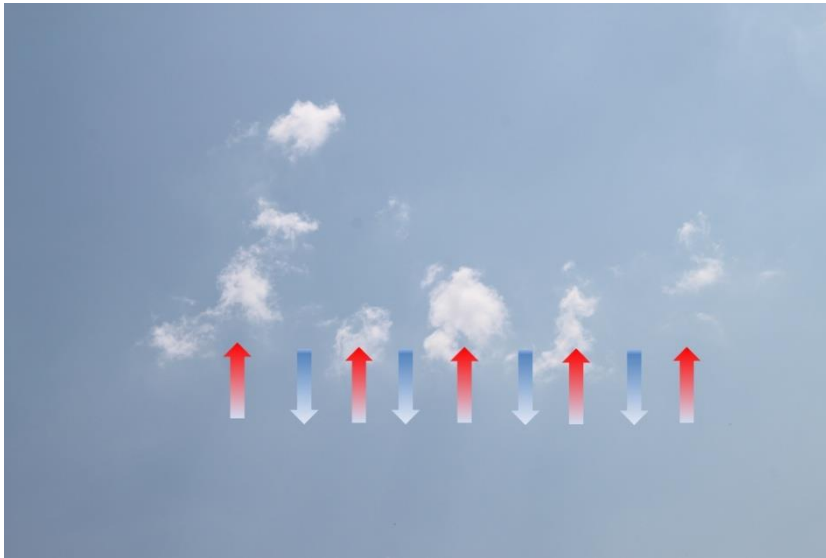


Abbildung 2.7 Wir wissen, dass in Warmluft oder bei starkem Wind „zerrissene“ Thermik entsteht, deren Bärte oder „Wurzeln“ nur geringe Durchmesser haben, schwer zu finden und schwer zu zentrieren sind. Neben einem schwachen Aufwind „findet“ man sofort einen Abwind, größere Flugstrecken arten zu „schwerer“ Arbeit aus und sind eher die Seltenheit, dafür kommen häufiger Außenlandungen vor. Auf dem Bild ist gut zu sehen wie eng Auf- und Abwinde bei solchen Wetterlagen beieinander liegen. Wenn es auch oft viele Bärte gibt, sind sie jedoch für Streckenflüge nicht viel „Wert“.

Foto: Dr. M. Reiber

3. Besonderheiten der Thermik in Luv und Lee

Wenn unter Thermikbedingungen Hindernisse überströmt werden, dann verstärken sich im Luv dynamische Aufwinde und Thermik gegenseitig, sie wirken in gleicher Richtung, aber im Lee wirkt der dynamische Abwind der Thermik entgegen, er schwächt sie ab und verändert sie. Diese Behauptung ist leicht einzusehen, aber nicht ganz so einfach zu verstehen. Bei meinen Strömungsstudien am Berg habe ich interessante Zusammenhänge beobachten können, wovon ich einige im Wolkenbild zeigen und erklären möchte.



Abbildung 3.1 Auf diesem Bild ist sehr schön zu sehen, was man logischerweise erwartet. Im Luv addieren sich Thermik und dynamischer Aufwind (die Gleitschirmflieger im grünen Kreis erreichen die größten Höhen), in Gipfelhöhe wirkt nur noch die Thermik, der dynamische Aufwind weht hier etwa horizontal (die Gleitschirmflieger im gelben Kreis erreichen nicht mehr so große Höhen, wie die im grünen Kreis) und im Lee „vernichtet“ der dynamische Abwind die Thermik fast vollständig, die Gleitschirmflieger im roten Kreis können sich „gerade so“ in der Luft halten. Allerdings konnte ich auch beobachten, dass die Interaktion zwischen Thermik und Dynamik nicht konstant war, sondern die Thermik nur etwa alle 30 Minuten ins „Geschehen“ eingriff. In der Zwischenzeit dominierte die Dynamik der Strömung.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 3.2 Häufig konnte ich an der Bildung von Quellwolken beobachten, wie im Lee Thermik entstand, die durch den abwärts gerichteten Leewind „niedergehalten“ und in Rotation versetzt wurde. Die Quellwolken (so auch Blauthermik) begannen um eine horizontale, parallel zur Erdoberfläche gelegene Achse zu rotieren. Die Thermik wurde total

