

INTERPRETATION VON WOLKENBILDERN UND WETTERPHÄNOMENEN FÜR PILOTEN UND BALLONFAHRER

Deutliche Hinweise auf Gefahren

TEIL 3: GEFAHREN ANZEIGENDE WOLKEN

TEXT UND FOTOS DR. MANFRED REIBER

„Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie.“

Immanuel Kant

Auch mit den besten Computern und den raffiniertesten mathematischen und physikalischen Gleichungen lassen sich Wolken heute noch nicht „berechnen“. Aber ihr Aussehen, ihr Erscheinungsbild insgesamt lassen viele Schlussfolgerungen über die in ihnen ablaufenden physikalischen Prozesse zu. Einige Wolken signalisieren z.B. auch extreme Fluggefahren. Mit dem Aussehen dieser Wolken wollen wir uns im dritten Teil dieser Artikelserie beschäftigen. Im Mittelpunkt steht dabei der „Cumulonimbus“, im Allgemeinen auch als „Gewitterwolke“ bezeichnet. Wir wollen uns hier nicht mit der Theorie der Gewitterentstehung befassen, dafür gibt es Lehrbücher. Auf die potentiellen Gefahren einer Gewitterwolke an sich möchte ich aber dennoch mit allem Nachdruck hinweisen, weil sie in jedem Falle lebensbedrohlich sein können. Grundsätzlich muss man in jeder Gewitterwolke mit folgenden Gefahren rechnen:

Turbulenz: Die Vertikalbewegungen in Gewitterwolken erreichen nicht selten 20 m/s, in Extremfällen auch 30 m/s. Die Auf- und Abwinde beginnen schon unterhalb der Wolke und reichen innerhalb der Wolke oft bis in Höhe der Tropopause, teils also weit über 10 km hoch. Turbulenz ist nicht nur auf die Wolke selbst begrenzt, auch in einer Entfernung bis zu einigen Kilometern von der Wolke kann die Turbulenz mäßig, in Einzelfällen auch stark sein.

Blitz: Die weitaus meisten Blitze entladen sich in der Wolke oder zwischen verschiedenen Wolken. Sie erreichen Längen von 5 bis 10 km. Im Extremfall wurde schon eine Blitzlänge von 140 km beobachtet! Erdblitz erreichen Längen von etwa 1 bis 2 km (das ist abhängig von der Wolkenuntergrenze). In Blitzen fließen Ströme von 10.000 bis 100.000 Ampere, im Blitzkanal steigen die Temperaturen bis auf 30.000 °C.

Vereisung: Die Gefahr von Vereisung ist in Cb's generell sehr hoch. Das betrifft natürlich nicht nur Flugzeuge, sondern auch Ballone (insbesondere Gasballone), Gleitschirme, Drachen inklusive ihren (ungeschützten) Piloten und Passagieren.

Hagel: Hagelkörner erreichen gewöhnlich Durchmesser von 5 bis 50 mm, in Extremfällen auch mehr als 100 mm. Die Fallgeschwindigkeit solcher „Eisstücke“ liegt zwischen 50 und mehr als 100 km/h. Die zerstörerische Kraft beim Zusammentreffen mit Fluggeräten aller Art und ggf. ungeschützten Piloten ist gewaltig.

Mein Fazit aus fast 50-jähriger Erfahrung als Flugmeteorologe ist: Am besten wird ein Luftsportler seiner Verantwortung bei Vorhandensein „großer“ Cumuluswolken oder gar Cumulonimbuswolken gerecht, wenn er nicht startet, bzw. unverzüglich landet.

Wollen wir nun einige typische Wolken an Hand ausgewählter Bilder betrachten:



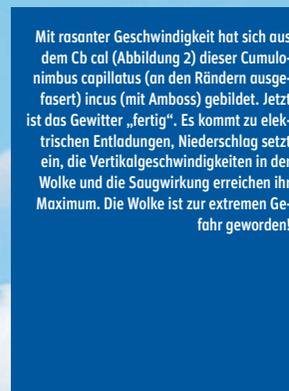
Das ist ein Cumulus congestus, die unmittelbare Vorstufe zum Cumulonimbus. Man sieht deutlich, dass diese Wolke in fortschreitender Entwicklung ist. Im Moment muss man schon unter ihr, in ihr und in ihrer Umgebung mit erheblicher Turbulenz rechnen. Die Ränder der Wolke sind scharf begrenzt, Hagelbildung hat offensichtlich noch nicht eingesetzt, die Wahrscheinlichkeit, dass es schon blitzt, ist gering. Das eigentliche Problem besteht darin, dass sich diese Wolke mit hoher Geschwindigkeit weiter zum Cb entwickeln wird. Im Gebirge können solche Entwicklungsprozesse vom Cu con zum Cb innerhalb von wenigen Minuten ablaufen. Luftsportler, die sich jetzt in der Luft befinden, sollten solche Wolken kontinuierlich beobachten, nicht in ihre unmittelbare Nähe fliegen und spätestens dann, wenn die Vertikalentwicklung der Wolke anhält und ihre Ränder „ausfasern“, einen sicheren Landeplatz suchen.

Feedback

Um diese praxisorientierte Artikelserie noch passgenauer für uns als Gleitschirmflieger fortzusetzen, wünscht sich der Autor eure Mitarbeit. Er ist über seine Homepage www.DRMReiber.de erreichbar und beantwortet auch gern eure speziellen Anfragen zur Flugmeteorologie des Gleitschirmfliegens. So habt ihr sogar die Möglichkeit, direkt mit ihm in Kontakt zu kommen. Ganz besonders würde er sich über weitere Themenvorschläge von euch freuen.



