

Vertikalprofile (TEMPs)

Inhalt

1. Einleitung.....	1
2. Aktuelle Vertikalprofile.....	2
3. Vertikalprofile als Prognosen	3
4. Auswahl von Vertikalprofilen	3
5. Interpretation der Vertikalprofile.....	4
6. Regeln bei der Interpretation der Vertikalprofile	7
7. Kontakt	8

1. Einleitung

Ein Vertikalprofil beschreibt den Verlauf von Temperatur, Taupunkt und Wind mit der Höhe. Man unterscheidet aktuelle Vertikalprofile, die auf tatsächlichen Radiosondierungen basieren, von Vorhersageprofilen, die aus einer Modellberechnung hervorgehen.

Die „Prognose-Temps“ in pc_met Internet Service verwenden das ICON-Globalmodell mit einer Vorhersageleistung von 7 Tagen und einer horizontalen Auflösung von 28 km. Verbreitet werden allerdings derzeit nur Vorhersagen bis 78 Stunden. Beide Profile – aktuelle Profile und Vorhersagen - erlauben dem Piloten Rückschlüsse auf Stabilität/Labilität, Wind- und Wolkenverteilung in der Atmosphäre an bestimmten Orten. Sie ergänzen die Meteogramme um wichtige Informationen und ermöglichen damit eine noch genauere Flugplanung. Sie finden die Vertikalprofile auf www.flugwetter.de unter der Rubrik Allgemeine Wetterkarten.

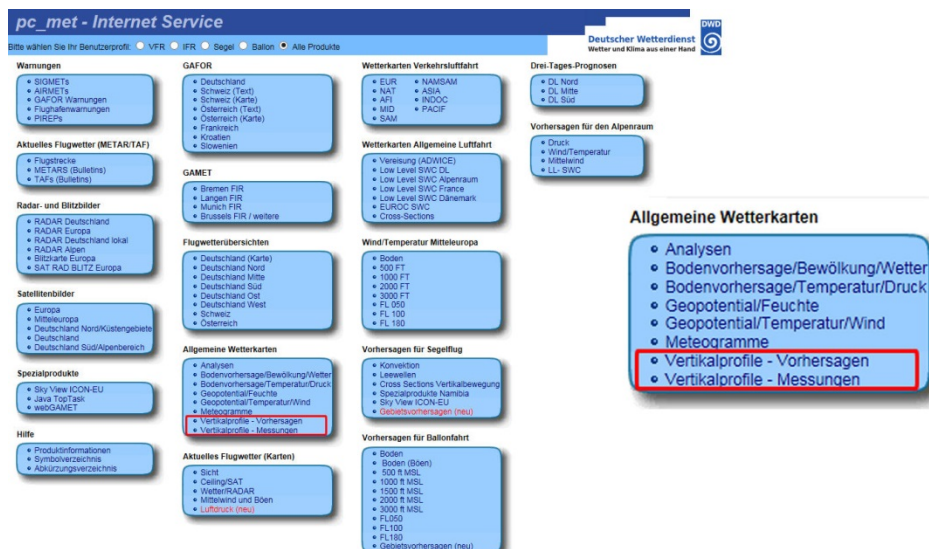


Abbildung 1: Vertikalprofile pc_met Internet Service

2. Aktuelle Vertikalprofile

Aktuelle Vertikalprofile beruhen auf Radiosondierungen, die in der Regel zweimal täglich weltweit um 00 und um 12 UTC durchgeführt werden. Sie dienen der Erfassung der vertikalen Verteilung von Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Wind und sind wichtige Eingangsgrößen für die numerische Wettervorhersage.

Der DWD betreibt in Deutschland 9 Radiosondenstationen, dazu kommen noch einige Standorte der Bundeswehr. Weltweit sind es knapp 1000 Standorte, die regelmäßig die Atmosphäre „scannen“.

Wie hoch und wie weit können Radiosonden fliegen?

