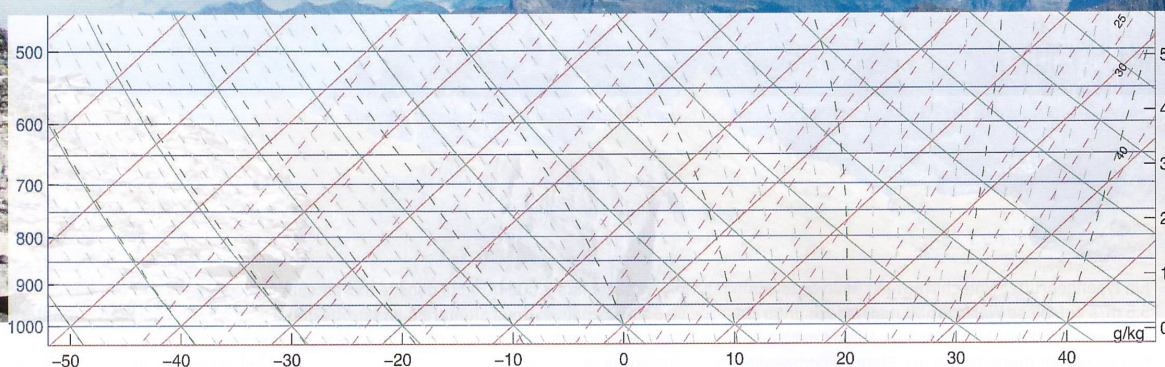


meteo

Emagramm

Zeit für einen Paradigmenwechsel



Ich habe kürzlich im Internet einen kostenpflichtigen Artikel über das Emagramm gelesen und einmal mehr (es ist tatsächlich nicht das erste Mal) grobe Fehler im Umgang mit diesem Tool festgestellt. Dies liegt wohl daran, dass die Autoren die Wichtigkeit der konvektiven Grenzschicht (kG) nicht verstehen – sofern sie diese überhaupt kennen. Nur dort entwickelt sich jedoch Thermik.

En lisant un document électronique commercial récent sur l'émagramme, j'ai une fois de plus remarqué (car ce n'est hélas pas la première fois) des erreurs grossières dans l'utilisation pratique de cet outil. Cela vient du fait que les auteurs n'ont manifestement pas compris l'importance, pour autant qu'ils en connaissent même l'existence, de la couche convective atmosphérique (CC). C'est pourtant là, et seulement là, que se développent nos thermiques.



Jean Oberson www.soaringmeteo.ch

Ziel dieses Artikels: Vor gewissen Dokumenten über das Emagramm warnen und eine tiefgründige Reform der Meteoausbildung für Piloten und der Prognose von Flugbedingungen initiieren. Ignoriert man diese kG, sind die Vorstellung und die Interpretation der Aerologie tatsächlich unzuverlässig, zusammenhangslos und weit entfernt von der Realität. Ich habe es gewagt, auf einem französischsprachigen Gleitschirmforum zu rebellieren und habe damit eine hochemotionale Debatte ausgelöst. Die kG ist jedoch kein umstrittener und abstrakter Begriff für eifrige und pedantische Theoretiker mehr. Sie ist auch keine eigene Erfindung. Es ist ein Modell, ein Paradigma, das theoretisch und praktisch mehrmals verifiziert wurde, wie es für das newtonsche Gesetz der Fall ist. Klar, die kG-Spezialisten sind kompetente Physiker, doch auch die Durchschnittspiloten können einfach und pragmatisch mit diesem Begriff umgehen, indem sie nur das Wesentliche festhalten. Dank der kG kann die Aerologie realistisch und sinnvoll angegangen und der Himmel treffender beobachtet und interpretiert werden. Eine absolute Richtigkeit werden wir wohl nie erreichen. Es ist jedoch wichtig, sich daran heranzutasten um zu verstehen, was in der Luft genau abläuft, damit brauchbare Prognosen erstellt werden können. Man sollte dementsprechend das Emagramm (genauer das skew-T Diagramm) nicht mehr benutzen, wenn man nicht richtig begriffen hat, was die kG ist. Die Abbildungen 1 bis 3 fassen die Fehler des oben erwähnten Dokumentes zusammen.

