



Turbulenz im Lee

Ein Flug ins Lee muss genau überlegt sein. Kräftige Turbulenzen können dort den Angstschweiss aus den Poren pressen. Nur wenn die Windstärke klein, die Luft labil geschichtet und die Zone gross genug ist, in der sich die Strömung vom Boden gelöst hat, kann das Lee geniessbar sein.

 **Martin Gassner**

Ist Fliegen im Lee erlaubt oder bedeutet das Lee grundsätzlich eine gefährliche und daher verbotene Zone? Diese Frage erhitzt die Gemüter immer wieder, besonders seit Richi Meier an der Delta-EM im österreichischen Greifenburg in einem Leegebiet tödlich verunglückte. Bei starker Thermik und 15 km/h Rückenwind überschlug er sich mehrmals 150 Meter über Grund. Noch erschien kein ausführlicher Unfallbericht, auch ist die tatsächliche Ursache noch ungeklärt. Es ist nicht klar, ob wirklich eine Lee-Turbulenz den Absturz verursacht hat. Richi war ein erfahrener Pilot und wusste genau, welche Risiken er bei seinem Flug einging. Fliegen im Lee war nichts Aussergewöhnliches für ihn.

Quellen der Turbulenz

Aber woher kommen denn die Gefahren? Das erste und wichtigste Stichwort dazu ist die Turbulenz. Turbulenz hat zwei verschiedene Quellen: Thermische und mechanische Turbulenz. Im Gegensatz zur mechanischen Turbulenz suchen wir Flieger die thermische Turbulenz, welche wir als Thermik bezeichnen. Dazu gehören sowohl die grossen und gleichmässigen Schläuche wie auch die kurzen und harten Böllerschüsse. Mechanische Turbulenz entsteht durch Reibung am Boden und in Windscherungen, wenn unterschiedlich starke und unterschiedlich gerichtete Winde nahe übereinander blasen.

Thermische Turbulenz

Bei Windstille und Sonneneinstrahlung entsteht ausschliesslich thermische Turbulenz. Doch aufgepasst, das bedeutet nicht automatisch sanfte und feine Aufwinde. Je nach Luftschichtung kann auch unangenehm enge und harte Thermik entstehen. «Wenn der Temperaturgradient in der unteren Luftschicht zu gross ist, ab etwa 0,8°C pro 100 m», erklärte Tasksetter Martin Scheel einmal an einer SM

Il faut bien réfléchir avant de voler sous le vent. Les fortes turbulences qu'on y trouve peuvent donner des sueurs froides. Mais si le vent est faible, l'air instable et la zone d'où le courant ascendant s'est détaché du sol suffisamment grande, on peut éventuellement profiter d'un passage sous le vent.

 **Martin Gassner**

Peut-on voler sous le vent ou cette zone est-elle par principe dangereuse, donc interdite? Cette question échauffe régulièrement les esprits, surtout depuis que Richi Meier a trouvé la mort dans une zone sous le vent lors des CE de delta de Greifenburg. Avec 15 km/h de vent arrière et alors que les thermiques étaient forts, il a fait plusieurs tonneaux à 150 m du sol. Aucun rapport d'accident détaillé n'a encore été publié et la cause effective de l'accident n'est pas encore connue. Il n'est pas évident qu'une turbulence sous le vent ait provoqué l'accident. Pilote expérimenté, il savait exactement quels risques il prenait et voler sous le vent n'avait rien d'exceptionnel pour lui.

Les sources de turbulences

D'où viennent les risques? Le premier mot qui vient à l'esprit est essentiel: turbulences. Elles sont de deux origines distinctes: thermique et mécanique. Au contraire des turbulences mécaniques, nous autres pilotes cherchons les turbulences thermiques, que nous appelons simplement thermiques. Ce sont aussi bien les pompes larges et régulières que les claques courtes et puissantes. Les turbulences mécaniques sont issues de frottements au sol et de cisaillements lorsque des vents de force et de direction différentes soufflent très près l'un au-dessus de l'autre.