Das ist ein Cumulonimbus calvus (die Ränder der Wolke sind „kahl“, also noch scharf begrenzt). Blitze treten noch nicht auf, aber die ersten elektrischen Entladungen stehen unmittelbar bevor. Diese Wolke ist in diesem Stadium für alle Luftsportler schon sehr gefährlich. In der Wolke ist mit starker Turbulenz zu rechnen. Im Bereich der Wolkenuntergrenze und darunter setzt eine starke Saugwirkung zur Wolke hin ein. Auch außerhalb der Wolke ist mindestens mäßige Turbulenz zu erwarten. Die Wolke ist offensichtlich in weiterer Entwicklung, die Fluggefahren nehmen zu. Vor allem im gebirgigen Gelände (Alpen, Mittelgebirge) kann die Entwicklung solcher Wolken rasant fortschreiten. In der Abbildung 3 sehen wir diese Wolke 6 Minuten später und hier schon weiterentwickelt zum Cb capillatus incus mit Blitz und Donner und extremer Fluggefahr.



Mit rasanter Geschwindigkeit hat sich aus dem Cb cal (Abbildung 2) dieser Cumulonimbus capillatus (an den Rändern ausgefasert) incus (mit Amboss) gebildet. Jetzt ist das Gewitter „fertig“. Es kommt zu elektrischen Entladungen, Niederschlag setzt ein, die Vertikalgeschwindigkeiten in der Wolke und die Saugwirkung erreichen ihr Maximum. Die Wolke ist zur extremen Gefahr geworden!

Das ist ein Cumulonimbus capillatus (ausgefaserter) incus (mit Amboss), eine Gewitterwolke im Reifestadium. Direkt sichtbar wird auf diesem Bild die extrem starke Saugwirkung der Wolke in ihrem unteren zentralen Bereich. Es sieht in der Tat aus wie ein „Höllenschlund“ und zumindest für kleine und leichte Luftfahrzeuge wie Drachen, Gleitschirme, Ballone u.a. wirkt er auch so! Würde man in diesem Bereich der Wolke eingesaugt, könnte man sich nicht mehr gegen einen „Aufstieg“ bis etwa zur Tropopause „wehren“. Man müsste alle „Höllenschlund“, die diese Wolke bereithält aushalten und das sind: starke Turbulenz, zuckende Blitze, dröhnende Donner, eisige Kälte, Atemnot wegen Sauerstoffmangels und Verletzungen durch Hagelschlag. Leider haben schon zu viele Flugsportler diese Höllenschlund erlebt, aber nur sehr, sehr wenige von ihnen konnten uns davon berichten. Die meisten haben diese mörderischen Naturgewalten nicht überstanden.





Auf diesem Bild ist ein Cumulonimbus mit dem Ansatz eines Tornado-schlauches (Südschwarzwald) zu sehen. Erreichen diese „Schläuche“ den Erdboden, richten sie in aller Regel große Verwüstungen an. Die Schneisen der Verwüstung sind zwar meist „nur“ einige Dekameter bis einige Hektometer breit, aber selbst am Boden befindliche, nicht geschützte, Luftsportgeräte und Flugzeuge würden in diesem Bereich beschädigt oder gar zerstört. Das eindeutige Fazit muss beim Anblick solcher Wolkenformationen sein: Nicht starten bzw. sofort landen und sich selbst und das Luftsportgerät in Sicherheit bringen. Selbst wenn die Zone mit gefährlicher Turbulenz, die ja in der Regel eben eng begrenzt ist, einige Kilometer abseits vom eigenen Standort vorbeigezogen ist, war die Entscheidung richtig, alle Sicherheitsvorkehrungen getroffen zu haben. Viele glauben, dass Tornados in Deutschland sehr selten sind. Das ist nicht richtig. Immerhin wurden in den letzten Jahren in Deutschland 50 bis 100 Tornados pro Jahr gezählt und Fachleute sind sich sicher, dass bei weitem nicht alle erfasst wurden. Es ist auch wahrscheinlich, dass die globale Erwärmung zu einer steigenden Anzahl von Tornados führt.

FOTO W. CZECHI



Auf diesem Bild ist eine starke Böenwalze mit extrem gefährlichen Wettererscheinungen zu sehen. Solche Wolkenbilder „verraten“ uns mit großer Sicherheit extreme Turbulenz, Gewitter mit Starkniederschlag, sehr wahrscheinlich sogar Hagel. Böenwalzen sind die „Vorreiter“ starker Gewitter, sie entstehen meist vor ausgeprägten Kaltfronten oder Troglinien. Es sind Luftwirbel, die sich um eine horizontale Achse drehen. Sie sehen dunkel und drohend aus und sind meist bogenförmig. Ihr Durchzug ist mit plötzlichen starken Böen (fast immer in Orkanstärke) und Windrichtungsänderungen gekoppelt. Für das Fliegen stellen sie eine extreme Gefahr dar. Selbst das größte und vielleicht sicherste Flugzeug der Welt, ein Airbus A 380, wäre in einer Böenwalze oder in ihrer Nähe in größter Gefahr. Da sich Böenwalzen, vor allem im Sommer, vor Kaltfronten bzw. Troglinien ausbilden, sollten Luftsportler immer einen respektablem Abstand von diesen wetteraktiven Zonen halten. Bei stark ausgeprägten Fronten sollten das, zumindest im Sommer, wenn sich möglicherweise noch vor der Front Böenlinien ausbilden, bis zu 100 km sein, aber auch sonst sollte man sich nicht näher als 30 bis 50 km heranwagen.



