

meteo

Kaltluftadvektion

Schinhörner (Binntal)

Wer weit fliegen will, braucht eine hohe Wolkenbasis, gute Steigwerte und eine Thermik, die lange andauert, am besten acht oder sogar zehn Stunden. Das bedeutet, dass die Thermik schon vor 11 Uhr beginnen muss und erst nach 19 Uhr aufhören darf. Gleichzeitig keine Überentwicklungen (Gewitter) und kein zu starker Wind. Das Zauberwort für lang anhaltende Thermik und rekordverdächtige Streckenflugtage ist «Kaltluftadvektion».

 **Micha Schultze**
www.chilloutmeteo.com

- Die Zutaten für einen idealen Thermiktag sind ungefähr die folgenden:
- trockene Luft (→ hohe Wolkenbasis)
- labile Schichtung zwischen 1000 und 3000 Metern mit einem Temperaturgradient von 0,6–0,8°C/100m (→ gute Steigwerte)
- etwas stabilere Schichtung über 3000–4000 Metern (→ keine Überentwicklungen)
- Kaltluftadvektion (→ langanhaltende Thermik)

Advektion

Unter Advektion versteht man die Übertragung von Wärme oder Kälte durch horizontale Strömungen. Verdrängt zum Beispiel kalte Luft wärmere Luft, bezeichnet man dies als Kaltluftadvektion. Die Thermik kann damit wesentlich verstärkt werden, denn bereits geringe Erwärmungen des Bodens reichen aus, um der bodennahen Luftschicht einen Temperaturvorsprung gegenüber der Umgebungsluft zu verschaffen und eine Ablösung zu provozieren. Oft wird in der Vereinfachung ein Wind aus nördlicher Richtung als kalt und ein Wind aus südlicher Richtung als warm betrachtet. Aber ganz so einfach ist es nicht.

Winddrehung mit der Höhe

Bis ca. 1000 m über Grund wirkt die Reibung der Erdoberfläche auf das Windfeld. Das führt dazu, dass die Windrichtung innerhalb dieser Schicht nicht parallel zu den Isobaren verläuft. Die Stärke der

Qui veut voler loin a besoin d'une base de nuages élevée, de bons taux d'ascension et de thermiques qui durent, de préférence huit, voire dix heures. Cela signifie que ces thermiques doivent se déclencher avant 11 h et se dissiper après 19 h seulement! De plus, le pilote ne doit rencontrer ni surdéveloppement ni vent trop fort. La recette magique des thermiques durables, donc des journées de cross records, se nomme «advection d'air froid».

 **Micha Schultze**
www.chilloutmeteo.com

- Les ingrédients d'une journée thermique de rêve sont les suivants:
- Air sec (→ plafond élevé)
- Stratification instable entre 1000 et 3000 m avec un gradient de température de 0,6–0,8°C/100m (→ bons taux d'ascension)
- Stratification un peu plus stable au-dessus de 3000–4000 m (→ pas de surdéveloppements)
- Advection d'air froid (→ thermiques durables)

Advection

Par «advection», on entend le déplacement horizontal de masses d'air chaud ou froid sous l'effet de courants. Lorsque de l'air froid chasse de l'air plus chaud, le phénomène se nomme advection d'air froid. Il est susceptible de renforcer sensiblement l'activité thermique, car il suffit d'un réchauffement minime de la surface pour engendrer, dans la couche d'air proche du sol, une hausse de la température par rapport à l'air ambiant et ainsi de provoquer le décollement de bulles. Souvent, pour simplifier les choses, on qualifie de froid un vent venant du Nord et de chaud un vent venant du Sud. En réalité, ce n'est pas aussi simple que cela...

Changement d'orientation du vent avec l'altitude

Jusqu'à 1000 m/sol environ, le frottement de la surface terrestre influe sur le champ du vent. En conséquence, la direction du vent à l'intérieur de la couche n'est pas parallèle aux isobares. L'importance de l'écart dépend de la nature de la surface. Plus celle-ci est inégale,



ADVECTION d'air froid

Abweichung hängt von der Beschaffenheit der Erdoberfläche ab (je rauher die Oberfläche, desto grösser der Winkel). Über dem Land beträgt die Abweichung bis zu 45°, über dem Meer weniger als 10°. Mit zunehmender Höhe wird der Winkel zwischen Windrichtung und Boden-Isobaren immer kleiner. Ab der Obergrenze dieser Schicht sprechen die Meteorologen vom Geostrophischen Wind, und die Windablenkung von der Isobare bzw. Isohypse ist nahezu Null. Die Luft strömt also in Bodennähe weg von Hochdruckgebieten und zu den Tiefdruckgebieten hin, während sie in der Höhe entlang der Drucklinien fließt.

