

Mehr fliegen...

Ein Wetterseminar für einheimische Thermik- und Streckenflieger

	Seite
1. Einführung	2
2. Was für Wetter brauchen wir zum obenbleiben?	2
2.1. Großwetterlage	2
2.2. Wind oder nicht Wind, das ist hier die Frage...	2
3. Woran erkenne ich, ob es (wahrscheinlich) ‚geht‘? - Der Tag davor...	3
3.1. Bodendruck und Wind, Fronten	3
3.2. Das Temp-Diagramm	4
3.2.1. Emagramm, Stüve, Skew-T, log p, ja was denn nun?	5
3.2.2. Schichtung und Thermikgüte	7
3.3. Ein typischer Tagesgang	9
3.3.1. Inversion und Thermikauslöse	9
3.3.2. Wolkenbildung	10
3.3.3. Der weitere Tagesgang	14
3.3.4. Gefahren: Wann ist zuviel des Guten?	15
3.4. Kleiner Temp-Workshop – Wetter zum mitmachen	18
4. Woher bekomme ich die entsprechenden Daten?	22
4.1. Für den Überblick: Meteomedia und ‚Mickey-Mouse-Wetter‘	22
4.2. Der Nutzen von Windfinder & Co	24
4.3. Rohdaten zum Selbststudium	25
4.4. Brauchbare Prognosen (DHV, Segelfugbericht, Rasp, ...)	25
5. ‚DER‘ Tag: Wettercheck am Tag des Geschehens	27
6. Wohin zum fliegen - oder wohin fliegen?	27
7. Zusammenfassung und weiterführende Informationen	29
8. Glossar	30

1. Einführung

Wir alle kennen das: Tag für Tag sehen wir unseren Schirm in der Garage stehen und sehnen uns danach, endlich mal wieder mehr Zeit in seinem Schatten zu verbringen als nur für einen Abgleiter, und wenn wir dann einmal nicht wie sonst einfach mal präventiv an den Berg gefahren sind, sehen wir am nächsten Tag im Forum und im DHV XC die dollsten Berichte über Wahnsinns-Strecken- und Thermikflüge von unseren Hausbergen.

Dieser kleine Leitfaden soll helfen, ergiebige Flugbedingungen im Vorfeld zu erkennen und richtig einzuschätzen, und so die Chance auf gute Flüge zu vergrößern – immerhin haben die allermeisten von uns nicht unendlich Zeit zur Verfügung und können somit nicht jeden Tag am Berg warten, ob sich was tut.

Schwerpunkt der Ausarbeitungen ist das Verstehen und Interpretieren von Schichtungsdiagrammen der Atmosphäre, es werden aber auch ein paar Tipps zum generellen Vorgehen in der Flugvorbereitung und –Durchführung gegeben.

2. Was für Wetter brauchen wir zum obenbleiben?

Kaum ein anderer Sport ist so wetterabhängig wie unserer: Wenn man nicht gerade in den Alpen wohnt und in einem windgeschützten Tal im Zweifel immer noch ergiebige Abgleiter machen kann, sind die Fenster für gute Flugbedingungen bei uns meist relativ eng. In den folgenden Kapiteln soll beleuchtet werden, welche Faktoren einen guten Flugtag bei uns ausmachen und wie wir diese rechtzeitig erkennen.

2.1 Großwetterlage

Kurz umrissen sollten für einen gelungenen Flugtag ein paar Bedingungen gegeben sein, ohne die es einfach nur halb so schön ist. So sollte es recht sonnig sein, wobei ein paar Thermikwölkchen natürlich nicht stören. Hilfreich ist, wenn es auch schon am Vortag trocken war, am Flugtag an sich sollte natürlich auch kein Regen fallen – obwohl wir einen Schirm ja immer dabei hätten... Für eine kräftige Thermikentwicklung ist es weiterhin schön, wenn die Temperatur in den Nächten weit fällt und am Tag ordentlich klettert.

Solche Bedingungen haben wir häufig bei klassischen Hochdruckwetterlage (Schönwetterperioden) oder aber oft (vor allem im Juli / August / September, wenn die Atmosphäre schon durchgeheizt ist) am ersten oder zweiten Tag nach Durchgang einer Kaltfront. Warum wir uns solche Bedingungen wünschen, erfahren wir später...

2.2 Wind oder nicht Wind, das ist hier die Frage...

Zitat und Motto eines euch bekannten Gleitschirmfliegers ;-):

„Der Einfluss des Windes auf das Gleitschirmfliegen wird gemeinhin überschätzt...“

Was so plakativ falsch klingt, birgt doch ein großes Fünkchen Wahrheit in sich, denn abgesehen von definitiv unfliegbaren Windbedingungen in Bezug auf Böigkeit oder Stärke hindern uns die Verhältnisse nicht am Flug an sich, beeinflussen aber massiv dessen Charakter. Was die idealen Windbedingungen für einen schönen Flug sind, schwankt in einem weiten Bereich und hängt von mehreren Faktoren ab:

- Bei welcher Stärke / Richtung kann ich noch starten (Startplatz, Können, Material,...) und erreiche auch mit messbarer Wahrscheinlichkeit einen sicheren Landeplatz?
- Was möchte ich fliegen? Soaring / Thermik / Strecke?
- Wenn ich auf Strecke gehe, möchte ich eine geschlossene Aufgabe fliegen oder eine möglichst weite freie Strecke?

Generell gilt: Je weniger Wind, umso besser für die Thermikentwicklung und natürlich umso schlechter für's Soaring. Der Haken bei uns Fast-Flachländern: ohne dynamischen Aufwind können wir uns meist nicht lange genug in der Luft halten um die nächste thermische Ablösung einzusammeln.

Auch hier gilt: Ausnahmen bestätigen die Regel, und dass dabei der überregionale Wind kein ‚Muß‘ ist, haben einige Flüge aus 2011 speziell am Ölberg gezeigt, wo bei leichten Ostlagen hervorragende thermische Bedingungen herrschten...

Für freie Strecken wiederum ist etwas Wind hilfreich, denn so kommen die großen Kilometer fast von alleine zustande, wenn man sich nur lange genug in der Luft hält. In Quixada, Brasilien werden so die

Rekord-Flüge geloggt, wo bei gerade noch irgendwie (mit Starthelfern) startbaren Windstärken und entsprechend starker Thermik regelmäßig hunderte von Kilometern geflogen werden.
Nicht zuletzt geben hier persönliche Neigungen den Ausschlag, nicht jeder genießt laufintensive Nullwindstarts oder Starkwind-Kämpfe am Startplatz.

3. Woran erkenne ich, ob es (wahrscheinlich) ,geht'? - Der Tag davor...

Ist die generelle Fliegbarkeit so erstmal abgeklärt, geht es an die Detailrecherche. Frei nach dem Motto des DHV Wetters *„heute schon abchecken, was morgen in der Luft los ist“* sollte man sich am Vortag hier ein paar Daten zu Gemüte führen:

3.1 Bodendruck und Wind, Fronten

Hier möchte ich bewusst nicht allzu tief einsteigen: Jeder Gleitschirmflieger sollte sich in etwa vorstellen können, was eine Hochdrucklage ist und wie die Idealzyklone eines Tiefdruckgebietes aussieht. Entscheidend hierbei ist natürlich, was deren Bestandteile Warmfront, Kaltfront, und Okklusion für das lokale Wettergeschehen für eine Bedeutung haben. In Kürze ein paar Zeilen zum merken:

Hochdruckgebiet: Erstmal nicht sooo schlecht ;-) später in der Saison aber oft durch Stabilität geprägt

Warmfront: Schichtbewölkung und Landregen

Kaltfront: Starke Windzunahme und Schauer-Niederschläge

Okklusion: Auswirkungen ähnlich einer Kaltfront

Einen schnellen Überblick über die aktuelle Lage erhalten wir über die allseits bekannten Übersichtskarten wie in der folgenden Abbildung beispielhaft aufgeführt:

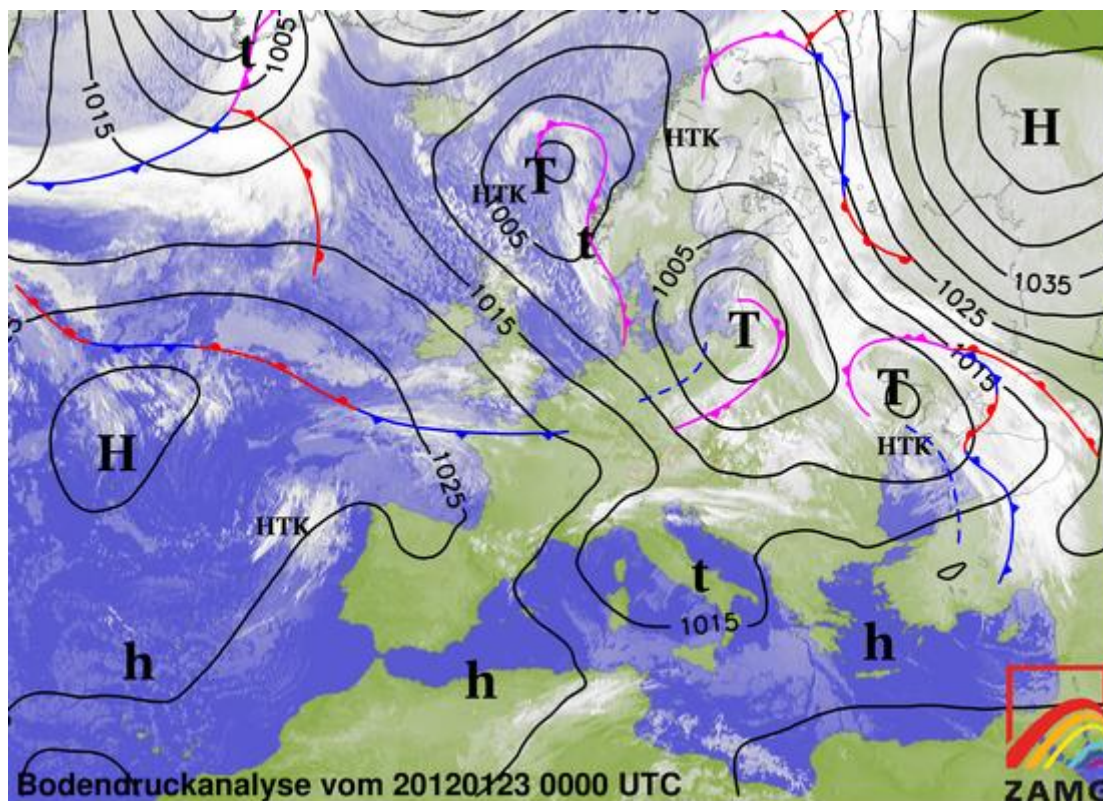


Abbildung 3.1.a: Großwetterlage / Fronten (Quelle: ZAMG)¹

¹ Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Österreich: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Die Beobachtung der Großwetterlage hat vor allem den Sinn, bevorstehende Änderungen einzuplanen (Stichwort: Kaltlufteinbruch, Frontengewitter, etc.), für die Einschätzung der thermischen Ergiebigkeit kommender Flugtage ist sie nur bedingt hilfreich, da hier detaillierte Kenntnisse über die Zusammensetzung der bei uns vorherrschenden Luftmassen nötig sind. Hier steht uns dank hochauflösender Wettermodelle und regelmäßiger Messungen ein deutlich feineres Werkzeug zur Verfügung:

3.2 Das Temp-Diagramm

Zunächst einige Grundbegriffe:

Was ist ein Temp-Diagramm?

Welche Werte sind daraus abzulesen?

Was ist der Spread?

