

Die Interpretation Interpretation pratique du sond

Das RASP-Modell für Thermikprognosen wurde bereits im «Swiss Glider» beschrieben (März 2010). Damit der folgende Text optimal verstanden werden kann, weise ich auch auf die folgenden Meteo-Berichte hin, die alle auch auf der SHV-Homepage nachgelesen werden können: das Emagramm (Juni 03), Informatikmodelle richtig interpretieren (April 09), Konvektive Grenzschicht KG (Juni/ Oktober 09).



Jean Oberson, www.soaringmeteo.ch



Der Bericht über das Emagramm (Juni 03) hilft dabei, dieses Tool richtig zu verstehen und korrekt zu gebrauchen. Die angewendete Methode ist diejenige des «thermal index». Doch eine Prognose der Tagethermik anhand dieser Methode enttäuscht oft aus folgenden zwei Gründen:

1. Grundlage ist die um Mitternacht gestartete Radiosonde von Payerne. Wir fliegen aber am darauffolgenden Nachmittag, das heisst rund zwölf Stunden später. Während dieser Zeit kann sich die Atmosphäre verändern und eine andere Struktur als um Mitternacht aufweisen. Nicht nur aufgrund der üblichen konvektiven Erwärmung, sondern auch z.B. wegen einer Advektion oder einer Subsidenz knapp oberhalb der KG.

2. Die Struktur der Atmosphäre über Payerne ist oft anders als die in der Flugregion, meistens in den Bergen.

Ich setze mich hier nicht nochmals vertieft mit dem Emagramm auseinander, möchte jedoch kurz daran erinnern, dass es sich dabei um ein einfaches XY-Diagramm handelt. Die X-Achse stellt die Temperatur T und die Taupunkttemperatur TP (Luftfeuchtigkeit) dar, die Y-Achse die Höhenangaben in Luftdruck und Metern. Die X-Achse ist nach unten gesenkt, sodass die Isothermen, die senkrecht zur X-Achse verlaufen, nach rechts geneigt sind (Abb. 1). Auf einem echten Emagramm ist die X-Achse nicht eingezeichnet. Somit ist die gesamte graue Fläche versteckt. Gezeigt werden nur die Isothermen und Isobaren (und drei weitere Linienarten; alle im Bericht von Juni 03 beschrieben). Die Kurven T (rot) und TP (blau) werden dann im Emagramm eingefügt, um das aerologische Profil (oder Zustandskurve) der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit zu beschreiben. Je mehr sich die rote und die blaue Kurve nähern, desto feuchter ist die Luft, was auf ein erhöhtes Wolken- und/oder Regenrisiko hinweist. Beide Kurven können auch ein Stück weit überlappen (gesättigte Luft); die blaue Kurve kann sich jedoch nie rechts von der roten Kurve befinden.

Im Gegensatz zur Radiosondierung, welche die Temperatur T und die Taupunkttemperatur TP um Mitternacht und um die Mittagszeit UTC misst, berechnet das RASP-Modell anhand komplexer Differenzialgleichungen das aerologische Profil (also eine Prognose) für jede Masche des Modells zu verschiedenen Zeiten. Es berücksichtigt auch die Topographie und die Bodeneigenschaften (auf Mesoskala) und zudem die allgemeine Entwicklung der Atmosphäre. Das RASP-Modell bietet uns also ein aerologisches Profil für ein bestimmtes Fluggebiet zu einer vorgesehenen Flugzeit. Die vereinfachte Methode des «thermal index» anhand der Radiosondierung kann somit nicht mit der Komplexität der unzähligen Kalkulationen dieses Modells mithalten. Trotzdem bleiben die Modelle nach wie vor eine grobe Darstellung der undenklich vielen,

Le modèle RASP pour la prévision des thermiques est décrit dans le «Swiss Glider» de mars 2010. Pour comprendre de façon optimale le texte ci-dessous, je vous invite aussi à relire les articles suivants, disponibles sur le site web de la FSVL: émagramme (juin 03), échelles des modèles (avril 09), couche convective CC (juin et octobre 09).

L'article sur l'émagramme (juin 03) est très utile pour comprendre et savoir utiliser cet outil. La méthode utilisée là est celle du «thermal index». Cependant, la prévision journalière des thermiques au moyen de cette méthode vous décevra très souvent pour deux raisons principales:

1. On utilise le radiosondage de Payerne de minuit. Or, on vole dans l'après-midi suivant c'est-à-dire plus de 12 heures plus tard. Pendant ce temps, l'atmosphère, en plus du réchauffement convectif habituel, peut évoluer et ne plus avoir la même structure qu'à minuit, par exemple à cause d'une advection ou d'une subsidence juste au-dessus de la CC.