Oberhalb der bodennahen Reibungsschicht gibt die Änderung der Windrichtung in der Vertikalen Auskunft über die Luftmassenzufuhr. Das ist besonders dann einfach zu interpretieren, wenn Windmessdaten einer Radiosonde vorliegen (diese liegen ungefähr auf einer vertikalen Linie über dem Ausgangspunkt). Dreht der Wind mit zunehmender Höhe im Gegenuhrzeigersinn nach links (z.B.: auf 1000 m aus W, auf 2000 m aus SW und auf 3000 m aus S), dann wird es in der Höhe kälter, und es liegt eine Kaltluftadvektion vor. Dreht der Wind mit zunehmender Höhe im Uhrzeigersinn nach rechts (z.B.: auf 1000 m aus SW, auf 2000 m aus W und auf 3000 m aus NW), besteht eine Warmluftadvektion.

Diese sehr einfache Faustregel liefert bereits gute Informationen über die zu erwartenden Schichtungsverhältnisse. Eine Kaltluftadvektion hat in der Höhe eine Labilisierung zur Folge, eine Warmluftadvektion stabilisiert die Atmosphäre eher. Eine Kaltluftadvektion hat eine ständige Labilisierung zur Folge. Diese ist vor allem dann besonders lang anhaltend, wenn der Bodenwind aus östlichen Richtungen bläst. Dann kommt nämlich der kältere Höhenwind aus nördlichen Richtungen, wo im Allgemeinen auch die grösseren Kaltluftreservoirs liegen.

Kaltluftadvektions-Check mit dem Emagramm

Unter der Annahme, dass ein Wetterballon den Geostrophischen Wind misst, kann man bereits aus den Windangaben einer einzelnen Radiosonde Aussagen über die Temperaturadvektion machen. Dabei kommt es aber gerne zu Misch-Situationen, bei denen je nach Höhe sowohl eine Warmluft- als auch eine Kaltluftadvektion vorliegt. Das

plus l'angle est grand. Au-dessus des terres, il peut aller jusqu'à 45°. Au-dessus des mers, il est inférieur à 10°. Avec l'augmentation de l'altitude, l'angle entre la direction du vent et le tracé des isobares au sol diminue constamment. Au-delà de la limite supérieure de cette couche, les météorologues parlent de vent géostrophique et la déviation du vent par rapport aux isobares ou aux isohypses est quasi nulle. Donc au niveau du sol, le courant de l'air part des zones de haute pression et se dirige vers les zones de basse pression, alors qu'en altitude, l'air s'écoule en suivant les lignes des pressions.

Au-dessus de la couche proche du sol soumise au frottement, le changement de la direction du vent dans l'axe vertical nous renseigne sur l'importance de l'amenée des masses d'air. Les mesures du vent fournies par les radiosondages facilitent grandement l'interprétation du phénomène, puisque ces données sont recueillies le long d'une ligne verticale approximative au-dessus du point de lancement de la sonde. Si, avec l'augmentation de l'altitude, le vent tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, c.-à-d. vers la gauche (p. ex. W à 1000 m, SW à 2000 m et S à 3000 m), c'est qu'il fait plus froid en altitude et qu'il y a une advection d'air froid. Si le vent tourne dans le sens des aiguilles d'une montre (p. ex. SW à 1000 m, W à 2000 m et NW à 3000 m), on est en présence d'une advection d'air chaud.

Ce principe très simple fournit déjà des informations utiles sur les conditions dans une couche d'air donnée. Une advection d'air froid entraîne en altitude une déstabilisation, alors qu'une advection d'air chaud a plutôt tendance à stabiliser l'atmosphère. Une advection d'air froid a pour conséquence une déstabilisation constante de l'atmosphère, particulièrement durable si le vent au sol souffle de l'Est, car dans ce cas, le vent en altitude, plus froid, vient des régions du Nord où se trouvent logiquement les plus grands réservoirs d'air froid.