In einer idealen Atmosphäre ohne Wettergeschehen sinkt die Temperatur konstant mit zunehmender Höhe um $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Die reale Atmosphäre innerhalb der Tropopause, in der das wir uns bewegen, erhält durch das Wettergeschehen einen deutlich komplexeren Temperaturverlauf, da ständig wärmere und kältere, feuchtere und trockenere Luftmassen in Bewegung sind. Den tatsächlichen Zustand der Atmosphäre kann man in einem Diagramm darstellen, dem sagenumwobenen Temp. Ein Temp-Diagramm haben die meisten von euch schon mal gesehen, es sieht sinngemäß immer so aus:

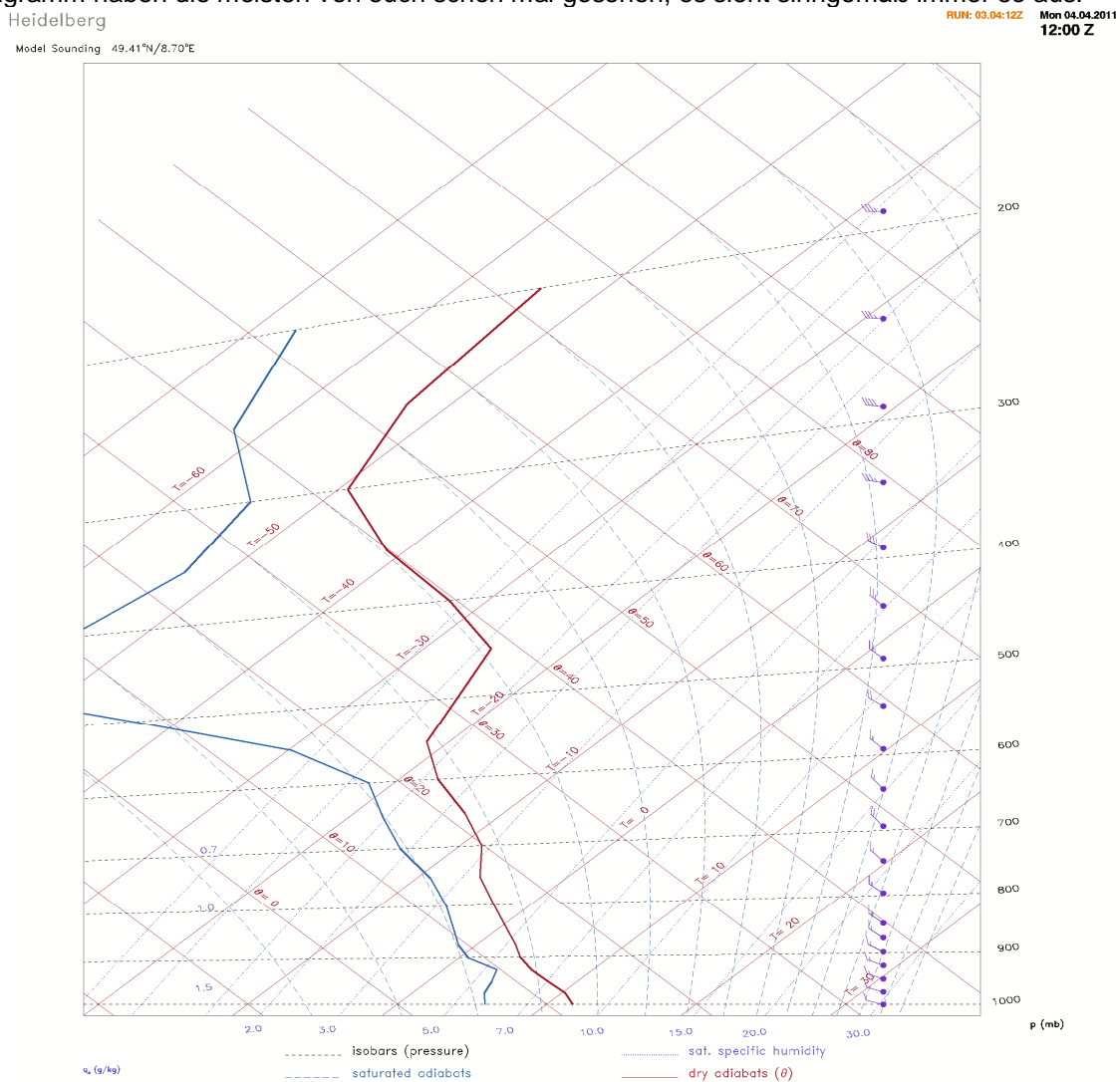


Abbildung 3.2.a: Temp-Diagramm (Quelle: Meteoblue)²

² Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/> (Anmeldung erforderlich)

Das Temp Diagramm zeigt die Temperatur und Feuchtigkeit/Taupunkt über den Höhenverlauf der Atmosphäre, zusätzlich dazu den jeweils vorherrschenden Wind.

Die Darstellungsform kann je nach Aufbereitung variieren, folgt aber meist in etwa dem hier und im Folgenden dargestellten: Etwas gewöhnungsbedürftig ist dabei zu Anfang, dass es sich beim verwendeten Koordinatensystem nicht um ein kartesisches handelt, die Linien gleicher Temperatur (Isothermen) stehen nicht rechtwinklig auf der X-Achse sondern sind nach rechts geneigt.

Das Koordinatensystem ist in dieser Darstellung dabei zur leichteren Interpretierbarkeit der Kurven durch mehrere Hilfsliniensysteme ergänzt:

- Isothermen (hier rote geraden von links unten nach rechts oben)
- Trockenadiabaten (hier rote geraden von rechts unten nach links oben)
- Feuchtadiabaten (blau gestrichelte Kurven)
- Sättigungslinien (blau gestrichelte geraden von links unten nach rechts oben)

Die Messdaten werden an elf Stellen in Deutschland je zweimal täglich erfasst, indem eine Sonde an einem heliumgefüllten Ballon gehängt wird, die im Zuge Ihres Aufstieges kontinuierlich Feuchte, Temperatur und Position erfasst und diese an den Boden funkt. Aus diesen Messwerten ergibt sich die Kurven für Temperatur (hier rot/linke Kurve), Taupunkt (hier blau/rechte Kurve) und die Windwerte (hier rechts am Rand als Windfahnen dargestellt). Zusätzlich zu den realen Sondenaufstiegen errechnen verschiedene Wettermodelle aus den Daten auch interpolierte Temps für beliebige Orte zwischen den Messstationen, diese sind allerdings von ihrer Datenqualität mit Vorsicht zu genießen. Weiterhin bieten verschieden Rechenmodelle Temp-Vorschauen an, zumindest einen Tag im Voraus, was eine detaillierte Vorab-Analyse möglich macht.

Die Höhe ist in Temps meist in Druckflächen angegeben, manchmal ergänzt durch Angaben in Metern. Für die ungefähre Umrechnung von Druck in Höhenmeter benutzen wir die altbekannte vereinfachte Formel

$$H \text{ (in m)} = (1013 \text{ (in mb)} - P \text{ (in mb)}) * 8,23 \text{ bzw.}$$
$$P = 1013 - H/8,23$$

wobei die Korrektheit Einheiten hier großzügig vernachlässigt wird.

Der Taupunkt beschreibt die Temperatur, bei der die in der entsprechenden Luftschicht vorhandene Feuchtigkeit kondensiert. Je näher der Taupunkt an der Temperatur liegt, umso feuchter ist das Luftpaket, liegen die Kurven übereinander, ist 100% Luftfeuchtigkeit erreicht und es kommt zur Kondensation, es bilden sich Wolken oder Nebel. Die Differenz zwischen Temperatur- und Taupunktkurve bezeichnet man auch als 'Spread'.

In Höhen, wo der Spread besonders klein ist oder sich gar Taupunkt und Temperaturkurve überdecken, können wir von Schichtwolken ausgehen, bei großem Spread bleibt der Himmel blau.

Zur Eingewöhnung ein paar Kleine Aufgaben:

Wie hoch ist im gezeigten Diagramm 3.2.a die Temperatur bei Druckniveau 700 hPa?

Abgelesen: ca. -8°C

Wie hoch ist der Taupunkt der Luft in 2000 m Höhe?

Ergebnis: 2000m = ca. 770 mbar, abgelesener Taupunkt ca. -7°C

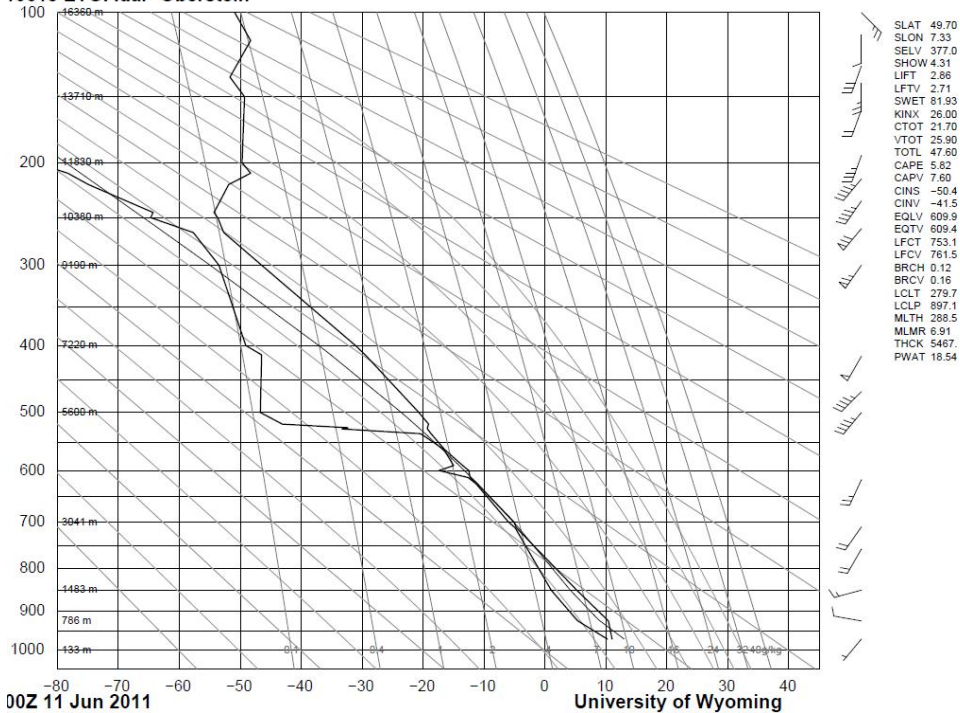
Wie groß ist der Spread am Boden?

Ergebnis: abgelesen ca 7°C

3.2.1 Emagramm, Stüve, Skew-T, log p, ja was denn nun?

Je nachdem, aus welcher Quelle man seine Daten bezieht, sind die Bezeichnungen für die Schichtungsdiagramme unterschiedlich, bezeichnen aber nur verschiedene Darstellungsweisen ein und derselben Datensammlung. Am einfachsten zeichnerisch Nachzuvollziehen, aber nur wenig verbreitet, ist dabei das Stüve-Diagramm, da es sich hierbei um ein kartesisches Koordinatensystem handelt, d.h. Isothermen stehen senkrecht auf der X-Achse:

10618 ETGI Idar-Oberstein



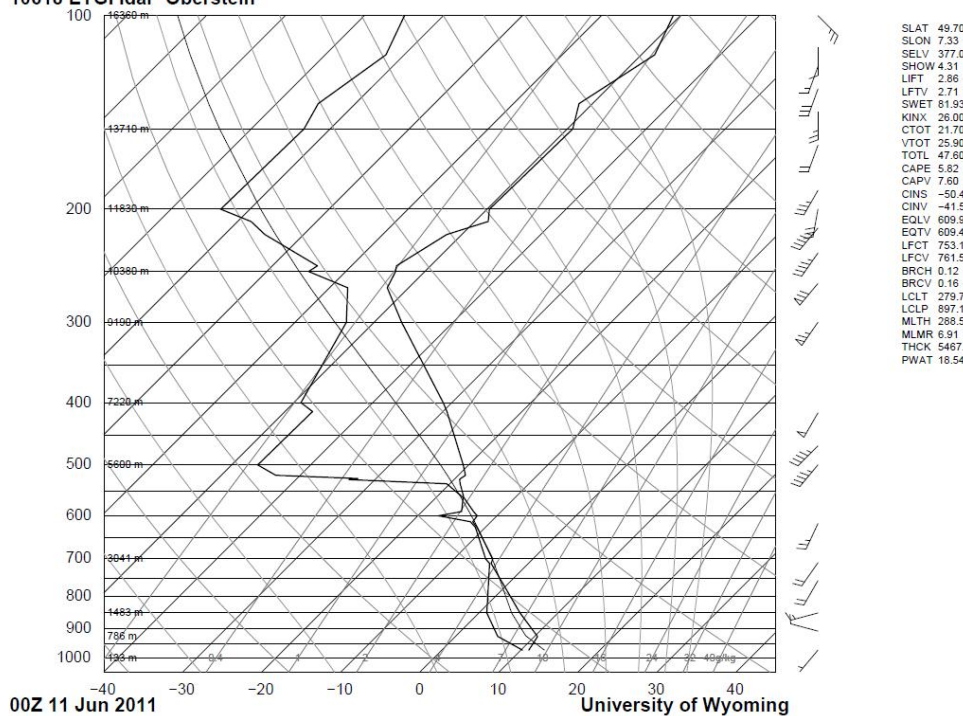
00Z 11 Jun 2011

Abbildung 3.2.1.a: Stüve-Diagramm (Quelle: Wetterarchiv der University of Wyoming)³

In Abbildung 3.2.1.a sind die senkrechten Linien die Isothermen, die steil abfallenden Geraden die Sättigungslinien, die flach abfallenden die Trockenadiabaten und die Kurven von links oben nach rechts unten die Feuchtadiabaten.

