

Beobachtung einer Druckwelle

Dass Schauer- und Gewitterböen eine Gefahr für Drachen und Gleitschirmflieger darstellen, wird in der Pilotenausbildung ausführlich behandelt. Trotzdem wird oft die Gewalt und vor allem die Reichweite unterschätzt, die hinter solchen Kaltluftböen stecken kann. Vor allem, wenn sie sich als vorlaufende Druckwelle aus schweren Gewittern oder Fronten ablösen.

TEXT UND FOTOS: VOLKER SCHWANIZ

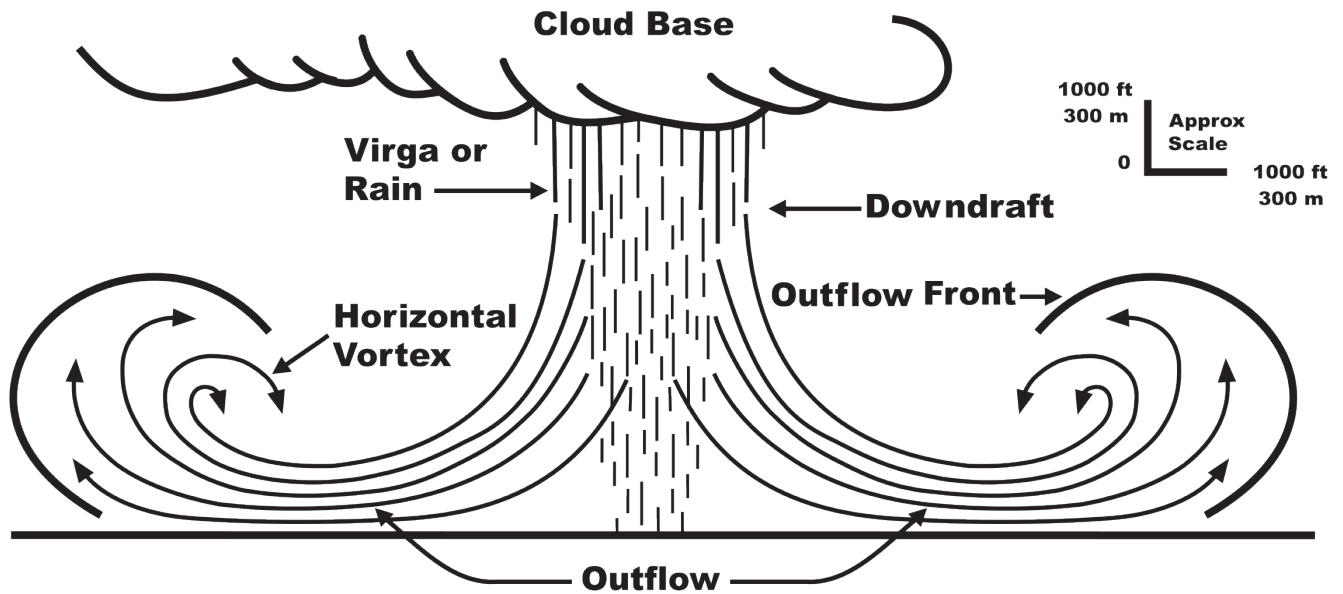


Bild 1: Downburst-Schema

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Downburst>

Vorweg etwas Wolkenphysik

Ist die Luft ausreichend feucht und labil geschichtet, bilden sich aus aufsteigenden Luftpaketen Quellwolken, die beim Erreichen des Höhenbereichs von -10°C bis -30°C aus unterkühlten Wassertropfen als auch aus Eiskristallen bestehen. Über den Bergeron-Findeisen-Prozess setzt in diesem Temperaturbereich das Wachstum von zunehmend großen Eiskristallen ein, da sich die unterkühlten Wassertropfen an die Eiskristalle anlagern und diese so anwachsen lassen. Sind die Eiskristalle dann so groß/schwer geworden, dass sie vom Wolkenaufwind nicht mehr in der Schwebelage gehalten werden können, fallen sie in tiefere/wärmere Schichten und schmelzen – Regen setzt ein. Mit dem Schmelzprozess und auch durch die Verdunstung des Wassers wird der Luft im Niederschlagsbereich massiv Wärme entzogen. Diese fällt mit zunehmender Geschwindigkeit als kalter, schwerer Fallwind herab und breitet sich bodennah, als starke, teils stürmische Böe („Downburst“) aus. Weht in der Höhe zudem starker Wind, werden diese Windgeschwindigkeiten mit nach unten transportiert, was dann für eine weitere Böenverstärkung sorgt.

