



Wolken saugen nicht

Knapp unter den Wolken können Thermiken manchmal deutlich stärker werden. Die landläufige Erklärung für diesen Effekt ist allerdings nicht korrekt. Zeit für eine neue Theorie

TEXT UND GRAFIKEN: LUCIAN HAAS

↑ Ein solches Wolkenbild sollte Piloten zur Vorsicht mahnen: Stahlblauer Himmel deutet auf sehr trockene Höhenluft hin. Sie wird am Rand der hoch aufschießenden Wolken nach unten gedrückt und kann dann unter der Wolkenbasis den Aufstieg der Thermik verstärken.



Wer viel in Thermiken kreist und sich dabei in die Nähe von Wolken wagt, wird das schon erlebt haben: Mit einem Mal fühlt es sich an, als hätte

jemand bei der Thermik den Nachbrenner eingeschaltet. Aus einem normalen Steigen von zwei bis drei Metern wird schnell eines mit fünf, sechs oder gar acht Metern pro Sekunde. Erschreckt versucht man noch an den Rand der Wolke zu flüchten, doch die Steigwerte sind zu groß. Ungewollt wird man vom weißgrauen Nichts verschluckt und hat dann mitunter seine liebe Not, die Orientierung in der Wolkenwatte zu behalten. Später, beim Landebier, wird man dann vielleicht etwas ehrfürchtig erzählen: „Die Wolke hat mich eingesogen“. Gefühlt ist das auch so. Doch der Mechanismus dahinter ist ein anderer. Denn wie der Titel schon sagt: Wolken saugen nicht!

Warum wird das dann trotzdem häufig behauptet und selbst in Meteo-Schulungen erzählt? Weil es ein so schön einfaches, verständliches Bild ist. Zur Erinnerung: In der Thermiklehre wird uns beigebracht, dass die thermische Luft sich beim Aufstieg trockenadiabatisch um ein Grad Celsius pro 100 Höhenmeter abkühlt. Sinkt die Temperatur in der Thermikblase bis zur Taupunkttemperatur ab (also jene Temperatur, bei der das enthaltene gasförmige Wasser zu kondensieren beginnt), dann entsteht nicht nur eine Wolke, sondern in dieser wird die im Wassergas gespeicherte latente Wärme frei. Die weitere Abkühlung der Luft beim Aufstieg in der Wolke erfolgt nun feuchtadiabatisch mit einer typischen Abkühlung von nur noch 0,6 Grad Celsius pro 100 Meter. Das wirkt wie ein Thermikbooster: In der Wolke steigt die Thermikblase schneller, wodurch sie gleichzeitig mehr Luft nachzieht. So entsteht ein Sog, der bis unter die Wolkenbasis

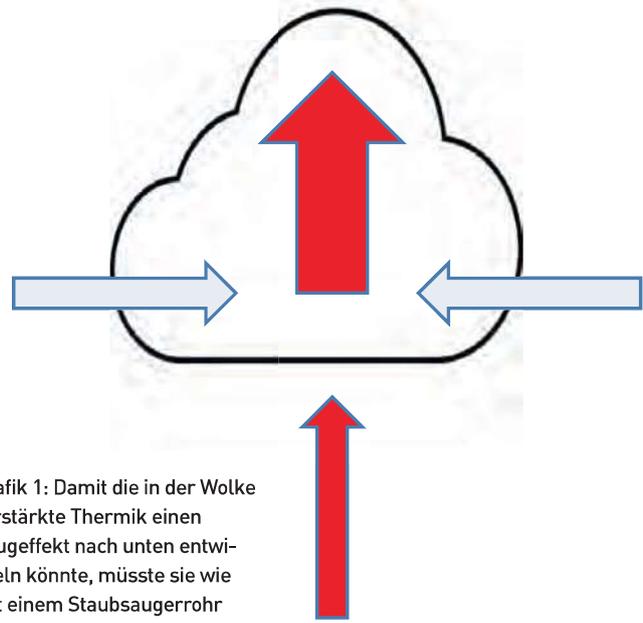
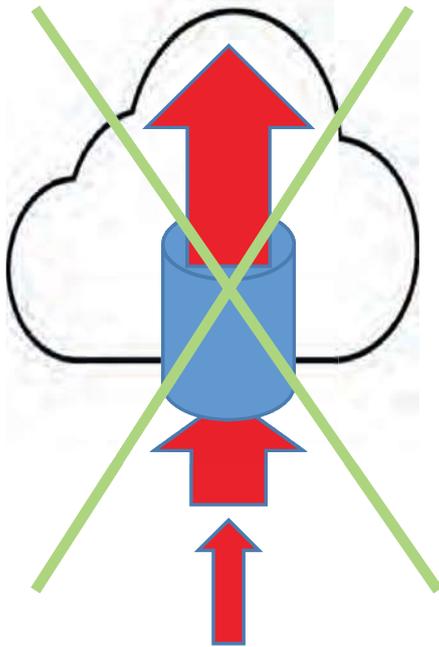
reichen soll. Soweit die klassische Lehre. Nur passt sie nicht so ganz zur physikalischen Realität.

