

# Die Tücken der Dürre

Je trockener der Untergrund, desto heftiger lösen die Thermikblasen davon ab. Zugehörige Turbulenzen in Bodennähe bergen ein erhöhtes Risiko.

TEXT BILDER UND GRAFIKEN: LUCIAN HAAS

Vor allem 2018, aber auch 2019 ist in vielen Teilen Deutschlands deutlich weniger Regen gefallen als normal. In 2020 könnte sich dieser Trend fortsetzen. Vielleicht sind derlei Verhältnisse sogar Vorboten für das, was uns im Zuge des Klimawandels auch in Mitteleuropa künftig häufiger widerfahren wird.

Eine solche Entwicklung wird nicht nur Land- und Forstwirte dazu zwingen, ihre Anbaustrategien zu überdenken. Auch Gleitschirm- und Drachenpiloten werden sich an geänderte thermische Verhältnisse anpassen müssen. Denn Trockenheit hat einen starken Einfluss auf die Flugbedingungen, vor allem in Bodennähe: Thermische Ablösungen werden heftiger, die lokalen Turbulenzen stärker, die Strömungsverhältnisse chaotischer. Anders gesagt, die Ansprüche an die Fähigkeiten der Piloten werden größer.

Um das zu verstehen, muss man sich nochmals vor Augen führen, wie Thermik entsteht: In etwas vereinfachter Vorstellung ist Thermik ja aufgeheizte Luft, die aufsteigt, weil sie wärmer und deshalb leichter ist als die Umgebungsluft. Aufgeheizt wird die Luft durch die Sonne, aber nur in indirekter Weise. Denn die Sonnenstrahlen durchdringen die Luft. Erst wenn sie auf eine Oberfläche treffen, wird ihre Energie in Wärme umgewandelt. Das gilt zumindest für jenen Teil des Lichtes, der nicht gleich wieder reflektiert wird.

## Konduktion und Konvektion

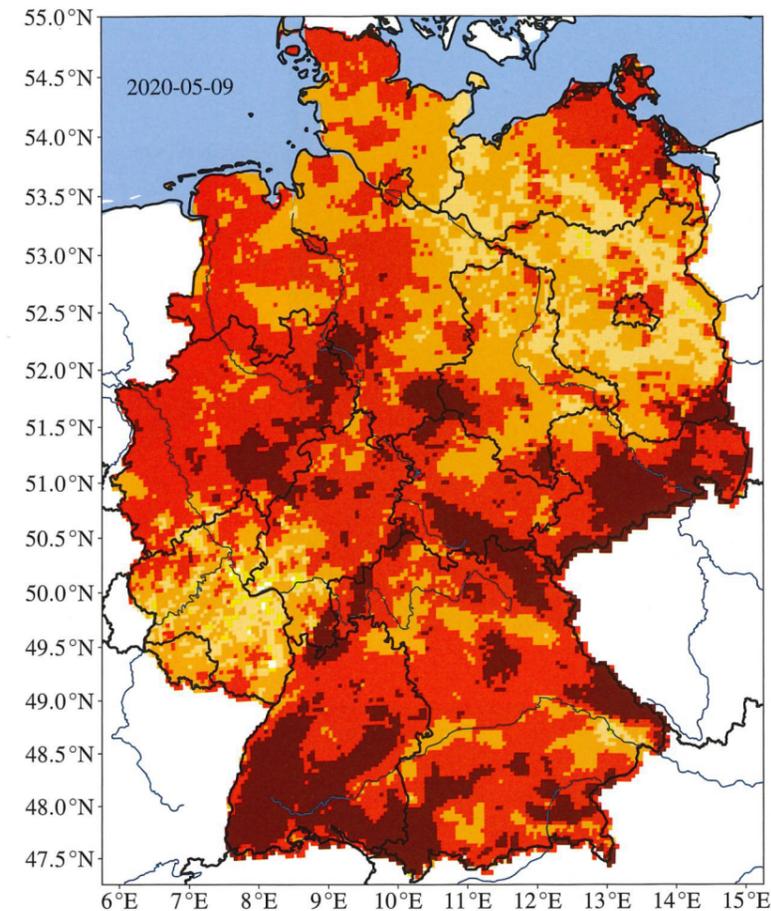
Die Wärme erhitzt also die Bodenoberfläche. Zugleich wird die Wärme von dort auch wieder weitergeleitet. Dabei spielen Prozesse der Konduktion und Konvektion eine Rolle. Sehr vereinfacht gesagt, verlagert Konduktion die Wärme tiefer in den Boden hinein und Konvektion vom Boden weg in die Luft.