2. La structure atmosphérique au-dessus de Payerne est souvent très différente de celle au-dessus de la région de vol, en général les montagnes.

Je n'ai pas l'intention de récrire sur l'émagramme mais rappelons brièvement qu'il s'agit d'un simple graphique x-y. L'axe x représente les valeurs de température T et de température de point de rosée Td (humidité de l'air) et l'axe y, l'altitude en pression et en unités de distance. L'axe x est incliné vers le bas si bien que les isothermes, perpendiculaires à x, sont inclinées sur la droite. Voir figure 1. Sur un vrai émagramme, l'axe des x n'est pas dessiné. Toute l'aire grise est ainsi cachée. Seules les isothermes et les isobares (ainsi que 3 autres sortes de lignes décrites dans l'article de juin 2003) sont montrées. Les courbes de T en rouge et de Td en bleu sont ensuite placées sur l'émagramme pour décrire le profil aérologique (ou courbes d'état) de l'atmosphère en un lieu et à un moment précis. Plus la courbe bleue est proche de la courbe rouge, plus l'air est humide et plus il y a risque de nuages et/ou de pluies. Les deux courbes peuvent se confondre (air saturé d'humidité) sur une portion verticale plus ou moins étendue mais jamais la courbe bleue ne se trouve à droite de la courbe rouge.

Contrairement au radiosondage qui fournit les mesures de T et Td à minuit et à midi UTC en des lieux précis mais très clairsemés, RASP calcule (prévoit) le profil aérologique par des équations différentielles complexes à chaque maille du modèle et à différents moments. Il tient compte de la topographie et de la couverture du sol, à mésoéchelle, ainsi que de l'évolution globale de l'atmosphère. RASP peut donc fournir le profil aérologique prévu sur votre région de vol et pendant le vol. La méthodologie simpliste du «thermal index» à partir du radiosondage ne peut donc rivaliser avec la complexité et la quantité des calculs du modèle. Certes, malgré leur haute technologie, les modèles sont un schéma grossier de la réalité micro-infinitésimale de l'atmosphère, mais on ne fait pas mieux actuellement. De plus, on le verra tout de suite, il est un peu paradoxalement plus simple et plus

der RASP-Sondierung

ndage RASP

kleinen Mikrorealitäten; es gibt zurzeit eben nichts Besseres. Auch ist es ja eigentlich einfacher und direkter ein Vorhersage-Profil zu interpretieren, als in einem langwierigen Prozess ein «thermal index» in ein Radiosonden-Emagramm einzuzichnen. Bei der täglichen Anwendung von Meteo-Prognosen sollte also das RASP-Modell die «thermal index»-Technik verdrängen.

Nehmen wir als Beispiel ein ideales Profil (Abb. 2). Mit etwas Übung ist es in wenigen Sekunden zu erkennen: Die Kurven T und TP bilden den Umriss einer Vase mit engem Hals. Der untere Teil bezeichnet die KG; dort betragen die Gradienten T und TP jeweils etwa $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ und $0,2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Der Hals zeigt die Obergrenze der KG an und der obere Teil die Troposphäre oberhalb der KG mit einem Temperaturgradienten, der immer geringer als $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ist. Knapp über dem Hals kann oft, aber nicht immer, eine ganz dünne und stabile Schicht (Isothermie oder Inversion) beobachtet werden, die mit einer stark reduzierten Luftfeuchtigkeit verbunden ist (blaue Kurve biegt plötzlich nach links ab). Aufgrund des sonnenbestrahlten Erdbodens findet man in Bodennähe oft eine dünne überadiabatische Schicht überheizter Luft (der Gradient liegt über $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). Hier müssen drei Parameter identifiziert werden:

immédiat d'interpréter un profil prévu que de tracer fastidieusement le «thermal index» sur un émagramme de radiosondage. Pour la pratique journalière de prévision, l'utilisation du sondage RASP devrait donc supplanter la technique du «thermal index».