But de cet article: vous mettre en garde contre certains documents sur l'émagramme et initier une réforme en profondeur dans la formation météo des pilotes et la façon de prévoir les conditions de vol. Sans cette CC, en effet, la conception et l'interprétation de l'aéologie deviennent fantaisistes, incohérentes et trop éloignées de la vérité. J'ai évidemment suscité un débat émotionnel sur un forum de parapente francophone où j'avais osé me rebiffer. Car la CC n'est plus une notion controversée et abstraite pour théoriciens puristes et pédants. Ce n'est pas non plus une invention personnelle. C'est un modèle, un paradigme désormais maintes fois vérifié, en théorie et en pratique, comme le sont les lois de Newton. Certes, les spécialistes de la CC sont des physiciens de haut niveau, mais le pilote lambda peut aborder cette notion fondamentale simplement et de façon très pragmatique en ne retenant que l'essentiel. Avec la CC, l'aéologie est appréhendée de façon réaliste et cohérente, l'observation et l'interprétation du ciel sont plus pertinentes. La vérité absolue ne sera probablement jamais atteinte, mais il est nécessaire de s'en approcher pour comprendre ce qui se passe réellement en l'air et faire des prévisions valables. Autrement dit, on ne devrait plus utiliser l'émagramme (plus exactement le diagramme skew-T) sans avoir bien compris ce qu'est la CC. Les figures 1 à 3 sont un condensé des erreurs du document cité.

Comment suis-je arrivé à ce jugement tranché qui peut paraître provocateur et présomptueux? C'est une longue histoire. Durant l'été

Émagramme:

il est temps de changer de paradigme

Paradigmenwechsel



Alain Zenger

Wie bin ich zu diesem strengen, möglicherweise provokanten und überheblichen Urteil gekommen? Es ist eine lange Geschichte. Während meiner Pilotenausbildung im Sommer 1982 lehrte uns unser Fluglehrer, dass die Thermik an einem besonnten Hang entsteht. Das war mehr oder weniger alles. Bereits nach ein paar Flügen habe ich aber festgestellt, dass ich mich mit diesem Thema wohl intensiver auseinandersetzen muss – zur eigenen Sicherheit und zum eigenen Vergnügen. Damals konnte man die wenigen, allgemein erhältlichen Dokumente zu diesem Thema wie «Météorologie et climatologie de Suisse romande» von Max Bouët oder «Météo pour aviateurs» von Willy Eichenberger in Buchhandlungen oder Bibliotheken finden. Der PC steckte noch in den Kinderschuhen, Internet gab es nicht. Die numerischen Meteo-Modelle, damals weniger präzise, waren für ein paar wenige Meteorologen bestimmt...

Eine erste Aufklärung gab es jedoch 1985 im «Delta Info», wie der «Swiss Glider» damals hiess. In den ersten zwei Teilen eines Artikels beschrieb Heinrich Rotach das Emagramm sehr praktisch und didaktisch. Ich war glücklich – endlich hatte ich es verstanden! Morgens um sechs Uhr hörte ich dann einer Stimme zu, die, noch etwas schläfrig und auf Deutsch, eine Reihe von Zahlen auflistete. Da musste man sehr aufmerksam sein, um alles korrekt aufzuschreiben. Es waren die Ergebnisse der Radiosonde von Payerne um Mitternacht Z. Anhand dieser Zahlen musste ich nun mit einem Bleistift die Kurven nach den neu gelernten Regeln einzeichnen. Ich war aber bald enttäuscht; meine Prognosen waren nicht so befriedigend. Grund dafür war vor allem, dass sie auf dem Zustand der Atmosphäre einige Stunden vor meinem Flug beruhten, und dass das Fluggebiet weit entfernt und topographisch ganz anders war. Ein weiteres Problem war, dass die Prognose nur am Morgen und nicht schon am Vorabend möglich war. Das ist so in etwa der Stand des Artikels, den ich oben erwähnt habe! Daher meine Rebellion.