Für die Konduktion braucht es ein Medium, das Wärme relativ gut leiten kann. Das ist zum einen das Bodenmaterial selbst, zum anderen das Wasser, das die Poren des Bodens füllt. Je mehr der Boden mit Wasser gesättigt ist, desto mehr der eintreffenden Sonnenenergie wird auch als Wärme in die Tiefe weitergereicht.

Luft hingegen ist ein schlechter Wärmeleiter. Sind die Bodenporen mit Luft statt mit Wasser gefüllt (d.h. der Boden ist trocken), wird die Heizkraft der Sonne viel weniger in die Tiefe wirken, sondern sich oberflächlich konzentrieren. Ein trockener Oberboden heizt sich deshalb schneller und stärker auf. Und das Gleiche passiert dann mit der aufliegenden Luft. Diese Erwärmung treibt dann thermische Umlagerungsprozesse der Luftmassen an. Das ist die Konvektion.

Nun könnte man auf den ersten Blick meinen, dass es für die thermische Fliegerei nur positiv sein kann, wenn die Sonnenwärme bei Trockenheit die Konvektion verstärkt. Wir brauchen ja die Thermik als Antrieb, um uns nach oben zu schrauben.

„ EIN SCHWACHWINDIGER HOCHDRUCKTAG MIT BLAUTHERMIK KANN BEI DÜRRE FÜR VERSTÄRKTE BODENNAHE TURBULENZEN SORGEN.“



← Der Dürremonitor des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) zeigt die Regionen, wo der Boden besonders trocken ist. Mitte Mai 2020 war die Lage in weiten Teilen Deutschlands schon sehr angespannt. Die Thermiken zeigten sich von ihrer turbulent-trockenen Seite. Aktuelle Analysen gibt es unter [www.ufz.de/duerremonitor](http://www.ufz.de/duerremonitor)  
Quelle: UFZ



## DER AUTOR

Lucian Haas ist freier Wissenschaftsjournalist. In der Gleitschirmszene hat er sich als Herausgeber des Blogs Lu-Glidz und des zugehörigen Gleitschirm-Podcasts Podz-Glidz einen Namen gemacht.

Sein Meteo-Wissen gibt er auch in Vorträgen und Workshops für Gleitschirmclubs weiter. [www.lu-glidz.blogspot.de](http://www.lu-glidz.blogspot.de)

In größerer Höhe (mit Abstand vom Boden) mag diese Einschätzung sogar in vielen Fällen passend sein. In den trockenen Sommern 2018 und 2019 berichteten Streckenflieger gerade im deutschen Flachland über Flüge mit ungewöhnlich hohen Basen und konsistenten Bärten. Etliche Rekorde wurden gebrochen.

Zugleich gab es aber auch riskante Nebeneffekte. „Starkböen-Ereignisse im Flachland – die Kehrseite des Rekordsommers“, warnte der DHV auf seiner Website. Zuvor war es gehäuft zu Unfällen gekommen, mehrere davon sogar tödlich. Stets hatten ungewöhnlich starke, thermische Turbulenzen in Bodennähe die Piloten und ihre Fluggeräte in kritische Flugzustände gebracht. Die Trockenheit war dafür der entscheidende Risikofaktor!

## Problemfall Überadiabate

Das hängt mit einem tückischen Faktor der Thermikentstehung zusammen, der sogenannte Überadiabate.

Im Meteo-Unterricht lernt man ja die Begriffe trocken- und feuchtadiabatische Abkühlung. Kurz wiederholt: Trockenadiabatisch (ohne dass Feuchtigkeit kondensiert) kühlt ein Luftpaket beim Aufstieg durch Ausdehnung um 1°C pro 100 Höhenmeter ab. Feuchtadiabatisch (hier wird durch Kondensation Wärme frei) sind es im Durchschnitt 0,65°C pro 100 Meter. Eine Überadiabate liegt vor, wenn die Temperaturabnahme mit der Höhe umgerechnet mehr als als 1°C pro 100 Meter entspricht. Typischerweise wird das nur in direkter Bodennähe erreicht, dort wo die Luft vom sonnenerwärmten Boden her aufgeheizt wird.