Analyse de l'advection d'air froid grâce à l'émaagramme

Sachant que le ballon-sonde mesure le vent géostrophique, on peut déjà, se fondant sur les données du vent transmises par radiosondage, obtenir des informations sur la température dans une advection. On a souvent des situations mixtes: en fonction de l'altitude, on constate une advection aussi bien d'air chaud que d'air froid. L'éma-

Emagramm in Abbildung 1 ist so ein Fall. Dargestellt ist ein Radiosondenaufstieg kurz nach Mitternacht. Rechts kann man erkennen, aus welcher Richtung der Wind in verschiedenen Höhen bläst. Bis etwa 1500 m unterliegt das Windfeld der Richtungsabweichung in der bodennahen Reibungsschicht. Zwischen 1500 m (Westwind) und 3000 m (Südwestwind) dreht der Wind im Gegenuhrzeigersinn. Das heisst, dass hier eine Kaltluftadvektion vorliegt und die bereits labile Schichtung (siehe Temperaturgradient zwischen 1500 m und 2500 m) erhalten bleiben und sich sogar bis 3000 m ausdehnen wird. Auf 3000 m zeigt das Emagramm einen Südwestwind. Der Pfeil in 3800 m Höhe zeigt Westwind. Der Wind dreht also nach rechts, das heisst Warmluftadvektion. Die bereits vorhandene stabile Schicht (Isothermie – Inversion) zwischen 3000 m und 3500 m wird erhalten bleiben oder sich sogar noch stärker ausprägen. (Detaillierte Erklärungen zur Interpretation eines Emagramms findet man unter <http://www.shv-fsvl.ch/d/wetter/archiv/0603.htm>).

Während es im Allgemeinen hinter Kaltfronten zu einer Kaltluftadvektion kommt, liegen Gebiete mit Warmluftadvektion meist hinter einer Warmfront. Das sind die klassischen Fälle. Interessant wird es aber an den Tagen, an denen der Temperaturgradient der Mitternachtssondierung auf eine gute Thermik am Tag hinweist, der Thermiktag dann aber nur mässig gut ausfällt. Die Erklärung liegt nicht selten in einer schwachen bis mässigen Warmluftadvektion in der entscheidenden Höhe. Das gleiche gilt für den umgekehrten Fall. Es macht also Sinn, nicht nur den Temperaturgradienten im Emagramm zu analysieren, sondern auch die Windrichtungsänderungen mit der Höhe. Mit dieser Technik kann man aus dem Emagramm der Mitternachtssondierung verlässlicher den Thermikverlauf während des Flugtags vorhersagen.

gramme du graphique 1 représente un cas de ce type. Il traduit un radiosondage effectué peu après minuit. A droite, on voit dans quelle direction souffle le vent à diverses altitudes. Jusqu'à environ 1500 m, le champ du vent est influencé par l'écart de direction constaté dans la couche de frottement de la surface. Entre 1500 m (vent d'ouest) et 3000 m (vent de sud-ouest), le vent tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Cela signifie que l'on a affaire à une advection d'air froid et que la couche déjà instable (voir gradient de température entre 1500 et 2500 m) va se maintenir, voire se développer jusqu'à 3000 m. A 3000 m, l'émagramme indique un vent de sud-ouest et à 3800 m, la flèche signale un vent d'ouest. Le vent a donc tourné vers la droite, c.-à-d. qu'il y a advection d'air chaud. La couche déjà stable (isothermie – inversion) entre 3000 et 3500 m se maintiendra et se renforcera peut-être même encore. (On trouvera des explications plus détaillées sur l'interprétation des émagrammes sous <http://www.fsvl.ch/f/wetter/archiv/0603.htm>).

En règle générale, à l'arrière des fronts froids se produit une advection d'air froid et les zones où l'on constate une advection d'air chaud sont situées à l'arrière d'un front chaud. On parle là de situations «classiques». Mais il est intéressant de comprendre pourquoi, les jours où le gradient de température relevé lors du radiosondage effectué à minuit la nuit précédente promettait de bons thermiques, ne s'avèrent pas être les journées canon attendues. Cela s'explique assez souvent par le fait que l'advection d'air chaud à l'altitude décisive n'est que faible ou modérée. Constatation valable également dans le cas inverse. Il est donc judicieux d'analyser non seulement le gradient de température dans un émagramme, mais également les changements dans la direction de vent en fonction de l'augmentation de l'altitude. On peut ainsi, se fondant sur l'émagramme du radiosondage de minuit, prévoir de manière plus fiable l'évolution de l'activité thermique durant sa journée de vol.