vernichtet und zusammen mit dem dynamischen Abwind in Turbulenzenergie umgewandelt, so dass zumindest unter Gipfelhöhe keinerlei Aufwind zu finden war. Verallgemeinernd kann man sagen, Thermik im Lee, wenn sie sich unterhalb des Gipfels befindet ist immer schwach und neigt zur Turbulenz. Luftsportler sollten dieses Gebiet deshalb unbedingt meiden.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 3.3 Ein voll entwickelter Rotor, wie er sich unter den Bedingungen wie in den Abbildungen 3.1 und 3.2 beschrieben, entwickelt hat.

Foto: Dr. M. Reiber

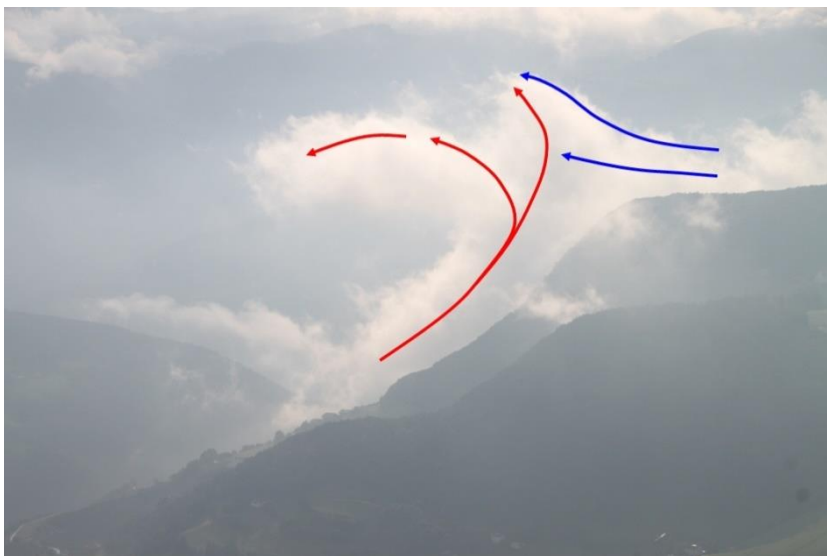


Abbildung 3.4 Der Leehang ist sonnenbeschienen, es entsteht ein thermischer Aufwind. In Gipfelhöhe kommt es zur Interaktion zwischen dem thermischen Aufwind und der freien Strömung (hier von rechts kommend). Auch bei dieser Strömungskonstellation bilden sich im Lee Rotoren, die den Raum unterhalb des Gipfels, vielleicht auch bis kurz über Gipfelhöhe ausfüllen.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 3.5 Das ist eine schematische Darstellung zur Entstehung von Leethermik unterhalb und oberhalb des Gipfels. Wir haben in den Abbildungen 3.1 bis 3.4 gesehen, dass die im Lee, unterhalb des Gipfels entstehende Thermik unter Wirkung des dynamischen Abwindes zur Rotorbildung neigt, turbulent ist und zum Höhengewinn kaum oder gar nicht nutzbar ist. Wegen der Turbulenzgefahr wird empfohlen dieses Gebiet ganz und gar zu meiden. Entsteht aber gute Thermik im Luv, die mit der Strömung über den Berg „getragen“ wird, dann findet man auch im Lee oberhalb des Gipfels gute und nutzbare Thermik. Diese Thermik ist „genetisch“ also keine Leethermik, obwohl sie im Lee angetroffen wird.
Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 3.6 Auf dem Bild sind quasi Thermikschläuche zu sehen, die von der Luvseite über den Kamm auf die Leeseite „geweht“ werden. Diese Thermik wird von der Leeströmung kaum beeinflusst und ist genauso gut nutzbar wie auf der Luvseite.
Foto: Dr. M. Reiber

4. Thermik dreht

Wenn Luft in einem Thermikschlauch aufsteigt beginnt sie sich zu drehen. Die Drehrichtung kann sowohl links, als auch rechts herum sein. Meine Erfahrungen und Beobachtungen zeigen jedoch, allerdings statistisch nicht exakt bewiesen, dass die Linksdrehung deutlich öfter auftritt, als die Rechtsdrehung. Beim „Kurbeln“ in der Thermik ist es also nicht gleichgültig, in welcher Richtung man kreist, um den Gegenwind zusätzlich zur Thermik zu nutzen.