Normalerweise würde ein Luftpaket sofort aufsteigen wollen, wenn es einen Temperaturvorsprung von mehr als 1-2°C zur Umgebungsluft erreicht. Allerdings hat Luft noch eine interessante Eigenschaft. An Oberflächen, wie dem Boden, bleibt sie etwas länger haften. Sie ist zäh, bildlich gesprochen wie Honig. Wenn der Boden nun besonders tro-

cken ist und deshalb eine größere Heizwirkung für die aufliegende Luft entfaltet, wird diese stärker erhitzt als normal.

Nun steigen allerdings die bodennahen Lufttemperaturen durch Trockenheit nicht ins Unaushaltbare. Vielmehr sorgt die zusätzliche Wärme-Energie hauptsächlich dafür, dass die Konvektionsprozesse heftiger ablaufen. Das ist so, als würde man einen Topf Wasser statt auf kleiner Flamme langsam, nun auf höchster Herdstufe schnell zum Kochen bringen. Die überadiabatischen Luftschichten in Bodennähe fangen kräftig an zu blubbern. Vom Boden lösen sich dann in rascher Folge viele kleine, stark überhitzte Thermikblasen. Und jede zieht eine Wirbelschleife von chaotisch nachströmenden Luftmassen hinter sich her.

In größerer Höhe ist von dem Chaos nicht mehr so viel zu spüren. Die vielen kleinen Thermikblasen tendieren dazu, sich beim Aufstieg zu vereinigen, zu vermischen, zu homogenisieren und oben raus zuwellen



← Ein Dust Devil tanzt über ein trockenes Feld im Siegtal in der Nähe von Bonn. Wer dort landen muss, sollte das möglichst weit entfernt von dem Staubteufel tun.

### Teuflische Wirbel

Wenn der Boden trocken ist und damit die aufliegende Luft besonders stark und schnell erhitzt, steigt das Risiko sogenannter Dust Devils. Das sind kleinräumige, allein thermisch angetriebene Wirbelwinde, deren lokale Wucht allerdings so groß sein kann, dass sie für Drachen und Gleitschirme eine wirklich ernsthafte Absturzgefahr darstellen.

Ein Dust Devil entsteht, wenn sich aus der bodennah „kochenden“ Luft einzelne, kleinere Thermikblasen explosiv lösen und, durch ihren starken Temperaturvorsprung getrieben, regelrecht in die Höhe schießen. Diese Blasen hinterlassen natürlich kein Vakuum, sondern sorgen dafür, dass ihr Platz von nachfließender Luft am Boden eingenommen wird. Diese Luft fließt am Fuß der Thermik von allen Seiten zu. Dort, wo die Ströme aufeinandertreffen, drücken sie sich gegenseitig nach oben, und zwar umeinander gewunden wie eine Schraube.

Je heftiger die Ablösung, desto stärker und enger wird die Rotation dieser Luftmassen. Sie bilden dann eine Art Schlot, in die noch mehr Warmluft aus der Umgebung eingesaugt wird und so das System immer weiter antreibt und erhält. Manchmal können Dust Devil minutenlang über den Flächen tanzen, selbst wenn die ursprünglich auslösende Thermikblase schon lange weggestiegen ist.

Dust Devil entstehen am ehesten über thermisch sehr aktiven und zugleich homogenen Flächen wie großen Äckern oder Wiesen, die ein einheitliches Warmluftreservoir bilden. Schwachwindige Hochdrucktage mit Blauthermik, also ohne wandernde Wolkenschatten, sind dafür besonders anfällig.