Turbulences thermiques

Par vent nul et lorsque le soleil brille, seules les turbulences thermiques se forment. Mais attention, cela n'est pas automatiquement synonyme de vents ascendants modérés et paisibles. Selon la stratification de l'air, les thermiques peuvent être désagréablement forts et étroits. Comme l'expliquait un jour Martin Scheel lors d'un CS à Fiesch, «Si le gradient de température est trop élevé dans la couche inférieure de l'atmosphère, autour de 0,8°C/100 m, les thermiques



Föhn! Leewirbel am Alpenhauptkamm.

Föhn! Tourbillons sous le vent de la crête principale des Alpes.

Extrem starker Wind: Gleichmässig geformte, kleine Leewellen.

Vent extrêmement puissant: petites ondes sous le vent, de forme régulière.

Eine Strömung im Wasserkanal zeigt die Wirbelzone hinter einem Bergrücken ohne klare Abreisskante. Luftbläschen machen die Turbulenzen sichtbar.

Dans un canal aquatique, le courant montre la zone de tourbillons derrière la croupe d'une montagne sans lieu de déclenchement marqué. Les bulles d'air permettent de voir les turbulences.

Turbulences sous le vent

in Fiesch, «dann wird die Thermik kräftig. Zahlreich und wie Böllerschüsse kommen die Thermikblasen hoch. Kaum nutzbar. Besonders ungemütlich wird es, wenn diese Böllerschüsse auf eine Inversion prallen und zerplatzen.» Erstaunt folgten die umstehenden Piloten seinen Ausführungen, widersprachen sie doch der bisherigen Ansicht, dass die Thermik mit grösserem Temperaturgradienten besser würde. «Die Erfahrung zeigt», meinte er weiter, «dass ein Gradient von etwa 0,6°C pro 100 m besser ist. Die Thermik ist sanfter, weiter und besser nutzbar.»

Mechanische Turbulenz

Sobald ein Wind bläst, entsteht mechanische Turbulenz. Hinter Hindernissen wie Häusern oder Bäumen bilden sich Wirbel, die mit dem Wind fortgetragen werden können. Je stärker der Wind bläst, umso stärkere Wirbel bilden sich, und zwar überproportional zur Windgeschwindigkeit. Hinter Gräten und Kanten bilden sich oft gefürchtete Leewirbel. Im Bereich von Inversionen ändert der Wind häufig markant in Stärke und Richtung. In solchen Scherungszonen bilden sich auch Turbulenzen.

Luv und Lee

Die dem Wind zugewandte Seite eines Berges wird als Luv-, die windabgewandte Seite wird als Leeseite bezeichnet. Gewöhnlich findet man auf der Luvseite dynamischen Aufwind mit relativ ruhigen Verhältnissen. Anders auf der Leeseite: extreme Turbulenzen können dort vorkommen, aber manchmal auch schöne, kräftige Thermik. Entscheidend für die Verhältnisse im Lee ist die Grösse der Wirbelzone, das heisst des Gebietes, in dem sich der Wind vom Boden löst. Je grösser und je dicker die Wirbelzone ist, also je weiter oben der Wind darüber hinwegbläst, umso geschützter und damit ruhiger ist die Luft dort. Die Turbulenzen aus der Windscherung der Randzone zerfallen auf ihrem Weg in die Wirbelzone. Bleibt die Wirbelzone klein, zerfallen die Turbulenzen nicht und füllen den gesamten Bereich. Nimmt die Windstärke zu, wachsen auch die Turbulenzen in der Randzone und dringen weiter in die Wirbelzone ein. Das heisst, die Wirbelzone muss deutlich grösser sein, um im Zentrum einen ruhigen Bereich zu enthalten.