Prenons l'exemple d'un profil idéal. Voir figure 2. Avec un peu d'habitude vous devriez le reconnaître en quelques secondes. Les courbes T et Td dessinent la silhouette d'un vase à col étroit. La partie inférieure représente la CC. A ce niveau en effet, les gradients de T et de Td sont d'environ $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ et de $0,2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ respectivement. Le col correspond au sommet de la CC et la partie supérieure du vase à la troposphère au-dessus de la CC avec un gradient de température toujours inférieur à $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Juste au-dessus du col, on observe souvent mais pas toujours une couche mince très stable (isothermie ou inversion) associée à une forte diminution de l'humidité de l'air (la courbe bleue va brusquement sur la gauche). Près du sol, il y a souvent une fine couche suradiabatique (gradient supérieur à $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) d'air surchauffé par la surface ensoleillée. Il y a trois paramètres à repérer:

1. L'épaisseur de la CC (la hauteur de la partie inférieure du vase) doit être la plus grande possible: 1500 m ou plus semble favorable. Les convections auront alors une bonne extension verticale.

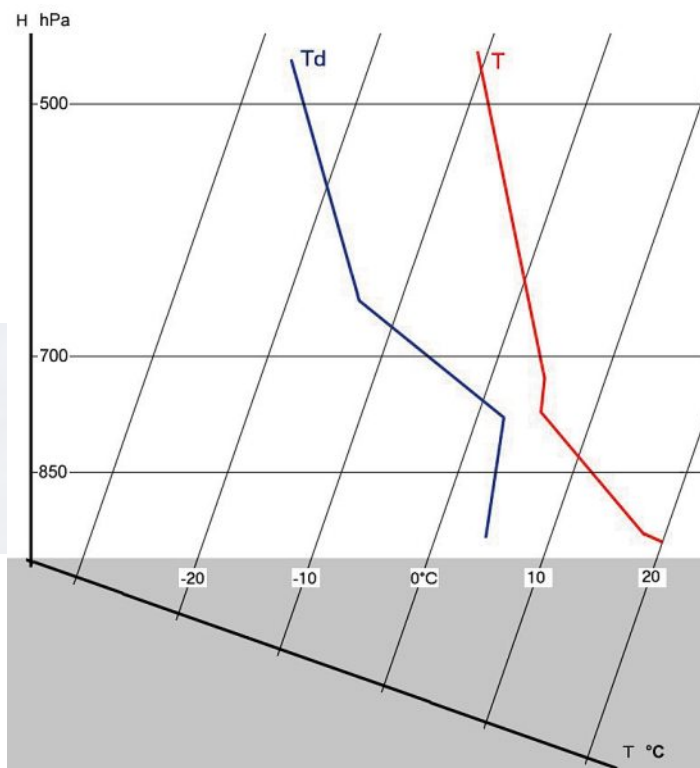


Abbildung 1: Prinzip eines Emagramms. Hier werden zwei Hauptlinientypen gezeigt: einige Isothermen, die zwischen -20 und $+20^{\circ}\text{C}$ geneigt sind, und einige horizontale Isobaren: 850, 700 und 500 hPa.

Figure 1: Principe d'un émagramme. Deux types de lignes principaux sont montrés: quelques isothermes inclinées de -20 à $+20^{\circ}\text{C}$ et quelques isobares horizontales: 850, 700 et 500 hPa.

1. Die Breite der KG (die Höhe des unteren Teils der Vase) muss so gross wie möglich sein: Günstig sind 1500 m oder mehr. So können sich die Konvektionen bestens vertikal ausdehnen.

2. Am oberen Ende der KG sollte der Unterschied zwischen T und TP (Durchmesser des Halses der Vase) 2 bis 4°C betragen. Das sind ideale Voraussetzungen für eine gute Kumulusbildung.

3. Weit oben (Durchmesser des oberen Teils der Vase) ist der Unterschied zwischen T und TP grösser als 10 bis 15°C, was die Bildung von Höhenwolken und/oder von Überentwicklungen und Gewitterwolken verhindert.

Die Vorhersage mit Hilfe des aerologischen Profils muss als Tendenz auf Mesoskala betrachtet werden; das heisst, sie gilt für die Umgebung und nicht nur direkt oberhalb des benannten Ortes. Allgemein ist die effektive Basis im Flug etwas tiefer als die vorhergesagte Obergrenze der KG, weil die Thermik auf dieser Höhe nicht mehr stark genug ist, um die Sinkrate eines Hängegleiters zu kompensieren. Ausserdem schafft es nicht jede Thermik bis zum Gipfel der KG, und falls man sich in einem «Blue hole» befindet, welches das Modell nicht identifizieren kann, ist die Thermik weniger stark als erwartet. Dafür kann die Basis oberhalb von sehr schmalen und hohen Gipfeln, die das RASP-Modell nicht «sieht», lokal höher sein als erwartet.

