

Im Satellitenbild ist an den Wolken erkennbar, wie weit sich bei einem starken Föhnvent Leewellen bis ins Alpenvorland ausbreiten können. *Quelle: Windy.com*

# Wellenritt ins Ungewisse

Welleneffekte sind ein wenig beachtetes Risiko der Föhnfliegerei. Sie sind unberechenbar und reichen bis zum Boden.

TEXT UND GRAFIKEN: LUCIAN HAAS

**W**enn in den Alpen mal wieder Föhnlage herrscht, wird unter Piloten, in den Foren und sozialen Netzen viel diskutiert: Es geht um Druckdifferenzen, hydraulische Föhntheorie, hochreichenden und seichten Föhn, Temperaturdifferenzen von Luftmassen im Luv und Lee der Alpen und die Frage, ob es nicht doch irgendwo sichere Föhnfluggebiete gibt.

Ein Thema wird dabei selten genannt, obwohl es essenziell ist, um das Risiko, das mit Föhn verbunden ist, besser zu verstehen: Es geht um Welleneffekte. Denn Föhnströmungen führen in vielen Fällen zur Ausbildung von mehr oder weniger kräftigen Wellen in der Atmosphäre. Über deren Auswirkungen wird unter Gleitschirm- und Drachenfliegern viel zu wenig gesprochen.

Wellenflug gilt als eine Domäne der Segelflieger. Sie soaren bei besonders starkem Höhenwind auf der Luv-Seite von atmosphärischen Wellen bis in große Höhen von teils deutlich über 5.000 Meter auf, um dann „in der Welle“ sehr weite Strecken zu fliegen.

Die Zahlen vermitteln den Eindruck, dass sich Wellenphänomene nur bei starkem Föhn und dann weit über unseren Köpfen abspielen. Doch in der Realität wirken sich Wellen immer auch bis in die tieferen Luftschichten aus. Es sind vor allem diese Welleneffekte, die die Föhnfliegerei selbst bei scheinbar fliegbaren Windgeschwindigkeiten so unberechenbar und gefährlich machen.

### Wellenentstehung

Damit atmosphärische Wellen entstehen, braucht es vor allem Wind, der gegen ein Bergmassiv bläst und von diesem nach oben abgelenkt wird. Das liefert die Energie, um eine Welle gewissermaßen anzuschieben (s. Grafik 1).

Damit sich die Wellen auch ausbreiten, braucht es noch eine zweite Zutat in der Wetterküche: Die Luftmassen oberhalb der Berggrate müssen über ein ausreichend dickes Höhenband hinweg stabil geschichtet sein. Sie weisen nur einen geringen Temperaturgradienten auf oder haben sogar den Charakter einer Inversion. Die stabile Luftschicht in der Höhe liegt dann wie ein Tischtuch über

der Landschaft. Bei Föhnlagen ist das meistens auch der Fall.

Bläst nun der vom Bergmassiv abgelenkte Wind von unten gegen dieses Inversions-„Tischtuch“, wird es aufgewölbt. Es drückt dann die gesamte darüber liegende Luftsäule nach oben.

Nun greift eine allgemeine Meteo-Regel: „what goes up, must come down“. Hinter dem ersten Wellenberg kommt es zur Gegenbewegung, d.h. Luft sinkt dort wieder ab. Und da Luft allgemein ein komprimierbares Medium ist, schießt diese Auslenkung auch dort über die Ursprungshöhe des stabilen Luftmassen-Tischtuches hinaus nach unten. Das löst seinerseits eine weitere Gegenbewegung aus, usw.

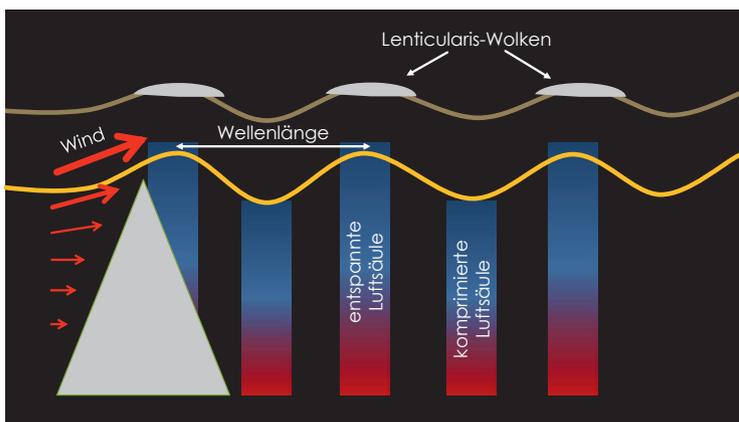
Letztendlich werden die Luftmassen auf diese Weise großräumig in wellenartige Schwingungen versetzt. Sie können teilweise erst nach mehreren Hundert Kilometern über dem Alpenvorland auslaufen. Die Wellenlänge bzw. der Abstand zwischen den wiederkehrenden Wellenbergen und -tälern hängt dabei maßgeblich von der Windgeschwindigkeit ab.

