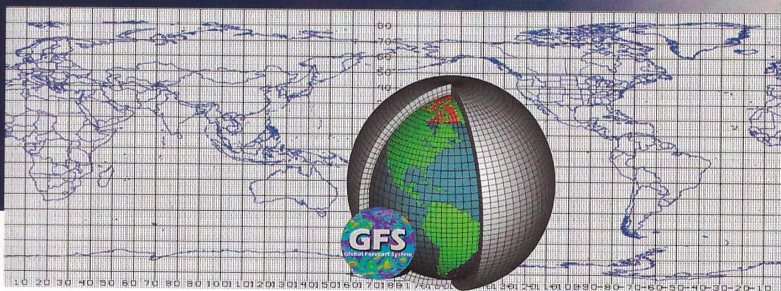


meteo

Eine neue, dem Hängegleitersport angepasste Präsentation des GFS



Neben den RASP- oder Cosmo2-Modellen mit ihrer hohen Auflösung sind für uns auch die synoptischen Modelle mit einer grösseren Skala wie das Global Forecast System (GFS) interessant. GFS ist eines der Prognosemodelle des amerikanischen Wetterdienstes NCEP. Dieses besonders leistungsstarke Modell basiert auf Spitzentechnologie und ist das einzige, das seine Ergebnisse regelmässig, uneingeschränkt und gratis anbietet. Auf den NCEP-Servern findet man es in einer speziellen digitaler Form als sogenannte GRIB-Dateien, die von der Weltorganisation für Meteorologie (eine Organisation der UNO) offiziell anerkannt werden. Kürzlich ist es mir gelungen, diese zu entschlüsseln und auf meiner Website www.soaringmeteo.ch zu präsentieren.



Jean Oberson [soaringmeteo.ch](http://www.soaringmeteo.ch)

Einige werden sich fragen, weshalb das GFS erneut vorgestellt wird. Gewisse Präsentationen gibt es tatsächlich bereits im Internet, z. B. auf den Seiten von ARL-READY (<http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php>) oder Wetterzentrale.de (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsmetgrg05.html>). Ich habe diese Präsentationen regelmässig angewendet und bin jedoch zum Schluss gekommen, dass sie zur Erstellung von Flugbedingungsprognosen nicht ganz passend sind. Ich möchte nochmals kurz erläutern, wie das GFS funktioniert (Abb. 1). Die Daten, welche in der Atmosphäre von Wetterstationen, Radiosonden und Satteliten gemessen werden und heterogen in Zeit und Raum verteilt sind, werden mittels komplexer Berechnungen in Form eines virtuellen, geordneten und dreidimensionalen Initialisierungsgitters, auch Analyse genannt, verarbeitet. Die Analysen finden auf der ganzen Welt viermal täglich statt, jeweils um 00Z, 06Z, 12Z

À côté des modèles haute résolution comme RASP ou Cosmo2 et si nous prenons soin de bien les interpréter, les modèles synoptiques à large échelle comme le Global Forecast System (GFS) restent toujours utiles pour nous. GFS est l'un des modèles de prévisions numériques du service météo national américain (NCEP). Performant et d'un très haut niveau technologique, c'est le seul modèle global dont les résultats sont disponibles régulièrement, intégralement et gratuitement. Ils se trouvent sur des serveurs du NCEP sous forme de fichiers informatiques spéciaux officiellement reconnus par l'Organisation météorologique mondiale (filiale de l'ONU), appelés «grib», que j'ai enfin réussi à déchiffrer récemment. J'en ai profité pour faire une présentation spécifique pour la prévision des conditions de vol et disponible sur mon site, [soaringmeteo.ch](http://www.soaringmeteo.ch).

Certains vont se poser la question: pourquoi une nouvelle présentation GFS? Il en existe en effet déjà quelques autres sur le web, comme sur les sites ARL-READY (<http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php>) ou Wetterzentrale.de (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsmetgrg05.html>). Pourtant, après une utilisation régulière de ces présentations, je suis arrivé à la conclusion qu'elles ne sont pas tout à fait adaptées à l'évaluation des conditions de vol.