Auf diesem Bild sieht man einen Cumulonimbus mammatus, das ist ein Cb mit einer besonderen Form der Untergrenze. Wegen der aus der Höhe herabfließenden Kaltluft „beulen“ sich die Untergrenzen nach unten aus und erhalten dieses typische Aussehen. Ein herannahender Cb mit solchen Untergrenzen signalisiert immer höchste Gefahr. Jegliche fliegerischen Aktivitäten sollten in seiner Nähe sofort eingestellt werden.



Hier sehen wir einen Stratocumulus mammatus. Die Entstehungsursache dieser Untergrenzen ist prinzipiell die gleiche wie beim Cb mam. Bei dieser Wolke sind die Fluggefahren jedoch deutlich geringer. Mit mäßiger Turbulenz in der Bewölkung und ggf. Vereisung ist aber zu rechnen. Luftsportler sollten den Einflug in diese Wolken möglichst vermeiden.



Rechts im Bild kann man einen Altocumulus castellanus (türmchenförmige Auswüchse) beobachten. Diese Wolken gelten als Gewitterverboden, sind selbst aber kaum als gefährlich einzustufen. Die „Türmchen“ zeigen uns nur, dass die mittlere Troposphäre labil geschichtet ist. Wenn allerdings durch die Thermik oder andere Hebungsprozesse Wolkenluft in diese Höhe gelangt, entwickeln sich meist sehr rasch kräftige Cumuluswolken, die schnell zum Cumulonimbus weiterwachsen. Vor allem im Sommer kann man diese Ac cas oft früh und vormittags beobachten. Am späten Vormittag werden sie durch die Sonne meist „weggeheizt“ und erst am Nachmittag, wenn durch die Thermik diese labilen Schichten erreicht werden, setzt die kräftige und rasche Quellwolkenbildung ein, die am Morgen schon zu erkennen war und uns den Hinweis auf nachmittägliche Gewitter gab.



Altocumulus castellanus (türmchenförmige Auswüchse) als Gewitterverboden über dem Meer. Weitere Erläuterungen siehe auch Abbildung oben rechts.

INTERPRETATION VON WOLKENBILDERN UND WETTERPHÄNOMENEN FÜR PILOTEN UND BALLONFAHRER

Deutliche Hinweise auf Gefahren

TEIL 4: Welche Hinweise können uns orografische Wolken geben?

TEXT UND FOTOS DR. MANFRED REIBER

Wolken, vor allem tiefe Wolken werden vielfach durch die Orografie (die Geländeform) beeinflusst, oder ganz und gar durch sie verursacht. Diese Wolken zeigen das enge Zusammenspiel von Atmosphäre und Erdoberfläche. Damit wird schon klar, dass vor allem Berge bzw. Gebirge, aber auch Wasseroberflächen auf die Wolkenbildung einwirken. Wasseroberflächen wie Flüsse, Seen oder Küstenregionen von Meeren dienen als „Feuchtigkeitsspender“ und begünstigen unter bestimmten Bedingungen die Bildung von Nebel bzw. Hochnebel. Vor allem im Herbst, wenn die Wasseroberflächen noch warm sind und Wasser verdunstet, die feste Landoberfläche durch die nächtliche Ausstrahlung aber schon stark auskühlt ist und die Luft langsam vom Wasser zum Land fließt, kühlt sich die feuchte und warme Luft ab. Fällt dabei die Temperatur bis zum Taupunkt, kondensiert der Wasserdampf und es bilden sich Nebel oder Hochnebel.

Durch adiabatisches Aufsteigen von Luft im Luv von Bergen bzw. Gebirgen

können sich Wolken bilden und durch adiabatisches Absinken im Lee lösen sich Wolken auf. Diese Wolken zeigen dann ihrerseits die Strömungsverhältnisse am Berg an. So werden lokale, dynamisch verursachte Auf- bzw. Abwinde sichtbar und können leicht von Gleitschirm und Drachen genutzt werden. Diese Strömungsverhältnisse sind allerdings bei weitem nicht immer von Wolken begleitet, eben nur dann, wenn die Temperatur beim Aufstieg bis zum Taupunkt fällt. Die genaue Beobachtung solcher Wolken vervollständigt aber unser Wissen über die Strömung an Hindernissen und gibt uns mehr Sicherheit für die Ausübung unseres Sportes.

Wolken können sich auch bilden, wenn Kaltluft von den Hängen in tiefere Lagen, wie in Mulden, Senken, Talkessel usw. abfließt. Durch die massive Ansammlung von Kaltluft fällt die Temperatur und wenn dabei der Taupunkt erreicht wird, bilden sich Nebel bzw. Hochnebel.

„Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie.“

Immanuel Kant

Betrachten wir einige Bilder, die uns die oben erläuterten physikalischen Prozesse gut beobachten lassen.



1 Hier wird der Berg von rechts angeströmt. Die Schichtung der Atmosphäre ist stabil, die Strömung fast laminar. Auf der Luvseite erkennt man das bis weit in das Tal hinunter reichende dynamische Aufsteigen bis etwa auf Gipfelhöhe und noch etwas darüber hinausreichend. Auf der Leeseite ist die Strömung in einem deutlich kürzeren „Ast“ abwärtsgerichtet. Das dynamische Aufsteigen der Luft auf der Luv-Seite des Berges ist zwar regional sehr eng begrenzt, wäre aber von Gleitschirmfliegern gut nutzbar.
Foto: Dr. M. Reiber

Feedback

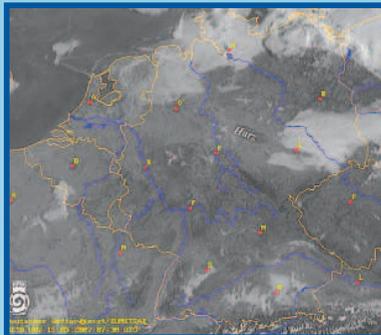
Um diese praxisorientierte Artikelserie noch passgenauer für uns als Gleitschirmflieger fortzusetzen, wünscht sich der Autor eure Mitarbeit. Er ist über seine Homepage www.DrMReiber.de erreichbar und beantwortet auch gern eure speziellen Anfragen zur Flugmeteorologie des Gleitschirmfliegens. So habt ihr sogar die Möglichkeit, direkt mit ihm in Kontakt zu kommen. Ganz besonders würde er sich über weitere Themenvorschläge von euch freuen.