Hier ein paar reale Beispiele. Das aerologische Profil der Abbildung 3 ist dem Idealfall von Abbildung 2 sehr ähnlich. Das Foto wurde ca. 14

2. Au sommet de la CC, la différence T-Td (diamètre du col du vase) devrait valoir 2–4°C. Ceci est idéal pour observer de jolis cumulus.

3. Bien au-dessus, une différence (diamètre de la partie supérieure du vase) T-Td plus grande que 10–15°C empêche la formation de nuages élevés et/ou le surdéveloppement vertical de gros cumulus orageux.

Il faut considérer la prévision du profil aérologique comme une tendance à mésoéchelle sur la région autour (et non pas le profil exact au-dessus) du lieu précis désigné par son nom. En général, le plafond moyen de vol est un peu plus bas que le top prévu de la CC, car à cette hauteur le thermique n'est plus assez fort pour compenser le taux de chute du planeur. D'autre part, pas tous les thermiques arrivent au top de la CC et si vous vous trouvez dans un «blue hole» très local, non décelable par le modèle, vous ne rencontrerez pas vos bons thermiques prévus. A contrario, au-dessus des sommets étroits et très élevés qui ne sont pas «vus» par RASP, le plafond peut être très localement plus haut que prévu.

Voici quelques exemples réels. Le profil aérologique de la figure 3 est très proche du cas idéal de la figure 2. La photo est prise vers 14h00 (heure d'été) dans la région de Gstaad. Les cumulus, séduisants et hauts, invitent au vol. Le profil est prévu tôt le matin pour la même région et au même moment que la photo. Sur la figure 4, l'image webcam montre le ciel chargé de nuages de la Riviera vaudoise le 15 septembre 2009 vers 13h15. Le profil prévu de la région vers 14h00 met en

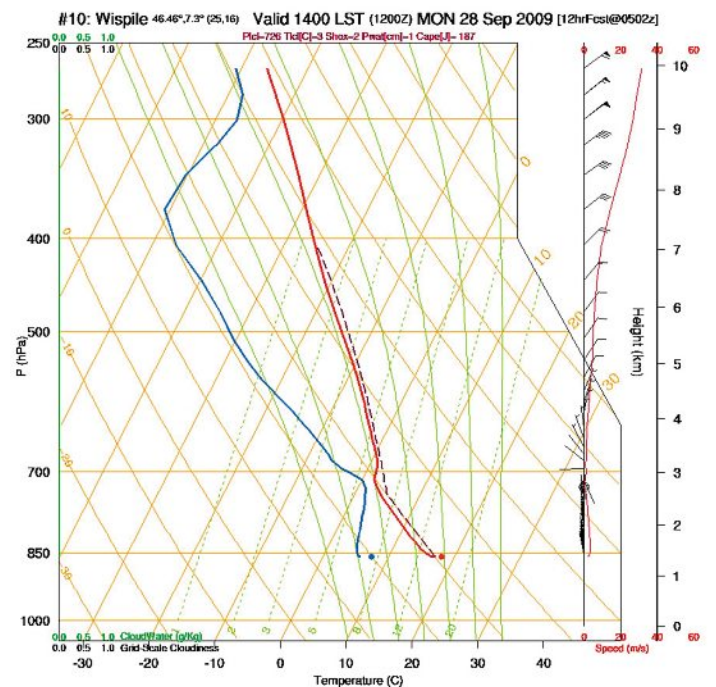
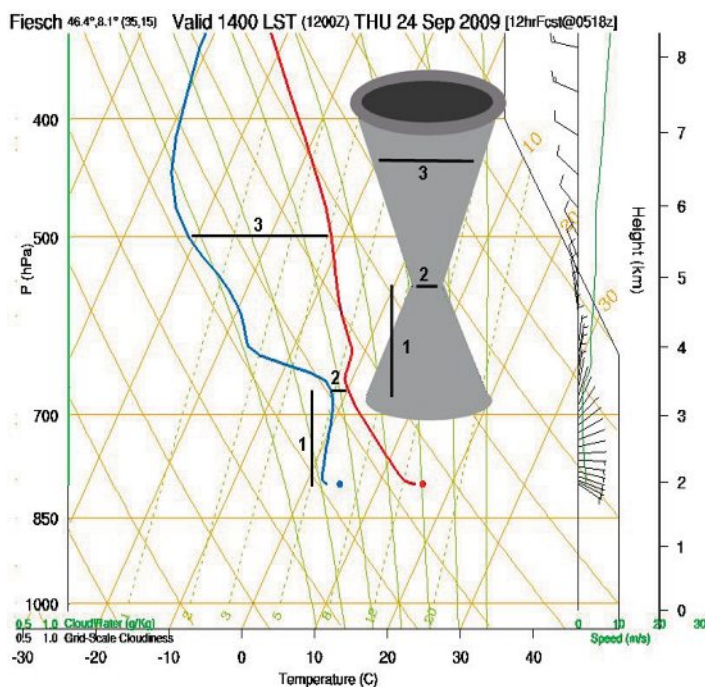