Wolken fehlt das Saugrohr

Würden Wolken tatsächlich eine Sogwirkung auf die Luftmassen unter ihnen entwickeln, müssten sie eine enorme Arbeit verrichten. Denn Luft hat ein Gewicht, und um Luft von unten in eine Wolke zu saugen, müsste dieses Gewicht gegen die Schwerkraft nach oben gezogen werden. Allerdings sind Wolken nach allen Seiten hin offen. Das bedeutet: Mögliche Saugkräfte wirken de facto in alle Richtungen. Und da es viel leichter ist, eine Masse auf gleicher Höhe zu verschieben, als sie anzuheben, wird die Saugkraft der Wolken auch vor allem die Luft an deren Seiten erfassen. Eine starke Saugwirkung nach unten wäre nur zu erwarten, wenn in einer Wolke ein geschlossenes Rohr wie bei einem Staubsauger steckte (Grafik 1). Doch das ist normalerweise nicht der Fall.

Natürlich gibt es auch eine Ausnahme von der Regel: Bei einer Gewitterwolke können die Aufwind- und benachbarten Abwindbereiche so groß und stark werden, dass die seitlich zuströmende Luft davon zum Teil abgeblockt wird. Der Aufwind wird gewissermaßen kanalisiert, was dann doch einer Art Rohr entspricht, das die Sogkräfte somit auf die Bereiche unter der Gewitterwolke konzentriert. Bei kleineren, normal entwickelten Cumulus-Wolken ist das aber nicht der Fall. Und dennoch kann das Steigen auch dort gelegentlich schon Dutzende, manchmal gar ein paar Hundert Meter unter der Wolkenbasis an Stärke zunehmen. Da stellt sich zwangsläufig die Frage: Wenn das nun kein Saugen ist, was ist es dann?

Hier kommt ein Faktor ins Spiel, der in der Thermiklehre häufig sträflich vernach-



Grafik 1: Damit die in der Wolke verstärkte Thermik einen Saugeffekt nach unten entwickeln könnte, müsste sie wie mit einem Staubsaugerrohr ausgestattet sein. Tatsächlich wird zusätzliche Luft hauptsächlich von den Seiten in die Wolken strömen.

lässigt wird – die Luftfeuchtigkeit. Klassischerweise wird nur die Temperatur betrachtet. Je wärmer eine Luftmasse ist, desto geringer ist ihre Dichte – das heißt, sie ist leichter. Das gleiche gilt aber auch in Bezug auf die Feuchtigkeit: Wenn mehr gasförmiges Wasser in einem gewissen Luftvolumen steckt, nimmt dessen Dichte ebenso ab.

Das hängt damit zusammen, dass die gasförmigen Wassermoleküle einen Teil der Luftmoleküle verdrängen. H_2O hat allerdings eine deutlich geringere molekulare Masse als O_2 (ein Sauerstoffatom wiegt 16 mal so viel wie ein Wasserstoffatom). Vergleicht man eine feuchte Luftmasse mit einer trockenen Luftmasse gleicher Temperatur, so hat die feuchte Variante die etwas geringere Dichte. Sie ist also leichter und er-

fährt deshalb einen Auftrieb. Und genau das kommt beim Effekt der angeblich saugenden Wolken zum Tragen.

Moderne Thermiklehre

Die moderne Thermiklehre besagt: Eine Thermikblase wird solange aufsteigen, wie ihre eigene Dichte (geprägt durch Temperatur und Feuchtigkeit) geringer ist als die Dichte der sie umgebenden Luftmassen. Ist der Dichtegradient groß (der Unterschied der Luftdichte der Thermikblase im Vergleich zur umgebenden Luft), so ist der Auftrieb der Blase stark. Sind die Unterschiede nur gering, wird das Steigen mau ausfallen.