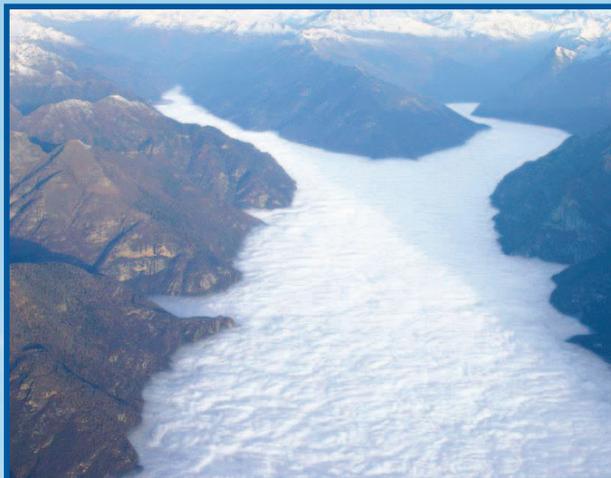
2 Auch hier wird der Berg wieder von rechts angeströmt. Infolge der adiabatischen Hebung bilden sich im Luv Wolken, die auf der Lee-Seite nicht mehr aufgelöst werden. Die Strömung ist bei stabiler Schichtung der Atmosphäre weitgehend laminar. Eine Gruppe von Gleitschirmfliegern nutzt das dynamische Steigen zum Höhengewinn. Aus der Höhe, die die Gleitschirmflieger erreichen, sieht man, dass das dynamische Steigen weit über die Wolken schicht hinauf reicht.
Foto: Dr. M. Reiber



3 Dieses Bild zeigt uns eine sogenannte „Bannerwolke“. Bannerwolken bilden sich im Lee eines Berges und sind quasistationär. Sie entstehen bevorzugt an hohen, steilen Bergen mit pyramidalen Grundform. Bei hoher Windgeschwindigkeit herrscht infolge der Überströmung des Berges auf der Leeseite tieferer Luftdruck und es kommt zur Ausbildung eines Leewirbels mit horizontaler Achse. Die Strömung ist in aller Regel sehr turbulent und meist schräg nach oben gerichtet. Sie entsteht mit Sicherheit oft auch ohne Wolkenbildung, bleibt dann für uns „unsichtbar“ und ist deshalb besonders gefährlich. Im Beispiel kann man die Turbulenz an den Wolkenstrukturen mit diesem „peitschenförmigen“ Aussehen gut erkennen.



4 Dieses Bild zeigt uns eine sogenannte „Bannerwolke“. Bannerwolken bilden sich im Lee eines Berges und sind quasistationär. Sie entstehen bevorzugt an hohen, steilen Bergen mit pyramidaler Grundform. Bei hoher Windgeschwindigkeit herrscht infolge der Überströmung des Berges auf der Leeseite tieferer Luftdruck und es kommt zur Ausbildung eines Leewirbels mit horizontaler Achse. Die Strömung ist in aller Regel sehr turbulent und meist schräg nach oben gerichtet. Sie entsteht mit Sicherheit oft auch ohne Wolkenbildung, bleibt dann für uns „unsichtbar“ und ist deshalb besonders gefährlich. Im Beispiel kann man die Turbulenz an den Wolkenstrukturen mit diesem „peitschenförmigen“ Aussehen gut erkennen. Dieses Sattelitenbild im sichtbaren Bereich (VIS-Bild) zeigt uns sehr schön, wie die weit nach Ost-Südost reichende Leeströmung des Harzes eine Hochnebeldecke bis östlich des Leipziger Raumes auflöst. Der Einflussbereich dieses relativ kleinen Gebirges reicht hier etwa 100 km weit. Luftsportler müssen also selbst in solchen Entfernungen von einem Mittelgebirge mit einem Einfluss auf die Strömungsverhältnisse rechnen. Foto: Deutscher Wetterdienst



5 Dieses Bild zeigt uns eine sogenannte „Bannerwolke“. Bannerwolken bilden sich im Lee eines Berges und sind quasistationär. Sie entstehen bevorzugt an hohen, steilen Bergen mit pyramidaler Grundform. Bei hoher Windgeschwindigkeit herrscht infolge der Überströmung des Berges auf der Leeseite tieferer Luftdruck und es kommt zur Ausbildung eines Leewirbels mit horizontaler Achse. Die Strömung ist in aller Regel sehr turbulent und meist schräg nach oben gerichtet. Sie entsteht mit Sicherheit oft auch ohne Wolkenbildung, bleibt dann für uns „unsichtbar“ und ist deshalb besonders gefährlich. Im Beispiel kann man die Turbulenz an den Wolkenstrukturen mit diesem „peitschenförmigen“ Aussehen gut erkennen. Abfließende Kaltluft von den Hängen sammelt sich in Tälern. Wenn die Temperatur bis zum Taupunkt gefallen ist, bilden sich Wolken, die dann als Hochnebel bzw. Nebel sichtbar werden. Hier beobachtet in den Alpentälern bei einer Alpenüberquerung von Bellinzona nach Stein AR im Appenzellerland. Foto: Dr. M. Reiber