Rappelons le principe de fonctionnement de GFS (fig. 1). Les données atmosphériques mesurées par les stations, les radiosondages et les satellites, irrégulièrement distribuées dans le temps et l'espace, sont assimilées par des calculs complexes sur une grille d'initialisation virtuelle tridimensionnelle et régulière recouvrant toute la terre à un moment précis, également appelée analyse. Les analyses sont effectuées quatre fois par jour à 00Z, 06Z, 12Z et 18Z (Z = UTC = heure universelle).

Modells

Une nouvelle présentation du modèle GFS adaptée au vol libre

Abb. 1 Fig. 1

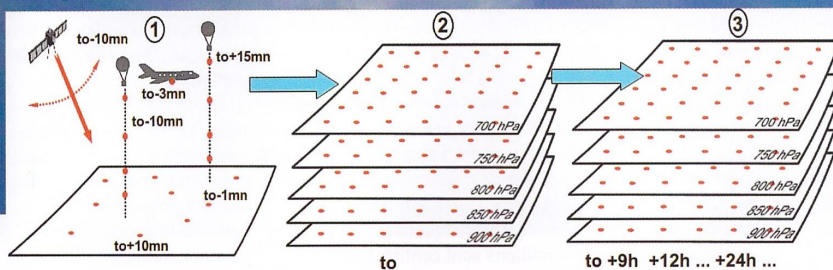


Abb. 1: Prinzip des numerischen Modells GFS für die Wettervorhersage. 1. Beobachtungen und Messungen, heterogen verteilt in Raum und Zeit. 2. Verarbeitung zwecks Analyse und Initialisierung. Die Maschen (kleine rote Punkte) sind regelmässig im Raum aufgeteilt zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0 = Initialisierungszeit. 3. Simulation der Wetterprognose; die Maschen sind nun regelmässig in Zeit und Raum aufgeteilt.

Fig. 1: Principe du modèle numérique GFS pour les prévisions du temps. 1. Observations et mesures irrégulièrement distribuées dans le temps et l'espace. 2. Analyse et initialisation à partir de l'assimilation. Les mailles (petits points rouges) sont régulièrement distribuées dans l'espace au moment précis t_0 = temps d'initialisation. 3. Prévision par simulation, les mailles sont régulièrement distribuées dans le temps et l'espace.

und 18Z (Z = UTC = universelle Zeit, also in Grossbritannien). Mit Grossrechnern kalkuliert und simuliert das GFS dann die Entwicklung von meteorologischen Parametern und berücksichtigt dabei die Gesetze der Fluidmechanik. Schliesslich werden die Ergebnisse alle drei Stunden für die kommenden sieben Tage und für jeden Punkt (oder jede Masche) des Gitters angezeigt.

Diejenige GFS-Version, die ich ausgesucht habe, hat eine horizontale Auflösung von $0,5^\circ$, was heisst, dass die Gittermaschen 40 bis 60 km auseinander liegen mit einer vertikalen Auflösung auf 64 Niveaus. Ich möchte nun allerdings nicht alle Niveaus und Maschen präsentieren. Da wir nur tagsüber fliegen, werden nur die drei Tageszeiten 09Z, 12Z und 15Z (also 11 h, 14 h und 17 h Sommerzeit) über sieben Tage dargestellt, also insgesamt 21 Zeiträume. Zurzeit wird nur der alpine Bereich berücksichtigt. Für jede Masche werden die Ergebnisse in einer Tabelle dargestellt: Die Spalten repräsentieren die 21 Phasen, die Zeilen entsprechen den numerischen Werten der Parameter und deren kleinen Icons (Abb. 2).

Ich möchte nicht jeden Parameter beschreiben – die könnt ihr selber durchgehen. Drei besonders interessante möchte ich jedoch hier erläutern (Abb. 3):

1. Die Dicke der konvektiven Grenzschicht (boundary layer depth), also der unteren Schicht der Troposphäre, die in Berührung mit dem Boden kommt, wo sich unsere Thermik entwickelt. Das Thema wurde in früheren Artikeln bereits ausführlich behandelt. Je dicker die Grenzschicht, desto besser die Thermik – sofern der horizontale Wind schwach ist, und die Sonne scheint.

2. Die Höhe der Obergrenze dieser Grenzschicht (boundary layer top). Sie entspricht der Summe der Durchschnittshöhe des Bodens und der Dicke der konvektiven Grenzschicht.