Damals konnte ich mir dann die erste Ausgabe des technischen Dokuments der OMM (Organisation météorologique mondiale) von 1978 besorgen (eine weitere folgte ein paar Jahre später, die dritte wurde

1982, lors de mon initiation au vol libre, l'instructeur nous enseignait que le thermique venait d'une pente ensoleillée. C'était presque tout. Après quelques vols, je me suis vite rendu compte que j'étais condamné à creuser le sujet, pour ma sécurité et mon plaisir. À l'époque, seuls les documents généralistes, peu nombreux, tels que «Météorologie et climatologie de Suisse romande», de Max Bouët ou «Météo pour aviateurs», de Willy Eichenberger, étaient facilement accessibles dans les librairies et bibliothèques. L'ordinateur en était à son balbutiement. Internet n'existait pas. Les modèles météo numériques, moins précis qu'aujourd'hui, étaient réservés à quelques rares météorologues...

Une première révélation s'est quand même produite en 1985, dans le «Delta Info», ancêtre du «Swiss Glider», grâce à un article de Heinrich Rotach dont les deux premières parties décrivaient l'utilisation de l'émagramme de façon très pratique et didactique. J'étais heureux, j'avais enfin tout compris! Je me réveillais à 6h du matin pour écouter au téléphone la voix enregistrée d'une personne, comme moi mal réveillée, récitant une série de nombres en allemand. Il fallait être très attentif pour tout noter correctement. C'était le résultat du radiosondage de Payerne à minuit Z. À partir de ces nombres, je devais ensuite tracer au crayon les courbes selon les règles nouvellement apprises. J'ai dû vite déchanter. Mes prévisions n'étaient finalement pas satisfaisantes. La raison principale était que je me basais sur un état de l'atmosphère quelques heures avant mon vol et à plusieurs dizaines de kilomètres de mon site, à la topographie totalement différente. L'autre défaut de cette méthode est que la prévision n'est possible que le matin même et non pas la veille au soir. Pourtant, le document que je critique est presque resté à ce niveau! D'où mon coup de gueule.

J'ai ensuite pu obtenir la première édition du document technique de l'OMM (Organisation météorologique mondiale), de 1978 (une seconde a suivi plus tard, la troisième récemment), ainsi que l'excellent ouvrage de C.E. Wallington, édition 1977, sur la prévision météo pour pilotes de planeurs, qui ont confirmé ce que j'avais appris dans le «Delta Info». J'ai compris l'existence et la structure de la CC dans un article de Lindemann, paru en 1981. Physicien et pilote de planeur, il a effectué des

kürzlich publiziert), und auch das sehr gute Buch von C.E. Wallington von 1977 über die Wetterprognosen für Segelfluggpiloten. Beide bestätigen, was ich im «Delta Info» erfahren hatte. Dass es eine kG gibt und wie sie strukturiert ist, das habe ich in einem Artikel von Lindemann aus dem Jahr 1981 erfahren. Als Physiker und Segelfluggpilot hatte er genaue atmosphärische Messungen in einem Motorsegelflugzeug durchgeführt. Besonders erstaunlich war der kleine Unterschied zwischen der Temperatur der Thermikluft und der umgebenden Luft. Weitere Untersuchungen haben diese Beobachtung jedoch bestätigt. Ich habe mich auch mit dem alpinen Konvektionsmodell auseinandergesetzt, das Jochen von Kalckreuth in seinem Buch «Segeln über den Alpen» beschreibt und mich eigentlich etwas enttäuscht hat. Dann bin ich auf ein eher technisches und doch gut verständliches Dokument von Gaudenz Truog (MeteoSchweiz, 1979) gestossen, das mich wieder einen Schritt weiter gebracht hat. Es ist ähnlich wie das der OMM, allerdings unserem Land angepasst. Truog führt unter anderem eine einfache, grobe empirische Methode aus, mit der man die Temperatur- und Feuchtigkeitsprofile in den Alpen, in den Voralpen, im Jura und im Mittelland – die sehr verschieden sind – voraussagen kann. Weitere Experimente wurden durchgeführt, die mein Vertrauen in Truogs Methode gestärkt haben, darunter diejenigen von Neiningen im Goms, von Nickus und Vergeiner im Inntal, und das Diskus-Experiment von Hennemuth im Dischmatal. Doch ein Problem bestand noch immer: Die Ergebnisse der Radiosonde zum Zeitpunkt des Fluges waren bereits zwölf Stunden alt. In den neunziger Jahren habe ich meine Erkenntnisse in zwei Artikeln für den «Swiss Glider» zusammengefasst, «SGatmo.pdf» und «SGdist.pdf». Diese und auch die anderen hier erwähnten PDF-Dokumente stehen auf meiner Webseite www.soaringmeteo.ch zur Verfügung.