Die meisten Darstellungsformen kippen zur besseren Übersicht die Isothermen nach rechts wie auch beim eingangs gezeigten Diagramm aus 3.2, was steilere Kurven zur Folge hat und Bereiche von Isothermie und Inversion stärker hervorhebt:

10618 ETGI Idar-Oberstein



00Z 11 Jun 2011

Abbildung 3.2.1.b: Skew-T-Diagramm (Quelle: Wetterarchiv der University of Wyoming)⁴

³ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

⁴ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

Hier (Es handelt sich um die gleiche Datenbasis wie in Abbildung 3.2.1.a) sind die Druckniveaus genau horizontal, die Isothermen sind 45° nach rechts geneigt. Somit laufen auch die Sättigungskurven nach rechts oben, die Trockenadiabaten sind konvex gekrümmt und die Feuchtadiabaten konkav.

3.2.2 Schichtung und Thermikgüte

Wie funktioniert eigentlich Thermik? Wenn das einfach zu erklären wäre, würde Fliegen wahrscheinlich nur halb soviel Spaß machen ;-). Ein paar Dinge sind aber festgeschrieben: Luft erwärmt sich am Boden durch Sonneneinstrahlung auf eine Temperatur, die über der der umgebenden Luftmasse liegt. Irgendwann erfährt sie dadurch soviel Auftrieb, dass sie sich vom Boden löst und aufsteigt. Während dieses Aufstieges dehnt sich die Luft aus und kühlt dabei trockenadiabatisch um 1°C/100m ab, der Aufstieg endet, sobald die so entstandene Thermikblase auf die nun neue Umgebungstemperatur heruntergekühlt ist:

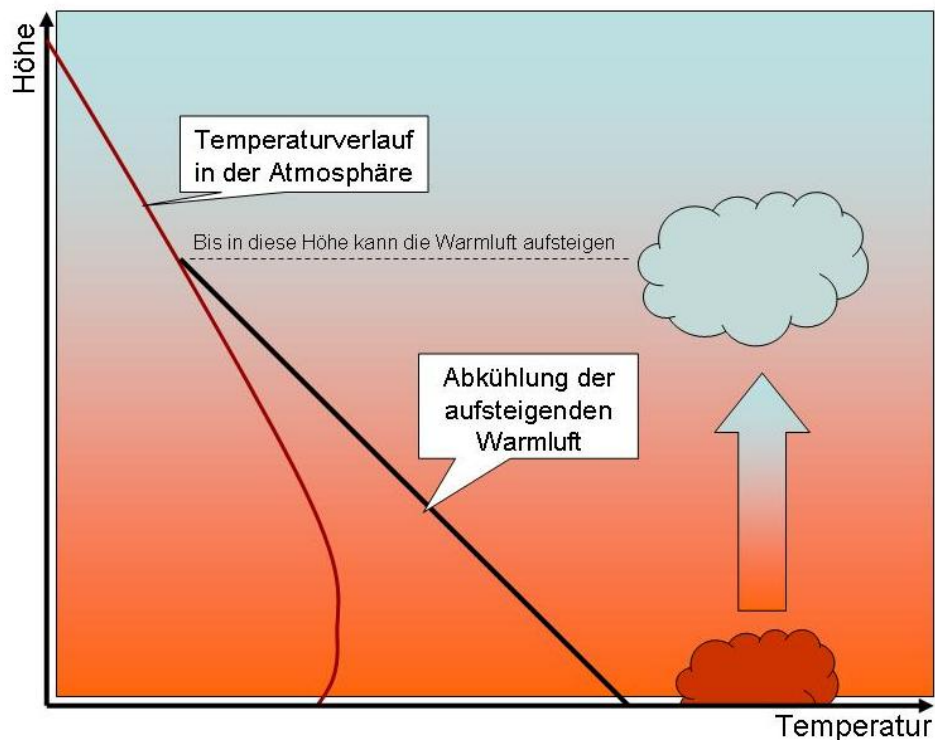


Abbildung 3.2.2.a: Thermischer Aufstieg (Quelle: Eigene Ausarbeitung)

Wie schnell sich eine Luftmasse vom Boden löst und aufsteigt, ist dabei abhängig davon, wie groß die Differenz zur Umgebungsluft ist und wie schnell sich die beiden Temperaturen angleichen. Sinkt die Atmosphärentemperatur mit zunehmender Höhe schnell, wird es lange dauern, bis die aufsteigende Wärmeluft zum Stillstand kommt, und wir können hohe und starke Aufwinde erwarten. Sinkt diese nur schwach oder gar nicht in der Höhe, wird der Aufstieg zäh und endet früh, dafür kann sich die Wärmeluft am Boden lange sammeln und es finden großflächigere Ablösungen statt. Ein wichtiges Maß für die Beschaffenheit der Luft ist daher der Gradient.

Der Gradient beschreibt die Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe gemessen in °C pro 100m Höhe. Je größer (im Negativen) der Gradient ist, umso mehr Auftrieb erhält ein warmes Luftpaket und umso stärker, aber auch umso enger wird der Aufwind. Um ihn zu bestimmen benötigen wir zwei Punkte eines annähernd linearen Kurvenabschnittes zwischen zwei Punkten (nennen wir sie mal A und B), sowie die zugehörige Höhe und Temperatur.

Der Gradient berechnet sich dann wie folgt:

$$G = (T_B - T_A) / (H_B - H_A)$$

Das Ergebnis der Rechnung wird angegeben in °C / 100m

Zur Einschätzung der resultierenden Thermikgüte kann folgende Tabelle dienen:

Gradient	Auswirkung
> 0	Inversionen: es entsteht keine Thermik.
0 bis -0,2	Isothermie: schlecht für die Thermikentwicklung
-0,2 bis -0,4	schwache Inversionen und extrem schwache Thermik, gut für höhere Schichten
-0,4 bis -0,5	„Rentnerthermik“: spät und ruhig, einfach zu zentrieren, da großräumig. Aber: zeitlich große Abstände zwischen Thermikblasen
-0,5 bis -0,8	starke Thermik und entsprechende Turbulenz. Gut für den großen Streckenflug ☺
-0,9 bis -1	Stärkste Thermik und Turbulenz, ggf. Gewittergefahr bzw. Ausbreitung

Abbildung 3.2.2.b: Gradientenstärke und Auswirkungen (Quelle: Burkhard Martens)⁵

Schichtungen mit hohem Gradient bezeichnen wir als labil, mit geringem Gradient als stabil. Zur Weiteren Differenzierung unterscheiden wir zwischen

- trocken-labil: Gradient größer als der eines trockenadiabatischen Aufstieges. Da hier quasi von selbst eine Durchmischung stattfindet, ist dieser Zustand meist nur von kurzer Dauer.
- trocken-stabil: Gradient geringer als der trockenadiabatische Aufstieg.
- feucht-labil: Gradient größer als der eines feuchtadiabatischen Aufstieges, Gefahr von Überentwicklungen bei Kondensation
- feucht-stabil: Gradient kleiner als der feuchtadiabatische Aufstieg

Erkenntnisse über den Gradienten aus dem Temp sind generell nur aussagekräftig, solange noch keine thermische Durchmischung der Atmosphäre stattgefunden hat, d.h. sinnvollerweise zieht man zur Analyse den Sondenaufstieg aus der Nacht oder vom frühen Morgen zu Rate.

Zusätzlich zur Schichtung der Atmosphäre ist für die Entstehung von Thermik natürlich entscheidend, ob und in welchem Maß die Erdoberfläche überhaupt soweit aufgeheizt wird, dass von ihr warme Luft aufsteigen kann, zusätzlich zum Temp benötigen wir also die vorhergesagte Tageshöchsttemperatur am Boden. Mit den so ermittelten Daten können wir dann schon mal folgende Aussagen machen:

- Je größer der Gradient in den uns interessierenden Schichten, umso besser für die Entwicklung starker Thermik (in Maßen)
- Je größer die Differenz zwischen Bodentemperatur und Kurve, umso mehr Energie steht zur Thermikbildung zur Verfügung

Auch hier wieder eine kleine Leseaufgabe zu Abbildung 3.2.a:

Wie hoch ist der Gradient zwischen 1200 und 2000 Metern Höhe?

Ergebnis: 3°C bei 1200m / 890mbar, -4°C bei 200m / 770 mbar -> ca 0,9 °C /100m

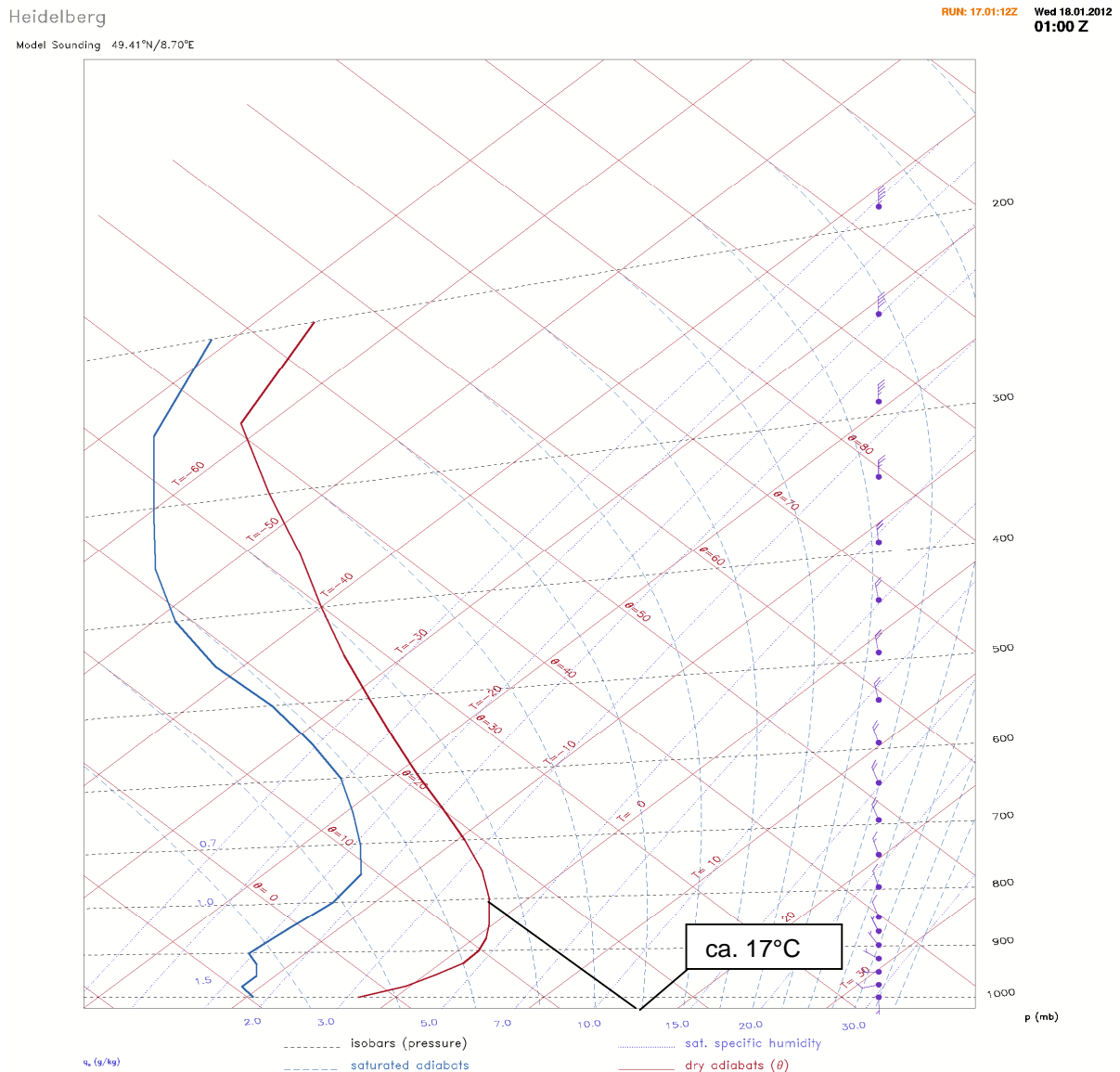
⁵ Burkhard Martens: Das Thermikbuch für Drachen- und Gleitschirmflieger www.thermikwolke.de

