

Teil 1: Turbulenz anzeigende Wolken

# Wolkenbildern und Wetterphänomene

TEXT UND FOTOS DR. MANFRED REIBER

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

Dr. Manfred Reiber hat Flugzeugbau und Meteorologie studiert. Auf allen Teilgebieten der Flugmeteorologie und Flugwettervorhersage hat er langjährige Erfahrungen. Für das DHV-Info schreibt er eine Artikelserie, in der er anhand von Bildern Wetterphänomene erklärt.

Wolken und sichtbare Wetterphänomene sind Ausdruck von in der Atmosphäre ablaufenden physikalischen Prozessen. Sie kennzeichnen einen momentanen Zustand, der aber auch zumindest für eine kurze Zeit – in einigen Fällen sogar bis zu einigen Stunden – fortgeschrieben werden kann. Damit geben uns Wolken und Wetterphänomene eine Möglichkeit, die unmittelbar bevorstehende Wetterentwicklung zu prognostizieren bzw. prognostisch abzuschätzen. So gesehen sollten sie allen Piloten ein willkommenes Hilfsmittel sein. Ein wirklicher Nutzen für den Luftsportler entsteht aber erst dann, wenn er in der Lage ist, das Gesehene richtig zu interpretieren. Dazu gehören solide theoretische Kenntnisse, aber auch viel praktische Erfahrung. Diese Erfahrung möchte ich gern durch die Beschreibung von Bildern vermitteln. Alle mit Hilfe der Wolkenbilder beschriebenen Turbulenzerscheinungen sind natürlich auch vorhanden, wenn keine Wolken zu sehen sind. Leider wird nur in wenigen Fällen eine relative Feuchte von 100 % erreicht, damit Wolkenbildung einsetzen kann. Gerade das ist aber die Bedingung dafür, dass uns Wolkenelemente die Turbulenz zeigen können. Es ist also nur ein „glücklicher Umstand“ der Natur, der nur relativ selten eintritt.



**Rotorwolke am Kamm eines Bergrückens (Kapstadt)**  
Eine gut ausgebildete Rotorwolke mit starker Turbulenz. Die Rotorachse liegt horizontal, also parallel zum Bergrücken. Die Turbulenz zeigt rotierenden Charakter, ist leeseitig versetzt und reicht einige Dekameter über den Gipfel hinaus. Man kann auch gut erkennen, dass die Turbulenz nicht abrupt an den Rändern des Berges endet, sondern noch einige Hektometer nach rechts bzw. links reicht. Für Gleitschirme und Drachen ist diese Art von Turbulenz extrem gefährlich.



**Wolkenwasserfall am Tafelberg (Kapstadt)**  
Ein imposanter Anblick, dieser „Wolkenwasserfall“, aber oft mit gefährlicher Turbulenz und großen Risiken für alle Sportflieger verbunden. Die Turbulenzachse liegt horizontal und parallel zum Bergmassiv. Die Turbulenz reicht vertikal weiter hinab, als die Wolken es anzeigen. Je tiefer die Luft vertikal abwärts bewegt wird, umso stärker wird die adiabatische Erwärmung und die Wolken lösen sich auf.



**Rotorwolke in Funchal (Madeira)**  
Hier wurde bei nördlicher Strömung das steil ansteigende Inselmassiv Madeira (höchste Erhebung Pico Ruivo mit einer Höhe von 1.861 m) überströmt. Im Gebiet um Funchal konnte man diese Rotorwolken mit wahrscheinlich sehr starker Turbulenz beobachten. Die Turbulenz überragte die höchsten Gipfel um einige Hektometer und reichte leeseitig weit aufs Meer hinaus.



**Turbulenz anzeigende Wolkenfetzen**  
Wenn eine starke Bodeninversion in Gebirgsnähe existiert, dann dauert es immer einige Zeit, bis eine darüber liegende, starke und turbulente Luftströmung die Bodeninversion zerstört. In der Höhe herrscht bereits starker Wind, am Boden ist es noch schwachwindig. Das kommt z. B. bei Föhnlagen vor. In einigen Fällen erkennt man diese Turbulenz in der Höhe aber schon an winzigen Wolkenfetzen, die sich an der Obergrenze der Bodeninversion ausbilden und keine Quellungen aufweisen. Sie sehen eher wie Hochnebelketten aus (siehe auch Abbildung Rotorwolke Sandia-Gebirge-Albuquerque). Wenn die Bodeninversion zerstört wird, das passiert meist am frühen Vormittag, dann wird der Bodenwind ganz plötzlich stark und turbulent und somit zu einer außerordentlichen Fluggefahr.