Anfang 2000 habe ich ein sehr gutes, allgemeinverständliches Buch von David Whitemann gelesen, «Mountain meteorology», in dem die kG eindeutig, einfach und praktisch erwähnt wird. Etwa zur selben Zeit ermöglichte mir das Internet den Zugang zu einer fabelhaften Erfindung, den Gratis-US-Modellen vom Typ GFS. Endlich konnte man mehrere Stunden im Voraus und überall auf der Welt das Profil der Atmosphäre so sehen, wie es in den Vorhersagen stand. Wie man das Modell anwendet, habe ich im Artikel «ModelesNumeriques.pdf» zusammengefasst. Doch das auf Mesoskala basierende GFS-Modell

mesures atmosphériques précises en motoplaneur. Dans ce document, j'ai d'abord été surpris de constater la faible différence de température entre l'air du thermique et son environnement. D'autres travaux ont cependant confirmé la pertinence de cette observation. Après avoir finalement été un peu déçu du modèle convectif alpin décrit dans le livre «Segeln über den Alpen», de Jochen von Kalckreuth, un document assez technique mais très compréhensible de Gaudenz Truog (Meteo Suisse, 1979) m'a fait progresser encore d'un pas. Ce document ressemble à celui de l'OMM, mais est adapté à notre pays. Truog y expose notamment une méthode empirique, simple et approximative pour prévoir les profils de températures et d'humidité dans les Alpes, les Préalpes, le Jura et le Plateau, qui diffèrent sensiblement les uns des autres. Neiningen (expérience dans la vallée de Conches), Nickus et Vergeiner (expérience dans la vallée de l'Inn), Hennemuth (expérience DISKUS, dans le Dischmatal), pour ne citer qu'eux, ont conforté ma confiance dans la méthode de Truog. Le problème de l'obsolescence des données du radiosondage (plus de 12 heures avant le vol) persistait néanmoins. Dans les années 90, j'ai résumé l'état de mes connaissances dans deux articles pour le «Swiss Glider», «SGatmo.pdf» et «SGdist.pdf», disponibles, comme les pdf suivants, sur mon site soaringmeteo.ch.

Au début des années 2000, j'ai lu un excellent ouvrage de vulgarisation avancée de David Whitemann (Mountain meteorology). La CC y est abordée de façon explicite, simple et pratique. Presque au même moment, le Web m'a offert une trouvaille fabuleuse: l'accès gratuit aux modèles US de la famille GFS. On pouvait enfin avoir une idée du profil atmosphérique prévu, plusieurs heures à l'avance, n'importe où dans le monde. J'ai résumé son utilisation dans l'article «ModelesNumeriques.pdf». Mais le modèle GFS, à macro-échelle, n'était pas assez fin pour la topographie complexe des Alpes et la CC n'était pas bien représentée. En m'inspirant des travaux de Truog, j'ai écrit deux autres documents pour expliquer comment interpréter les modèles GFS localement, «emmagr.pdf» et «condivolVS.pdf».