3.3 Ein typischer Tagesgang

Wie verläuft nun ein idealtypischer thermischer Flugtag und wie schätzen wir das im Vorfeld ein? Einen Tag im Voraus liegen meist schon recht genaue Daten zur Entwicklung des Folgetages vor, für heimische Flüge haben wir aber zusätzlich den Vorteil, dass wir nicht schon morgens mit dem Aufstehen wissen müssen, wohin wir mehrere hundert Kilometer fahren müssen, um in die Luft zu kommen. Wir können also in aller Ruhe beim Frühstück die Daten des aktuellen Tages studieren und uns überlegen, ob es sich lohnt, später den Schirm auszupacken oder auch nicht. Dabei können wir auf Basis der vorliegenden Daten meist recht genau vorhersagen, wie der Tag verlaufen wird, und wenn wir uns dabei nicht allzu sehr in die Tiefe der Materie begeben wollen, helfen uns die professionellen Wetterfrösche mit ihren Vorhersagen auch gerne aus ;-)

3.3.1 Inversion und Thermikauflöse

Der Tag steht in den Startlöchern: Auch wenn das nachfolgende Diagramm einen Wintertag zeigt, ist idealtypisch eines zu sehen: In der Nacht ist die Erdoberfläche und mit ihr die bodennahe Luft abgekühlt, es bildet sich eine - hier sehr deutliche - Bodeninversion:



⁶ Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/> (Anmeldung erforderlich)

Die Thermikauslöse bezeichnet den Zeitpunkt, an dem die Bodentemperatur im Tagesverlauf so weit gestiegen ist, dass die aufsteigende Luft die Inversion überwinden kann. Wann dieser Punkt erreicht wird, kann man dem Tagesgang der Temperatur in etwa entnehmen, wobei kleinräumig natürlich auch schon vorher nutzbare Aufwinde entstehen können, z.B. an früh von der Sonne erfassten Süd-Ost-Flanken. Hier läge die Temperaturschwelle der Thermikauslöse bei ca. 17 °C

Typischerweise wird diese im Winter sehr stark ausgeprägte Sperrschicht in unseren Breiten von aufsteigender Warmluft nie durchbrochen, es gibt aber spezielle Wetterlagen (Zufluss von noch kälterer Polarluft in der Höhe, Kaltfrontdurchzug, etc.) in denen auch bei uns im Winter ‚Blubber‘ möglich sind.

3.3.2 Wolkenbildung

Um eine Vorhersage über diese Wolkenbildung treffen zu können müssen wir wissen, in welchen Zustand die vorangegangene Nacht die betreffende Luft versetzt hat. Hierfür benötigen wir die tiefste erreichte Temperatur, liegt uns diese nicht vor, können wir uns näherungsweise auch mit dem Taupunkt auf Bodenhöhe behelfen. Diesen Wert setzen wir als Basiswert für sämtliche thermischen Luftpakete ein. Wird diese bodennahe Luft nun erwärmt und steigt auf, bleibt deren Taupunkt allerdings nicht konstant sondern sinkt entlang der Sättigungslinie geringfügig mit 1°C / 1000m. Erreicht die Luft die Temperaturkurve vor dem Schnittpunkt mit Ihrer Sättigungslinie, also vor dem Absinken der Temperatur auf ihren Taupunkt, können sich trotz aufsteigender Luft keine Wolken bilden:

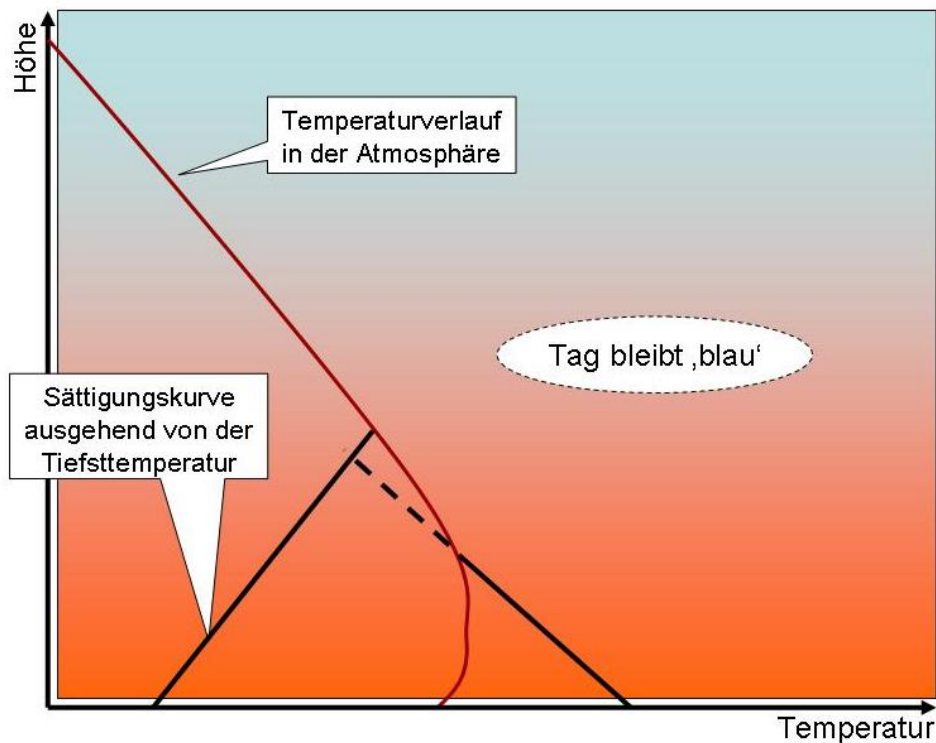


Abbildung 3.3.2.a: Blauthermik (Quelle: Eigene Ausarbeitung)

Erreicht aber nun ein Warmluftpaket nach trockenadiabatischem Aufstieg und damit verbundener Abkühlung seinen Taupunkt - bevor es auf Umgebungstemperatur abgekühlt ist und der Aufstieg somit endet - kondensiert die darin enthaltene Feuchtigkeit und es bilden sich Wolken ab der Höhe, wo die Sättigungslinie den Temperaturverlauf der aufsteigenden Luft schneidet:

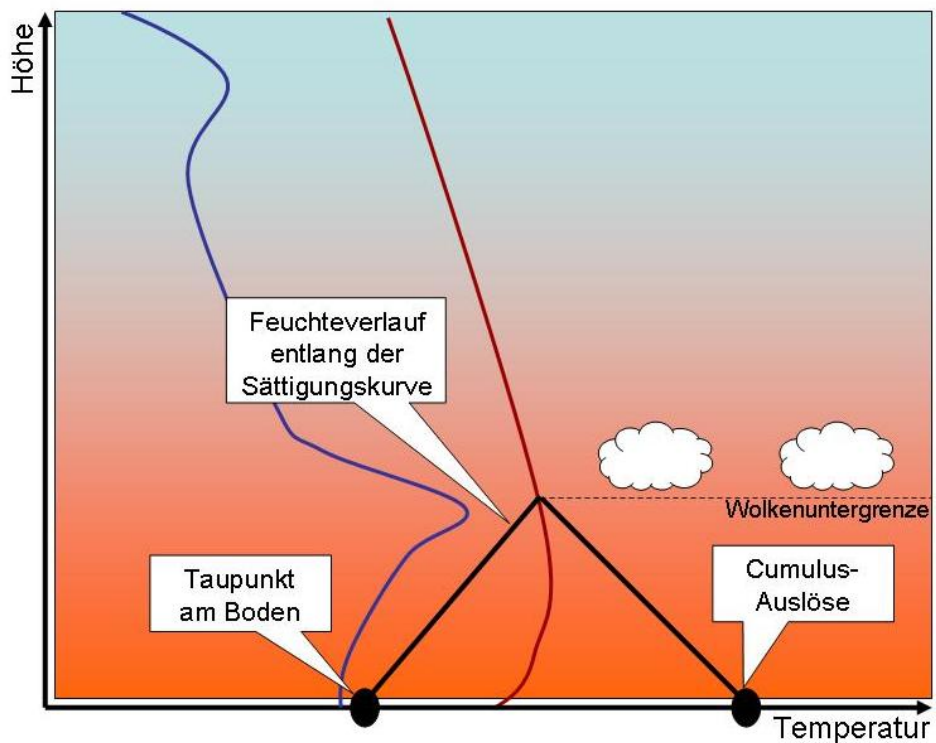


Abbildung 3.3.2.b: Wolkenthermik (Quelle: Eigene Ausarbeitung)

Oberhalb dieser Höhe steigt das Luftpaket unter Kondensation feuchtadiabatisch (also mit geringerer Abkühlung) weiter auf, bis es die Umgebungstemperatur erreicht hat (-> Wolkenobergrenze):

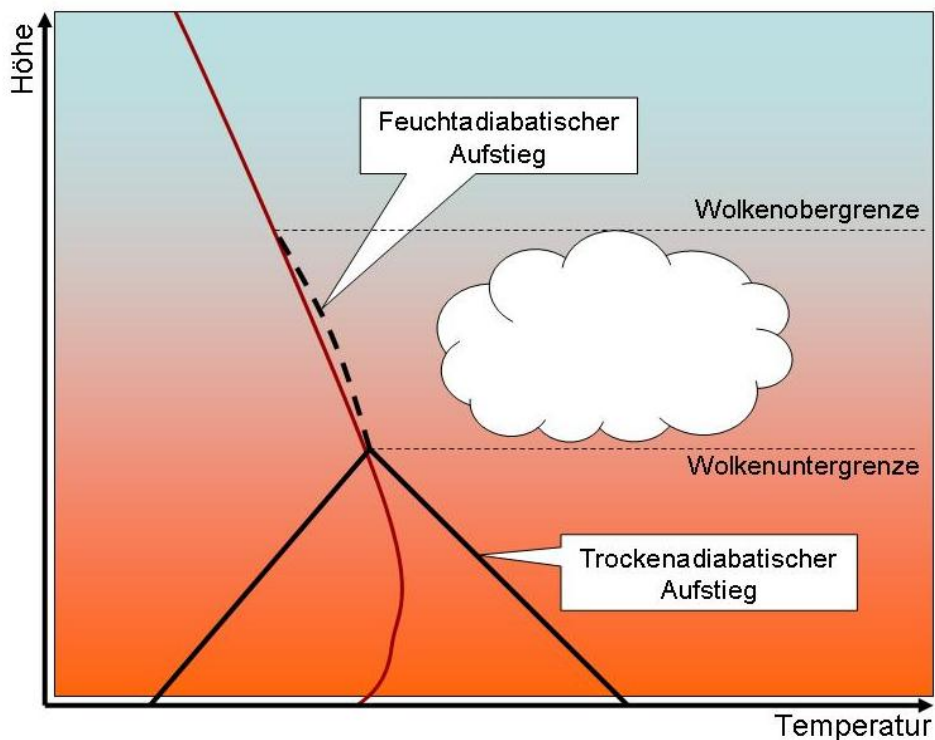


Abbildung 3.3.2.d: Wolkenobergrenze (Quelle: Eigene Ausarbeitung)