3. Die potentielle Höhe der Wolkenbasis, also das Kondensations-

soit celle du Royaume-Uni). Ensuite, grâce à des superordinateurs, GFS calcule et simule l'évolution des paramètres météorologiques, en tenant compte des lois de la physique des fluides. Enfin, il affiche les résultats toutes les trois heures sur une durée de sept jours et pour chaque point (maille) de la grille.

La version GFS que j'ai sélectionnée a une résolution horizontale de $0,5^\circ$, soit des mailles séparées d'environ 40 à 60 km, et une résolution verticale de 64 niveaux. Je ne présente pas ici tous les niveaux ni toutes les mailles. Puisqu'on ne vole que pendant la journée, seules les trois périodes diurnes 09Z, 12Z et 15Z (11h, 14h et 17h, heure d'été) sur une durée de sept jours sont affichées dans ma présentation, soit 21 périodes en tout. Actuellement, seul le domaine alpin est pris en compte. Pour chaque maille, les prévisions sont présentées dans un tableau dont les colonnes correspondent aux 21 périodes et les lignes aux valeurs numériques des paramètres et à leurs petites icônes (fig. 2).

Je ne vais pas décrire chaque paramètre, je vous laisse les découvrir. Mais je vais en expliquer trois qui me semblent importants et intéressants (fig. 3):

1. L'épaisseur de la couche convective (boundary layer depth, en anglais), c'est-à-dire la basse couche troposphérique qui est au contact du sol et dans laquelle se développent nos thermiques. Ce sujet a été abondamment traité dans des articles précédents. Plus cette couche est épaisse, meilleurs sont les thermiques – pour autant que le vent horizontal soit faible et qu'il y ait du soleil, bien sûr.

2. L'altitude du sommet de la couche convective (boundary layer top, en anglais). C'est la somme de l'altitude moyenne du sol et de l'épaisseur de la couche convective.

3. L'altitude potentielle de la base des cumulus, autrement dit le niveau de condensation des nuages de la couche convective (cumulus

Abb. 2 Fig 2.

SoaringMeteo presents: GFS 0.5° forecast about 10-25 Km around N46.5-E7. Landmark name: Gruyère-Riviera
 Mean macroscale ground level elevation: 1016 m.

Back home SoaringMeteo Hml file generated on 2012-Mar-30 at 05:20:23Z / Aide_usage_et_interpretation / Help_usage_and_interpretation

Forecast date	Friday 30 March 2012	Saturday 31 March 2012	Sunday 01 April 2012	Monday 02 April 2012	Tuesday 03 April 2012	Wednesday 04 April 2012
Initialization date and time: 20120330 00Z	+09h	+12h	+15h	+18h	+21h	+24h
Forecast time:	09Z	12Z	15Z	09Z	12Z	15Z
Mean Sea Level Pressure (hPa)	1019.1	1017.3	1016.0	1014.2	1011.7	1010.3
Air temperature 2m AGL (°C)	9.0	11.5	11.2	9.2	12.3	11.8
Temperature dew point 2m AGL (°C)	3.0	3.5	3.9	1.0	3.1	3.8
Wind dir & speed at 600 hPa (° Km/h)	8/69	25/67	28/68	330/29	318/31	315/36
Wind direction icon at 600 hPa						
Wind dir & speed at 650 hPa (° Km/h)	12/69	25/68	33/67	338/25	321/24	318/28
Wind direction icon at 650 hPa						
Wind dir & speed at 700 hPa (° Km/h)	19/62	27/59	39/59	349/21	333/17	323/19
Wind direction icon at 700 hPa						
Wind dir & speed at 750 hPa (° Km/h)	38/44	42/41	49/41	360/16	342/11	325/12
Wind direction icon at 750 hPa						

Abb. 2: Beispiel einer Prognosentabelle für die Masche der Region der Waadtländer Riviera und La Gruyère (N 46.5° - E 7°). Spalte links: Liste der meteorologischen Parameter wie Wind auf verschiedenen Höhen, Wolkenbildung, Höhe der Basis usw. Oben über zwei Zeilen: verschiedene Links und Informationen zur Region sowie Daten und Zeiten der Prognosen. In der Mitte: Wert der meteorologischen Parameter für jeden Zeitraum, manchmal verbunden mit kleinen Icons.

