

Divergenzen und Konvergenzen

6. Teil - Typische Strömungsmuster im gegliederten Gelände

Durch Berge und Gebirge wird das Stromfeld in vielfältiger Weise deformiert. Vor allem für Gleitschirm- und Drachenflieger und Ballonfahrer, aber auch für Segel- und Ultraleicht-Flieger, die oft nahe „am Hindernis“ fliegen, spielen das bodennahe Windfeld und seine lokalen Änderungen eine bedeutende Rolle. Thermisch oder auch dynamisch bedingt entstehen häufig durch die Geländeform konvergente beziehungsweise divergente Strömungen, die einerseits das horizontale Windfeld stark deformieren können und andererseits Vertikalbewegungen verstärken beziehungsweise abschwächen und auf diese Weise auch thermische Prozesse und Wolkenbildung beeinflussen.

Wollen wir zunächst die Begriffe Konvergenz und Divergenz in verständlicher Weise erklären:

Konvergenz

Als konvergente Luftströmung bezeichnet man das Zusammenfließen von Luft. Dabei fließt im betreffenden Gebiet in der Zeiteinheit mehr Luft zu als ab. Tiefdruckgebiete sind in Bodennähe zum Beispiel gewöhnlich Konvergenzgebiete. In einer Konvergenz ergibt sich durch das Zusammenfließen von Luft eine aufsteigende Luftbewegung. Diese aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung führt zur Auslösung beziehungsweise Verstärkung thermischer Prozesse, zur Wolken- und gegebenenfalls zur Niederschlagsbildung.

Divergenz

Als divergente Luftströmung bezeichnet man das Auseinanderfließen von Luft. Dabei fließt im betreffenden Gebiet in der Zeiteinheit mehr Luft ab als zu. Divergenzen treten in Bodennähe gewöhnlich in Gebieten mit hohem Luftdruck auf. Das Auseinanderfließen der Luft führt zu abwärtsgerichteter Vertikalbewegung, es schwächt thermische Prozesse ab oder verhindert sie ganz und gar. Wolkenrückentwicklung oder vielleicht sogar Wolkenauflösung sind die Folge.

Konvergente und divergente Luftströmungen entstehen aber nicht nur in Tief- beziehungsweise Hochdruckgebieten. Sie entstehen überall dort, wo zum Beispiel durch die Gestalt der Erdoberfläche bedingt, Luft zusammen- beziehungsweise auseinanderfließt. Diese Strömungen sind in der Regel von kleinräumiger, lokaler Dimension. Sie beeinflussen aber genau am Ort ihres Vorkommens die Vertikalbewegung und damit thermische, wolkenbildende und gegebenenfalls niederschlagsbildende Prozesse. Diese lokalen Erscheinungen sollte ein Luftsportler gut kennen, um sie für einen konkreten Flug nutzen oder meiden zu können. „Flaches Land“ wird selbstverständlich kaum konvergente beziehungsweise divergente Strömung erzeugen, dafür aber umso stärker unsere Mittelgebirge und natürlich die Alpen.

Wesentliche Ursache konvergenter beziehungsweise divergenter Strömungen im kleinräumigen Scale sind zum Beispiel Querschnittsverengungen („Düsen“) beziehungsweise Querschnittserweiterungen im Gelände und anabatisches Aufsteigen beziehungsweise katabatisches Absinken.

Im Prinzip weiß jeder Luftsportler, was man unter anabatischer beziehungsweise katabatischer Luftbewegung versteht. Vielleicht kennt nicht jeder diese „fremden“ Begriffe. Deshalb eine kurze Erklärung mit Hilfe der Abbildung 1.

1 „Anabatisches Aufsteigen“ entsteht dann, wenn infolge des erhöhten Strahlungsgewinns am Hang (am Tag bei Sonneneinstrahlung) sich die Luft stärker erwärmt als in der Umgebung und wegen ihrer geringeren Dichte dann aufsteigt. „Katabatisches Abfließen“ setzt dann ein, wenn sich der Hang durch Strahlungsverlust abkühlt (in der Nacht) und dadurch die unmittelbar über dem Hang befindliche Luft kälter wird. Durch die Abkühlung nimmt die Dichte der Luft zu, sie wird schwerer und fließt wie Wasser den Hang hinunter.