**Rotorwolke am Sandia-Gebirge in Albuquerque (11. Oktober 2008)**  
Am Rande des Sandia-Gebirges, dem Mekka der Ballonfahrer, entwickelte sich bereits in der 2. Nachthälfte ein Rotor, der schon unmittelbar vor Sonnenaufgang durch erste Wolkenfetzen sichtbar wurde (A). Die Rotorstruktur der Wolken wurde im zeitlichen Verlauf immer deutlicher (von A nach B). Nach dem Massenstart am Morgen des 11. Oktober ereigneten sich während der Landeanfahrt und bei der Landung einige Ballonunfälle, wobei ein Ballon in eine Hochspannungsleitung geriet und abstürzte (ein Toter, ein Schwerverletzter). Charakteristisch für Rotoren dieser Art ist der geringe Bedeckungsgrad. Das führt zur Unterschätzung und Verharmlosung dieser Turbulenz.



**Rotorwolke an einem Bergrücken (Neuseeland)**  
Die Wolkenstruktur lässt Rückschluss auf die Turbulenzstruktur zu. Die Turbulenz ist hier im „wahrsten Sinne des Wortes“ chaotisch. Während man ja im Allgemeinen bei der Turbulenz von rotierenden Luftkörpern ausgeht, ist das keinesfalls immer so. Die Bewegungsrichtung und das Größenspektrum von Turbulenzkörpern sind nicht konstant. Zerfallende Turbulenzkörper werden immer kleiner. Am gefährlichsten sind Turbulenzkörper, die die gleiche Größenordnung wie das Fluggerät haben.  
Foto: Eckart Neubronner

## Teil 2: Thermik anzeigende Wolken

# Wolkenbilder

TEXT DR. MANFRED REIBER

FOTOS DR. MANFRED REIBER UND C.SCHULZ

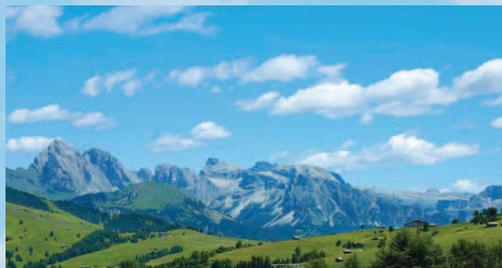
Für Segel-, Gleitschirm- und Drachenflieger ist Thermik von ausschlaggebender Bedeutung. Die genaue Beobachtung von Wolken gibt uns deutliche Hinweise auf den Wirkungsmechanismus, das Entwicklungsstadium, aber auch auf die Güte der Thermik. Ich will in diesem Artikel versuchen, über das „Wolkenstadium“ und nicht über theoretische Abhandlungen praktisches Wissen über die Thermik zu vermitteln, um sie erfolgreich nutzen zu können.



Eine aufgelockerte Sc-Decke schirmt, wie auch z. B. dichter Ci oder As, die Sonneneinstrahlung ab. Das behindert die Erwärmung der Erdoberfläche und damit die Ausbildung von Thermikblasen. Solange solche Wolkenfelder existieren, wird sich also nur schwache Thermik ausbilden können. Vor allem im Sommer aber werden Sc-Decken, wie auf dem Bild zu sehen, fast immer durch die Sonneneinstrahlung „weggeheizt“. Dann bildet sich ab spätem Vormittag oft noch gute Thermik, die bis in Höhe der nun aufgelösten Sc-Wolkenbasis reicht. Im Sommer sind das etwa 2.000 m, im Winter etwa 1.500 m. Die genauen Werte für die Höhe kann man aus sogenannten „Temps“ herauslesen, wie sie z.B. in pc\_met veröffentlicht werden. Für Gleitschirm- und Segelflieger lohnt es sich zu warten, bis die Sc-Decke verschwunden ist.



Alle Luftsportler wissen, dass man Blauthermik und Wolkenthermik unterscheidet. Blauthermik unterscheidet sich von der Wolkenthermik dadurch, dass bei Blauthermik der Kondensationspunkt des Wasserdampfes nicht erreicht wird. Der Himmel bleibt „blau“, es bilden sich keine Wolken, aber Thermik. Auf dem Bild herrscht praktisch Blauthermik. Nur ein winziges Wölkchen hoch über dem Plattkofel (Südtirol) zeigt die Thermik an. Die Thermikstärke bei Blauthermik ist geringer als bei Wolkenthermik und liegt etwa zwischen 1 und 5 m/s, bei sehr starker Labilität auch drüber. Unter Quellwolken erreichen die Vertikalwinde größere Werte und können durchaus 10 m/s erreichen.