### Luftdruckbänder

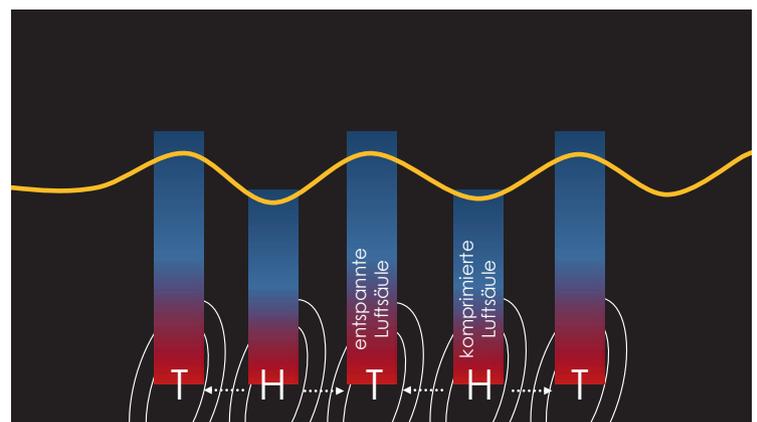
Die Wellen wirken sich auch auf die Luftschichten aus, die darunter liegen (s. Grafik 2). Unter einem Wellenberg bekommt die Luftsäule etwas mehr Raum und wird entlastet. In einem Wellental hingegen wird sie komprimiert und damit stärker belastet. Dadurch entstehen kleinräumige Luftdruckdifferenzen. Im Endeffekt ist der Luftdruck am Boden unterm Wellenberg etwas niedriger als unterm Wellental.

Diese Luftdruckdifferenzen rufen ihrerseits Ausgleichsströmungen hervor, jeweils vom Hoch zum Tief. Bei Föhn mit Wellenbildung liegen kleine Hoch- und Tiefdruckrinnen in enger Folge hintereinander. Die Druckunterschiede sind nicht sehr groß. Dennoch ergeben sich daraus Luftströmungen bzw. Windmuster, die viel chaotischer sind, als wenn man es nur mit großräumigen (überregionalen) Ausgleichsströmungen zu tun hat.

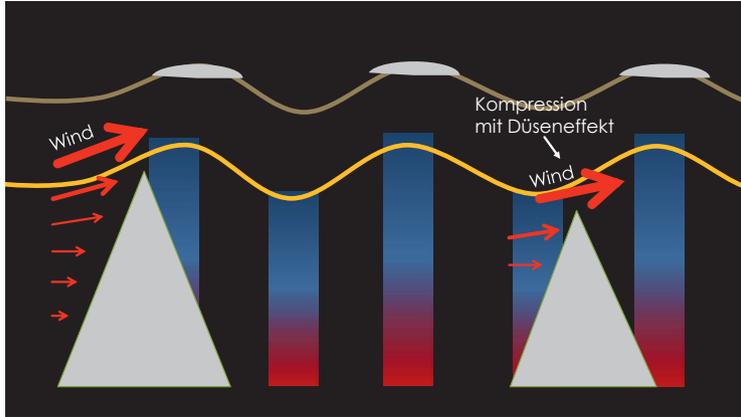
Als ein Welleneffekt entstehen bänderartige Zonen mit mehr und Zonen mit weniger Wind. Dieses Durcheinander ist beim Fliegen