Grafik: Dr. Manfred Reiber



Das soll an theoretischen Überlegungen ausreichen, um bei der Betrachtung einiger konkreter Strömungsbilder zu erkennen, wie das Gelände Einfluss auf thermische Prozesse, Wolken- und Niederschlagsbildung nimmt.

Feedback

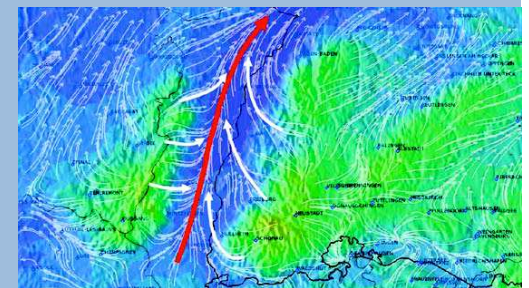
Um diese praxisorientierte Artikelserie noch passgenauer für uns als Gleitschirmflieger

fortzusetzen, wünscht sich der Autor eure Mitarbeit. Er ist über seine Homepage www.meteorologie.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.

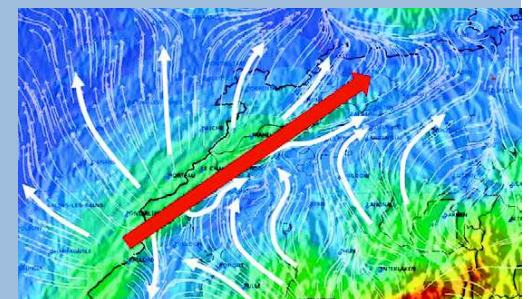
2 Auf diesem Bild kann man anabatisches Aufsteigen „sehen“. Unmittelbar nach einem Regenschauer scheint wieder die Sonne, die Luft am Hang wird erwärmt, wird leichter als die Umgebungsluft und beginnt aufwärts zu strömen. Wegen der hohen Luftfeuchte kondensiert dabei der Wasserdampf. So wird der Fluss der Warmluft direkt sichtbar. Die Aufwärtsgeschwindigkeit hat in diesem Fall nur etwa 2 m/s erreicht, da ein Teil der Sonnenenergie zuerst für die Verdunstung des Wassers benötigt wurde. Foto: Dr. Manfred Reiber



3 Die weißen Pfeile zeigen die Strömung zwischen Schwarzwald und Vogesen am 6. März 2009, früh 7 Uhr MEZ. Es handelt sich um katabatisches Abfließen. Die Kaltluft fließt von den Hängen des Schwarzwaldes und der Vogesen in das Rheintal hinein (weiße Pfeile). Dort konvergiert die Strömung, es bildet sich eine Konvergenzlinie (rote Linie) quasi längs des Rheines aus. Auch abends, wenn die langwellige Ausstrahlung der Hänge schon stärker als die kurzwellige Einstrahlung der Sonne ist, bilden sich häufig solche Konvergenzlinien mit aufwärtsgerichteter Vertikalbewegung, die bis zum späten Abend von Gleitschirm-, Drachen- und Segelfliegern noch zum Höhengewinn genutzt werden können. Grafik: Dr. Manfred Reiber/Meteoblue

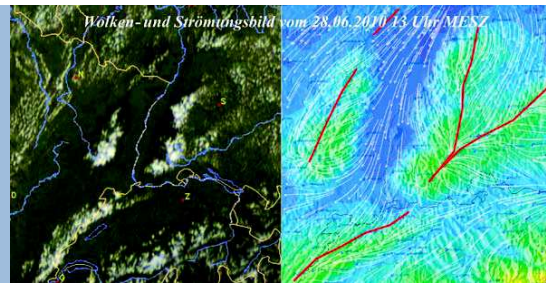


4 Dieses Bild vom 03.10.2009, 6 Uhr MEZ, zeigt uns, wie komplex katabatisches Abfließen sein kann, wenn verschiedene Gebirge in Interaktion treten. Vom Jura fließt die Luft aus den Gipfelregionen nach NW bzw. SE katabatisch ab. Die nach SE gerichtete Strömung aus dem Jura heraus konvergiert mit dem nach NW gerichteten katabatischen Fluss aus den Alpen. Das führt zu einer Konvergenz mit aufwärtsgerichteter Vertikalbewegung unmittelbar südöstlich des Jurakammes. Grafik: Dr. Manfred Reiber/Meteoblue