6 Dieses Bild zeigt uns eine sogenannte „Bannerwolke“. Bannerwolken bilden sich im Lee eines Berges und sind quasistationär. Sie entstehen bevorzugt an hohen, steilen Bergen mit pyramidaler Grundform. Bei hoher Windgeschwindigkeit herrscht infolge der Überströmung des Berges auf der Leeseite tieferer Luftdruck und es kommt zur Ausbildung eines Leewirbels mit horizontaler Achse. Die Strömung ist in aller Regel sehr turbulent und meist schräg nach oben gerichtet. Sie entsteht mit Sicherheit oft auch ohne Wolkenbildung, bleibt dann für uns „unsichtbar“ und ist deshalb besonders gefährlich. Im Beispiel kann man die Turbulenz an den Wolkenstrukturen mit diesem „peitschenförmigen“ Aussehen gut erkennen. Kleine, örtlich sehr begrenzte Nebelfelder am Ufer der Mosel, beobachtet bei einer Landung mit einem Heißluftballon nach einer Nachtfahrt. Eine geringe Luftströmung führt feuchte und warme Luft von der Wasseroberfläche das rechte Flussufer hinauf. Das geringe Steigen in der stabilen Luft führt zur adiabatischen Abkühlung und zur Kondensation von Wasserdampf. Solche Wolken (Hochnebel) bleiben mehr oder weniger stationär, weil die stabile Schichtung verhindert, dass die Luft weiter aufsteigt. Foto: Dr. M. Reiber



Sicherheitsmitteilungen

FIREBIRD



Technische Mitteilung
Ausgabedatum: 22.Juli 2010

Mitteilungsnummer
TM-Firebird 07/2010

Grund:
Perforation im Stoff an den Griffschlaufen des Innencontainers

Status:
Verpflichtend

Betroffenes Muster:

- Turbo Stop 100 EAPR 7073/08
- Turbo Stop 120 EAPR 7069/08
- Turbo Stop 160 EAPR 7074/08
- Turbo Stop 220 EAPR 7075/08

Hintergrund:
An einigen Nahtstellen der Schlaufen des Innencontainers kann es bedingt durch Perforation zu einer Materialschwächung kommen.



Maßnahme:
Alle Halter der betroffenen Rettungsgeräte werden aufgefordert, den alten Innencontainer ohne zusätzliches Verstärkungsband gegen einen modifizierten Innencontainer mit V-Band auszutauschen. Die Innencontainer ohne zusätzliche Verstärkungen dürfen nicht weiter verwendet werden. Die Firma Firebird bietet einen kostenlosen Austausch der betroffenen Innencontainer an.

Fristen:
Der Austausch hat vor dem nächsten Flug zu erfolgen.

Autorisiertes Personal:
Händler, Flugschulen

Verteiler:
Händler, Flugschulen, Fachmagazine, Pilotenverbände

Firebird GmbH & Co. KG
Am Tower 16
D-54634 Bitburg
Tel.: +49 (0) 6561 949680
Fax: +49 (0) 6561 949681
Mail: info@flyfirebird.com
www.flyfirebird.com

PARAGLIDING ADVENTURE

Alles rund um's Fliegen!!



Zimmervermietung
Parataxi im Hause
org. von Ausflügen
und viel mehr
ideal auch
für Gruppen

SLOVENIA

Mehr Infos!
S.Triebel / W.Reinelt
Tel.: +386-(0)41-810-999
5220 Tolmin-Slowenien
<http://www.paragliding-adventure.com>
e-mail: paragliding-adventure@amis.net

Burkhard Martens und Nina Brümmer

Neu!



Die schönsten Fluggebiete der mittleren und östlichen Alpen.

Info: Thermikwolke.de
Im Film gibt es zusätzlich detaillierte Infos zu Thermik, Strecke, Talwind, Gefahren, Sonstiges ...

Gutscheine im Wert von über 100,- €!



Der Bestseller „Das Thermikbuch“ ist in 7 Sprachen erhältlich! Die um 32 Seiten erweiterte 3. Neuauflage ist ab sofort erhältlich!!!
Der Streckenflugbuch-Bestseller ist weiterhin erhältlich. Es ist das Standardwerk für jeden Streckenflieger. Viele Infos und Probelosen unter:
www.Thermikwolke.de
Tel.: +49-8042-3934

GRENZENLOS
LEITSCHIRMREISEN
BLUE SKY
www.bluesky.at Tel. +43 4842 5176

INTERPRETATION VON WOLKENBILDERN UND WETTERPHÄNOMENEN FÜR PILOTEN UND BALLONFAHRER

Inversionswetterlagen

TEIL 5: Sichtbare Wetterphänomene und Wolken an Inversionen (Grenzschichtbewölkung)

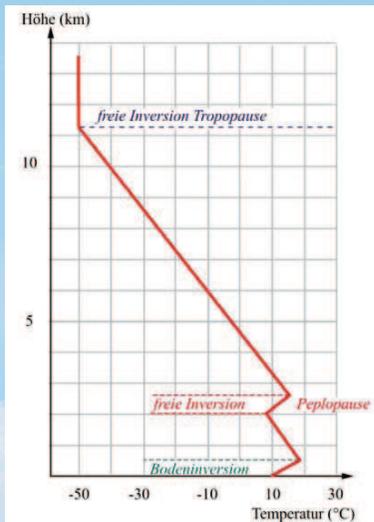
TEXT UND FOTOS DR. MANFRED REIBER

Physikalisch gesehen sind Inversionen Sperrschichten, die die Vertikalbewegung in der Atmosphäre behindern oder ganz und gar unterbinden. Sie stören die Thermik und haben somit negativen Einfluss auf das Segel-, Gleitschirm- und Drachenfliegen. Sie wirken aber auch markant auf meteorologische Phänomene wie die Sicht, die Wolkenbildung, das Feuchte- und das Windfeld ein. Dadurch werden Inversionen, oder besser gesagt die durch sie erzeugten Wetterphänomene, für uns sichtbar. Das gibt uns die Möglichkeit Inversionen oft relativ gut zu beschreiben, auch wenn keine genauen Messergebnisse vorliegen.