Die weiteste Flugstrecke, die beispielsweise ein Wetterballon des Meteorologischen Observatoriums Lindenberg zurücklegte, beträgt rund 2.500 Kilometer. Dieser wurde im Oktober 1970 im Kurdzhipsckaya (Kaukasusvorland) gefunden. Die größte Aufstiegshöhe erreichte ein Wetterballon, der am 10. September 1976 gestartet wurde. Er platzte in einer Höhe von 43.500 Metern.



Abbildung 2: Radiosondenstation

Radiosonden sind derzeit noch unerlässlich, wenn es um die Datengewinnung für die Wettervorhersage geht. Denn sie messen in der Atmosphäre mit ausreichender Höhenauflösung. Dadurch entsteht ein genaues Bild über den momentanen Zustand der einzelnen Luftschichten. Für die Gewinnung, Übertragung und Nutzung der Daten durch Radiosonden setzt der DWD eine Technik der Firma Vaisala (Hauptsitz Helsinki) ein.

Das Bild zeigt solch eine automatische Launch-Station. Der Ballon wird mit Helium befüllt und erreicht ca. 14 km Höhe. Die Messdaten werden zu Boden gefunkt, der Track (Windprofil) über GPS-Logger ermittelt.

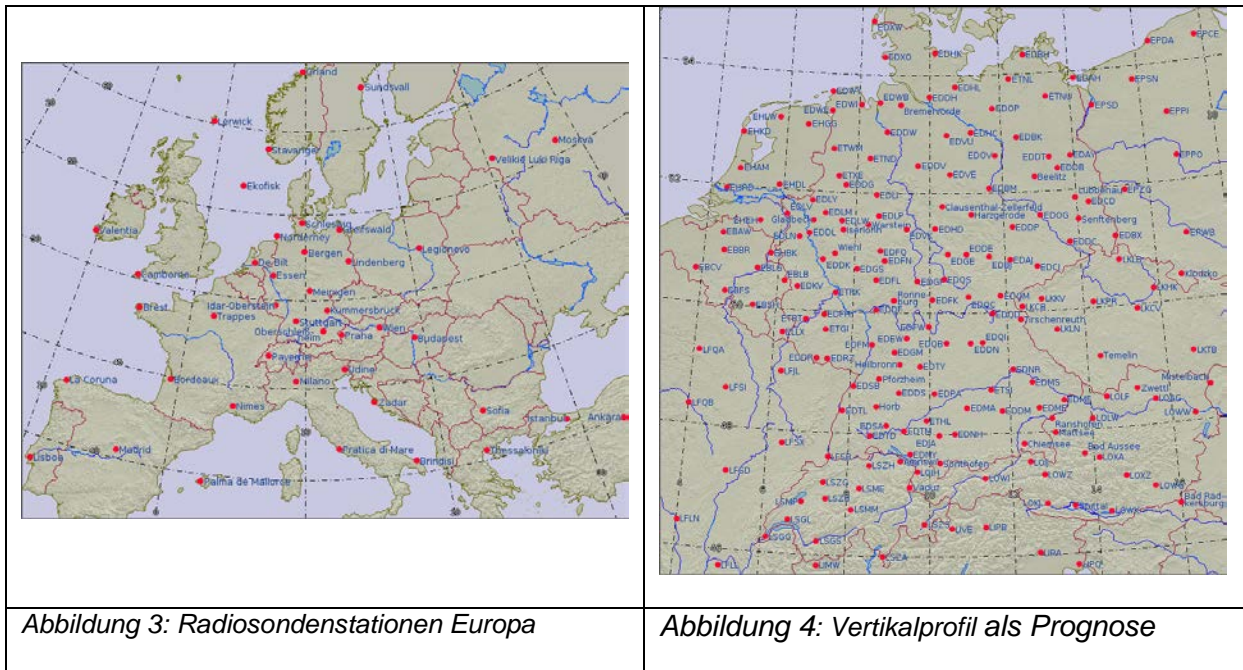
Dargestellt werden die Ergebnisse in sogenannten thermodynamischen Diagrammpapieren. In Deutschland bekannt ist das sog. Stüve-Diagramm, im Ausland ist TLogP verbreitet. Die in pc_met Internet Service dargestellten Profile beruhen nunmehr auf dem TlogP-Diagramm, da dieses Diagrammpapier mehr Vorteile in der Darstellung hat.