Figure 2: Exemple de tableau de prévisions pour la maille située dans la région de la Riviera vaudoise et de la Gruyère, N 46.5° - E 7°. À gauche, en colonne, la liste des paramètres météorologiques comme les vents à différentes altitudes, la nébulosité, l'altitude des plafonds, etc. En haut, sur deux lignes, différents liens et informations concernant la région ainsi que les dates et les heures de prévisions. Au centre, les valeurs des paramètres météorologiques pour chaque période, associées parfois à de petites icônes.

niveau der Wolken in der konvektiven Grenzschicht (cumulus base height). Dies sieht man in der Abbildung 3 (links). Befindet sich die potentielle Höhe (gestrichelte rote Linie) über der Obergrenze der konvektiven Schicht (gepunktete rote Linie), findet keine Kondensation statt, und es bilden sich keine Wolken, weil die Thermik oberhalb der konvektiven Grenzschicht nicht mehr aktiv ist. Es bilden sich jedoch schöne Kumuli, wenn sich beide Linien auf etwa gleicher Höhe befinden (Mitte der Abb. 3). Befindet sich das Kondensationsniveau wesentlich tiefer als die Obergrenze der konvektiven Grenzschicht, besteht das Risiko einer ausgebreiteten horizontalen Wolkenbildung (Abb. 3, rechts).

Die Prognosen für die nächsten zwei Tage sind oft zuverlässig. Ab drei oder vier Tagen wird das Modell weniger genau; und man wird oft enttäuscht, wenn man sich auf die letzten Prognosetage verlässt. Erfahrungsgemäss ist mir aber Folgendes aufgefallen: Nehmen wir an, wir möchten am Montag die Flugbedingungen für das kommende Wochenende wissen. Die Prognosen sehen Sonne und wenig Wind vor. Wenn diese Bedingungen am nächsten und übernächsten Tag, also am Dienstag und Mittwoch, ohne grosse Abweichung bestätigt werden, dann steigt die Zuverlässigkeit der Prognosen für das Wochenende stark! Umgekehrt sind sie wenig zuverlässig, wenn die Angaben Tag für Tag stark abweichen.

Wichtig ist, die Ergebnisse des GFS zu interpretieren, um zuverlässige Prognosen zu erstellen. Beginnen wir mit dem Relief. GFS «sieht» die Topographie sehr einfach und flach, verglichen mit der Realität. Nicht einmal das breite Walliser Haupttal wird wahrgenommen. Die Alpen werden als ein einziger langer, glatter Berg dargestellt (Abb. 4). Diese «Kurzichtigkeit» des GFS in Sachen Relief gilt auch für die Wetterprognosen, die ein Pilot vor Ort anders wahrnimmt (Abb. 5). Beim Punkt A sieht GFS den hohen Berg nicht; somit wird die Temperatur am Gipfel tiefer sein als vorhergesagt. Dieser Pilot wird auch eher wahrnehmen, wie ein thermischer Südwind den Hang herauf bläst und keinen prognostizierten schwachen Nordwind spüren. Beim Punkt B sieht GFS das tiefe Tal nicht. Dort wird die Temperatur also höher sein als vorhergesehen, und statt des schwachen Nordwinds wird ein starker Talwind quer zum Hauptwind blasen. Kurz: GFS beschreibt und sieht eine sehr allgemeine Struktur einer Luftmasse voraus, ohne die Einzelheiten der Mikrometeorologie einzuberechnen.

Abb. 5 Fig 5.