Tous les documents pdf précédents sont cependant désuets. Je ne vous conseille pas trop de les étudier, sauf si vous aimez l'histoire. Avec Internet, j'ai progressivement découvert le monde scientifique discret mais bien présent qui gravite autour de la CC. Il y a plusieurs ouvrages et revues périodiques très sérieux et très pointus que je ne citerai pas

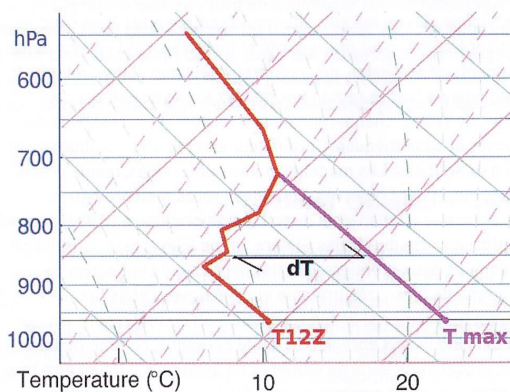


Abb. 1: Beispiel eines skew-T-Diagramms ohne Datum- und Zeitangabe (wie bei fast allen hier erwähnten Dokumenten) der Radiosonde von Payerne, wahrscheinlich von 12h00 Z. Der Lufttemperaturunterschied zwischen 12h00 Z und Tmax am Boden (mehr als 10°C!) und einer Thermik und der umgebenden Luft (dT) ist völlig absurd und unrealistisch!
Figure 1: Exemple d'un diagramme skew-T non horodaté, comme quasi toutes les figures du document incriminé, du radiosondage de Payerne, vraisemblablement de 12Z. Une différence (plus de 10°C!) de température de l'air entre 12Z et Tmax au sol et entre un thermique et son air environnant (dT) est complètement absurde et irréaliste!

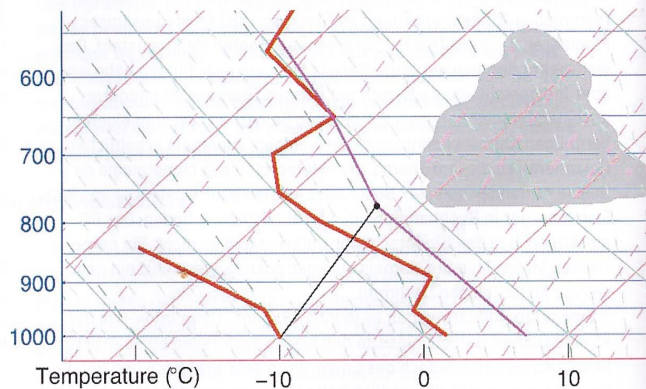


Abb. 2: Hier sind die Temperatur- und Feuchtigkeitskurven offensichtlich erfunden und unsinnig. Es gibt keine Bodeninversion, es handelt sich also um einen Zustand tagsüber. Doch die kG ist nicht dargestellt, und zwischen 900 hPa (ca. 1'000 m) und 750 hPa (ca. 2'500 m) herrscht ein Temperaturgradient von mehr als 1°C/100 m (überadiabatischer Gradient), ein thermodynamisches Ungeheuer! Einen solchen Zustand findet man nur einige Meter über dem Boden an einem sonnigen Tag. Die geometrische Methode um das Kondensationsniveau (die Basis des Kumulus) zu bestimmen ist grundsätzlich richtig, doch die Striche beginnen auf Meereshöhe, obwohl der Kumulus, der hier graphisch dargestellt ist (und im Artikel bildlich dargestellt ist), befindet sich über Bergen, wo die Thermik an Hängen auf 1'000 bis 1'500 m entsteht!
Figure 2: Ici, les courbes de température et d'humidité sont manifestement inventées et farfelues. Puisqu'il n'y a pas d'inversion au sol, il s'agit donc d'un état diurne. Mais la couche convective n'y est absolument pas représentée et entre 900 hPa (1'000 m env.) et 750 hPa (2'500 m env.), il y a un gradient de température de plus de 1°C/100 m (suradiabatisme), une monstruosité thermodynamique! Le suradiabatisme ne s'observe qu'au-dessus du sol sur quelques dizaines de mètres durant une journée ensoleillée. Formellement, la méthode géométrique pour déterminer le niveau de condensation (base du gros cumulus) est juste, mais les traits partent du niveau de la mer alors que le cumulus sur la photo annexe (schématisé ici sur le graphique) se trouve au-dessus de montagnes dans lesquelles les thermiques se déclenchent sur des pentes situées vers 1'000 - 1'500 m d'altitude!