Abbildung 2: Das ideale aerologische Profil, eine Vasenform mit engem Hals: Egal in welcher Gegend, hiermit sind brauchbare Konvektionen anzutreffen. Drei Parameter beachten (1 bis 3 aufgezählt).
Figure 2: Le profil aérologique idéal en forme de vase à col étroit, quelle que soit la région, pour des convections utilisables. Trois paramètres sont à retenir (numérotation de 1 à 3).

Abbildung 3: Beispiel eines idealen Tages für Thermikflüge am 28. September 2009 um ca. 14 Uhr Lokalzeit (CEST) in der Gegend um Gstaad.
Figure 3: Exemple de journée idéale pour le vol thermique, le 28 septembre 2009, vers 14h00 local (CEST) dans la région de Gstaad.

Uhr (Sommerzeit) in der Gegend von Gstaad aufgenommen. Die hohen und schönen Kumuli sind geradezu eine Einladung für einen Flug. Das Profil ist eine am selben Morgen gemachte Prognose für genau diese Region zur Zeit der Aufnahmen. Abbildung 4 zeigt die Webcam des stark bewölkten Himmels über der Waadtländer Riviera am 15. September um 13.15 Uhr. Das für 14 Uhr vorhergesagte Profil für diese Gegend zeigt deutlich eine sehr feuchte Atmosphäre zwischen 2500 und 4000 m. Auf Abbildung 5 beträgt die Breite der KG (erster Parameter) im Zentralwallis am 23. September um 17 Uhr ca. 1000 m. Die vertikale Ausdehnung der Konvektion ist entsprechend gering. Der Unterschied zwischen T und TP am Gipfel der KG beträgt 5°C (zweiter Parameter). Es gibt also wenige Kumuli, und die Thermik ist meist blau und schwach.

Zwei weitere Informationen auf dem RASP-Emagramm sind sehr hilfreich. Auf der rechten Seite findet man die Windgeschwindigkeit (schmale Kurve in m/s, je nach Geschwindigkeitsskala grün oder rot) und die Windrichtung (Pfeile) auf verschiedenen Höhen. In unseren Bergregionen müssen für gute und saubere Thermik die Winde in der KG schwach und homogen sein und dürfen keine sonderlichen Richtungswechsel aufweisen. Auf der linken Seite gibt es manchmal eine schwarze Kurve (z.B. in Abb. 4), welche die zu erwartende Bewölkung auf einer mehr oder weniger breiten, vertikalen Portion der Troposphäre aufzeigt.

évidence une portion atmosphérique très humide entre 2500 et 4000 m environ. Sur la figure 5, l'épaisseur de la CC (premier paramètre) est d'environ 1000 m dans la région du Valais central vers 17h00, le 23 septembre 2009. L'extension verticale des convections n'est ainsi pas très importante. De plus, au top de la CC, la différence T-Td est de 5 °C (deuxième paramètre). Les cumulus sont donc rares et les thermiques probablement le plus souvent chétifs et bleus.

Sur les émagrammes RASP, deux autres informations sont encore très utiles. Sur le bord droit, il y a la vitesse (courbe fine en m/s, verte ou rouge selon l'échelle de vitesse) et la direction (flèches) du vent à plusieurs altitudes. Pour que les conditions thermiques de vol soient bonnes et saines dans nos montagnes, il est très important que les vents dans la CC soient faibles et homogènes, sans changement notable de direction. Sur le bord gauche, il y a parfois une courbe noire (exemple figure 4) montrant la fraction de nébulosité probable sur une portion verticale plus ou moins épaisse de la troposphère.