Damit sich ein Thermikbart unter der Wolke verstärkt, muss also der Dichtegradient in diesem Bereich zunehmen. Und ge-

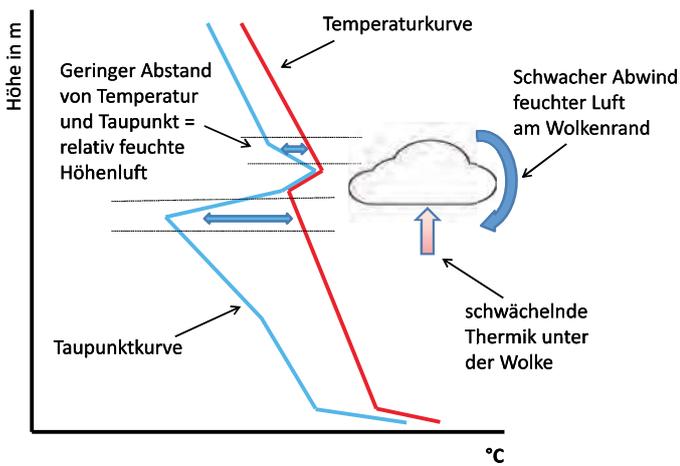
nau das passiert, wenn trockene Luftmassen unter die Wolkenbasis gespült werden. Die Thermik selbst hat vom Boden her typischerweise einiges an Feuchtigkeit mit im Gepäck. Steigt sie nun in eine trockenere und somit dichtere Umgebungsluft, wird der Thermikbooster eingeschaltet.

Wie gelangt nun trockene Luft unter die Wolkenbasis? Hier spielen die Wolken selbst eine wichtige Rolle. Wenn sie durch die Konvektion getrieben in die Höhe wachsen, gibt es an ihren Rändern eine Gegenbewegung: Hier fließen Abwinde nach unten. Und diese Abwinde können bis unter die Wolkenbasis reichen. Dabei nehmen sie die Eigenschaften der Luftmassen oberhalb der Wolkenbasis einfach mit. Herrscht in der Höhe eine sehr trockene Luft vor, wird also am Wolkenrand

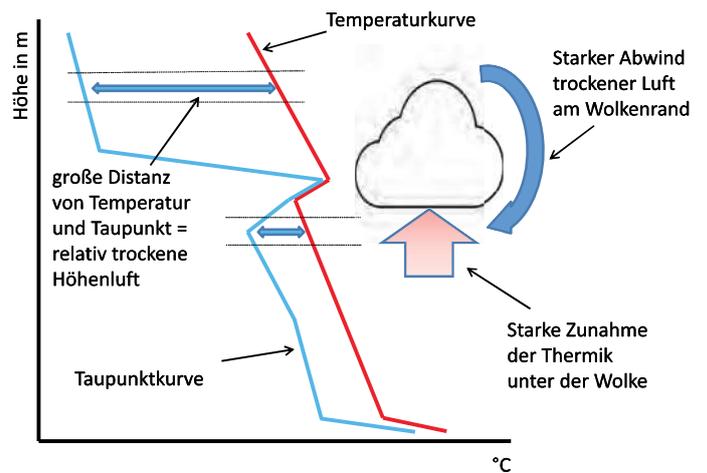
Wolkenflug ist gefährlich und verboten

Wolkenflug mit Gleitschirmen und Drachen ist grundsätzlich verboten. Im Luftraum E und im Luftraum G (oberhalb 3.000 ft MSL oder 1.000 ft GND) ist ein Abstand von 300 m vertikal und 1,5 km horizontal zwingend vorgeschrieben. Gute Piloten halten immer ausreichend Abstand, denn ein Wolkenflug ist auch sehr gefährlich. Zum einen kann das Steigen in der Wolke noch einmal deutlich zunehmen – als Folge der freigesetzten Wärme des kondensierenden Wassers. Zum anderen verliert der Pilot in Wolken sehr schnell die Orientierung. Auf den GPS Kompass zu vertrauen ist dann ein Glücksspiel. Die vielen Wassertröpfchen in den Wolken können die GPS-Funksignale mitunter so stark dämpfen, dass das GPS keine korrekten Richtungsangaben mehr liefert. Vor allem in Geländenähe ist Orientierungslosigkeit eine enorme Gefahr.