war nicht präzise genug, um die topographische Komplexität der Alpen wiederzugeben; somit war die kG nur schlecht dargestellt. Ich habe zwei weitere, auf Truogs Untersuchungen basierende Texte geschrieben, in denen ich erläutere, wie man die GFS-Modelle lokal interpretieren kann, «[emmagr.pdf](#)» und «[condivolVS.pdf](#)».

Alle erwähnten PDFs sind allerdings veraltet, und ich würde euch nicht raten, sie zu studieren – es sei denn, Geschichte interessiert euch. Dank Internet habe ich nach und nach die diskrete und doch wirkliche Welt der Wissenschaft rund um die kG entdeckt. Es gibt mehrere, sehr seriöse Bücher und Zeitschriften, die sich mit dem Thema vertieft befassen, deren Namen ich hier aber nicht erwähnen möchte, um euch nicht abzuschrecken. Ihr könnt auf Google mal nach «atmospheric boundary layer» suchen, um euch ein Bild davon zu machen. Inzwischen habe ich selber recherchiert und in den Regionen um Madrid, in den Alpen und im Himalaya Messungen vorgenommen, was mich davon überzeugt hat, dass das Paradigma kG in die täglichen Flugwettervorhersagen integriert werden muss: «[ThHiverVerbier.pdf](#)», «[CCmadrid.pdf](#)» und «[th_himalaya.pdf](#)». Allerdings bin ich aufgrund der Trägheit meines Messgeräts, das eigentlich sehr genau ist, mit meinen Messungen nur mässig zufrieden, weil es die Temperaturunterschiede zwischen Thermik und umgebender Luft etwas überbewertet hat. Was die kG betrifft, müsst ihr nicht weit suchen, ich habe alles in «[CCL.pdf](#)», «[RASPCCLAlp.pdf](#)» und «[SG_flottabTh.pdf](#)» zusammengefasst.

Anfang 2009 kam die Offenbarung, das meteorologische Nirvana: RASP, ein freies Meteomodell auf sehr hohem technologischem Niveau. Es ist gratis und kann auf jedem guten PC installiert werden, sofern man bereit ist, etwas Zeit und Mühe zu investieren – man muss sich nämlich MS-Windows oder Mac abgewöhnen und sich dafür mit Linux auseinandersetzen. Die gesamte RASP-Vorhersage basiert auf der kG. Der Umgang mit dem Emagramm im Zusammenhang mit der kG ist zum Glück mit RASP oder anderen Mesoskala-Modellen wie Cosmo2 sehr viel einfacher, direkter, schneller und weniger langatmig als früher. Nach über einem Jahr Erfahrung mit RASP suche ich mir nun die fliegbaren Tage und Fluggebiete deutlich besser aus. Dazu empfehle ich euch die Dokumente «[macro-meso-micro.pdf](#)», «[RASP_SG.png](#)» und «[SG_RASPsond.pdf](#)».

pour ne pas vous faire fuir. Pour rire, lancez donc une recherche Google avec «atmospheric boundary layer», vous verrez bien. Entretemps, j'ai fait mes propres petites études et mesures aux alentours de Madrid, dans les Alpes et dans l'Himalaya, qui m'ont vraiment convaincu de la nécessité d'intégrer le paradigme de la CC dans les prévisions journalières de vol: «[ThHiverVerbier.pdf](#)», «[CCmadrid.pdf](#)» et «[th_himalaya.pdf](#)». À noter que je suis moyennement satisfait de mes mesures à cause de l'inertie de mon appareil, pourtant précis, qui a un peu surestimé la différence de température entre le thermique et l'air environnant. Pour la CC, ne cherchez pas trop, je vous ai tout résumé dans «[CCL.pdf](#)», «[RASPCCLAlp.pdf](#)» et «[SG_flottabTh.pdf](#)».