An einem realen Temp würden wir die theoretische Basishöhe wie folgt ablesen ($T_{\text{Min}} = -8^{\circ}\text{C}$):

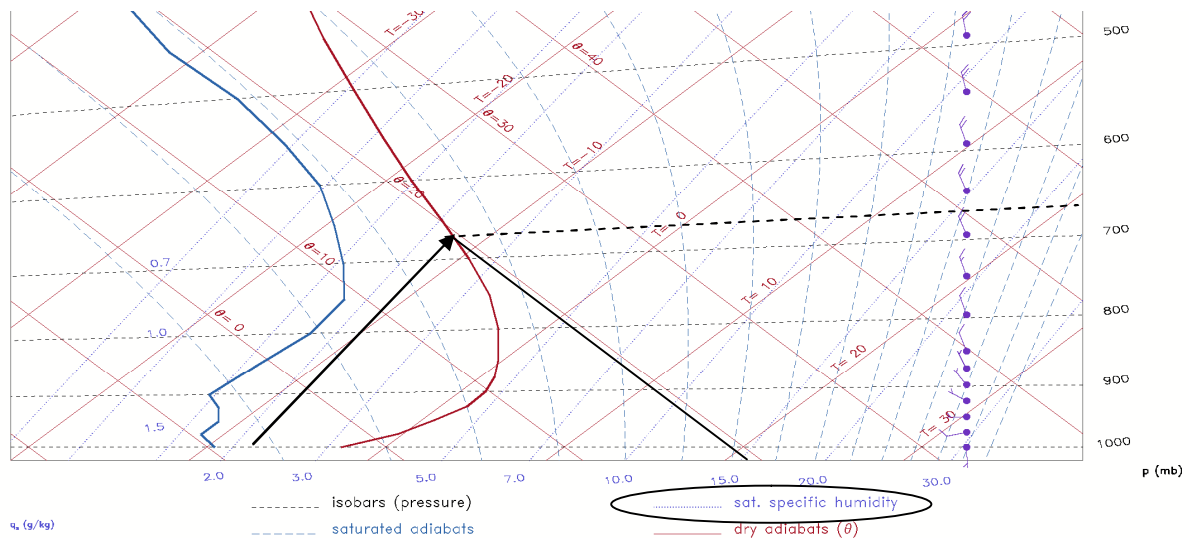


Abbildung 3.3.2.e: Ermittlung der Wolkenbasis (Bildquelle: Meteoblue.com)⁷

Ausgehend von der Minimaltemperatur am Boden folgen wir der Sättigungslinie bis zum Schnittpunkt mit der Temperaturkurve und ermitteln das zugehörige Druckniveau. Die bodennahe Luft würde demnach bei 670 mbar kondensieren, entspricht ca. 2900 m. Um diese Höhe zu erreichen, müsste ein Luftpaket am Boden eine Temperatur von ca. 21°C erreichen, da der Temp vom 17.01.2012, einem knackig kalten Wintertag mit einer (wie wir sehen) sehr deutlichen Inversion stammt, darf das als eher unwahrscheinlich gelten, und tatsächlich blieb der Tag (Cumulus-) wolkenlos.

Weiter zur Theorie mit $>21^{\circ}\text{C}$ Tageshöchsttemperatur: Ab der Wolkenbasis kondensiert die Feuchtigkeit in der Luft aus und die Abkühlung erfolgt nunmehr feuchtadiabatisch mit ca. $0,5\text{-}0,7^{\circ}\text{C}$. Um im gleichen Diagramm zeichnerisch die Wolkenobergrenze zu ermitteln folgen wir im Diagramm der Feuchtadiabaten bis zum erneuten Schnittpunkt mit der Temperaturkurve:

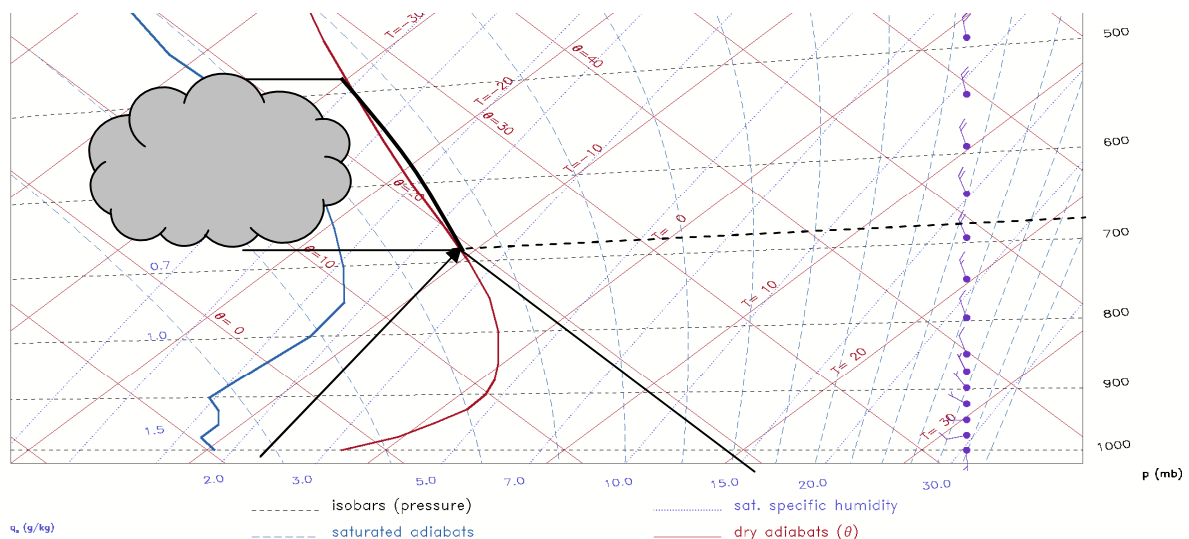


Abbildung 3.3.2.f: Ermittlung der Wolkenobergrenze (Bildquelle: Meteoblue.com)⁸

Die so ermittelte Wolkenobergrenze läge somit bei ca. 490 mbar oder 4300m.

⁷ Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/> (Anmeldung erforderlich)

⁸ Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/> (Anmeldung erforderlich)

Für die Ermittlung der Basishöhe gibt es neben der über die Kurve auch noch eine Faustformel, ebenso für den Abstand zwischen zwei Thermikwolken:

Basishöhe über Grund: Spread X 125 in Metern oder Spread X 400 in Fuß
 Abstand zwischen Aufwinden / Wolken: ca. 2,5 mal Höhe über Grund

In diesem Beispiel kommt das ganze nicht hin, handelt es sich doch um einen alles andere als thermischen Wintertag, im Workshop-Teil werden wir die Faustformel aber mal an einem realistischeren Beispiel verifizieren.

Sobald wir wissen, dass sich an einem Tag Thermikwolken bilden, stellt sich natürlich die Frage, ob wir mit Ausbreitung und großflächigen Abschattungen rechnen müssen. Ein Maß hierfür ist der Bedeckungsgrad, der zwischen 0/8 (wolkenlos) und 8/8 (bedeckt) angegeben wird. Hier ist eine eindeutige Vorhersage schwierig, da die Wolkenbildung auch immer mit den mikroklimatischen Verhältnissen und der Geländeform zusammenhängt, in etwa lässt die Bedeckung sich aber anhand des Spreads auf Basishöhe anhand der folgenden Tabelle ermitteln:

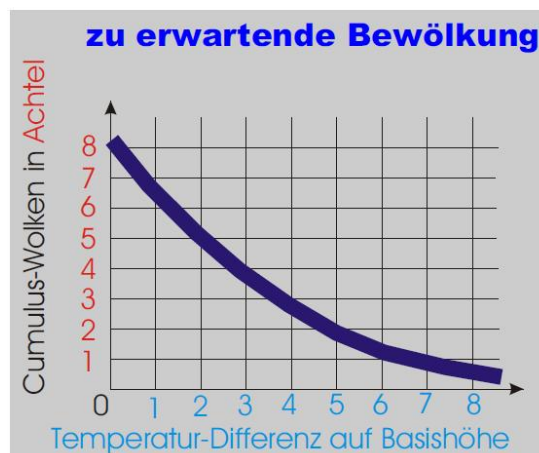


Abbildung 3.3.2.g: Bedeckungsgrad (Quelle: Flugschule Engelberg)⁹

Im vorangegangenen Beispiel-Temp liegt der Spread auf Basishöhe bei ca. 6°C, wir können also mit 1-2/8 Bewölkung rechnen können.

Zum Selbermachen:

Wie hoch wäre die Basis im Diagramm 3.3.2a bei einer Minimaltemperatur von -3°C?

Lösung: abgelesener Druck ca. 730 mbar -> Basishöhe ca. 2300m

Wie groß ist der Spread im eingangs gezeigten Diagramm 3.2.a auf Basishöhe? Die Minimaltemperatur in der Nacht soll 6°C betragen haben.

Lösung: Basishöhe ca. 910 mbar -> 930 m, Spread abgelesen ca 3°C

Wieviel Bewölkung würden wir in dem Fall erwarten?

Lösung: Aus 3.3.2.c: 3-4/8

⁹ Flugschule Engelberg:

http://www.euroflugschule.ch/wissen/emagram/emagrammkurs_2003/bedeckungsgrad.pdf

3.3.3 Der weitere Tagesgang

Steigt die Temperatur am Boden nun weiter an findet eine zunehmende Durchmischung der Atmosphäre statt, d.h. die vormals kalte Luft in der Höhe wird von aufwärts strömender Warmluft durchsetzt, die Temperatur auch in höheren Schichten steigt an. Durch diesen Effekt steigt mit zunehmender Temperatur auch die Wolkenbasis an:

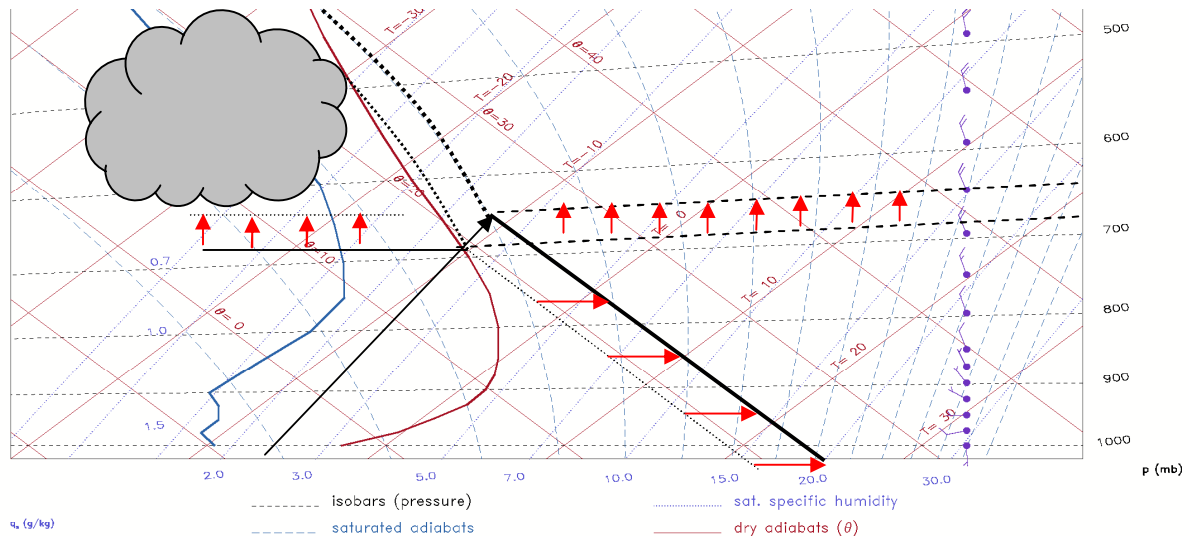


Abbildung 3.3.3.a: Ansteigen der Basis im Tagesverlauf (Bildquelle: Meteoblue.com)¹⁰