Oberstes Ziel muss es daher immer sein, den Flug in die Wolken durch ausreichenden Abstand von vornherein zu verhindern. Gerät man doch einmal hinein, hat es sich bewährt, mit möglichst großen Ohren und getretenem Beschleuniger in Richtung des vermuteten Wolkenrandes zu fliegen.



Grafik 2: In diesem Beispiel-Temp ist die Umgebungsluft über der Wolkenbasis feuchter als darunter. Sie hat deshalb eine relativ geringere Dichte. Sie wird dann nicht so leicht am Wolkenrand nach unten gedrückt und wird unter der Wolkenbasis die Thermik auch nicht weiter verstärken, sondern eher dämpfen.



Grafik 3: Ist die Höhenluft (oberhalb der Wolkenbasis) sehr trocken, hat sie eine erhöhte Dichte. Sie kann dann von Abwinden am Wolkenrand bis weit unter die Wolkenbasis heruntorgemischt werden. Die feuchtere Thermikluft hat im Vergleich eine deutlich geringere Dichte. Ihr Aufstieg wird dadurch verstärkt.

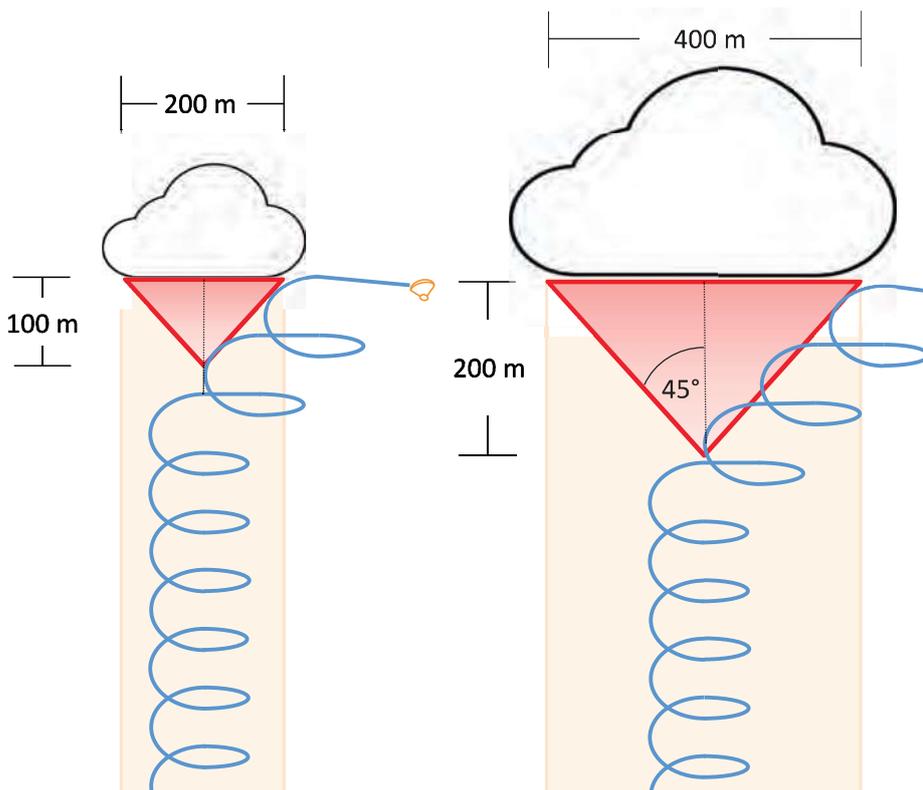


ERLEUCHE DAS SPIELFELD



DEIN ABENTEUER – UNSER EQUIPMENT

www.gleitschirm-optimal.com



Grafik 4: Wenn man sich in der Thermik von unten einer Wolke nähert, greift die 45-Grad-Regel: Man sollte seine Thermikkreise so versetzen, dass man den Wolkenrand stets im 45-Grad-Winkel anpeilen kann. Selbst wenn die Thermik unter der Wolke stark zunehmen sollte, behält man so die Chance, im Geradeausflug noch immer den Wolkenrand zu erreichen, ohne verschluckt zu werden. Dabei gilt: Je größer die Wolke, desto früher muss man zur Seite hin ausweichen.