3. Vertikalprofile als Prognosen

Vorhersageprofile basieren auf den Ergebnissen eines numerischen Wettermodells und beschreiben den vorhergesagten Verlauf von Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Wind mit der Höhe. In pc_met Internet Service werden die Ergebnisse basierend auf dem Modell ICON-Global dargestellt. Knapp 200 Standorte aus ganz Europa – vorwiegend Flughäfen und Ballonstartplätze – sind im Angebot. Der Vorhersagezeitraum erstreckt sich derzeit auf insgesamt 17 Vorhersagezeitschritte bis 78 Stunden.

4. Auswahl von Vertikalprofilen

Beide Vertikalprofile - aktuell und als Prognose – kann man sich in einer Karte auswählen. Durch Mausklick auf die Station gelangt man zu dem zugeordneten Vertikalprofil.



Im linken Auswahlbild findet man einen Europa-Ausschnitt. Alle roten Punkte markieren Standorte, an welchen aktuelle Radiosondierungen gem. Abb. 2 ermittelt werden.

Abb. 4 zeigt eine Auswahl von Stationen in Mitteleuropa, für welche nach dem ICON-Modell Vorhersagen zur Verfügung stehen.

5. Interpretation der Vertikalprofile

In der folgenden Darstellung (Abb. 5) werden zunächst die dargestellten Elemente in einem thermodynamischen Diagrammpapier erläutert.