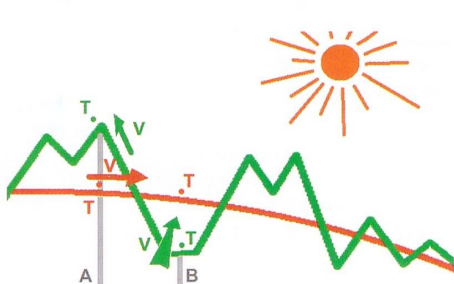
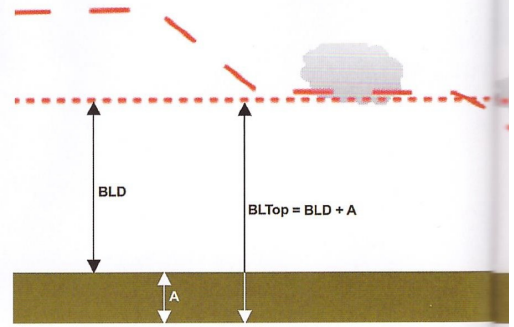


Abb. 5: Rot, die Temperatur (T) und der Wind (V) laut GFS-Prognosen. Grün, T und V, wie sie an gleichen zwei Orten A und B beobachtet wurden. Figure 5: En rouge, température T et vent V prévus par GFS. En vert, T et V réels observés aux deux mêmes endroits A et B.

Abb. 6: Rot, die Prognosen des GFS-Modells und Grün die «Realität». Fortlaufende Linien = Relief. Gepunktete Linien = Obergrenze der konvektiven Grenzschicht. Gestrichelte Linien = Kondensationsniveau = Wolkenbasis. Figure 6: En rouge, la prévision du modèle GFS et en vert la «réalité». Lignes continues = relief. Lignes pointillées = sommet de la couche convective. Lignes discontinues = niveau de condensation = base des cumulus.

Abb. 3 Fig 3.

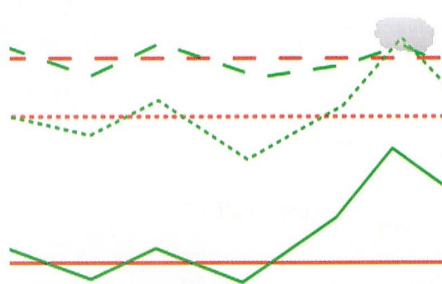


base height, en anglais). Comme le montre la figure 3 (à gauche), si cette altitude potentielle (ligne discontinue rouge) se trouve au-dessus du sommet de la couche convective (ligne pointillée rouge), il n'y a pas de condensation possible, donc pas de cumulus puisque le thermique ne dépasse pas le sommet de la couche convective. Par contre, il y a de jolis cumulus si les deux lignes sont environ à la même altitude (au milieu de la figure 3). Si le niveau de condensation est nettement plus bas que le sommet de la couche convective, il y a un risque de surdéveloppement nuageux horizontal (à droite de la figure 3).

Les prévisions pour les deux premiers jours sont souvent fiables. À partir des 3^e et 4^e jours, la précision du modèle diminue. Vous risquez d'être souvent déçus par les prévisions des derniers jours. Empiriquement, j'ai cependant remarqué une petite astuce: un lundi, par exemple, vous voulez évaluer les conditions de vol pour le week-end suivant. Les prévisions indiquent alors un weekend ensoleillé et peu venteux. Si les conditions sont confirmées sans changement notable le lendemain mardi et le surlendemain mercredi, alors la probabilité que les prévisions soient fiables pour ce weekend augmente nettement! Inversement, si les prévisions varient beaucoup d'un jour à l'autre, elles sont alors très aléatoires pour le weekend en question.

Il est important d'interpréter les résultats GFS pour établir des prévisions valables. Commençons par le relief pour comprendre. GFS «voit» la topographie de façon extrêmement lissée et simplifiée par rapport à la réalité. Même la large vallée du Valais est ignorée. Les Alpes sont considérées comme une immense montagne lisse sans vallée (fig. 4). La «myopie» de GFS pour le relief est aussi valable pour les conditions météo prévues par rapport aux conditions observées à l'échelle du pilote (fig. 5). Au niveau du point A, GFS ne voit pas la montagne élevée, la température réelle au sommet est donc plus basse que la température prévue. De même, un pilote observera un vent thermique du sud remontant la pente ensoleillée de cette montagne plutôt que le faible vent général du nord prévu. Au niveau du point B, GFS ne voit pas la profonde vallée, la température réelle sera donc plus élevée que la température prévue et au lieu d'un faible vent du nord, il y aura un fort vent de vallée perpendiculaire au vent général. En résumé, GFS prévoit et décrit la structure très générale d'une masse d'air sans prévoir les détails de sa micro-météorologie.