Vom Kaltluftausfluss zur Druckwelle

Bei starken und langlebigen Gewittern wie Mehrzellen-Gewittern (Gewitterclustern) und besonders bei linienartig organisierten Gewittern (Squall-Lines) entsteht massiver und großflächiger Kaltluftausfluss. Diese Kaltluft bildet mit der ihr vorgelagerten Heißluft einen Druckgradienten aus, der die schwere Kaltluft (= hoher Druck) hin zur leichteren Heißluft (= tiefer Druck) zieht. Damit wird die Kaltluft vor die Gewitter gezogen und kann sich als voreilende Druckwelle vom Gewitterherd ablösen. Solche Druckwellen verlaufen auf breiter Front, meist voraus und nicht selten über 100 km weit. Dabei baut sich mit zunehmender Laufweite auch eine zunehmende zeitliche Differenz zum Gewitterherd auf. Die weiträumigen Gefahrenhinweise von Gewittern (Gewitterwolke, Blitze, Donner, Fallstreifen) sind bei weitreichenden und damit langlebigen Druckwellen zunehmend verwischt, da das Gewitter weitergezogen ist oder evtl. schon Auflö-

sungerscheinungen zeigt. Ungeachtet dessen kann eine Druckwelle noch ungebremst unterwegs sein!

Neben den Druckwellen durch schwere Gewitter sind auch in den kaum gewitterträchtigen Monaten Druckwellen möglich (s. Beispiel vom 07.02.16). Meist liegt dabei in Süddeutschland und am Alpenrand eine vom Föhn erwärmte Luftmasse, während die höhenwindige Kaltluft einer nachrückenden Kaltfront (ausgehend von einem höhenkalten Tief) den Gegenpol bildet.

Typische Wetterlagen für Druckwellen

Kaltfrontnähe

Druckwellen bilden sich überwiegend bei schweren, langlebigen Gewittern oder Gewitterlinien, meist in den Sommermonaten. Dabei wird in den meisten Fällen die heiße Luft eines sich abschwächenden Hochs von einer sich annähernden (aber noch in einiger Entfernung liegenden) Kaltfront labilisiert. Fast immer gehört die Kaltfront zu einem kräftigen Tief mit Höhenkaltluft oder zu einem reinen Höhentief. Siehe Bild 2 mit der Wetterlage vom 20. Juni 2022, die zu einer massiven Druckwelle über Bayern führte, obwohl die Front sich kaum verlagerte. Die Bilder 5a-d zeigen den Verlauf genau dieser Druckwelle in der Radar-Analyse.