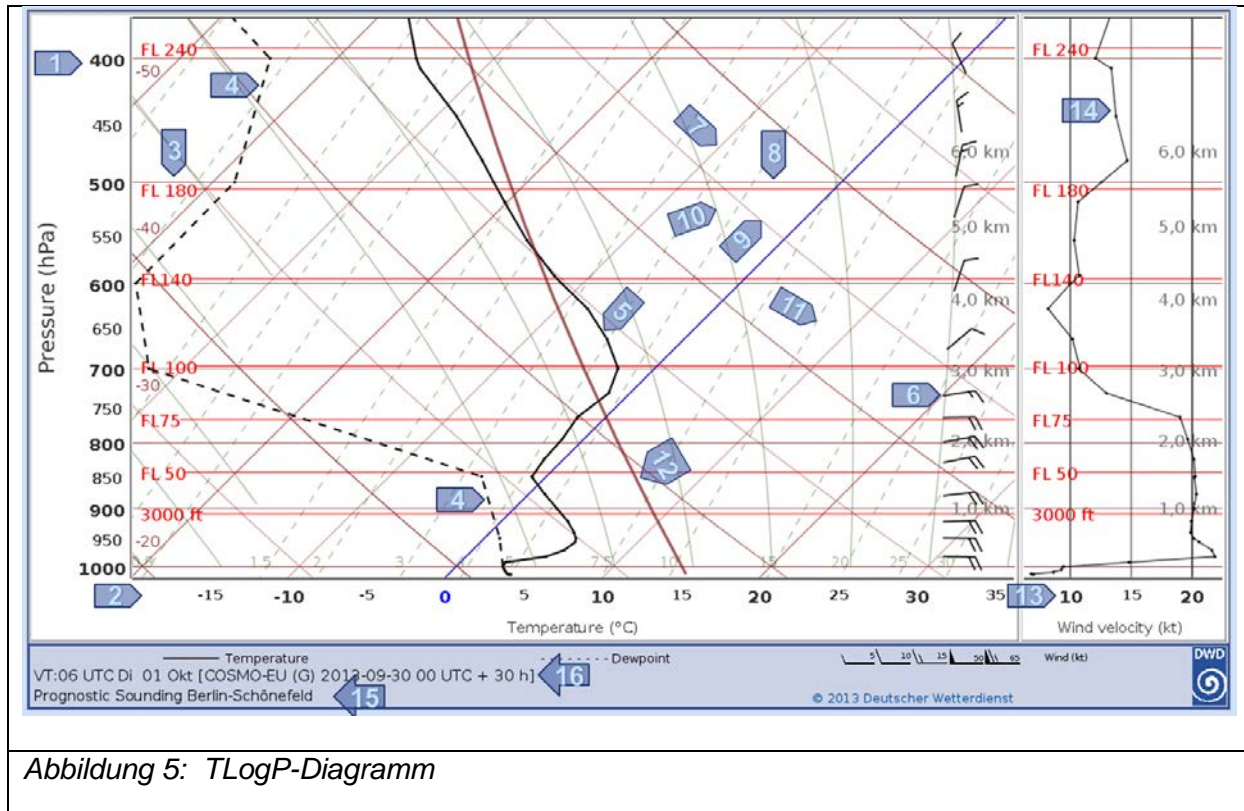


Abbildung 5: TLogP-Diagramm

1. Mit der vertikalen Achse (Ordinate) wird der Luftdruck in Hektopascal (hPa) dargestellt.
2. In der horizontalen Achse (Abszisse) wird die Temperatur in Grad Celsius dargestellt. Bitte beachten Sie, dass im Gegensatz zum Stüve-Diagramm die Isothermen im vorliegenden TlogP-Diagramm von links unten nach rechts oben verlaufen.
3. Die roten horizontalen Linien geben die Flightlevels an.
4. Die gestrichelte Linie ist der Verlauf des Taupunktes mit der Höhe in Grad C.
5. Die durchgezogene Linie ist der Verlauf der Temperatur mit der Höhe. Der Abstand zwischen Temperatur und Taupunkt heißt Spread.
6. Die Windfieder beschreiben das vertikale Windprofil.
7. Die von links unten nach rechts oben verlaufenden braunen Linien bezeichnet man als Isothermen. Die Null-Grad-Isotherme ist dicker und blau eingefärbt.
8. Die waagerechten braunen Linien sind Isobaren, in diesem Fall auch Linien gleicher Höhe.
9. Die braunen Linien von rechts unten nach links oben heißen Trockenadiabaten. Entlang dieser Linien bewegen sich Luftpakete, wenn sie gehoben werden oder absinken, solange sie nicht gesättigt sind. Der vertikale Temperaturgradient beträgt exakt 1,0 Grad/100 m.
10. Die grünen gekrümmten Linien mit variabler Neigung heißen Feuchtadiabaten. Entlang dieser Linien bewegen sich Luftpakete, die gesättigt sind (Wolkenluft). Der

vertikale Temperaturgradient ist wesentlich geringer als unter 9 und beträgt 0,3 bis etwa 0,7 Grad/100m.

11. Die grünen parallel angeordneten gestrichelten Linien von links unten nach rechts oben beschreiben das Sättigungs-Mischungsverhältnis. Die Beschriftung am unteren Rand gibt an, wie viel Gramm Wasserdampf pro 1 kg Luft maximal möglich ist, ohne dass Sättigung eintritt.
12. Diese Linie beschreibt die Temperatur- und Druckverhältnisse der ICAO-Standardatmosphäre. Ist der aktuelle Temperaturverlauf links dieser Kurve, so ist die Luftmasse kälter als ICAO-Standard, ist sie rechts davon, so ist die Luftmasse wärmer als ICAO-Standard.
13. Die horizontale Achse dieses Profils zeigt die Windgeschwindigkeit in Knoten an.
14. Die schwarze Kurve beschreibt das Profil der Windgeschwindigkeit.
15. Legende: Es ist das Vertikalprofil (Sounding) von Berlin-Schönefeld dargestellt.
16. Uhrzeit der Sondierung: Es handelt sich um das Vertikalprofil vom Dienstag, den 01. Oktober 2013 um 06 UTC. Datenbasis ist hier der Modellauf des COSMO-EU vom 30.09.2013, 00 UTC. Derzeit wird das ICON-Modell des DWD zur Berechnung herangezogen.

Die folgende Darstellung (Abb. 6) erläutert den meteorologischen Inhalt und gibt Interpretationshilfen für die Praxis.