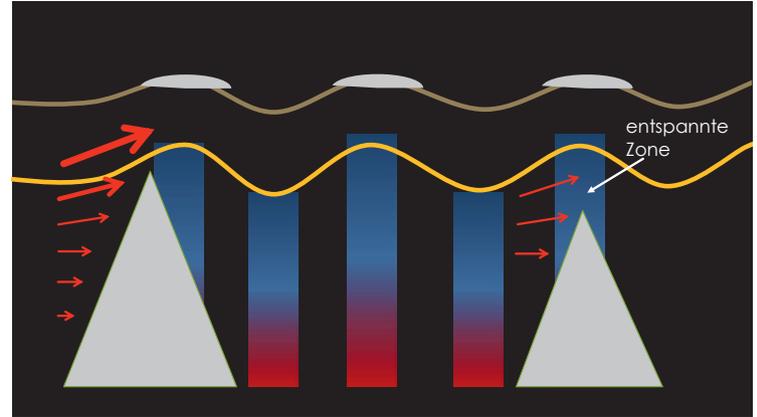
Grafik 1: Wenn Wind gegen ein Bergmassiv bläst, wird er nach oben abgelenkt. Bei stabiler Schichtung in der Höhe führt dies zur Wellenbildung. Sie beeinflusst auch die darunter liegenden Luftsäulen.



Grafik 2: Die atmosphärischen Wellen erfassen die gesamte Luftsäule und sorgen für kleinräumige Luftdruckschwankungen bis zum Boden. Das beeinflusst auch lokale Windsysteme.



Grafik 3: Trifft die Position eines Wellentals mit einem Bergkamm zusammen, bildet sich dort eine Kompressionszone. Der lokale Wind wird auf Kammhöhe stark beschleunigt.



Grafik 4: Liegt ein Wellenberg über einem echten Berg, entspannt sich dort die Lage. Die Luft überm Grat bekommt mehr Raum und fließt langsamer.

spürbar und wird auch den mit dem Wind driftenden Thermiken aufgeprägt. Deshalb fühlt sich die Luft an Föhntagen häufig seltsam chaotisch, launisch oder irgendwie faulig an.

### Düseneffekte

Die gesamte Situation ist allerdings noch komplexer. Denn Wellenberge und Wellentäler interagieren auch mit der unter ihnen liegenden Geländeform. Ragt zum Beispiel ein Berg genau dort auf, wo sich ein Wellental entwickelt, wird den strömenden Luftmassen zusätzlich Raum genommen. Es kommt zu starken Kompressionseffekten, wodurch die Windstärke lokal deutlich zunimmt (s. Grafik 3).

Liegt ein Gebirgszug hingegen unter einem Wellenberg, ist die Lage dort entspannter und der lokale Wind wird etwas schwächer ausfallen (s. Grafik 4).

Solche Düseneffekte sorgen mit dafür, dass an Tagen mit Föhn manchmal von Startplätzen auf benachbarten Bergen völlig unterschiedliche Meldungen kommen: hier (scheinbar) start- und fliegbare, dort unfliegbare.

Wären die Lage von Wellenberg und -tal in der Landschaft statisch, dann könnte man vielleicht aus der Erfahrung lernen, wo man

bei Föhn noch halbwegs sicher in die Luft gehen kann. Allerdings ist die Wetterküche immer ein dynamischer Prozess, in dem sich alle Parameter mehr oder weniger schnell verändern.

### Wellendynamik

Die Wellenlänge, also der Abstand zwischen einzelnen Wellenbergen oder -tälern, wird maßgeblich von der Windgeschwindigkeit beeinflusst. Diese ist aber nie konstant, sondern verändert sich mit der Zeit. Der Föhnwind kann anschwellen und auch wieder abschwellen. Entsprechend passt sich die Wellenlänge daran.

Infolgedessen kann es passieren, dass ein Standort am Berg, der vielleicht eine Weile als „fliegbare“ erscheint, etwas später derart von der sich verschiebenden Welle getroffen wird, dass sich die Kompression und damit der lokale Wind deutlich verstärken. Aus schönem Föhnsoaring kann dann schnell ein Überlebenskampf werden.

Was kann man daraus lernen? Vor allem sollte man sich immer vor Augen halten, dass das Fliegen bei Föhn immer mit größeren Unsicherheiten bzw. Risiken einhergeht. Denn die Lage ist im Wortsinn einfach unberechenbar.