Mit guter Thermik kann man rechnen, wenn sich 1 bis 4/8 flache Quellwolken (Cu hum, Cu fra) ausgebildet haben. Im Gegensatz zur Blauthermik kann man Wolkenthermik „sehen“ und damit besser nutzen, außerdem ist Wolkenthermik in der Regel deutlich stärker als Blauthermik. Das in der Abbildung gezeigte Wolkenbild weist auf eine Inversion in etwa 2.000 m GND hin, das ist die Obergrenze der Thermik und zugleich die Wolkenobergrenze dieser Bewölkung. Das ist typisch für Hochdruckwetterlagen. Die Inversion (Inversionen sind stabile Schichten) begrenzt meist recht markant die Thermikobergrenze, lässt aber auch keine stärkere Quellwolkenbildung zu. Die Gefahr der Ausbildung hochreichender Quellwolken oder gar CBs besteht nicht. Existieren solche Wetterlagen längere Zeit (einige Tage) dann „altert“ die Luftmasse und die Intensität der Thermik nimmt von Tag zu Tag ab.



Im Bild ist der „Start“ einer Thermikblase bei gerade einsetzender Kondensation des Wasserdampfes gut zu sehen. Die roten Pfeile im Bild zeigen die momentanen Strömungsverhältnisse. Im zentralen Bereich der Blase herrscht aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung mit etwa 5-6 m/s, die Wolkenbasis ist deutlich nach oben gewölbt. An den Rändern der Blase (hier der Wolke) fließt die Luft abwärts (etwa 2-3 m/s) und reißt Wolkenluft nach unten, ehe die Wassertröpfchen durch die adiabatische Erwärmung verdunsten können. Es ist deutlich zu erkennen, wie aufwärtsgerichtete und abwärtsgerichtete Vertikalbewegung eng beieinander liegen. In diesem Fall heißt das, wo es abwärts geht, muss es in der näheren Umgebung auch wieder aufwärts gehen.



Dieses Bild zeigt deutlich das thermische Aufsteigen der Luft im zentralen Bereich der Wolke und abwärtsgerichtete Winde an den Rändern. Man könnte diese Wolke mit der „Mini-Mini-Mini-Mini...“-Form eines Atompilzes vergleichen, der auch durch thermische Prozesse, wenn auch unvergleichlich stärkere, als bei einer normalen Wolke, ausgelöst wird.



Diese Art von Quellwolken weist auf gute bis sehr gute Thermik hin. Die „Wolkentürme“ zeigen die aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung regelrecht an. Für alle Thermikflieger „eine Lust“ solche Wolken zu sehen. Werden die Quellungen stärker oder bilden sich gar CBs aus, wächst die Gefahr für Gleitschirm- und Segelflieger. In CBs werden nicht selten Vertikalbewegungen von 30 m/s erreicht und zwar auf- und abwärtsgerichtete. Schon unterhalb starker Quellbewölkung (vor allem unter CBs) kann die Thermik so extrem sein, dass Gleitschirme, Drachen, Ballons, Segelflugzeuge usw. in die Wolke regelrecht „eingesaugt“ werden, ohne dass der Pilot ernsthaftige Gegenmaßnahmen treffen kann. In hochreichender Quellbewölkung herrschen aber nicht nur starke Auf- und Abwinde, sondern auch extreme Turbulenz, Vereisung, Hagel und Blitzgefahr. Der Flug in der Nähe eines CBs oder gar ein Einflug in einen CB ist immer eine extrem lebensbedrohliche Situation für einen Luftsportler und sollte unbedingt unterbleiben.



Sehr häufig dreht Thermik. Auf dem Foto wird die Drehung in einer gerade entstehenden Quellwolke deutlich sichtbar. Theoretisch müsste die Linksdrehung gleich häufig wie die Rechtsdrehung sein. Nach meiner Beobachtung aber (das bestätigen mir auch einige Segelflieger) erfolgt die Drehung meistens linksherum.



In der Regel suchen die Segel-, Drachen- und Gleitschirmflieger die Thermik unterhalb der Cu-Basis. Dort werden sie auch fündig, weil die Warmluft ja zunächst „trocken“ nach oben steigt. Erst, wenn durch die trockenadiabatische Abkühlung die Temperatur bis zum Taupunkt gefallen ist, setzt Kondensation ein, es bilden sich Wolken und die Thermik wird „sichtbar“. Der Thermikschlauch, der vom Boden bis zur Wolkenuntergrenze führt, „steht“ aber in den seltensten Fällen senkrecht unter der Quellwolke. Er ist in Windrichtung geneigt. Die Neigung ist mehr oder weniger stark und selten linear. Auch der Durchmesser des Schlauches ist keineswegs gleichmäßig. Das alles erschwert das Auffinden des Thermikschlauches. Im Bild ist so ein Thermikschlauch einmal direkt sichtbar, weil die Kondensation bereits in Bodennähe eingesetzt hat und man sieht, was man auch häufig in der Praxis erfahren kann: Die Thermik entsteht auf der Südseite des Hanges, der Thermikschlauch ist im Wind geneigt und die Thermik wird auf die „andere Seite“ getragen.