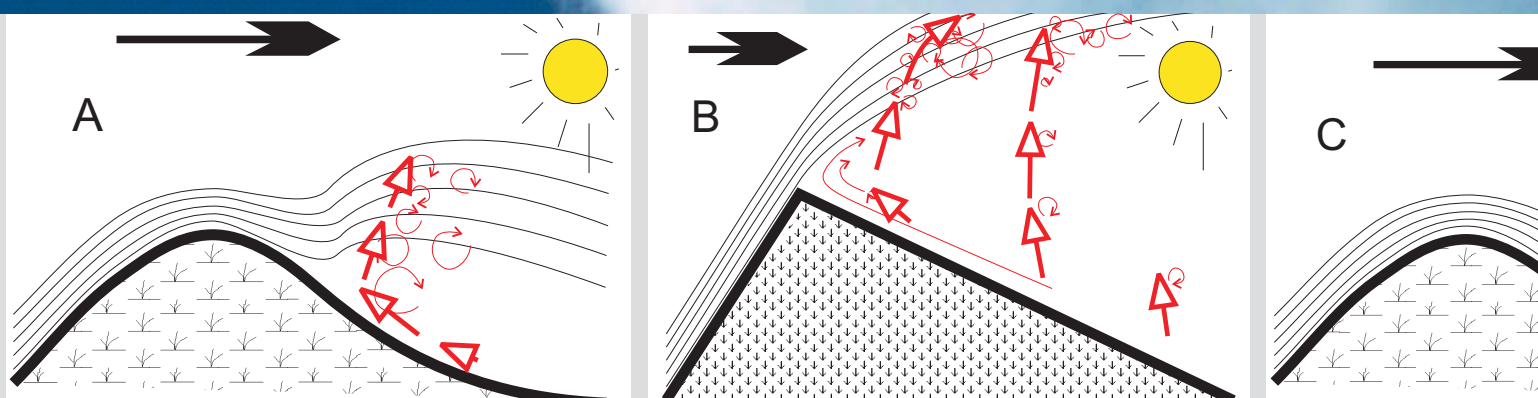
deviennent puissants. Les bulles thermiques fusent, nombreuses et explosives, et sont à peu près inexploitable. Cela devient particulièrement inconfortable lorsque ces bulles heurtent une inversion et éclatent.» Etonnés, les pilotes présents écoutaient ses propos qui contredisaient la théorie jusque-là admise selon laquelle les thermiques s'amélioraient lorsque le gradient de température s'élevait. Et de poursuivre que «l'expérience montre qu'un gradient d'environ 0,6°C/100 m est meilleur. Les thermiques sont plus paisibles, plus larges et mieux exploitables.»

Turbulences mécaniques

Lorsque le vent souffle, des turbulences mécaniques se forment. Les obstacles (maisons ou arbres) provoquent des tourbillons qui peuvent être emportés par le vent. Plus le vent souffle fort, plus les tourbillons s'amplifient, et ce de manière disproportionnée par rapport à la vitesse du vent. De redoutables tourbillons se forment souvent sous le vent de crêtes ou d'arêtes. Près d'une inversion, la force et la direction du vent changent souvent de manière prononcée, provoquant des turbulences dans ces zones de cisaillements.

Au vent et sous le vent

On dit du côté d'une montagne frappé par le vent qu'il est «au vent», le côté opposé est «sous le vent». Au vent, on trouve généralement un vent ascendant dynamique et des conditions relativement calmes. Sous le vent, c'est différent: on peut y trouver des turbulences extrêmes, mais parfois aussi de très bons thermiques. Ce qui détermine les conditions sous le vent, c'est la taille de la zone de tourbillons, c'est-à-dire de l'endroit où le vent se détache du sol. Plus la zone de tourbillons est grande et épaisse et plus le vent souffle haut au-dessus de cette zone, plus l'air y est protégé et donc calme. Les turbulences issues du cisaillement de la zone frontière s'atténuent en se déplaçant vers la zone de tourbillons. Si la zone de tourbillons est étroite, les turbulences ne s'atténuent pas et remplissent toute la zone. Si le vent forçit, les turbulences s'amplifient dans la zone frontière et s'étendent un peu plus dans la zone de tourbillons. La zone de tourbillons doit donc être très étendue pour comporter un espace calme au centre.