Abbildung 4.1 Von „Staubteufeln“ (dust devils) wissen wir, dass starke thermische Aufwinde drehen. Auch „nicht sichtbare“ Thermikschläuche verhalten sich ähnlich, nur dass man dort, wegen des fehlenden Staubs, die Drehung nicht direkt beobachten kann. Deutlich sichtbar wird der nach oben breiter werdende Schlauch, typisch für Thermikschläuche.

Foto: M. Neubronner



Abbildung 4.2 Sehr häufig dreht Thermik! Auf dem Foto wird die Drehung in einer gerade entstehenden Quellwolke deutlich sichtbar. Nach meinen Erfahrungen erfolgt die Drehung häufiger links- als rechtsherum, obwohl es dafür keinen schlüssigen Beweis gibt!

Foto: Dr. M. Reiber

5. Beispiele für auffallende thermische Strukturen

Thermische Strukturen hängen von vielen Faktoren ab. Die wichtigsten sind: die Stabilität der Luftmasse, die Geländeform und die Bodenbedeckung, der Wassergehalt der oberen Bodenschichten, die Windgeschwindigkeit und die vertikale Windscherung.



Abbildung 5.1 Auf diesem Bild sieht man, wie aus der Gipfelregion abfließende Kaltluft das Aufsteigen wärmerer Luft initialisiert und somit Thermik am Fuße des Berges auslöst. Im kalten Abwärtsstrom können sich wegen der adiabatischen Erwärmung keine Wolken bilden. Das Abfließen der Luft kann man also nicht direkt sehen, aber ihre Wirkung durch die Quellwolkenbildung deutlich erkennen. Den „Anstoß“ für die am Fuße des Berges entstehende Thermik liefert also die abfließende Kaltluft. Diesen thermikauslösenden Effekt konnte ich in Gebirgsregionen (z. B. im Schwarzwald) schon öfters beobachten.

Foto: Dr. M. Reiber

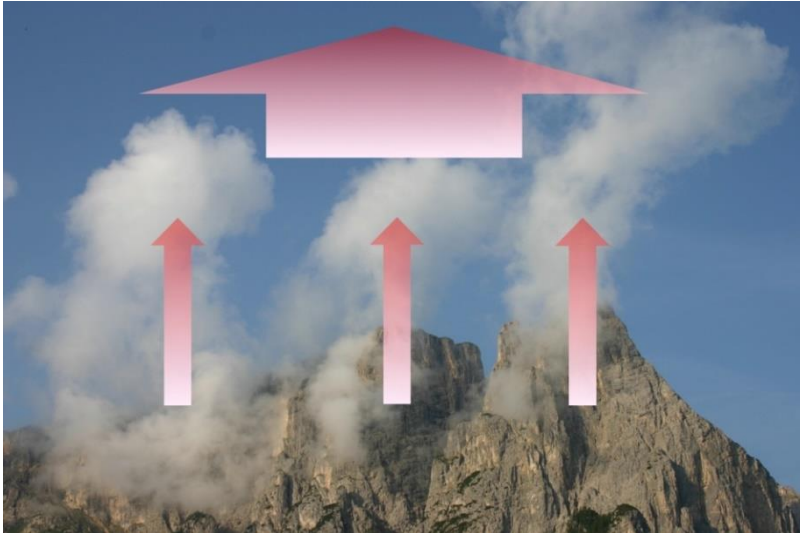


Abbildung 5.2 Wir wissen, dass Thermik als Warmluftblase über stark erhitzten Stellen der Erdoberfläche entsteht. Häufig entstehen auf diese Art und Weise mehrere kleine Blasen in der Nachbarschaft, die aufsteigen und sich dabei zu größeren Blasen, bzw. dickeren Thermikschläuchen vereinigen. Unter diesen Bedingungen verbessert sich die Thermik mit zunehmender Höhe, sie wird stärker und lässt sich besser zentrieren. Auf dem Bild sieht man, wie sich mehrere Blasen bilden und sich beim weiteren Aufstieg vereinigen werden.