Au début 2009, l'ultime révélation, le Nirvana, fut la découverte de RASP. C'est un modèle météo libre et gratuit d'un très haut niveau technologique que chacun peut installer et maintenir sur un PC de bonne qualité, moyennant certains efforts et de la ténacité, le problème majeur étant de guérir de son addiction à MS-Windows ou à Mac et d'approprier le monde de Linux. Toute la prévision de RASP est centrée sur la notion de CC. Par chance, avec RASP ou un autre modèle à méso-échelle, comme Cosmo2, la lecture de l'émagramme en tenant compte de la CC est plus facile, plus directe, plus rapide et moins fastidieuse qu'auparavant. Après plus d'une année d'expérience avec RASP, je choisis clairement mieux les jours et les lieux de mes vols. À ce sujet, je vous invite à relire «[macro-meso-micro.pdf](#)», «[RASP_SG.png](#)» et «[SG_RASPsond.pdf](#)».

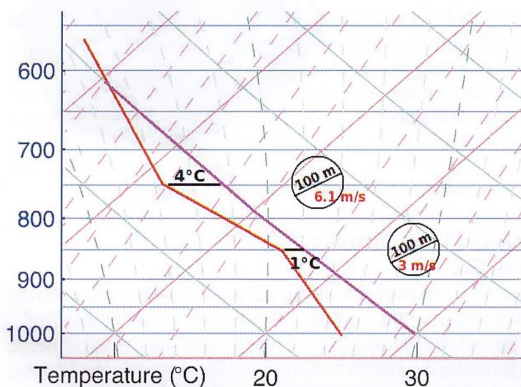


Abb. 3: Hier ist eine Adiabate zwischen Meereshöhe (1'000 m) und 30°C bis auf ca. 600 hPa (über 4'000 m!) dargestellt. Eine solche Adiabate vom Boden bis auf 4'000 m ohne Zwischenkondensation kann ich mir nur in der Sahara mitten im Sommer vorstellen. Und auch dort würde der Temperaturunterschied zwischen der Konvektion und der umgebenden Luft nur einige Zehntel Grad C auf halbem Weg betragen, sonst hätte man Steigwerte von Dutzenden von m/s! Und hier behaupten die Autoren, dass eine thermische Ablösung mit 100 m Durchmesser bei diesem Unterschied von mehr als 1°C mit 3 bis 6 m/s steigen würde. Keine Ahnung, woher sie diese Fantaziezahlen haben. Ausserdem hat eine Thermik keine feste Schale und dehnt sich beim Steigen aus, weil der Druck abnimmt.
Figure 3: Là, une adiabatique est tirée depuis le niveau de la mer (1'000 hPa) et 30°C jusqu'à environ 600 hPa (plus de 4'000 m!). Une telle adiabatique s'étendant de basse altitude jusque vers 4'000 m, sans condensation intermédiaire – je ne vois ça qu'en plein Sahara, l'été. Et encore, la différence de température entre la convection et l'air environnant ne dépasserait pas quelques dixièmes de °C à mi-hauteur, sinon, la vitesse ascendante atteindrait plusieurs dizaines de m/s! Sur ce schéma, les auteurs prétendent qu'avec plus de 1°C de différence, la vitesse d'une bulle ascendante (100 m de diamètre) est égale à environ 3 à 6 m/s! Je ne sais vraiment pas d'où sortent ces chiffres fantaisistes. D'autre part, un thermique n'a pas de coque rigide et son diamètre augmente avec l'altitude par expansion (diminution de la pression).