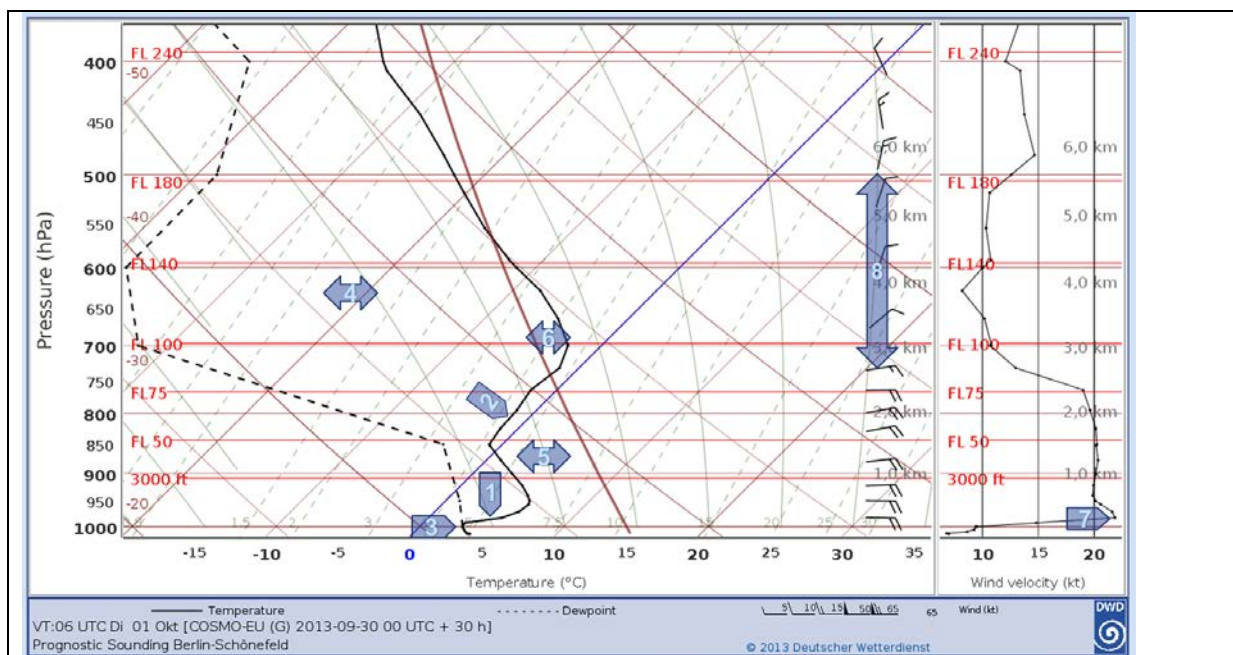


Abbildung 6: Interpretation TLogP-Diagramm

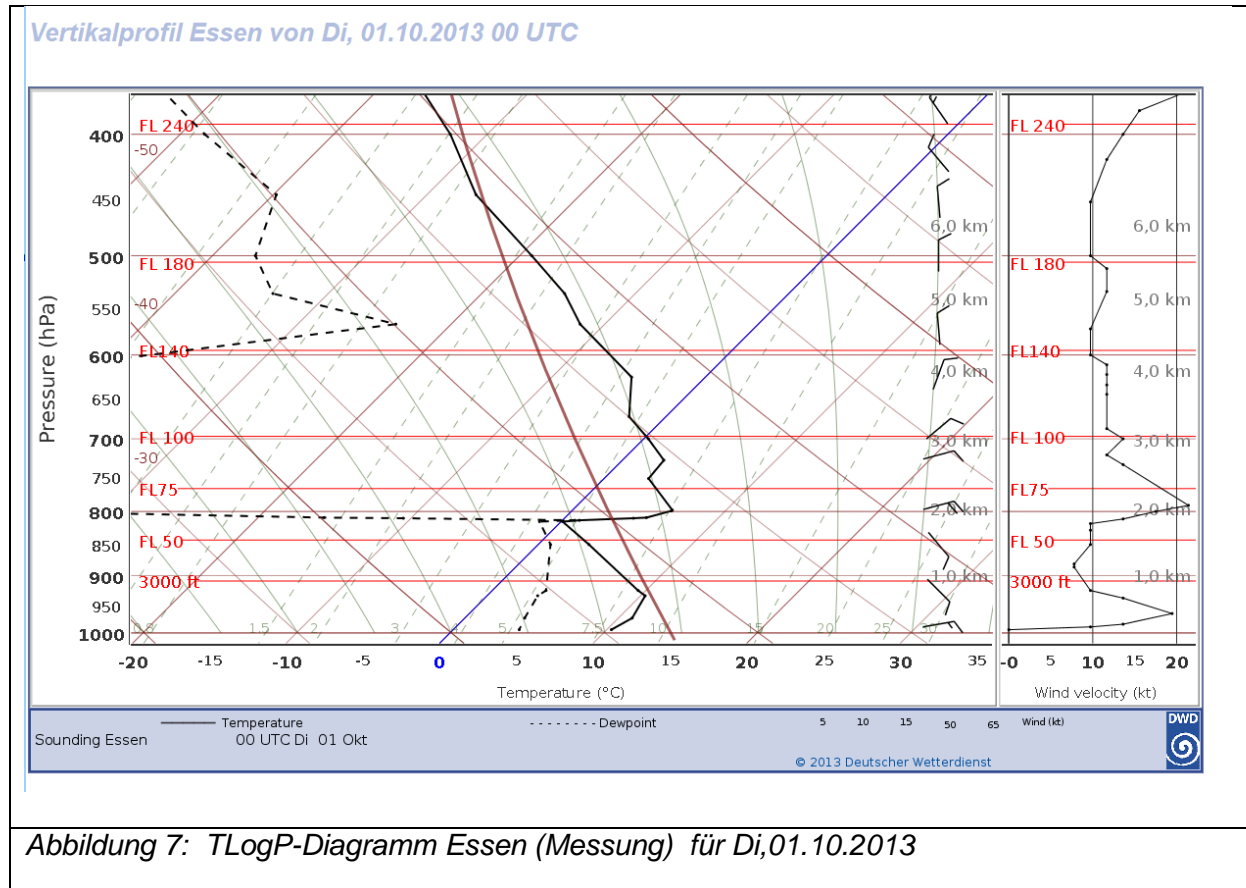
1. Ein Bereich innerhalb der Temperaturkurve, in welchem die Temperatur mit der Höhe zunimmt, heißt Inversion. Man erkennt Inversionen daran, dass der Temperaturverlauf stärker nach rechts geneigt ist als die Isothermen (Linie 7 in Abb. 5). Inversionen sind in der Regel Sperrschichten, d. h. sie unterbinden Vertikalbewegungen jeglicher Art und zeigen daher eine stabile Schichtung an. Eine Inversion, die am Boden beginnt, heißt Bodeninversion. Sie entsteht als Folge der nächtlichen Abkühlung. Eine Inversion in der freien Atmosphäre heißt

Höheninversion. Diese wird in der Regel durch Absinken (Subsidenz) in einem Hochdruckgebiet verursacht. Oberhalb einer solchen Inversion findet man häufig Absinken mit entsprechender Austrocknung der Luftschichten. Da Inversionen den vertikalen Austausch der Luftpakete unterbinden, sind sie oft auch ein Bereich mit starken vertikalen Windscherungen.

Bei der Inversion im obigen Beispiel handelt es sich um eine sehr bodennahe Inversion. Aufgrund der starken Winde im bodennahen Bereich ist die unterste Schicht allerdings durchmischt, es ist also keine echte Bodeninversion. An Inversionen unterhalb von 5.000 ft findet man oft einen sogenannten Low-Level-Jet (siehe 7).