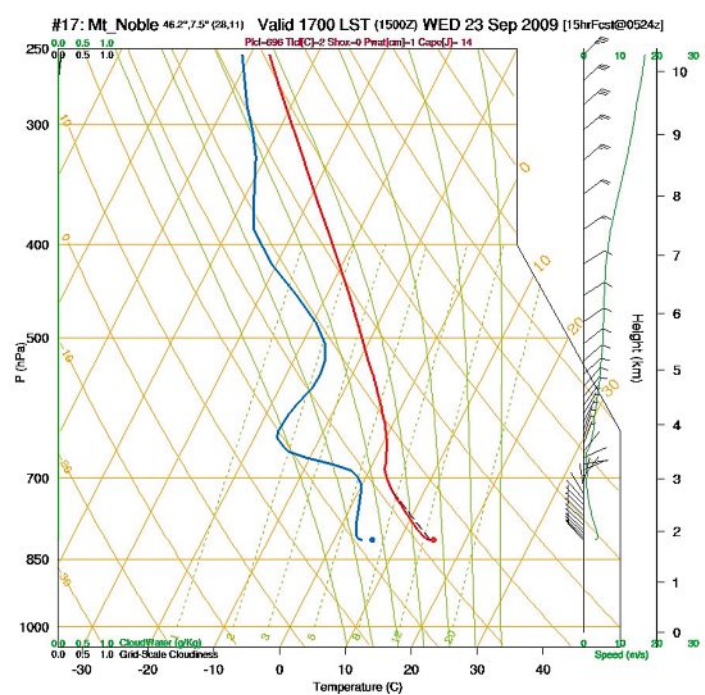
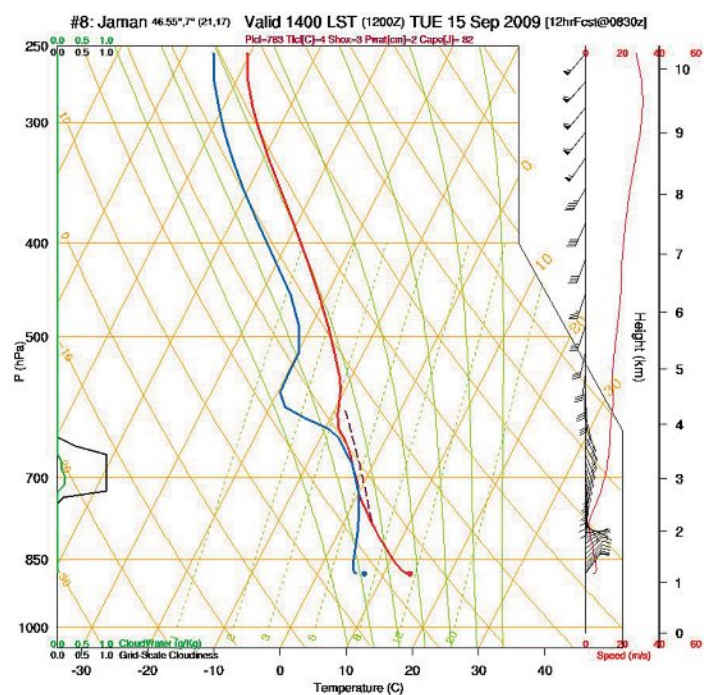


Abbildung 4: Beispiel eines feuchten und bewölkten Tages am 15. September 2009 um 14 Uhr Lokalzeit (CEST) in der Gegend der Waadtländer Riviera. Auf der linken Seite zeigt die schwarze Kurve um 3000 m (700 hPa) 100% Bewölkung auf.
Figure 4: Exemple de journée humide et nuageuse, le 15 septembre 2009, vers 14h00 local (CEST) dans la région de la Riviera vaudoise. Remarquez sur le bord gauche, autour de 3000 m (700 hPa) la courbe noire indiquant 100% de nébulosité à ce niveau.

Abbildung 5: Beispiel eines Tages mit möglicher schwacher Blauthermik am 23. September 2009 um 17 Uhr Lokalzeit (CEST) im Zentralwallis.
Figure 5: Exemple de journée avec probablement de petits thermiques bleus, le 23 septembre 2009, vers 17h00 local (CEST) dans la région du Valais central.