Denn da ist die solare Bodenheizung für die Thermik im Grunde durchgehend auf Full-Power gestellt. Wer beim Fliegen einen Dust Devil sieht, sollte diesem so gut wie möglich aus dem Weg gehen. Es ist ratsam, den Schleppwindbetrieb bei Dusties auf der Schleppstrecke zu unterbrechen. Eine Landung sollte weitab des Wirbels angepeilt werden. Den Endanflug am besten mit dem Dust Devil im Rücken ansetzen. Denn dann landet man typischerweise im Gegenwind der zum Wirbelkern fließenden Luftmassen.

noch gut nutzbare Bärte zu liefern. Doch unten rum fehlt diese Ordnung. Dort ist die Lage geprägt von chaotisch loszischenden, kleinen Thermikböllern, die es uns nicht nur schwer machen, den Einstieg zu finden und sie zu zentrieren. Die bodennahe „kochende“ Luft ist auch zwischen den Thermikblasen geprägt von chaotischen Luftwirbeln. Für die Piloten kommen sie unberechenbar daher. Wer hier nicht aktiv fliegend seine Tüte oder Drachen ordentlich im Griff hat, wird zum Spielball der Lüfte und geht bei solchen Be-

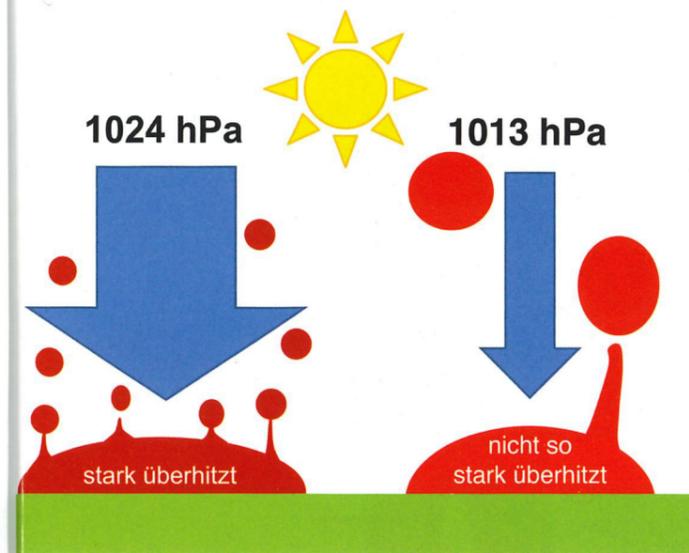
dingungen ein im Grunde sogar unverträglich hohes Risiko ein.

Im Extremfall kann es bei starker Trockenheit des Oberbodens und der Entwicklung von kräftigen Überadiabaten zu einem verstärkten Auftreten sogenannter Dust Devils kommen. Das sind im Grunde nichts anderes als zugespitzte bzw. verengte Wirbelschleppen von hochschießenden thermischen Ablösungen (siehe Kasten 1: Teuflische Wirbel). Doch auch ohne diese manchmal sichtbaren Zeichen ist mit der Thermik in

Dürrezeiten nicht zu spaßen. Das gilt besonders an Tagen mit stark erhöhtem Luftdruck (siehe Kasten 2: Hoher Luftdruck als Scharfmacher).

### Entspannte Abendflüge

Wie sollte man nun als Pilot auf diese extremen thermischen Verhältnisse bei Trockenheit reagieren? Es ist ratsam, zur eigenen Sicherheit die bodennahe Fliegerei in den thermisch aktivsten Zeiten mit hoch stehender Sonne zu vermeiden. Allerdings muss



← Hoher Luftdruck verzögert die Thermikauflösung. Die bodennahen Luftmassen werden dann stärker erhitzt. Thermikblasen schießen eher als kleine Böller in die Höhe. Bei niedrigem Luftdruck können auch weniger aufgeheizte Blasen mit größerem Volumen aufsteigen. Die Luft ist dann weniger turbulent.

### Hoher Luftdruck als Scharfmacher

Starke Trockenheit wirkt wie ein Booster für die Thermikbildung. Wie turbulent das Köcheln und Blubbern der Luftmassen in Bodennähe allerdings ausfällt, wird auch vom Luftdruck mit beeinflusst. Hier gilt: Ein niedriger Luftdruck wirkt eher mäßigend, während ein hoher Luftdruck die Turbulenzen typischerweise verstärkt.

Auf den ersten Blick erscheint das vielleicht kontra-intuitiv. Hochdrucklagen gelten ja allgemein als stabil, die Thermikfliegerei ist erschwert, kein Bart will so richtig durchziehen. Aber das trifft in dieser Form nur auf die Luftschichten in einem gewissen Bodenabstand zu. In direkter Bodennähe bilden sich an sonnigen Hochdrucktagen hingegen besonders überhitzte (überadiabatische) Schichtungen aus.