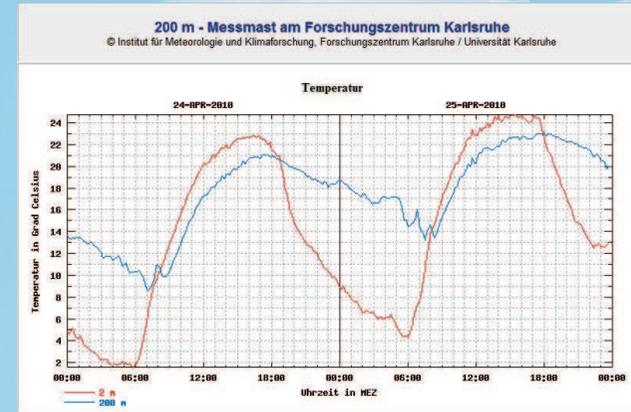
Bevor wir uns typische Bilder dieser Phänomene anschauen, noch einige Bemerkungen zu Inversionen „an sich“. Als Inversionen bezeichnet man Luftschichten, in denen die Lufttemperatur mit zunehmender Höhe zunimmt. Diese Temperaturzunahme ist Grund dafür, dass in einer Inversion stabiles Gleichgewicht herrscht. Steigt Luft adiabatisch auf (feucht- oder trockenadiabatisch), kühlt sie sich ab. Würde das innerhalb einer Inversion passieren, wäre sie immer kälter als die Umgebungsluft, weil die Lufttemperatur ja mit der Höhe zunimmt. Kalte Luft ist aber „schwerer“ als warme, deshalb könnte sie nicht weiter aufsteigen. Die Vertikalbewegung wird also gestoppt. Daraus folgt z. B., dass Inversionen keine Thermik zulassen. Solange z. B. eine Bodeninversion existiert, kann auch keine Thermik entstehen.

Inversionen sind nicht etwa selten, im Gegenteil, sie sind eine sehr häufig auftretende Wettererscheinung. Bodeninversionen kommen an ca. 70% aller Tage vor. Freie Inversionen kommen an etwa 55% aller Tage vor (Weitere Details zu Inversionen siehe Texte zu den Abbildungen).

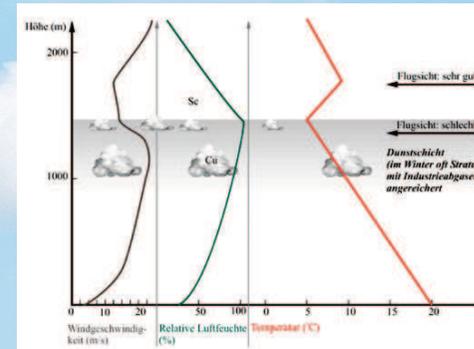
„Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie.“
Immanuel Kant



1 Die unterste Schicht der Atmosphäre, die Troposphäre, ist durch eine mittlere Temperaturabnahme von 0,65 °C/100 m (Standardatmosphäre) charakterisiert. In der realen Atmosphäre wird diese Temperaturabnahme aber häufig durch eine Temperaturzunahme unterbrochen. Diese Schichten bezeichnet man als Inversionen. Man unterscheidet dabei Bodeninversionen und freie Inversionen. Bodeninversionen beginnen direkt an der Erdoberfläche und reichen im Sommer 150 bis 250 m hoch, im Winter 400 bis 600 m. In Extremfällen können sie sich mit einer freien Inversion „verbinden“ und Höhen bis 2.000 m erreichen. Bodeninversionen entstehen in der Regel infolge der Wärmeabgabe durch die langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche. Sie bilden sich bei „Strahlungswetterlagen“, also bei wolkenlosem Himmel oder bei nur geringer Bewölkung aus. Hochdruckwetter ist deshalb der beste Garant für Bodeninversionen. Freie Inversionen entstehen in der Regel durch das Absinken (adiabatische Erwärmung) von Luftmassen aus der Höhe. Weil in Hochdruckgebieten „Absinken“ herrscht, korreliert auch die Entstehung der freien Inversionen eng mit der Existenz von Hochdruckgebieten. Die typische Absinkinversion in Hochdruckgebieten, auch Peppopause genannt, hat im Winter eine Höhenlage zwischen etwa 750 und 1.000 m, im Sommer zwischen 1.750 und 2.000 m. Die Tropopause ist eine ständig vorhandene freie Inversion in ca. 8.000 bis 12.000 m Höhe. Diagramm: Dr. M. Reiber „Moderne Flugmeteorologie für Ballonfahrer und Flieger“