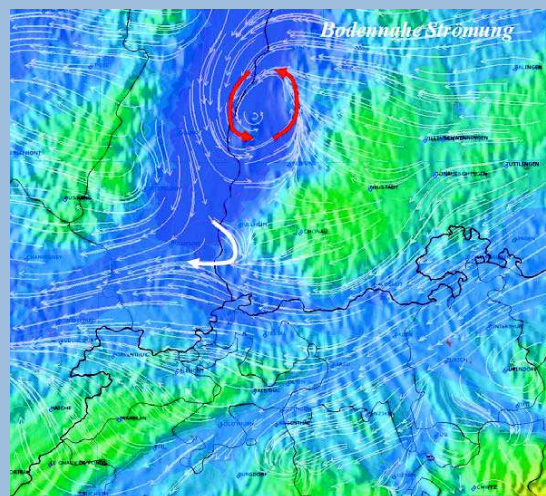


5 Dieses Bild zeigt das anabatische Aufsteigen und die Ausbildung von „tragenden Linien“ im Bereich von Jura, Schwarzwald und Vogesen am 28.06.2010, 13 Uhr MESZ. Auf der rechten Bildseite ist die Strömung dargestellt (weiße Pfeile und die sich ergebenden Konvergenzlinien (rote Linien). Längs dieser Linien ist quasi durchgängig mit guter, oft „ruppiger“ Thermik zu rechnen. Direkt sichtbar werden diese Konvergenzlinien auf dem hoch aufgelöstem Satellitenbild (linke Bildseite), wo die stärkste Quellwolkenbildung praktisch längs dieser Konvergenzlinien verläuft.

Grafik: Dr. Manfred Reiber/Meteoblue/DWD

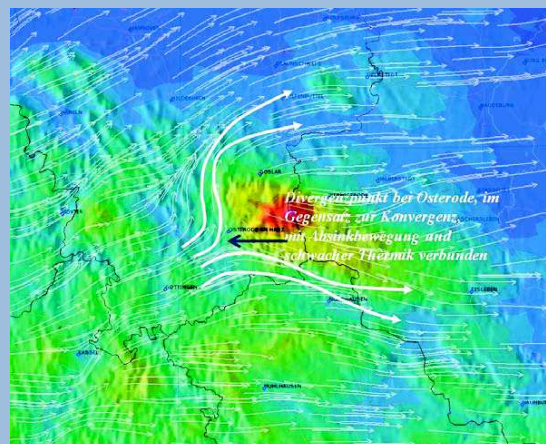


6 Leetief Schwarzwald 02.01.2008, 9 Uhr MEZ. Wenn die Windenergie nicht ausreicht (z. B. bei sehr kalter Luft und relativ geringen Windgeschwindigkeiten), genügend Luft über die Berge zu transportieren, „fehlt“ sie dahinter, deshalb ist dort auch der Luftdruck etwas geringer und in der Folge bilden sich Leetiefs aus. In Strömungsrichtung rechts bilden sich hinter dem Gebirge linksdrehende Wirbel (Drehrichtung wie im Tief), in Strömungsrichtung links bilden sich hinter dem Gebirge rechtsdrehende Wirbel (Drehrichtung wie im Hoch). Nach meiner persönlichen Erfahrung sind die Wirbel links hinter dem Gebirge (mit Drehrichtung wie im Hoch) in der Regel schwächer ausgebildet als die Wirbel rechts hinter dem Gebirge (mit Drehrichtung wie im Tief). Außerdem habe ich in der Regel im Bereich der linksdrehenden Wirbel stärkere aufwärtsgerichtete Vertikalbewegung beobachtet (stärkere Quellwolkenbildung, gegebenenfalls Schauer oder sogar Gewitter) als in den rechtsdrehenden Wirbeln. Ursache dafür kann der Zusammenhang zwischen Horizontal- und Vertikalströmung sein. Wir wissen ja, dass im „normalen“ Hochdruckgebiet abwärtsgerichtete, im Tiefdruckgebiet aufwärtsgerichtete Strömung herrscht. Die bessere Thermik findet man bei derartigen Wetterlagen rechts des Gebirges, links die schwächere. Grafik: Dr. Manfred Reiber/Meteoblue