A hinter einem runden Bergrücken ohne Abreisskante bei labilen Verhältnissen. A derrière un sommet arrondi sans lieu de déclenchement par conditions instables. | B hinter einem derrière une crête escarpée avec lieu de déclenchement marqué par conditions instables. | C hinter einem runden Bergrücken ohne Abreisskante bei stabilen Verhältnissen. C derrière un D hinter einem scharfen Grat mit klarer Abreisskante bei stabilen Verhältnissen. D derrière une crête escarpée avec lieu de déclenchement marqué par conditions stables.

Lee hinter runden Bergrücken

Für die Grösse der Wirbelzone sind die Form des Berges und der Temperaturgradient entscheidend. Über einen runden Bergrücken kann der Wind hinüber blasen, ohne sich abzulösen. Auf der Leeseite bildet sich keine Wirbelzone, sondern der Wind bläst gleichmässig den Hang hinunter. Dies tritt besonders in stabilen Schichtungen auf, wenn zum Beispiel der Talwind bis über die ersten Bergrücken reicht. Wer in diese Zone gerät, muss rasch einen Landeplatz suchen. Heizt die Sonne die Leeseite auf, verwirbeln Thermikblasen den ansonsten ruhigen Abwind. Bei labileren Verhältnissen löst sich der Wind irgendwo hinter der Bergkuppe ab. Es bildet sich eine kleine Wirbelzone, die allerdings noch recht turbulent ist. Erst wenn durch Sonneneinstrahlung ein thermischer Aufwind entsteht, wird diese Zone grösser.

Lee hinter scharfen Gräten

Bei scharfen Gräten löst sich die Windströmung in jedem Fall ab, da sie infolge der Massenträgheit nicht dem Gelände zu folgen vermag. Bei stabilen Verhältnissen wird die Strömung jedoch rasch wieder hinunter gedrückt. Es bildet sich nur eine kleine und damit turbulente Wirbelzone. Wenn zusätzlich die Sonne die Leeseite aufheizt, zerreißen einzelne thermische Blasen die zahlreichen Rotoren und schleudern sie weg – ein extrem gefährlicher Mix! Anders sieht es bei labileren Verhältnissen aus, weil die Strömung nur langsam wieder hinunter gleitet. Weil die Wirbelzone damit sehr dick wird, zerfallen die Turbulenzen auf dem Weg ins Zentrum fast vollständig. In dem ruhigen, geschützten Bereich ist ein Flug ungefährlich. Scheint zusätzlich die Sonne ins Lee, bildet sich dort gute Thermik. Doch aufgepasst, bei sehr labilen Verhältnissen kann sie, wie bereits erwähnt, hart und kaum nutzbar sein, was nichts mit dem Lee zu tun hat.

Randzone

Beim Einstieg in die Thermik tief unten in einem Leegebiet ist es schwierig, die Windstärke auf Gipfelhöhe abzuschätzen. Trifft der Aufwind auf die Scherungszone, unterbrechen abrupte Turbulenzen das ruhige Steigen. Im Windschatten eines grösseren Berges kann das auch über der nächstfolgenden Kette vorkommen.

Abschätzen der Verhältnisse

Bei stabilen Verhältnissen ist das Lee turbulent und gefährlich. Welches sind die Zeichen für stabile Verhältnisse und woran lässt sich erkennen, ob ein Flug ins Lee ungefährlich ist? Als erstes ist