2 Dieses Bild gibt einen Einblick in die Entstehung und Auflösung von Bodeninversionen. Es zeigt die Temperaturverläufe während einer Hochdruckwetterlage im Tagesgang (24. und 25. April 2010) in 2 m (rot) und in 200 m (blau) Höhe. Man sieht sehr schön, dass die Temperatur in 2 m Höhe in der Nacht, bedingt durch die langwellige Strahlungsabkühlung der Erdoberfläche, viel schneller fällt, als in 200 m Höhe. Schon kurz vor Sonnenuntergang beginnt die Temperatur in Bodennähe stärker zu fallen, in der Höhe fällt die Temperatur viel langsamer, es bleibt dort wärmer. Die Folge ist die Entstehung einer Bodeninversion. Nach Sonnenaufgang erwärmt die kurzwellige Sonneneinstrahlung den Erdboden, die Temperatur steigt in Bodennähe schnell an, in der Höhe geht das viel langsamer. Die Bodeninversion wird wieder aufgelöst. In diesem Beispiel erreicht die Temperaturzunahme vom Boden bis 200 m Höhe 11 bis 12 °C, pro 100 m also mehr als 5 °C. Diese Schichtung ist in der Nacht extrem stabil und lässt keinerlei Vertikalbewegung zu. Erst einige Stunden nach Sonnenaufgang wird die Bodeninversion durch die Sonneneinstrahlung „weggeheizt“. Danach erst kann thermische Vertikalbewegung einsetzen. Diagramm: Forschungszentrum Karlsruhe (200 m-Messmast)



3 In diesem Diagramm sind die typischen vertikalen Verläufe von Temperatur, Feuchte und Windschwindigkeit an einer Absinkinversion (Peppopause) dargestellt. Meist herrscht unterhalb der Inversion (im Winter bis ca. 1.000 m, im Sommer bis ca. 2.000 m Höhe) tagsüber gute Thermik. An der Inversion wird die Vertikalbewegung gebremst. Starke Thermik kann, wegen des Energieüberschusses, einige Dekka- oder sogar Hektometer in die Inversion eindringen. Bei starker Thermik reicht also die aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung in die Inversion hinein, bevor sie schließlich ganz unterbunden wird. So können thermische Flüge auch ein „Stück“ in die Inversion hineinreichen. Wolken- und feuchtereiche Luft wird aus den unteren Schichten bis in die Inversion transportiert. Es kommt zur Dunstanreicherung und oft zur „Ausbreitung“ der Quellbewölkung, die in Stratocumulusbewölkung (Sc cuigen) übergeht. Vielfach kommen dann große Sc-Felder abends und in der Nacht vor, die erst im Laufe des frühen Vormittags durch die Sonneneinstrahlung aufgelöst werden. Die Feuchteanreicherung in Inversionsnähe führt zur Dunstzunahme und somit zur Sichtverschlechterung. Oberhalb der Inversion herrschen dann oft sehr gute Flug- und Fernsichten. Häufig kommen an Inversionen, übrigens auch an Bodeninversionen, sog. Low Level Jets (LLJ) vor. Diese LLJs haben einen ausgeprägten Tagesgang, sie sind nachts häufiger und stärker ausgeprägt als am Tag. LLJs an der Bodeninversion können Ballonen bei der Landeanfahrt oder bei Fahrten in geringen Höhen auch gefährlich werden. Thermikflieger werden mit diesen Starkwindfeldern kaum konfrontiert, weil sie erst fliegen, wenn die Bodeninversion aufgelöst ist. Diagramm: Dr. M. Reiber „Moderne Flugmeteorologie für Ballonfahrer und Flieger“

Feedback

Um diese praxisorientierte Artikelserie noch passgenauer für uns als Gleitschirmflieger fortzusetzen, wünscht sich der Autor eure Mitarbeit. Er ist über seine Homepage www.DrMReiber.de erreichbar und beantwortet auch gerne eure speziellen Anfragen zur Flugmeteorologie des Gleitschirmfliegens. So habt ihr sogar die Möglichkeit, direkt mit ihm in Kontakt zu kommen. Ganz besonders würde er sich über weitere Themenvorschläge von euch freuen.



4 Fast senkrecht aufsteigender Rauch und starker Dunst, ggf. sogar Nebel, sind typische Wettererscheinungen in einer Bodeninversion. Dadurch, dass die Vertikalbewegung quasi unterbunden ist, findet kein Windenergieaustausch mit höher gelegenen Luftschichten statt. In Bodennähe herrscht also in der Regel schwacher, meist umlaufender Wind. Die Aufstiegshöhe der Rauchfahnen ist dann erreicht, wenn die Wärmeenergie aufgezehrt ist, die der Rauch aus seiner Quelle mitgebracht hat. Das muss nicht die Obergrenze der Bodeninversion sein. Foto: Dr. Manfred Reiber

5 Starke Dunstanreicherung bis kurz vor Gipfelhöhe der Berge lässt sehr genau die Existenz und die Obergrenze der Bodeninversion erkennen. Bei einiger Übung kann man aus der so „gemessenen“ Höhe der Bodeninversion auch Schlussfolgerungen über den Zeitpunkt der Auflösung dieser Bodeninversion oder, anders gesagt, über den Beginn stärkerer thermischer Prozesse ableiten. Foto: Olaf Groschupf



6 Interessant auf diesem Foto ist der über viele Kilometer waagrecht verlaufende Abzug der Rauchfahne eines Schiffes. Diese Rauchfahne zeigt nicht die Obergrenze der Bodeninversion an. Die Rauchfahne liegt innerhalb der Bodeninversion. Sie erreicht eben gerade die Höhe, für die die Wärmeenergie ausreicht, die sie vom Schiff „mitbekommen“ hat. Über Land sieht man vor allem im Winter diese waagrecht abziehenden Rauchfahnen, teils aus Hochschornsteinen. Sie zeigen aber auch hier nicht die Obergrenze der Bodeninversion an. Foto: Dr. Manfred Reiber



7 Das ist die Obergrenze einer dichten, etwa 500 m dicken Hochnebeldecke, die identisch ist mit der Obergrenze der Bodeninversion. Das Bild wurde nach einem Ballonstart in der Nähe von Bellinzona (italienische Alpen) durch diese Hochnebeldecke hindurch fotografiert. Solche massiven Hochnebeldecken lösen sich nur sehr langsam auf. Für Thermikflüge besteht an diesem Tag wohl keine Hoffnung. Foto: Dr. Manfred Reiber