2. Bereiche, in welchen sich die Temperatur mit der Höhe nicht ändert, heißen Isothermie. Für diese gilt im Wesentlichen das gleiche wie unter 1.
3. Man erkennt in den bodennahen Schichten bis etwa 500 ft einen Bereich mit sehr geringem Spread. Temperatur und Taupunkt nahezu gleich, die relative Luftfeuchtigkeit beträgt fast 100 %. Bereiche mit Spread unter 1 Grad C sollten grundsätzlich als Wolkenschicht interpretiert werden.
Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um einen sogenannten Turbulenz-Stratus, der sich durch Mischung der untersten feuchten Luftschichten gebildet hat.
4. Bereiche mit Spread über 10 Grad C können als wolkenfreie Schicht interpretiert werden.
Achtung: Bei feuchtlabiler Schichtung können trotzdem Quellwolken in diese Bereiche hineinwachsen, sofern die Voraussetzungen für Konvektion gegeben sind.
5. In diesem Bereich ist der aktuelle Temperaturverlauf kälter als ICAO-Standard, da der Temperaturverlauf links der ICAO-Standardatmosphäre verläuft (dicke braune Linie, siehe 12 in Abb. 5).
6. In diesem Bereich ist der aktuelle Temperaturverlauf wärmer als ICAO-Standard, da der Temperaturverlauf rechts der ICAO-Standardatmosphäre verläuft (dicke braune Linie, siehe 12 in Abb. 5).
Unten kalt und oben warm deutet auf eine sehr stabile Schichtung hin.
7. Das vertikale Windprofil zeigt ein Windmaximum an der Obergrenze der bodennahen Inversion an. Dieses wird durch eine Inversion begünstigt und als Low-Level-Jet bezeichnet.
Bitte verwenden Sie dieses vertikale Windprofil, um Windmaxima/Minima zu beurteilen.
8. Interessant für die Flugplanung sind Schichten, innerhalb derer sich der Wind stark dreht. Das kann dazu führen, dass sich ein Gegenwind in einen Rückenwind verwandeln kann, wenn man nur wenige Tausend Fuß steigt oder sinkt. Die richtige Interpretation der Vertikalprofile und das Auffinden der „schnellen“ Schichten wirkt sich also unmittelbar auf den Spritverbrauch aus. Darüber hinaus sind diese Schichten meist mit Turbulenzen verbunden.

6. Regeln bei der Interpretation der Vertikalprofile



1. Aktuelle Vertikalprofile stellen die gemessenen Werte von Temperatur, Taupunkt und Windgeschwindigkeit an einem bestimmten Ort dar. Sie sind daher KEINE Vorhersagen. Man sollte solche Profile zur Analyse einer Luftmasse verwenden (stabil/labil, trocken/feucht, Abschätzung Inversionen und Wolkenschichten) Grundsätzlich sollten Vertikalprofile immer im Kontext mit einer Boden- und Höhenwetterkarte gesehen werden und der Bezug des Ortes zu Fronten klar sein. Die Passage einer Front wird das Vertikalprofil immer signifikant ändern.
2. Vorhersage-Profile geben die auf einem Wettermodell beruhenden Vorhersage-Profile von Temperatur, Taupunkt und Wind wieder. Sie sind daher wie Meteogramme sogenannte Punkt-Termin-Prognosen und sollten immer im geographischen Kontext gesehen werden. Nachbarprofile anschauen lohnt immer.
3. Bei Vorhersageprofilen sollte auch der zeitliche Kontext berücksichtigt werden. Kontrollieren Sie auch den Zeitschritt vor und nach dem Termin, der für Sie interessant ist, und beachten Sie ggf. die Unterschiede. Falls das Wetter „langsamer“ oder „schneller“ ist als vorhergesagt, dann könnte das interessant sein.

4. Beachten Sie die Bedienbarkeit der Vorhersageprofile. Diese orientiert sich an der allgemeinen Logik der Vorhersagekarten:
Mausklick in die Karte → zurück zur Übersicht
Cursor rechts → nächsten Zeitschritt
Cursor links → vorausgehenden Zeitschritt

7. Kontakt

Deutscher Wetterdienst, Abteilung Flugmeteorologie, Frankfurter Str. 135, 63067 Offenbach
Stand: Januar 2019

Anregungen und Fragen bitte an:

Per E-Mail: lufffahrt@dwd.de

Wir helfen Ihnen per E-Mail auf schnellstem Weg weiter.

Per Telefon: +49 (0)69 8062 2695

Sie erreichen diese Telefonnummer während der normalen Bürodienstzeiten.

Per Telefax: +49 (0)69 8062 11925