ANZEIGE

## PASSION WITH EXPERIENCE

GLEITSCHIRMCHECK IST VERTRAUENSACHE. ZUFRIEDENE LANGZEITKUNDEN SEIT 1985

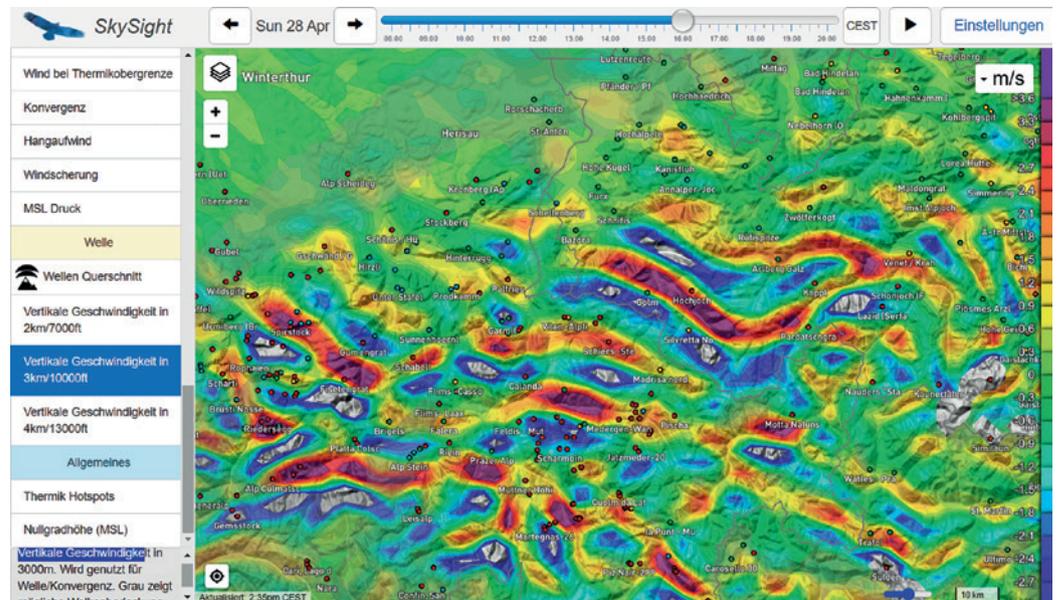
- + deutsche und österreichische Versandadresse
- + Partnerwerkstatt der AXA Versicherung
- + Check- und Servicecenter vieler Hersteller
- + anerkannter Instandhaltungsbetrieb DHV & AeroClub

- + Reparaturen aller Art
- + Inzahlungnahme von Gebrauchtmaterial
- + großer Erfahrungswert an Freiflug und Motorschirmen
- + kostenloses Parashop T Shirt bei jedem Check

6345 Kössen | AUT | [www.parashop.at](http://www.parashop.at) | +43 720 519402 | [office@parashop.at](mailto:office@parashop.at)

Das Meteo-Modell von Skysight bietet auch eine Wellenprognose für Segelflieger. Sie liefert Hinweise auf Tage mit möglicher Wellenbildung.

Screenshot von Skysight.io



## Wellenprognose

Es gibt zwar Meteo-Modelle, die eine Wellenbildung halbwegs treffend voraussagen können. Segelflieger nutzen solche Prognosen, um den Einstieg in Wellen zu finden. Doch die Modellrechnungen bzw. Modellraster sind am Ende immer noch viel zu grob, um die feinräumigen lokalen Effekte erfassen zu können, die sich unter den Wellen abspielen.

Anders als bei Wellen auf dem Meer, können wir die Wellen in der Atmosphäre und ihre Veränderung so gut wie nicht sehen. Das heißt: Wir können nicht wissen, was wirklich kommt, wenn wir uns bei Föhn in die Lüfte schwingen. Wir können uns auch nicht auf Erfahrung verlassen. Denn lokale Strömungsmuster eines klassischen Flugtages, die wir glauben verstanden zu haben, können durch Welleneffekte völlig außer Kraft gesetzt werden. ▽



## DER AUTOR

Lucian Haas ist freier Wissenschaftsjournalist. In der Gleitschirmszene hat er sich mit seinem Blog Lu-Glidz und dem zugehörigen Podcast Podz-Glidz einen Namen gemacht. Sein Meteo-Wissen gibt er auch in Seminaren weiter.

ANZEIGE

# SKYTRAXX 5

Das all-in-one Fluginstrument  
mit dem Sicherheits-Plus