Hier zeigt sich auch, warum nicht nur heiße Nächte, sondern auch kalte Nächte ihren Charme haben: Je tiefer die Temperatur in der Nacht sinkt, umso höher kann am nächsten Tag die Basis steigen:

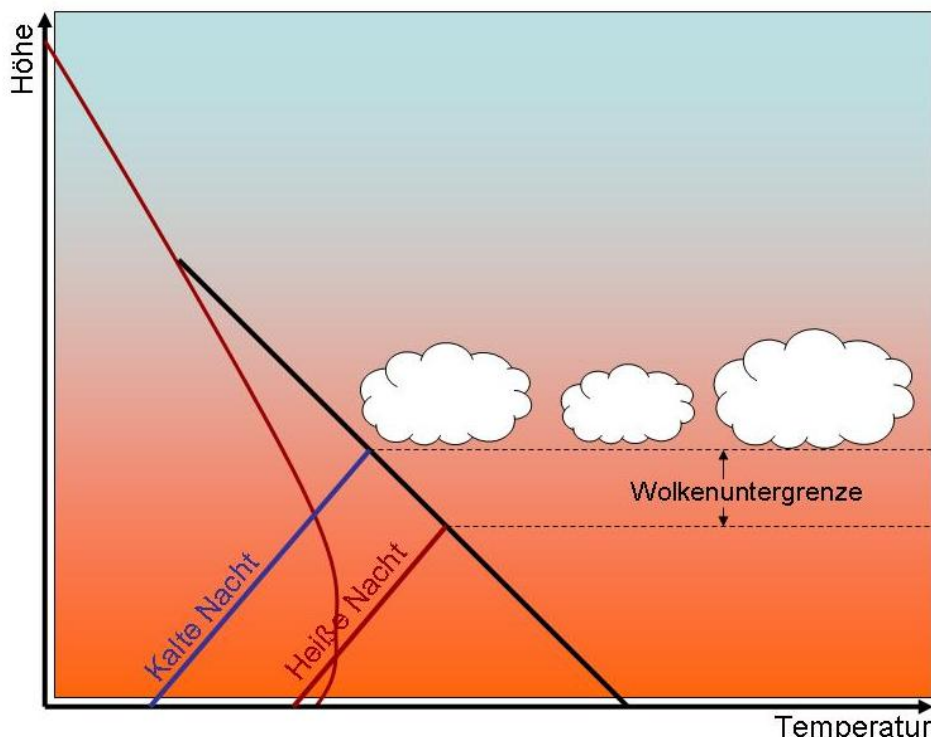


Abbildung 3.3.3.b: Minimaltemperatur und Basishöhe (Quelle: Eigene Ausarbeitung)

In Kapitel 3.3.2 haben wir den Zusammenhang zwischen Spread und Bedeckungsgrad kennengelernt, der uns für die Einschätzung der Entwicklung hier ebenso zugute kommt wie für die statische Betrachtung zu Thermikbeginn: Je nachdem, wie sich die Taupunktkurve und damit Luftfeuchtigkeit in den Schichten oberhalb des Kondensationsniveaus verhalten, kann die Bewölkung sich mit

¹⁰ Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/> (Anmeldung erforderlich)

ansteigender Basis entweder verdichten (Feuchtere Luft in der Höhe, Taupunktkurve wandert nach oben hin Richtung Temperaturkurve nach rechts) oder aber abtrocknen (trockene Höhenluft, die Taupunktkurve wandert nach links), der Tag ‚wird blau‘:

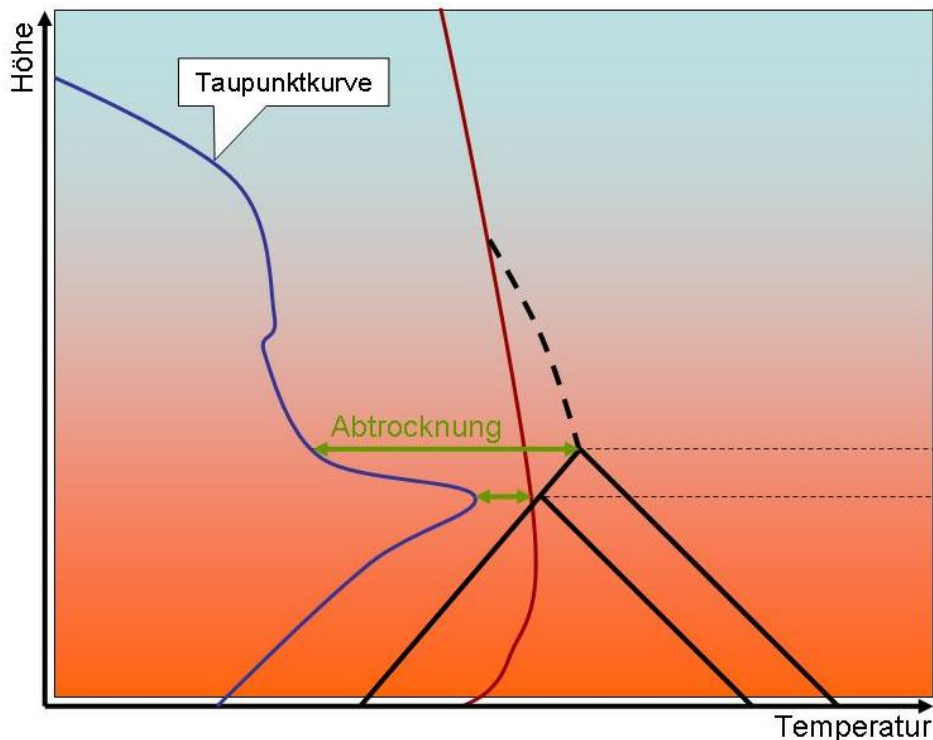


Abbildung 3.3.3.c: Abtrocknung der Bewölkung (Quelle: Eigene Ausarbeitung)

Je nach Schichtung ändert sich mit der Basishöhe der Wolken auch deren vertikale Ausdehnung. An einem idealen Flugtag ist die Schichtung im flugrelevanten Bereich mäßig labil, das Wolkenwachstum wird allerdings nach oben hin durch eine höherliegende Inversion ‚gedeckt‘. Ist die Inversion tief und deutlich ausgeprägt kommt es zur (flächenmäßigen) Ausdehnung der Wolken, sie ‚drücken sich an der Inversion platt‘ und schirmen die Sonne ab – Die Thermikentwicklung wird teils bis zum Erliegen gebremst. Ist keine Inversion vorhanden, können bei entsprechender Labilität in der Atmosphäre die Wolken ‚schießen‘, es kommt zu Überentwicklungen, Gewittern und Schauerniederschlägen, siehe Kapitel 3.3.4. Im Idealfall jedoch verliert die Sonne gegen Abend einfach an Kraft und die Thermik schlummert sanft ein, um uns am nächsten Tag wieder begrüßen zu dürfen ;-)

3.3.4 Gefahren: Wann ist zuviel des Guten?

Leider sind sehr gute Thermiktage häufig von großer Labilität gekennzeichnet, weshalb wir die Gefahr von Überentwicklungen in der Flugplanung immer mit berücksichtigen sollten: Wachsen nämlich Cumulus- Wolken im Laufe der thermischen Entwicklung des Tages von der Basis ab weit in den Himmel hinein, erreichen ihre Spitzen irgendwann den Punkt, an dem die mit nach oben transportierte auskondensierte Wasser sich entweder zu größeren Tropfen sammelt bzw. gefriert und dann als Schauer-Niederschlag ausfällt. Die Art der Niederschläge hängt dabei von der in der Wolke erreichten Tiefsttemperatur und somit indirekt von Höhe der Wolkenobergrenzen ab:

Temperaturbereich	Wolkenstärke ab < 0°C	Auswirkungen
-10 bis -15°C	5000–7000 ft	leichte Regenschauer , leichte Schneeschauer
- 1 5 b i °C	- 27000–9000 ft	Mäßige Regenschauer/Schneeschauer
- 2 0 b i °C	- 29000–12000 ft	starke Regen- / Schneeschauer
- 2 5 b i °C	- 31000–17000 ft	starke Regenschauer, leichte Hagelgewitter
- 3 5 b i °C	- 41000–22000 ft	starker Regen mäßige Hagel /Graupelgewitter
- 4 5 b i °C	- 52000–27000 ft	starke Gewitter , Hagelschauer
Unter - 5 °C	größer 27000 ft	Unwetterkriterien werden erfüllt

Abbildung 3.3.4.a: Arten von Schauerniederschlägen (Quelle: Wikipedia)¹¹

¹¹ Wikipedia zum Thema Kondensationsniveau: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kondensationsniveau>

Sieht eine Wolke mal aus wie im folgenden Bild ist sie oben schon deutlich vereist (ausfasern am oberen Rand), unter ihr ist mit stärksten (auch im Sommer teils gefrorenen) Niederschlägen zu rechnen sowie im weiten Umfeld starke Turbulenzen durch Kaltluftausflüsse, diesen Anblick sollten wir also idealerweise vom Boden aus genießen ;-)



Abbildung 3.3.4.b: Gewitteramboss (Quelle: Rhodos-Journal)¹²

Aber wann ist es nun soweit? Und wie können wir im Vorfeld Gefahren erkennen? Für den Tag, an dem folgendes Temp 3.3.4.c erstellt wurde, war die vorhergesagte Höchsttemperatur 21°C, die Tiefsttemperatur aus der vorangegangenen Nacht 8°C. Wie würdest du die Lage einschätzen?

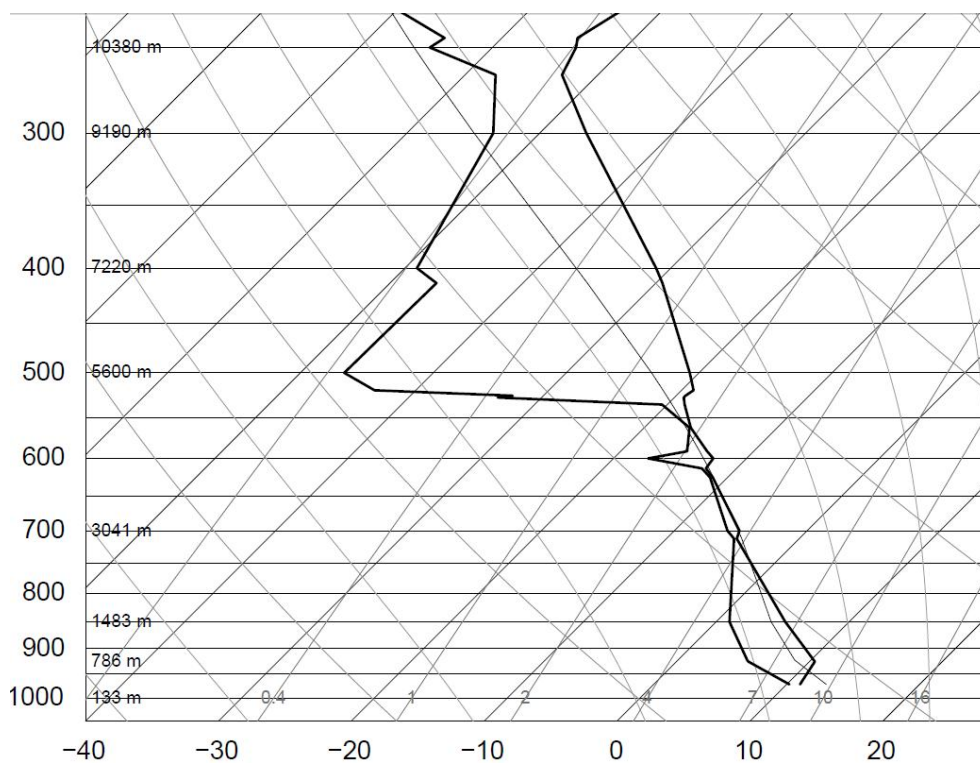
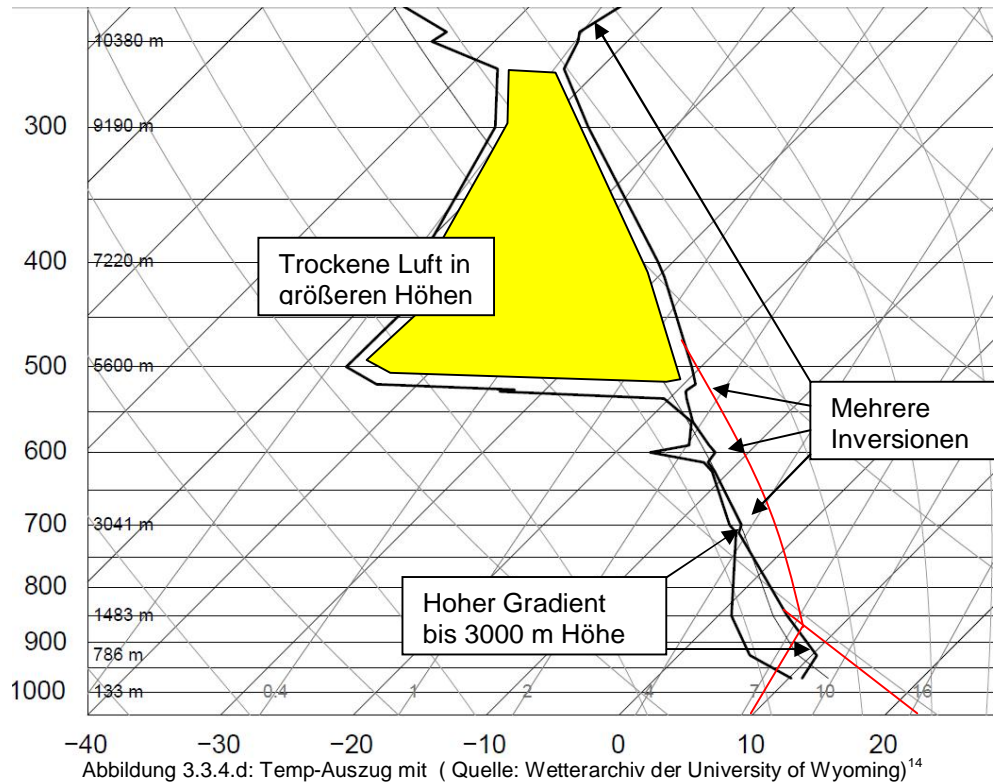