Die 45-Grad-Regel

Um beim Thermikkurbeln nicht ungewollt in eine Wolke hinein zu geraten, muss man früh genug darauf achten, seine Kreise zum Wolkenrand hin zu versetzen. Allerdings stellt sich die Frage: Ab welcher Höhe sollte man beginnen, seine Kreise entsprechend zu verlagern?

50 Meter, 100 Meter oder gar 300 Meter unterhalb der Wolke? Das hängt jeweils von der Größe der Wolke ab.

Der britische Pilot Kelly Farina beschreibt in seinem lesenswerten Buch „Mastering Paragliding“ eine einfache Daumenregel dafür. Er nennt sie die „45-Grad-Regel“: Sobald man den Wolkenrand von der eigenen Position aus nur noch in einem 45 Grad Winkel anpeilen kann, sollte man seine Kreise entsprechend versetzen (s. Grafik 4).

Dahinter steht eine mathematische Überlegung: In thermisch-turbulenter Luft fliegen wir unsere Schirme typischerweise leicht abgebremst. Das ergibt eine horizontale Geschwindigkeit von rund 8 m/s. Sollte es uns jetzt unter einer Wolke mit 8 m/s vertikal in die Höhe reißen, stehen diese beiden Bewegungsrichtungen (Vektoren) in einem Verhältnis von 1:1. Das ergibt einen realen Flugpfad mit einem Winkel von 45 Grad nach oben.

Solange man beim Kurbeln also stets auf die 45 Grad Sicherheitspeilung zum Wolkenrand hin achtet, wird man diesen bei Bedarf im Geradeausflug immer erreichen können, selbst wenn die Thermik unter der Wolke mit einem Mal auf 8 m/s anschwillt.

sehr trockene Luft nach unten gemischt. Der Feuchteunterschied und der daran gekoppelte Dichtegradient zwischen der Luft in der Thermik und der umliegenden Luft wird dadurch verstärkt. Deshalb nehmen die Steigwerte zu.

Vereinfacht kann man sagen: Nicht die Wolke saugt, sondern die am Rand der Wolke hinabgedrückte trockene Luft pusht die Thermikflieger gewissermaßen nach oben und gelegentlich bis in die Wolke hinein.

Trockene Höhenluft als Thermikbooster

Wenn man diese Zusammenhänge kennt, wird es auch verständlich, warum an manchen Tagen die Wolken kräftig zu saugen scheinen, während man ihnen an anderen

bedenkenlos nahe kommen kann, ohne dass das Steigen nennenswert zunimmt. Entscheidend ist dabei, wie trocken die Höhenluft ist, in die die Wolken hineinwachsen. Es gilt die einfache Regel: Je trockener die Luft oberhalb der Wolkenbasis ist, desto mehr respektvollen Abstand zu den Wolken sollte man wahren.

Bleibt noch die Frage, wie man trockene Höhenluft erkennt: Man kann dies zum Beispiel anhand der Analyse von sogenannten Temps bzw. Emagrammen herausfinden. Darin sind immer zwei Kurven eingetragen. Die eine zeigt, welche Temperatur die Luftmassen je nach Höhe ausweisen, die andere (stets links davon) gibt die Taupunkttemperatur wieder. Die Lage beider Kurven zueinander zeigt die Feuchtigkeit. Je größer der Abstand zwischen Temperatur- und Tau-

punktkurve ist, desto trockener ist die Luft in der entsprechenden Höhenschicht. An Tagen mit saugenden Wolken wird die Luft in der Höhe (oberhalb der prognostizierten Wolkenbasis) deutlich trockener sein als darunter. Temperatur- und Taupunktkurve laufen dort also viel weiter auseinander (siehe Grafiken 2 und 3 auf S. 69).

Man kann solche Bedingungen freilich auch ohne ein Studium der Temp-Kurven erkennen. Sind die Luftmassen unterhalb der Wolkenbasis eher dunstig (viel Feuchtigkeit), während sich darüber ein unglaublich klarer, stahlblauer Himmel spannt, so deutet das auf eine sehr trockene Luft in der Höhe hin. An solchen Tagen sollte man Vorsicht walten lassen und beim Aufdrehen unter der Wolke lieber zu früh als zu spät den Wolkenrand ansteuern. ◀