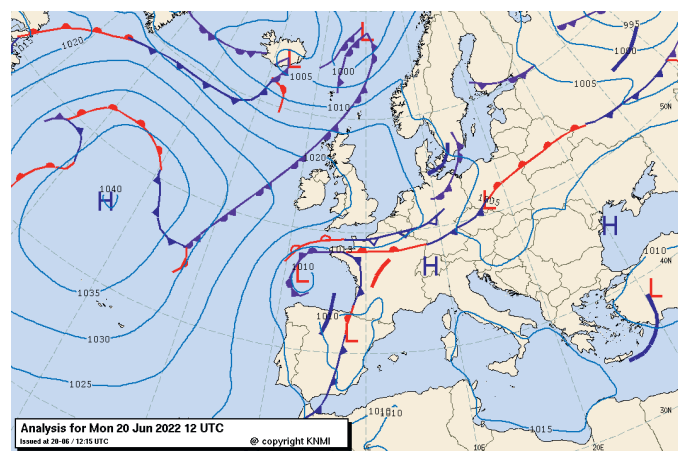


Bild 2: Lage vom 20.06.22, Druckwelle über Bayern

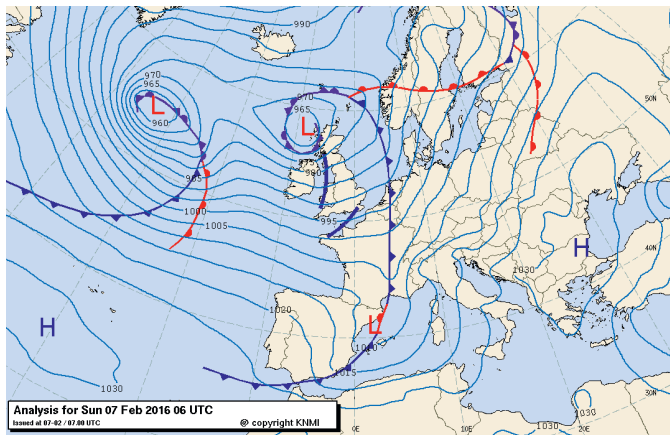


Bild 3: Lage vom 07.02.16, Druckwelle über Bayern

Druckwelle im Februar

Auszug aus dem DWD Ballonwetterbericht für Bayern vom 07.02.2016:

„Bodenwind: Aus Südost mit 4 bis 7 KT, vormittags in Niederbayern auf 7 bis 10 KT zunehmend. Vor der Front entwickelt sich eine Druckwelle, die ab Mittag über Bayern von West nach Ost zieht. Dabei dreht der Wind schlagartig auf West mit 10 bis 15 KT. Die Druckwelle erreicht zum Sonnenuntergang den Osten Bayerns.

Böen: Thermische Böen 10 bis 13 KT. In den Tälern am Alpenrand

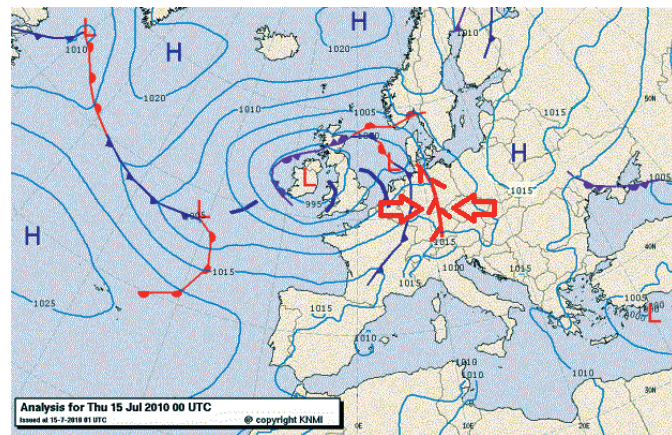


Bild 4: 15.6.10, Konvergenzlinie über Deutschland

Föhnböen 30 bis 40 KT, über den Gipfeln der Bayerischen Alpen 50 bis 70 KT. Bei Durchgang der Druckwelle Böen 20 bis 30 KT.“

Konvergenz

Eine weitere typische Konstellation, aus der Druckwellen entstehen können, ist die Konvergenz (auch Tiefdruckrinne genannt). Dabei bildet sich in der Heißluft zwischen einem abziehenden Hoch im Osten und der noch etwas entfernten Kaltfront des nachrückenden

ANZEIGE

ANDA

TAKE THE LEAP

#BGDLite
EN/LTF-A

Tiefs/Höhentiefs im Westen eine Konvergenzlinie aus. Diese liegt meist parallel zur Kaltfront und markiert die Achse der heißesten Luft am Boden. In ihr läuft der SW-Wind des nahen Tiefs und der SO-Wind des abziehenden Hochs bodennah gegeneinander und die Windströmungen werden zum Aufsteigen gezwungen. Obwohl an der Konvergenzlinie (s. Bild 4 mit Konvergenz genau über Deutschland) keine unterschiedlichen Luftmassen beteiligt sind, ist die Schichtung hochlabil und energiereich. Daraus entstehen oft sehr starke, langlebige und häufig auch linienförmig organisierte Gewitter.