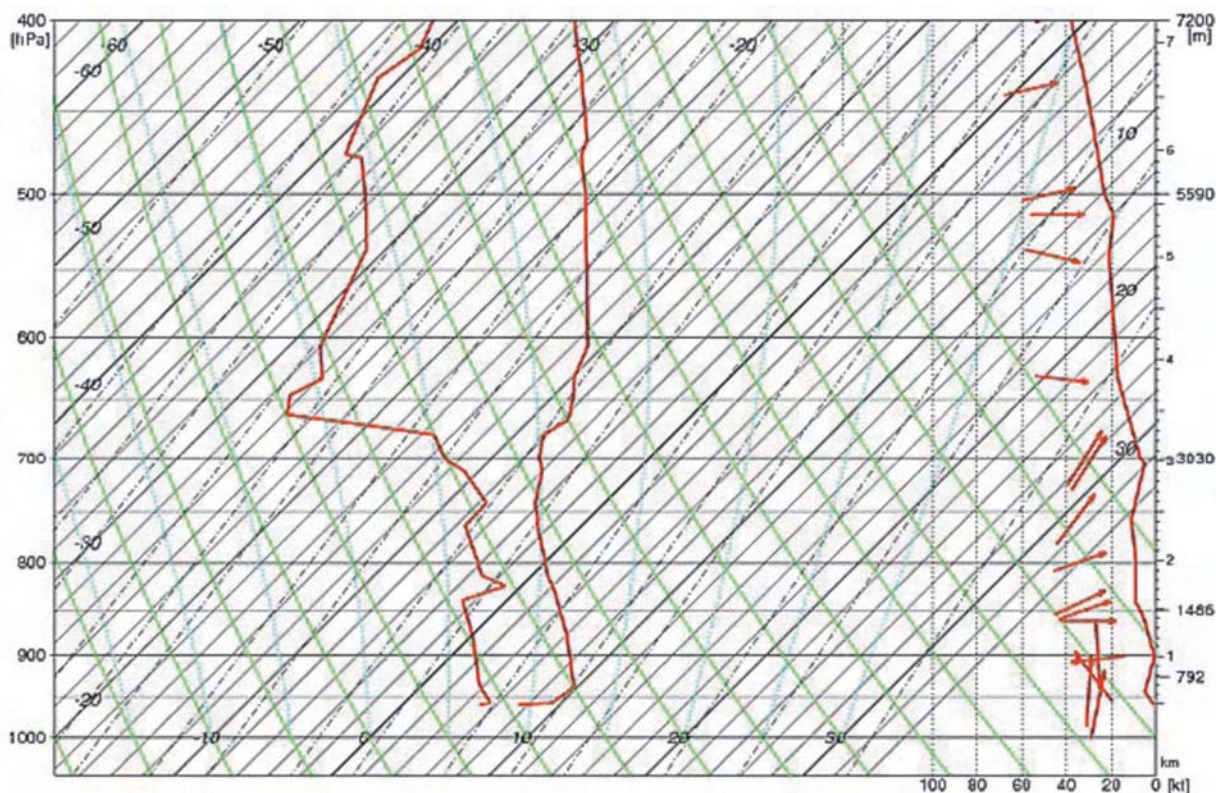


Abb. 1: Das Emagramm liefert neben Temperatur, Taupunkt, Windstärke und Windrichtung auch Informationen über die Zufuhr wärmerer bzw. kälterer Luftmassen. Dreht der Wind mit der Höhe nach links, dann liegt eine Kaltluftadvektion vor (im Bild zwischen 2000 m und 3000 m). Dreht der Wind mit der Höhe nach rechts, dann herrscht eine Warmluftadvektion (im Bild zwischen 3000 m und 4000 m).

Graphique 1: L'émagramme fournit des informations non seulement sur la température, le point de rosée, la force et la direction du vent, mais aussi sur le transfert de masses d'air plus chaud ou plus froid. Si le vent tourne à gauche avec l'altitude, il y a advection d'air froid (dans le cas présent entre 2000 et 3000 m). S'il tourne à droite, il se produit une advection d'air chaud (ici, entre 3000 et 4000 m).