Sous le vent derrière un sommet arrondi

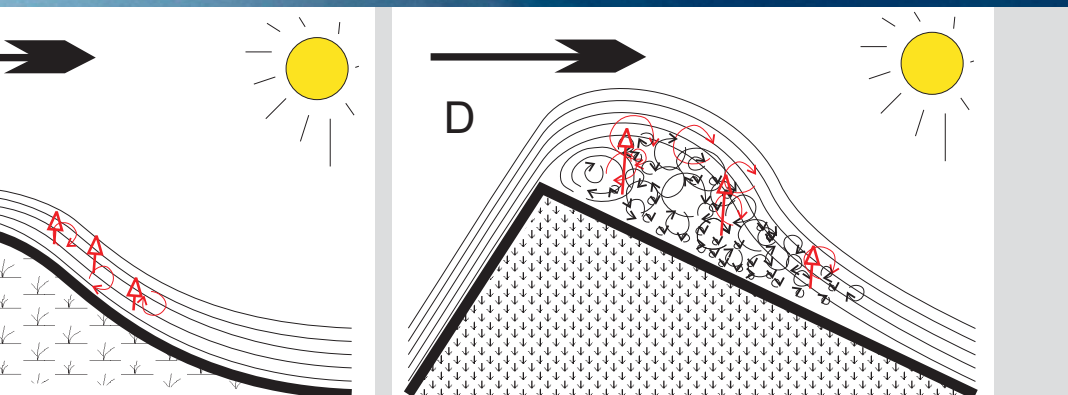
La taille de la zone de tourbillons dépend essentiellement de la forme de la montagne et du gradient de température. Si le sommet est arrondi, le vent peut souffler par-dessus sans se détacher. Il n'y a pas de formation de tourbillons sous le vent, puisque le vent dévale constamment la pente derrière le sommet. C'est surtout le cas quand l'atmosphère est stable, par exemple si le vent de vallée parvient à dépasser les premiers sommets. Qui se retrouve dans une telle zone sous le vent doit rapidement trouver un endroit où se poser. Si le soleil réchauffe le côté sous le vent, des bulles thermiques ébranlent le vent descendant habituellement calme. Lorsque les conditions sont instables, le vent se détache quelque part derrière le sommet. Se forme alors une petite zone de tourbillons, qui est toutefois assez turbulente. Ce n'est que lorsque l'ensoleillement déclenche un vent thermique ascendant sous le vent que la zone s'étend.

Sous le vent derrière des crêtes escarpées

Si les crêtes sont escarpées, le vent se détache toujours du sol, puisque l'inertie ne lui permet pas de suivre le terrain. Lorsque les conditions sont stables, le vent redescend pourtant très vite. Seule une petite zone de tourbillons se forme, mais elle est alors turbulente. Si en plus, le soleil réchauffe le côté sous le vent, des bulles thermiques se forment, déchirent les nombreux rotors et les catapultent dans tous les sens – un mélange extrêmement dangereux! Lorsque les conditions sont instables, la situation est différente parce que le vent ne redescend que lentement derrière le sommet. La zone de tourbillons devient plus épaisse et les turbulences emportées vers son centre s'apaisent presque totalement. Dans cette partie protégée et calme, on peut voler sans danger. Si en plus le soleil brille sous le vent, on y trouvera de bons thermiques. Mais attention, si les conditions sont très instables, ces thermiques, comme mentionné plus haut, peuvent être forts et quasi inexploitable, ce qui n'a rien à voir avec le fait d'être sous le vent.

Zone frontière

Lorsqu'on commence à enrouler un thermique très bas dans une zone sous le vent, on peut difficilement évaluer la force du vent au sommet. Si le vent ascendant rencontre une zone de cisaillements, l'ascension calme est interrompue par de rudes turbulences. Protégé du vent par une montagne élevée, on peut rencontrer une situation identique dès le passage de la première crête.



scharfen Grat mit klarer Abreisskante bei labilen Verhältnissen. B
 sommet arrondi sans lieu de déclenchement par conditions stables. |

Vorsicht vor dem Talwind geboten! Da die Luft aus absinkenden Luftmassen stammt, ist sie eher stabil geschichtet. Bot das Lee oben bei den Gipfeln noch gute Thermik, brodeln im Talwind im Lee eine gefährlich turbulente Suppe.