7 Werden einzeln stehende Berge oder Gebirge, wie der zum Beispiel der Harz, angeströmt, dann teilt sich die Strömung. Am Teilungspunkt kommt es dann zur Divergenz und abwärtsgerichteter Vertikalbewegung. Die Folgen sind: keine oder nur geringe Thermik im Bereich des Divergenzpunktes, signifikant verschiedene Windrichtungen auf engstem Raum, gegebenenfalls Ausbildung von „Eckeneffekten“ mit verstärkter Strömung am Rand des Gebirges

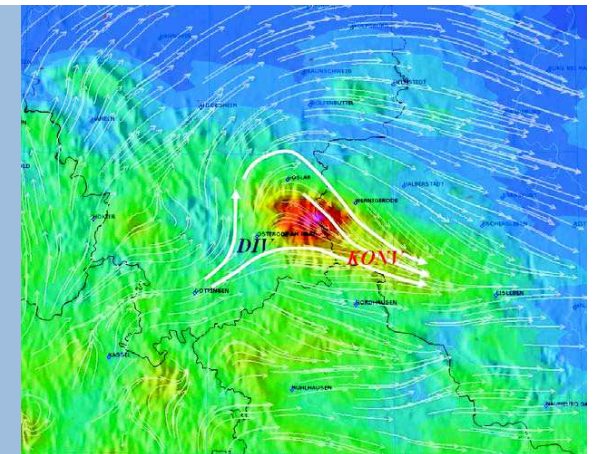
Grafik: Dr. Manfred Reiber/Meteoblue



8 Auf dieser Abbildung können wir die Ausbildung einer Divergenz und einer Konvergenz bei der Umströmung des Harzes beobachten. Und wieder ist das Divergenzgebiet mit Absinken und das Konvergenzgebiet mit aufsteigender Vertikalbewegung verbunden. Die Folgen sind verstärkte beziehungsweise abgeschwächte Thermik, Windrichtungsänderungen auf engstem Raum und gegebenenfalls Windverstärkungen an den Rändern des Gebirges, beziehungsweise des Berges.

Grafik: Dr. Manfred Reiber/Meteoblue

Das genaue Studium lokaler Strömungsverhältnisse ist also nicht nur interessant, es ist in jedem Fall auch nützlich für einen erfolgreichen Flug! ▽



MENTOR 2

**der leader
legt die Latte wieder höher**

(Leistungsmessungen im Thermik-Magazin).
Dieser Tradition folgt der MENTOR 2.

SELBER PROBEFLIEGEN ÜBERZEUGT

NOVA HEADQUARTERS
NOVA INTERNATIONAL
Auweg 14
A-6123 Telfens
Tel. ++43 (0) 5224 66026
info@nova-wings.com

VERTRIEB SCHWEIZ
High Adventure
CH-6383 Dallenwil
Tel. ++41 (0) 41 - 628 01 30
www.high-adventure.ch
info@high-adventure.ch

VERTRIEB DEUTSCHLAND
Charly Produkte
D-87637 Seeg
Tel. ++49 (0) 83 64 - 12 86
www.charly-produkte.de
robert@charly-produkte.de

Bitte beachten: Die Gesamtleistung kann aufgrund nationaler Vorschriften in verschiedenen Ländern jeweils unterschiedlich ausfallen.