Dafür gibt es zwei Gründe: Zum einen gibt es an Hochdrucktagen in der Regel kaum oder gar keine Wolken am Himmel. Die Sonne kann also den ganzen Tag ungehindert den Boden aufheizen. Das bedeutet Vollgas für den Thermikmotor. Zum anderen stemmt sich der hohe Luftdruck, der ja mit großräumigen Absinkbewegungen der Luftmassen einhergeht, den Auftriebskräften der Thermikblasen entgegen. Den erhitzten Luftmassen fällt es deshalb schwerer, sich vom Boden abzulösen. Durch längeren Bodenkontakt werden sie aber stärker erhitzt und köcheln damit in den untersten Schichten nur umso heftiger vor sich hin. Statt einzelner großer Thermikblubs schießen an Hochdrucktagen vor allem kleinere Thermikböller daraus empor. In der Höhe fehlt ihnen dann zwar durch die dort stabile Luftschichtung bald der Temperaturvorsprung, um weiter zu steigen. Bodennah sorgt die Überhitzung aber für besonders chaotische, turbulente Verhältnisse.

man dabei bedenken: In Dürregebieten setzt die thermische Entwicklung deutlich früher ein, zudem hält die Zeit heftiger Ablösungen auch am Nachmittag länger an. Wenn also unter „normalen“ Bedingungen von 13 bis 16 Uhr mit den stärksten thermischen Turbulenzen zu rechnen ist, können bei Trockenheit sowohl vorne wie hinten getrost 1 bis 1,5 Stunden hinzugerechnet werden, also 11.30 bis 17.30 Uhr. Gerade weniger sattelfeste Piloten sollten nur in den Zeiten davor und danach in die Luft gehen.

Empfehlenswert sind dann vor allem die Abendflüge. Denn hier muss man nicht mehr befürchten, dass bei einer längeren Flugzeit die am Start vielleicht noch händelbaren Turbulenzen bei der späteren Landung mit immer stärker köchelnden Luftmassen schon für extrem anspruchsvolle Bedingungen sorgen. Bei den Flügen am späteren Nachmittag werden die Verhältnisse in der Regel mit der Zeit immer softer. Eine gut startbare Luft wird dann auch gut landbar sein.

independence  
paragliding

Gleitschirmausrüstung seit 1990

GERONIMO<sup>2</sup>  
EN B



GLEITSCHIRME



RETTUNGSSYSTEME



GURTZEUGE



ZUBEHÖR

www.independence.aero



# PLANAR RESCUE

A REVOLUTIONARY CONCEPT BY GIN GLIDERS.

Eine planare Rettung ist ein neues, von Gin Gliders entwickeltes Rettungskonzept, das durch die neue Anti-Billow Rippen-Technologie ermöglicht wird. Die Leinen sind an dreieckigen Rippen befestigt, die kreuzförmig angeordnet sind. Dadurch bläht sich die Kappe deutlich weniger auf und eine nahezu ebene Oberseite entsteht. Deshalb erhöht sich die projizierte Fläche um 30 %. Dies führt insgesamt zu hervorragenden Sinkraten bei gleichzeitig geringerer ausgelegter Fläche und kleinerem Packungsvolumen. Die Yeti UL ist der allererste planare Rettungsschirm, unsere leichteste und kompakteste Rettung und ideal für Hike & Fly oder als Zweitretter.



ANTI-BILLOW  
RIB TECHNOLOGY



## Yeti UL

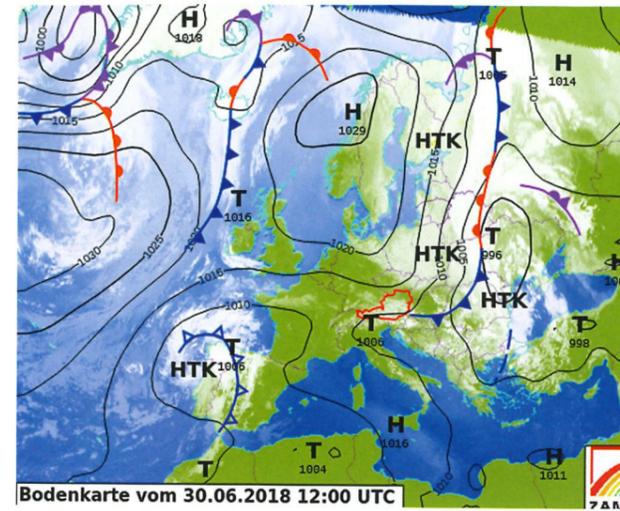
UNSERE LEICHTESTE UND KOMPAKTESTE  
RETTUNG ALLER ZEITEN