Vorsicht ist auch geboten, wenn dort, wo gewöhnlich die Aufwinde stehen, nur schlechte oder keine Thermik vorhanden ist. In diesem Fall sollte auf die Suche im Lee verzichtet werden. Herrscht umgekehrt gute Thermik, kann beim weiteren Flug auch das Lee durchstreift werden.

Je steiler die Luvseite ist, umso grösser ist auch der geschützte Bereich auf der Lee-seite. Bei flachen Kuppen fehlt in der Windströmung die notwendige Vertikalkomponente, damit die Strömung weit genug aufsteigt.

Vorsicht ist auch im Bereich von Inversionen geboten. Im Flug erkennt man Inversionen, wenn beim Aufstieg die Thermik plötzlich eng und «giftig» wird. In diesem Höhenbereich sollte das Lee gemieden werden. Häufig findet im Bereich von Inversionen noch zusätzlich ein Windwechsel statt. Im oberen Thermikregime kann das Lee auf einer anderen Seite liegen.

Zum Schluss ist auch dann Vorsicht geboten, wenn sich im Bauch ein ungutes Gefühl bemerkbar macht. Selbst wenn andere ins Lee fliegen, empfiehlt es sich zu verzichten. In diesem Fall gilt die alte Regel: Im Zweifel nie!

Evaluer les conditions

Si les conditions sont stables, une zone sous le vent est turbulente et dangereuse. Quels sont les signes de conditions stables et comment reconnaître si un vol sous le vent peut être dangereux? Il faut d'abord se méfier du vent de vallée. Comme l'air environnant provient de masses d'air descendantes, il est plutôt stable. Si des thermiques se forment encore sous le vent au-delà du sommet, le mélange du vent de vallée et de l'air descendant sous le vent est un bouillonnement turbulent et dangereux.

Attention aussi si on ne trouve pas ou peu de thermiques là où le vent est habituellement ascendant. Il est alors déconseillé de chercher des thermiques sous le vent. Mais si les thermiques sont bons, on peut alors, au cours de son vol, parcourir les zones sous le vent.

Plus le côté au vent est escarpé, plus la zone protégée sous le vent est grande, tandis que sur des sommets plus plats, il manque au vent la composante verticale nécessaire pour continuer à monter suffisamment haut.

Il faut aussi être prudent dans les zones d'inversion. Durant le vol, on reconnaît une inversion lorsque, durant l'ascension, le thermique devient soudain étroit et «teigneux». A cet endroit, il faut éviter la zone sous le vent. Près d'une inversion, le vent est aussi souvent changeant. Au sommet du thermique, la zone sous le vent peut alors se trouver d'un autre côté. Pour finir, il faut aussi être prudent lorsqu'on ressent une sensation désagréable au creux du ventre. Même lorsque d'autres volent sous le vent, il vaut mieux renoncer. Appliquer dans ce cas le vieil adage: Dans le doute, abstiens-toi.

Aviation Weather

NEU, mobil und aktualisiert:
 das komplette Flugwetter-Briefing
 für unterwegs!

NOUVEAU, mobile et actualisé:
 le briefing météo complet sur vous
 et partout!



- Druckdifferenzgrafik
- Windmesswerte
- Windentwicklung, Gefahren
- Niederschlagsradar
- Regtherm Prognoseübersicht
- GAFOR/GAMET Schweiz/Suisse
- METAR/TAF Schweiz/Suisse uvm.
- Différence de pressions
- Mesure de vent
- Evolution des vents, dangers
- Radar de précipitations
- Regtherm prévisions de thermiques

ab/dès CHF 7.-
pro Monat/par mois
 (für unbeschränkte Nutzung/
 à utiliser à volonté)

Weitere Infos:

Pour plus d'informations:
www.162.ch > Java
www.meteoschweiz.ch/aviatik

Gratis Download der Demoversion:

Téléchargement gratuit de
 la version démo:
 Entrer <http://java.162.ch> sur votre
 téléphone portable/auf dem Handy
 eingeben.