Abbildung 3.3.4.c: Temp-Auszug mit (Quelle: Wetterarchiv der University of Wyoming)¹³

¹² Rhodos-Journal (Weblog): http://rhodos-journal.blogspot.com/2011_09_01_archive.html

Tatsächlich war der Tag ein exzellenter Flugtag, die Basis war mit ca. 1900m (es wurde etwas wärmer als vorhergesagt) zwar nicht extrem hoch, aber doch sehr ordentlich, an diesem Tag wurden alleine mit Gleitschirmen vom Ölberg in Schriesheim insgesamt ca. 800 DHV XC-Punkte erflogen, allen voran Martin Laibles Flug über 209 km!

Die Gründe für die harmlose Entwicklung trotz hochreichend labiler Schichtung sind in der folgenden Abbildung zu sehen:



Die Grafik macht aber deutlich: eine eindeutige Vorhersage ist in diesem Fall für uns Halb-Laien schwierig, da zu viele Faktoren in die Wetterentwicklung hereinspielen. Ich versichere mich deshalb in dieser Disziplin immer zusätzlich bei den ‚Profis‘, wie z.B. Beim Segelflugwetterbericht.

¹³ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

¹⁴ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

3.4 Kleiner Temp-Workshop – Wetter zum mitmachen

Hier sehen wir das Temp von Idar-Oberstein aus der Nacht vor einem – soviel sei gesagt – guten Flugtag als skew-t. Die vorhergesagte Tageshöchsttemperatur war bei ca. 16°C, die Tiefsttemperatur bei 2°C

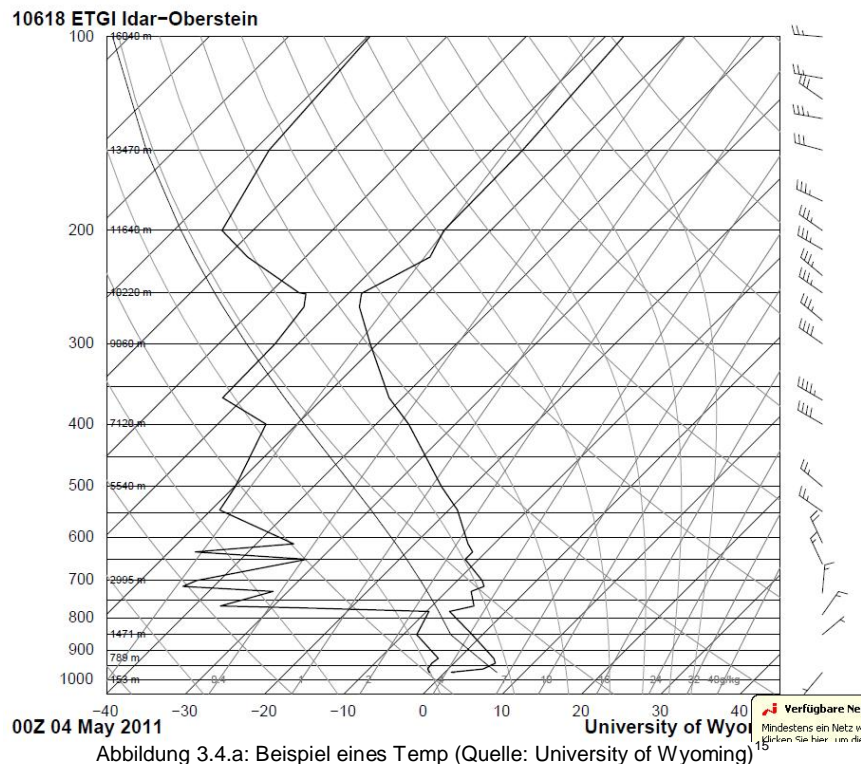


Abbildung 3.4.a: Beispiel eines Temp (Quelle: University of Wyoming)¹⁵

Ein erster Blick auf die Windfahnen am Rand zeigt uns, dass wir es zum Beobachtungszeitpunkt in ,unseren' Höhen mit schwachen mehr oder weniger umlaufenden Winden zu tun haben, also schon mal gar nicht schlecht. Ob dann die Schichtung generell was taugt, sieht man nach kurzer Eingewöhnung recht leicht, für den Anfang kann man sich aber auch mit Schablonen behelfen, mithilfe derer man Bereiche interessanter Schichtung vorab erkennen kann:

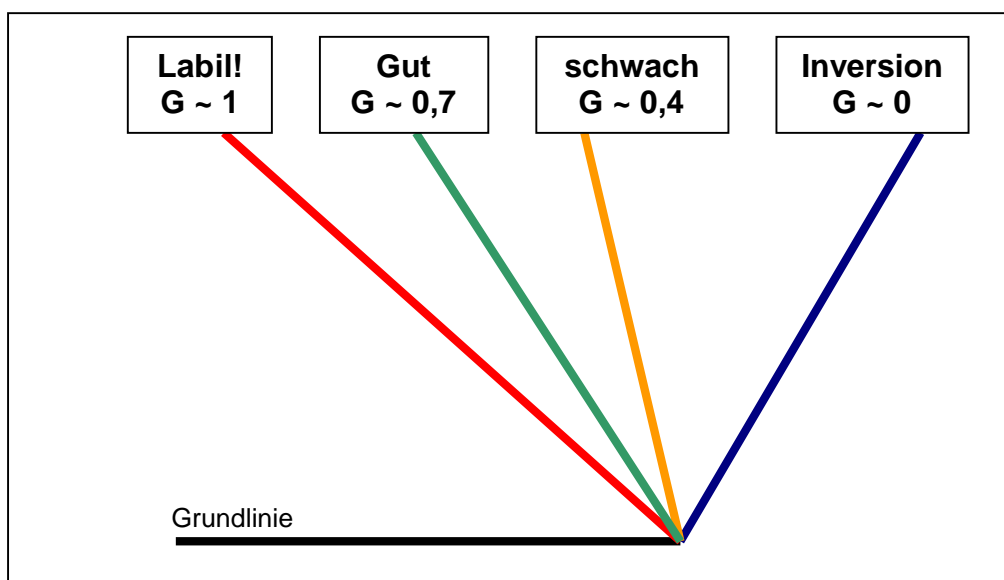


Abbildung 3.4.b: Gradientenschablone, Beispiel für das Wyoming Wetter-Archiv für (Quelle: eigene Ausarbeitung)

¹⁵ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/images/2011050400.10618.skewt.gif>

Eine solche Schablone kann man sich leicht für den persönlich bevorzugten Wetterdienst selbst anfertigen, jede Darstellung ist da etwas anders ‚gestreckt‘. Wenn man die Schablone gegen den Bildschirm oder auf den Ausdruck legt, sieht man dann auf einen Blick, ob die Schichtung thermisch interessant ist

Nun geht's an's zeichnen und rechnen:

Die erste Frage für uns dabei: Kann sich überhaupt Thermik entwickeln?

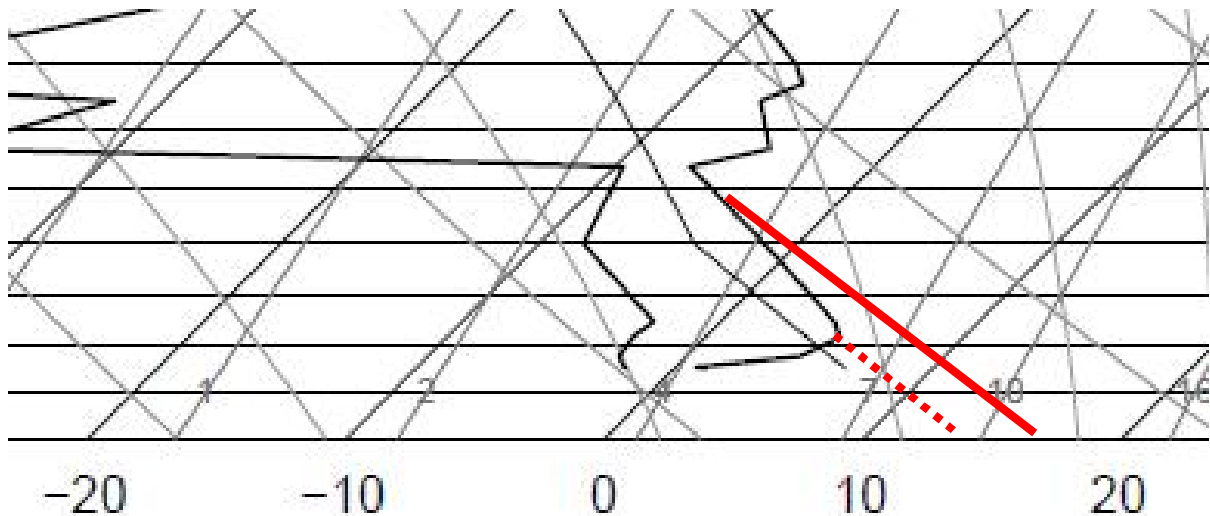


Abbildung 3.4.c: Thermikchance? (Bildquelle: University of Wyoming)¹⁶

Eine Linie ausgehend von der Höchsttemperatur am Boden entlang einer Trockenadiabaten Richtung Temperaturkurve zeigt und: Aber Hallo! Super Gradient bis ca. 2000 m Höhe, darüber eine deutliche inversion, passt! Thermikauslöse erwarten wir bei ca. 13°C, Haben wir eine Vorab-Schätzung zum Temperaturverlauf wie die folgende, können wir auch den Zeitpunkt recht genau vorhersagen:

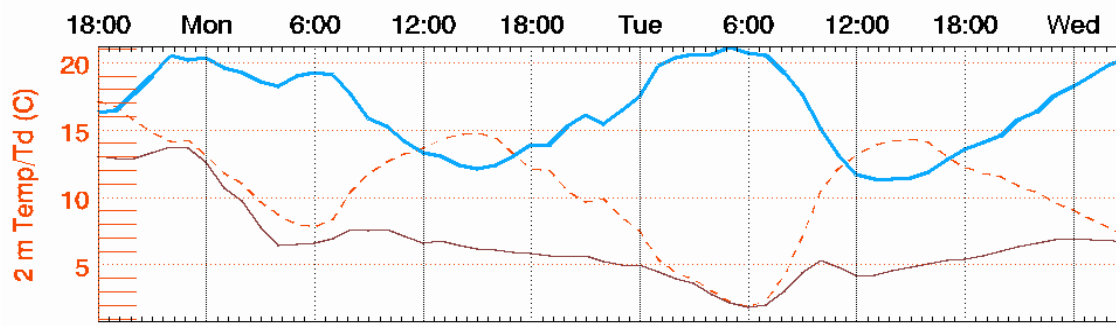


Abbildung 3.4.d: Temperaturverlauf (Quelle: Meteoblue)¹⁷

Aus der Temperaturkurve lesen wir ein Erreichen der Thermikauslöse gegen 10 Uhr ab, also recht früh, für meine ‚Heimatflüge‘ interessiert mich allerdings ohnehin eher der Nachmittag (ausser am Wochenende...), nicht jeder kann sich bei Flugwetter-Verdacht gleich den ganzen Tag frei nehmen ;-)
Nächste Frage: Werden sich Cumulus-Wolken bilden und uns den Weg zur Thermik zeigen?