Wir sehen hier einen künstlich erzeugten Thermikschlauch, der bis zu einer bestimmten Höhe, der Inversionsuntergrenze, reicht. Der Thermikaufstieg wird also hier durch eine Inversion begrenzt. Die horizontale Ausbreitung der Wolke lässt das sehr schön erkennen. Sie kann nicht mehr aufsteigen und breitet sich in Windrichtung aus. Foto: Christian Schulz



Auf diesem Bild sieht man, wie aus der Gipfelregion eines hohen Berges (Chimborazzo) Kaltluft abwärts fließt. Im Abwärtsstrom können sich durch die adiabatische Erwärmung aber keine Wolken bilden. Man kann das Abfließen der Luft also nicht direkt sehen. In tieferen Regionen setzt durch thermische Erwärmung bereits aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung ein, in die die vom Gipfel abfließende Luft mit einbezogen wird. Offenbar initialisiert die anströmende Luft aus der Gipfelregion die Thermik am Fuße des Berges.

Der Autor Dr. Manfred Reiber hat Flugzeugbau und Meteorologie studiert. 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. Sein neuestes Lehrbuch ist die „Moderne Flugmeteorologie für Ballonfahrer und Flieger“. Infos unter [www.DrMReiber.de](http://www.DrMReiber.de)



DVD REZENSION FLUGGEBIETSFÜHRER

# Die schönsten Fluggebiete der mittleren und östlichen Alpen

Neuer Fluggebietsführer in Buch, Bild und Film

TEXT BJÖRN KLAASSEN

Die Alpen sind so vielfältig wie kaum ein anderes Gebirge. Die Palette reicht von lieblich bis schroff, vom Hügel bis zum Eisriesen. Genauso vielfältig sind die vielen Start- und Landegebiete der Alpen. Aber wohin zum Fliegen? Die XC Piloten und Autoren Burkhard Martens und Nina Brümmer haben sich eingehend mit dieser Frage beschäftigt. Die beiden entwickelten die Idee eines Films über Fluggelände. Herausgekommen ist ein umfangreiches Werk. Auf 3 DVDs werden insgesamt 15 Fluggebiete für Drachen- und Gleitschirmpiloten detailliert vorgestellt. Zudem gibt es ein Hardcoverbuch mit ausführlichen Beschreibungen von der Anfahrt bis zum Streckenflug.

Jedes Fluggebiet ist im Schnitt 15 Minuten erklärt. Neben Bildern der Landschaft haben die beiden besonderen Wert auf die Eigenheiten des gesamten Fluggebietes gelegt. Alle Start- und Landeplätze sind im Film zu sehen und natürlich kommen auch die Thermikquellen nicht zu kurz. Viele Luftaufnahmen geben den Einblick aus der Vogelperspektive. Gefahrengebiete wie Leefallen oder Leitungen werden im Film mit eingezeichneten Symbolen dargestellt. Ein Highlight für XC-Fans sind die Streckenhinweise, die in vielen Gebieten enthalten sind. Am „Speikboden“ hat Burkhard Martens sogar ein 100 km Dreieck gefilmt und in die DVD ein-

gebaut. Interviews mit einheimischen Piloten runden die Berichte ab. So kann sich der Pilot bereits zu Hause perfekt über das Fluggebiet informieren. Die Musikauswahl verdient Abzüge in der B-Note. Ansprechendere Musik hätte jedoch die Produktion wesentlich verteuert.

**Bewertung:** Sehr empfehlenswert für alle Drachen- und Gleitschirmflieger. Eine bessere Information über die 15 Fluggebiete gibt es kaum. Die Dreier-DVD mit beiliegendem Hardcoverbuch kostet 44,95 €. Der Preis relativiert sich wegen der Gutscheine. In fast jedem Fluggebiet gibt es Gutscheine zum Einlösen für Bergfahrten, Restaurants oder Er-



mäßigungen für Hotelübernachtungen. Zu beziehen ist der Flugführer über den DHV Shop ([www.dhv.de](http://www.dhv.de)).

Anzeige

NEU

Jedem Piloten sein optimales Material!

Ihr Fachgeschäft im Internet!

Gleitschirme  
Speedrider  
Gurtzeuge  
Flugelektronik  
Rettenungsgeräte  
Zubehör

gleitschirm-optimal.de