Im Nordalpenbereich und Alpenvorland sind solche Lagen sogar noch etwas brisanter, da es hier mit der südlichen Strömung föhnig ist. In der damit abgetrockneten Luft ist die Gewitterauslöse verzögert und es kann eine besonders starke Aufheizung vor der Gewitterbildung stattfinden. Solche Gewitter entwickeln sich dann besonders schnell!

Beobachtung einer Druckwelle im Radar

Am 20.06.2022 lief eine massive Druckwelle quer über das südliche Bayern (Wetterlage: Bild 2). Dieses Windereignis war sogar im Regenradar zu verfolgen, da sich an der Vorderseite der Druckwelle Feuchte, aufgewirbelter Staub und Insekten so stark verdichtet hatten, dass ein Radar-Echo hervorgerufen wurde (siehe Radarbilder 5a-d). Wichtig: Druckwellen sind nur in Einzelfällen auf dem Regenradar zu erkennen! Die Druckwelle löste sich gegen 16 Uhr aus heftigen, westlich ziehenden Gewittern ab und lief Richtung Südosten bis zum Alpenrand. An der Kampenwand (Chiemsee) traf sie dabei satte 2,5 Stunden nach ihrer Ablösung ein: gegen 18.30 Uhr und das noch mit Böen um 50 km/h (siehe dazu Bild 6: Webcam-Bild Kampenwand).

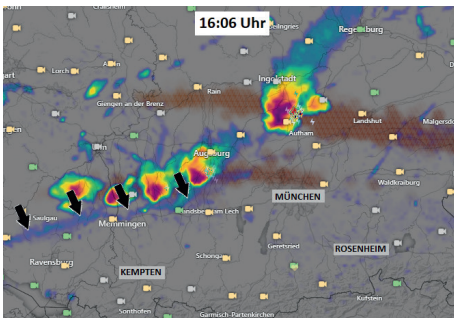


Bild 5a

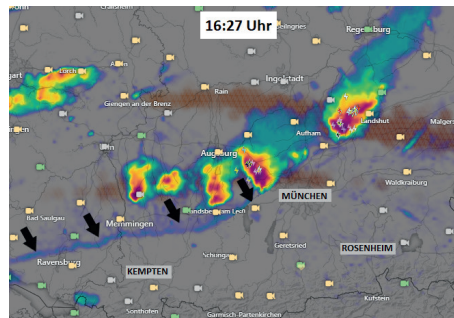


Bild 5b

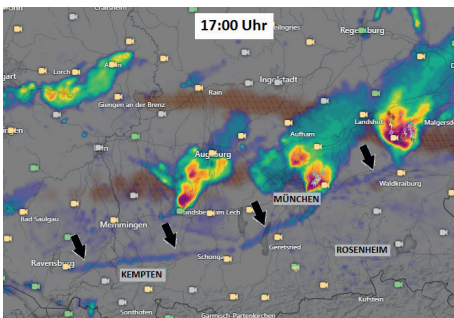


Bild 5c

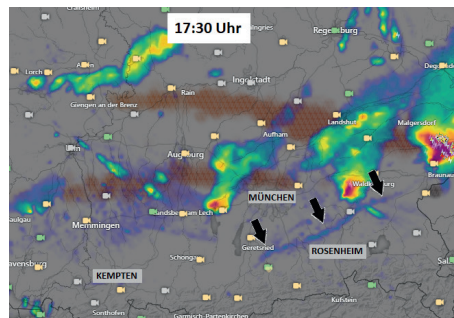


Bild 5d

Bild 5 (a-d): Regenradar mit markierter Druckwelle (Quelle www.windy.com)