8 Wir sehen hier eine aufgelockerte Sc-Decke an einer ausgeprägten freien Absinkinversion, der sog. Peplopause. Wenn der Sc durch Ausbreitung aus Cu Wolken entsteht, dann bezeichnet man diese Wolken als Sc cugen (Stratocumulus cumulogenitus, d. h. so viel wie Stratocumulus aus Cumulus entstanden). Solche, oft weit ausgedehnte, aber vertikal flache Wolkenfelder kommen häufig nachts bis zum frühen Vormittag vor. In der Frühe schirmen diese Wolken zunächst die Thermik ab, werden aber bald durch die Sonneneinstrahlung aufgelöst. Dann erst entsteht Thermik und wieder Cu-Bewölkung, die sich wieder an der Peplopause ausbreitet. Dieser zyklische Ablauf hält so lange an, wie eine stabile Hochdruckwetterlage existiert. Bei labiler Schichtung zwischen Boden und Peplopause ist zumindest über die Mittagszeit bis zum frühen Abend mit guter Thermik zu rechnen. Bei einer Höhenlage der Sperrschicht von mindestens 2.000 m sind auch weite Thermikflüge möglich. Foto: Dr. Manfred Reiber



9 Hier handelt es sich um eine dichte Sc-Decke. Diese Sc-Bewölkung entsteht eher nicht durch Ausbreitung von Cu-Wolken. Sie entsteht meist durch starke Dunstanreicherung und die nächtliche Ausstrahlung einer Dunstsicht an der Obergrenze der Peplopause. Im Winter werden solche dichten Sc-Decken nicht aufgelöst, im Sommer erst um die Mittagszeit oder gar noch später, so dass das thermische „Fenster“ nur für kurze Zeit geöffnet werden kann. Es sind höchstens kürzere Thermikflüge möglich. Foto: Dr. Manfred Reiber



10 Hier ist ein Cumulus mit einem Thermikschlauch zu sehen. An der Peplopause wird die Vertikalbewegung gebremst, die Wolke breitet sich aus, weil sie wegen der Sperrschicht nicht weiter aufsteigen kann. Man kann also deutlich die „allgemeine“ Obergrenze der Thermik „sehen“. Thermische Flüge über diese Höhe hinaus sind nicht möglich. Foto: Dr. Manfred Reiber

11 Eine vom Kraftwerk Lippendorf (nahe Leipzig) erzeugte künstliche Wolke steigt zunächst wegen ihres Wärmeüberschusses nach oben und breitet sich dann in der Peilopause-Inversion waagrecht aus. Diese Höhe ist nicht unbedingt identisch mit der Obergrenze der Sperrschicht, es ist die Höhe in der die Temperatur der Rauchfahne gleich der Temperatur der Umgebungstemperatur ist. In diesem konkreten Fall wird die waagerechte Rauchfahne aber etwa an der Untergrenze der Inversion liegen. Zu erkennen ist das an der markanten Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsänderung, wie sie für Inversionsgrenzen typisch ist. Solche Rauchfahnen lassen sehr gute Rückschlüsse über das Höhenprofil von Windrichtung und Windgeschwindigkeit zu. Foto: Olaf Groschupf



12 An Inversionen treten oft starke Windscherungen auf (siehe auch Abbildung 3). Oft liegen Schichten mit starkem Wind über Schichten mit schwachem Wind. Wenn Quellwolken in diese „schnellen“ Schichten hineinwachsen bilden sich sichtbare Wolkenwellen, ähnlich wie die durch Wind erzeugten Wasserwellen an der Meeresoberfläche. Diese Wolken zeigen dann die Scherung mit der ihr inne wohnenden Turbulenz an! Häufig muss man in Höhe dieser Wolkenwellen mit Turbulenz rechnen, die für Gleitschirm- und Drachenflieger zur Gefahr werden kann. Foto: Dr. Manfred Reiber

13 Hier sieht man Wolken mit deutlicher Turbulenzstruktur. Auch diese Wolke ist durch Windscherung entstanden. Bei geringer Luftfeuchte sieht man häufig nur einzelne Wolkenwirbel, was nicht etwa bedeutet, dass die Turbulenz gering ist. Das bedeutet nur, dass die Feuchte relativ gering ist. Wenn die Luftfeuchte sehr gering ist, entsteht gar keine Bewölkung, aber mit Sicherheit auch Turbulenz, die man aber dann leider nicht sehen kann. Diese Art der Turbulenz bezeichnet man als CAT (clear air turbulence). Man kann sie nicht sehen, sie entsteht ja in „klarer Luft“ und sorgt dann immer für einen riskanten Überraschungseffekt, wenn man einfliegt. Foto: Dr. Manfred Reiber



14 Hier sind sehr schön ausgeprägte Wellenwolken, die durch Windscherung an der Peilopause entstanden sind, zu sehen. Die Aufnahme stammt von einem Ballonfahrer aus den Tagen im Mai 2010, als der Luftstraum wegen der Aschewolken des isländischen Vulkans Eyjafjallajökull für Flächenflieger über Deutschland gesperrt war. Diese Wolken weisen auf Turbulenz hin, der Schweregrad der Turbulenz ist schwer einzuschätzen. Wir wissen aber, dass die Turbulenz umso gefährlicher ist, je besser die Wirbelgröße mit der Größe des Fluggerätes übereinstimmt. Außerdem sind textile Fluggeräte, wie Ballone, Gleitschirme und Drachen natürlich mehr gefährdet als Flugzeuge. Foto: Christian Schulz



FÜR MENSCHEN, DIE DIE WELT AM LIEBSTEN VON OBEN SEHEN.