**Planarer  
Rettungsschirm**  
AUSGELEGTE FLÄCHE: 19 m<sup>2</sup>  
MAX. ANHÄNGELAST: 85 kg  
VOLUMEN, GEPACKT: 1700 cm<sup>3</sup>  
GEWICHT: 0,87 kg

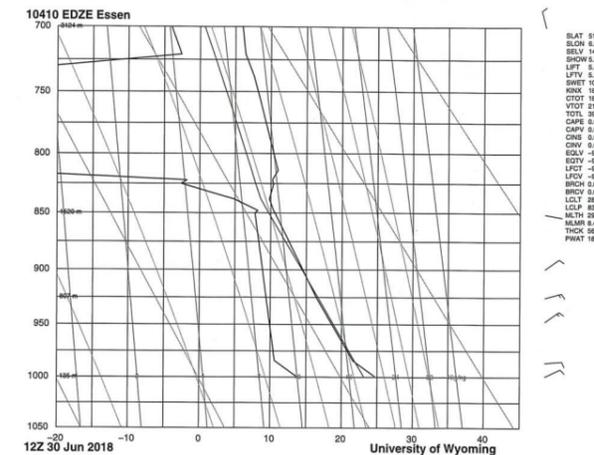


**Konventionelle  
Kreuzkappe**  
AUSGELEGTE FLÄCHE: 26 m<sup>2</sup>  
MAX. ANHÄNGELAST: 86 kg  
VOLUMEN, GEPACKT: 2600 cm<sup>3</sup>  
GEWICHT: 1,4 kg



← Die Wetterkarte von Ende Juni 2018 zeigt ein kräftiges Hoch über Mitteleuropa. Viele Regionen blieben wolkenfrei. Es herrschten die besten Voraussetzungen, um die bodennahen Luftschichten kräftig aufzuheizen.  
Quelle: ZAMG

→ Die Messdaten des Ballonsenaufstiegs von Essen am 30. Juni 2018 mittags: Die Temperaturkurve zeigt bodennah einen kräftigen Knick hin zu höheren Temperaturen. Das ist ein typisches Zeichen für eine starke Überadiabate.  
Quelle: University Wyoming



Hinzu kommt noch ein zweiter, angenehmer Effekt. Durch die den ganzen Tag über erhöhte Heizwirkung des trockenen Bodens bildet sich darüber eine dickere, überadiabatische Schicht aus als normal. Zum Abend hin beruhigen sich die konvektiven Umlagerungsprozesse darin, doch das große Warmluftvolumen bleibt noch länger erhalten. Wenn diese größere Warmluftblase dann vom Boden abgelöst wird – etwa wenn an einem in den Schatten fallenden Hang schon kühlere Luft hinab- und darunter strömt – bekommt man die schönsten Thermiken geliefert: großflächig, wenig turbulent, und trotzdem häufig noch bis in große Höhen aufsteigend.

Alein für das Erlebnis einer solchen „magischen Luft“ lohnt es sich, die gerührten und geschüttelten Flüge zur Hauptthermikzeit einfach auszulassen und bewusst erst später an den Start zu gehen. Natürlich sind dann keine Streckenflugrekorde mehr drin. Aber wer beim Gleitschirmfliegen den Genuss in den Vordergrund stellt, sollte gerade in Zeiten starker Trockenheit wissen, dass die spätere Startzeit meistens die bessere ist. ◀

## NEUE WEGE ENTDECKEN

Mit dem superleichten Equipment von SKYMAN.  
Zum Beispiel mit dem einzigartigen Sir Edmund RACE,  
EN /LTF B - 1,75 kg (Größe 17)



www.skyman.aero