**B-Schein
FORTBILDUNG**



**FORTBILDUNGEN 2023
Mehr Lernen - sicherer Fliegen!**

- 3 Wochen Training & Flugspaß
- 1. Performancetraining / SIV
- 2. Thermikkurs
- 3. Streckenflugkurs (Prüfungskurs)



**Flugschule
Sky Club Austria**
www.skyclub-austria.at

Kampenwand - Blick nach Norden über den Chiemsee
 20.06.22 18:30 17.1°C 71% 27km/h N Böe 51km/h

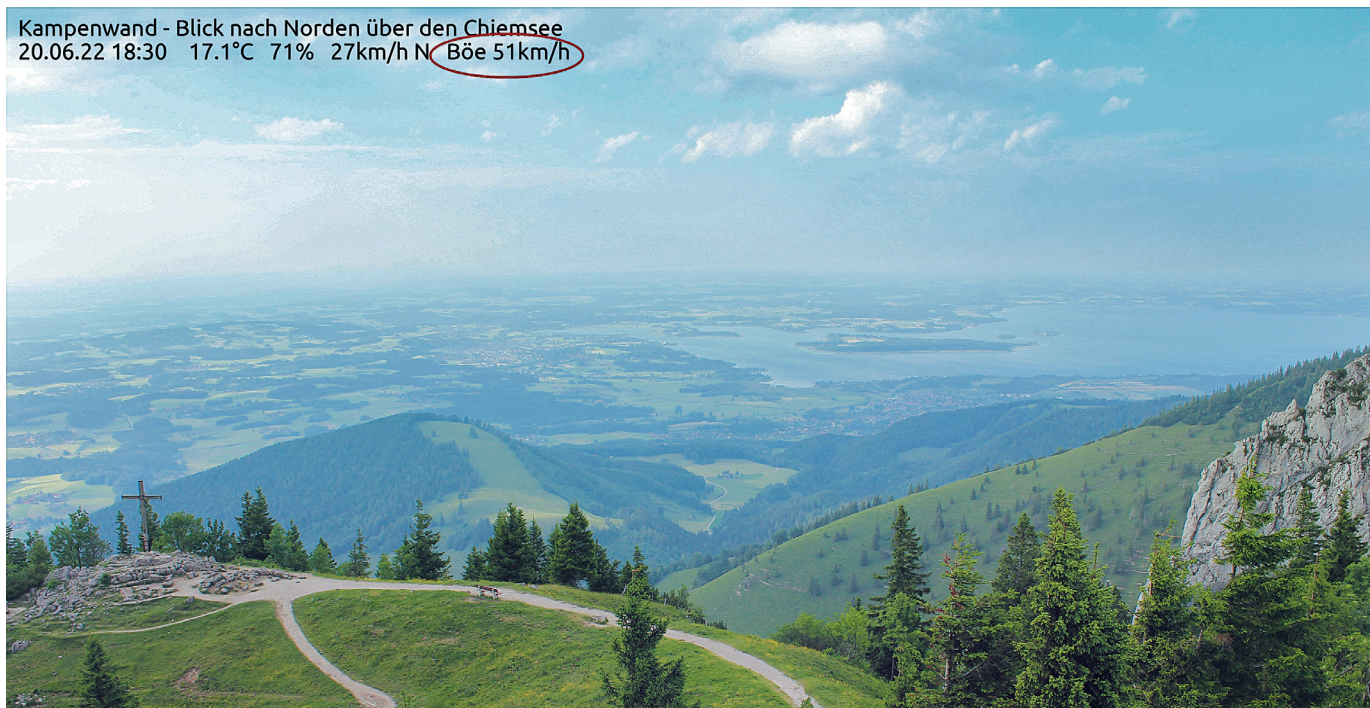


Bild 6: Webcam Kampenwand, Quelle: www.Foto-Webcam.eu

Die Druckwelle erreichte die Kampenwand (s. Bild 6: Blick Richtung Nord zum Chiemsee) gegen 18.30 Uhr und das ohne erkennbare Hinweise im Wolkenbild. Im Gegenteil, die deutlich abgeschwächten bzw. abgezogenen Gewitterherde in der Ferne wiegten in trügerischer Sicherheit.