Abb. 6 Fig 6.



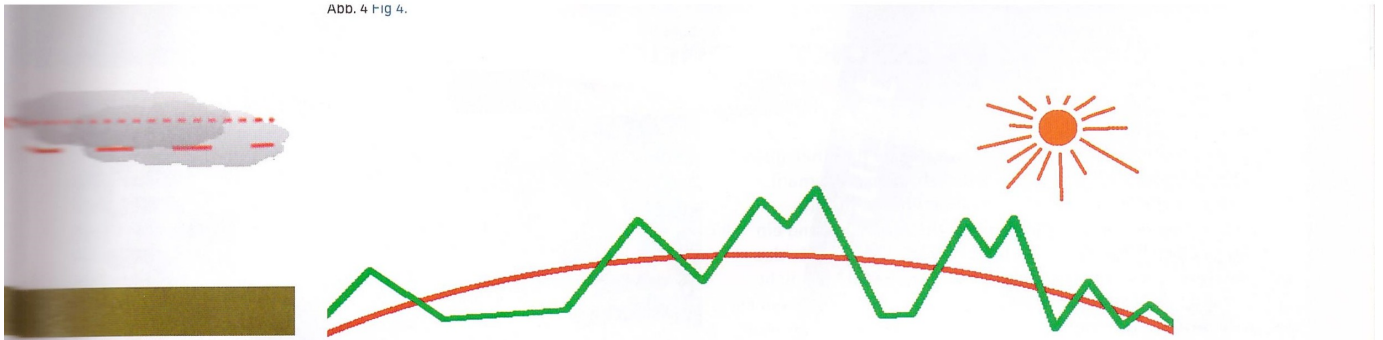


Abb. 3: BLD = Dicke der konvektiven Grenzschicht. BLTop = Höhe der Obergrenze der konvektiven Grenzschicht. A = Durchschnittshöhe des Bodens, wie er vom Modell gesehen wird.
 Figure 3: BLD = épaisseur de la couche convective. BLTop = altitude du sommet de la couche convective. A = altitude moyenne du sol vue par le modèle.
 Abb. 4: Rot, das sehr vereinfachte und glatte Relief, wie es GFS «sieht». Grün, eine schematische Darstellung des Reliefs in der Realität.
 Figure 4: En rouge, relief très simplifié et lissé «vu» par GFS. En vert, réalité, ici aussi très schématique.

Weitere interessante Faktoren: die Höhe der Wolkenbasis und die Dicke der konvektiven Grenzschicht. Im folgenden Beispiel (Abb. 6) können wir an verschiedenen Orten vergleichen, wie beide Faktoren einerseits beobachtet und andererseits vom GFS vorhergesagt wurden. GFS sieht das Kondensationsniveau deutlich über der Obergrenze der konvektiven Schicht vor. Doch oberhalb eines Gipfels, den GFS nicht «sieht», treffen sich diese Obergrenze und das Kondensationsniveau. Dort können sich also Kumuli bilden – was GFS nicht vorhergesehen hat! Um allmählich eine sichere Auswertungsmethode der GFS-Daten für sein Lieblingsgebiet zu entwickeln, sollte sich jeder regelmäßig vor jedem Flug mit den GFS-Prognosen auseinandersetzen. Und nach jedem Flug muss er auch die persönlichen Beobachtungen mit diesen GFS-Prognosen vergleichen.

Autres facteurs intéressants: l'altitude de la base des cumulus et l'épaisseur de la couche convective. Dans l'exemple suivant (fig. 6), comparons ces deux paramètres observés par rapport aux mêmes paramètres prévus par GFS à divers endroits. GFS prévoit un niveau de condensation nettement au-dessus du sommet de la couche convective. En réalité, au-dessus d'une montagne que GFS ne «voit» pas, le sommet de la couche convective rejoint le niveau de condensation. Des cumulus peuvent donc se former sur ce relief alors que GFS n'en a pas prévu à cet endroit! Pour se forger progressivement une bonne méthode d'interprétation de GFS pour son site de vol favori, il est nécessaire de consulter régulièrement les prévisions GFS avant les vols. Après chaque vol, il faut encore analyser et comparer les observations personnelles et les prévisions GFS.