Foto: Dr. M. Reiber



Abbildung 5.3 In Abbildung 5.2 haben wir gesehen, wie sich kleinere Thermikblasen beim Aufstieg zu einer größeren vereinigen. Das kommt sehr häufig vor, aber auch den umgekehrten Fall kann man beobachten. Gelegentlich teilen sich stärkere Bärte plötzlich in zwei oder mehrere Äste auf, die getrennt weiter aufsteigen. Auf dem Bild ist gut die eingestülpte Untergrenze zu sehen, die durch einen Thermikschlauch mit größerem Durchmesser und starkem Aufwind verursacht wird. Beim weiteren Aufstieg teilt sich der Bart in zwei Teile, die nicht mehr die thermische Energie des ursprünglichen „Mutterbartes“ besitzen. Vielleicht nur noch je die Hälfte.

Foto: Dr. M. Reiber

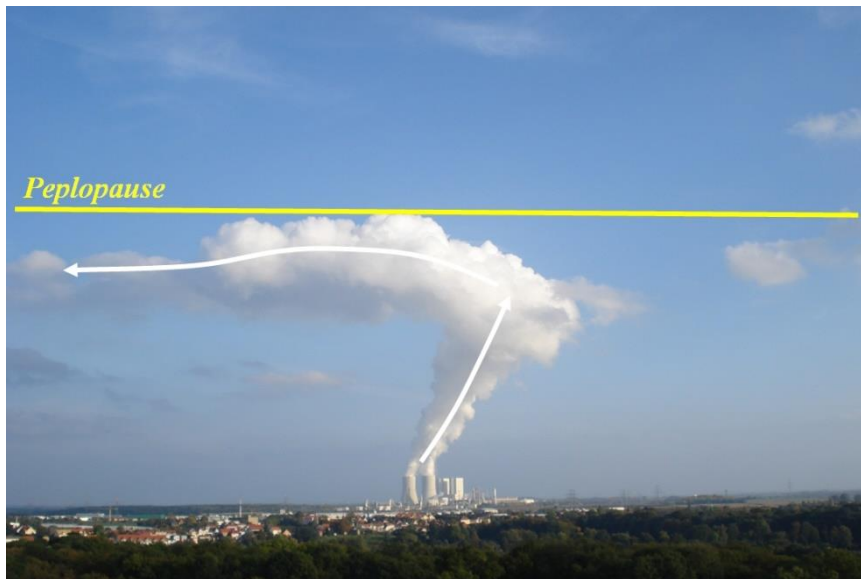


Abbildung 5.4 Wenn Thermik durch eine freie Inversion in ihrer Höhengausbreitung behindert wird und das ist ja z. B. die Regel bei Hochdruckwetterlagen (Peplopause), kann sie nicht weiter aufsteigen. Sie ist an der Inversion „zu Ende“. Man kann diese stabile Inversionsschicht z.B. durch abknickende Rauchfahnen oder sich seitlich ausbreitende Quellwolken gut erkennen.

Foto: Dr. M. Reiber

Dieser Artikel ist mit gering verändertem Inhalt auch im Magazin Segelfliegen Heft 4/2014 erschienen (www.segelfliegen-magazin.com)



Der Autor: Dr. Manfred Reiber hat Flugzeugbau und Meteorologie studiert und zum Dr. rer. nat. promoviert. Er hat langjährige Erfahrungen auf allen Teilgebieten der Flugmeteorologie und Flugwettervorhersage. Er ist als Dozent, Wissenschaftsjournalist und Buchautor tätig und betreut auch Ballonmeetings, Segelflug- und Gleitschirmwettbewerbe in der Praxis. Im Internet ist er unter www.DrMReiber.de zu finden. Von seiner Homepage kann man ca. 40 Artikel zu flugmeteorologischen Fragen der Sportflieger und Ballonfahrer frei downloaden.