Vorhersagbarkeit von Druckwellen

Modellprognosen

Wie fast alle konvektiven Prozesse in der Grundsicht können die Wettermodelle den Einzelfall nicht exakt vorhersagen. Trotzdem treten über die Rahmenbedingungen die Möglichkeiten einer Druckwelle meist recht gut hervor.

Gesagt werden muss, dass die alleinige Auswertung von Bodendruck-/Frontenkarten nur sehr grob die Möglichkeit einer Druckwelle aufzeigen kann. Deutlich bessere Ergebnisse kann ein genauer Blick in die Windprognosen der hochaufgelösten Wettermodelle liefern - vor allem Meteo Parapente.com ist hierbei hervorzuheben. Generell ist aber zu sagen, dass die Prognosekarten nur etwas für die tiefgreifend Wetterkundigen sind und man meist mit der Auswertung der relevanten Textwetterberichte besser beraten ist.

Textwetterberichte

Besonders bei einer genäherten Kaltfront oder einem genäherten starken Tief/Höhentief sollte man aufmerksam alle fliegerisch relevanten Textwetterberichte auf die Möglichkeit einer Druckwelle hin durcharbeiten. Dabei auf Formulierungen achten, wie: „schwere Gewitter mit Unwettercharakter“, „Gewitter mit Hagelschlag“, „Gewitterlinien“, „organisierte Gewitter/Gewitterstrukturen“, „Gewittercluster“, „Squall-Line“, „Böenfront“ und natürlich „Druckwelle“.

Regenradar/Radar-Vorhersage

Wie am Beispiel des 20.06.22 zu sehen ist, bilden sich in manchen Fäl-

len Druckwellen als schwaches Echo auf dem Regenradar ab. Man kann aber nicht sagen, dass über das Regenradar eine verlässliche Abbildung von Druckwellen und ihrem Verlauf möglich ist. Ebenso muss dem Gedanken, mittels des auf manchen Wetterseiten angebotenen Radar-Vorhersage-Tools (u.a. Kachelmannwetter.com, Niederschlagsradar.de) Gewitterherde und darüber die Gefahrenabschätzung halbwegs genau ableiten zu können, eine Absage erteilt werden. Die Radar-Vorhersage extrapoliert über 2 oder 3 Stunden nur die vorhandenen Echos auf ihrer bisherigen Zugbahn. Sie kann nicht die Neubildung oder den Zerfall konvektiver Zellen (Schauer/Gewitter) verlässlich vorhersagen. Vor allem bei den oft für Druckwellen verantwortlichen linienhaft organisierten Gewittern (meist Konvergenzen, teils Fronten), wo sich neue Schauer/Gewitter sehr plötzlich bilden können, versagt diese Vorhersage drastisch.

Wolkenbild

Auch über das Wolkenbild ist eine abgelöste Böenlinie nicht eindeutig zu erkennen. In manchen Fällen ist der Vorderrand der Druckwelle durch eine eher flache und schnell ziehende Quellwolken-Linie gezeichnet. Diese als akuten Gefahrenhinweis zu erkennen, ist durch ihre Geschwindigkeit und durch den meist horizontalen Blickwinkel (von Berg oder aus der Luft) kaum möglich.

Eine oft zu beobachtende Fehleinschätzung findet bei Schauern/Gewittern statt, die in einiger Entfernung quer vorbeiziehen. Daraus abzuleiten, dass auch deren Gefahren vorbeiziehen, ist falsch! Wie das Beispiel vom 20.06.2022 zeigt, können Druckwellen deutlich von der Zugbahn der Schauer/Gewitterzellen abgelenkt herauslaufen. ☞



DER AUTOR

Volker Schwanitz - Gleitschirmflieger seit 1990, betreut die DHV-Wetterseite, schreibt die dortigen Wetterberichte und bringt ins DHVmagazin meteorologische Fachartikel mit ein.