¹⁶ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/images/2011050400.10618.skewt.gif>

¹⁷ Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/>

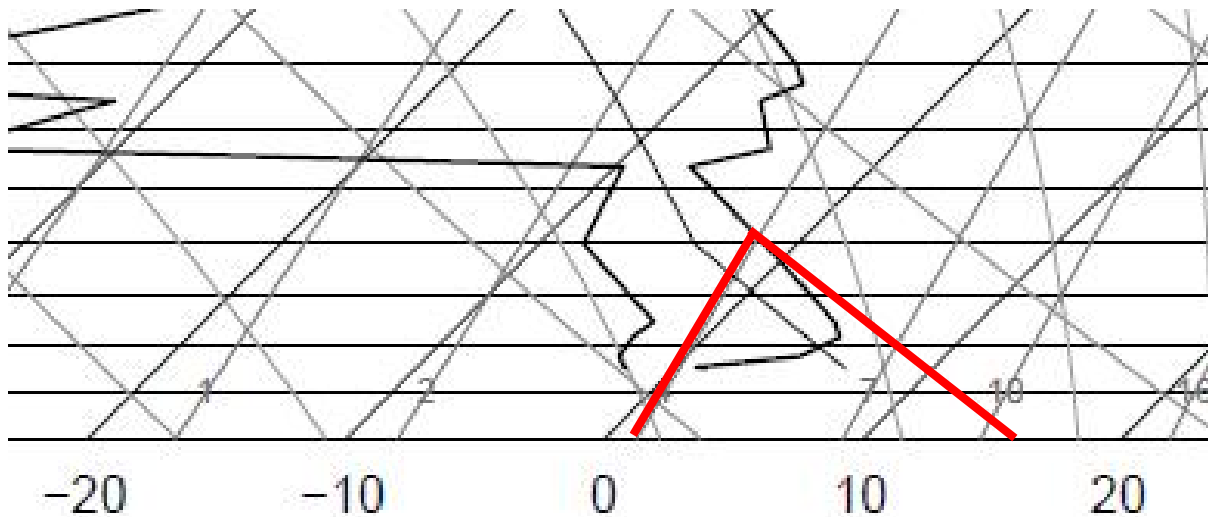


Abbildung 3.4.e: Wölkchen? (Bildquelle: University of Wyoming)¹⁸

Eine weitere Linie ausgehend von der Tiefsttemperatur entlang der Sättigungslinie schneidet die Temperaturkurve unterhalb 2000m, es wird also Wolken thermik geben, beginnend bei ca. 1400m. Die Cumulus-Auslösetemperatur am Boden beträgt dabei ca. 14°C, liegt somit nahe an der Maximaltemperatur, die Wölkchen kommen also eher spät. Der gezeigten Temperaturkurve zufolge wäre das ca. 12:00

Wenn wir hier nochmal die Faustformel aus 3.3.2 bemühen kämen wir mit den Werten auf eine anfängliche Basishöhe von $(14-2) \cdot 125 = 1500\text{m}$, kommt also ungefähr hin. Und wie geht's weiter?

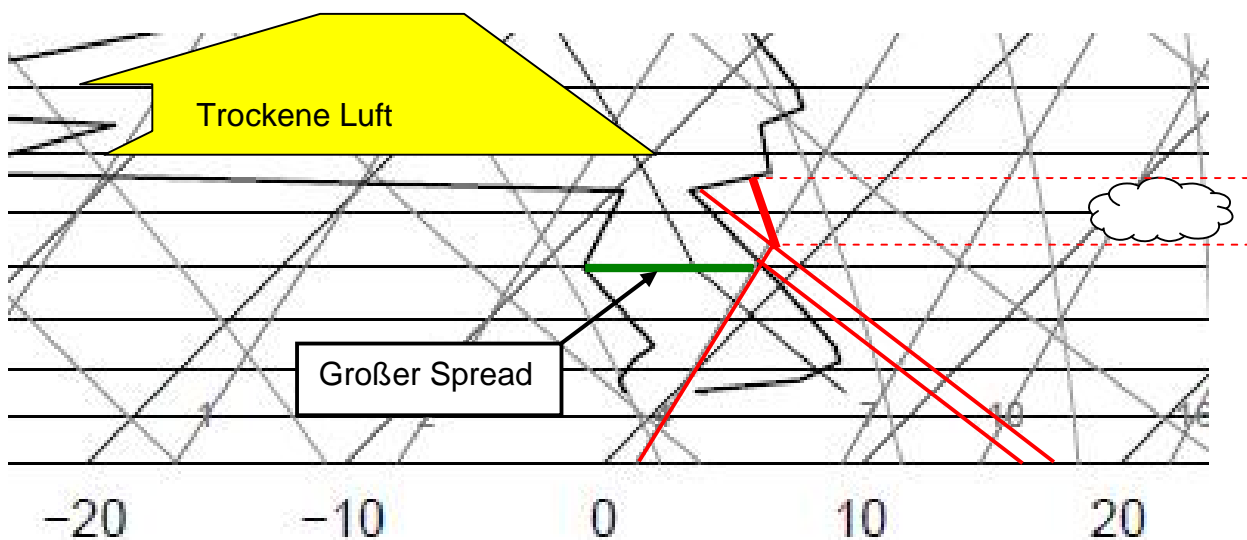


Abbildung 3.4.f: Überentwicklung? (Bildquelle: University of Wyoming)¹⁹

Um die Entwicklung des Tages einschätzen zu können sollten wir uns nun ein Bild machen, wie es nach Cumulus-Auslöse weitergeht: Hier sehen wir, dass das Wolkenwachstum durch eine deutliche Inversion gebremst wird, zusätzlich dazu herrscht in dieser Höhe auch trockene Luft vor, d.h. ggf. muss bei steigender Basis auch mit Abtrocknung und Wolkenauflösung gerechnet werden.

Wir fassen unsere Erkenntnisse aus dem Temp also zusammen:

- Thermikauslöse gegen 10:00,
- Gradientenstarke Thermik -> gut
- Cumulusauslöse ca. 12:00 -> Wolken thermik mit ca. anfangs 1/8 Bedeckungsgrad bei 1400m
- Schwache Winde aus unterschiedlichen Richtungen, in der Höhe Nord- Nordwest
- Keine Gefahr von Überentwicklungen
- Je nach Temperaturentwicklung (kleinräumig) ggf. Abtrocknung der Wolken

¹⁸ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/images/2011050400.10618.skewt.gif>

¹⁹ University of Wyoming: <http://weather.uwyo.edu/upperair/images/2011050400.10618.skewt.gif>

Nun haben wir den Punkt erreicht wo das Emagramm an seine Grenzen kommt, was nämlich nur in geringem Maß abzulesen ist, ist die tatsächliche Entwicklung der Schichtung und der Windsituation. Im Verlauf des Tages hier würde ich jetzt eine Frontenkarte und einen der bekannten ‚Mickey-Mouse-Wetterdienste‘ zu Rate ziehen (MeteoMedia, Windfinder, Wetter.com).

Was wir aus diesem Emagramm allerdings schon sehen, ist dass in der Höhe Luft aus nördlichen Richtungen zugeführt wird, was für die Thermikentwicklung meist ein gutes Zeichen ist, da diese Luft kalt und oft auch trocken (Festland) ist, anders als die bei uns vorherrschenden und eher feuchten westlichen Strömungen, diese Luft erhöht den Gradienten und verleiht der Thermik mehr ‚Wumms‘.

Mal sehen, wie zu dem Tag der DWD Segelflugwetterbericht aussah:

FXDL40 EDDS 1105040500
Deutscher Wetterdienst
Segelflugbericht für Baden-Württemberg
ausgegeben von der Luftfahrtberatungszentrale Süd
am Mittwoch, dem 04.05.2011 um 07.00 Uhr
gültig für Mittwoch, den 04.05.2011

Schlagzeile:
Gute bis sehr gute Wolken thermik.

Wetterlage:
Hochdruckeinfluss mit leichter Kaltluftzufuhr.

Wolken und Niederschlag:
Meist wolkenlos, in Oberschwaben und am Bodensee in der Früh Nebelfelder. Ab 10 Uhr bilden sich 1 Achtel Quellwolken mit Untergrenze in 1800 m. Die Untergrenze steigt auf 2300, im Bergland auf 2700 m.

Thermik:
Gute bis sehr gute Wolken thermik.

Thermikbeginn:
gegen 10 Uhr bei 8 Grad C

Thermikbeginn im Bergland in 800m:
gegen 9 Uhr bei 5 Grad C

Tageshöchsttemperatur:
14 bis 18 Grad C.

Thermikende:
voraussichtlich gegen 19 Uhr

Wetterwirksame Sperrschichten:
zwischen 3000 und 3200 m

Bodensicht:
50 km

Bodenwind:
Aus Nordost mit 5 bis 8 km/h. Ab Mittag Nordwest mit 10 bis 15 km/h.

Nullgradgrenze:
Von 1500 m auf 1700 m steigend.

Höhenwinde und Temperaturen für 14 Uhr:
1000 m 360 Grad 10 km/h 5 Grad C
1500 m 010 Grad 10 km/h 1 Grad C
2000 m vrb 10 km/h - 3 Grad C
3000 m 330 Grad 30 km/h - 8 Grad C

Besondere Hinweise und Warnungen:
keine

QNH:
um 07 Uhr in Stuttgart 1017 hPa

Tendenz:
steigend

Aussichten für den Folgetag:
Mäßige Blauthermik.

Bemerkungen:
Sonnenuntergang in Stuttgart 20.42 Uhr.
Alle Höhenangaben beziehen sich auf NN/MSL, alle Zeitangaben
auf gesetzliche Zeit.

Wir sehen: Im Grunde genommen lagen die Prognosen gar nicht so weit auseinander, warum der DWD hier etwas optimistischer ist, hat zwei Gründe:

- Zum Einen ist das der Segelflugbericht IMMER ;-)
- Zum anderen liegen andere Daten zugrunde, unsere Analyse beruhte auf dem Temp von Idar-Oberstein, der DWD errechnet die Daten für BaWü hauptsächlich vom Stuttgarter Temp und interpoliert dann.

Hier zeigt sich eine weitere Schwäche der Temp-Analyse: Die ermittelten Werte haben eigentlich nur für den speziellen Ort der Datenerfassung und den entsprechenden Zeitpunkt Gültigkeit, Verschiebungen in der Atmosphäre werden nicht abgebildet. Ebenso wird der Wetterballon natürlich mit dem Wind versetzt, so dass bei starkwindigen Tagen der tatsächliche Ort der Messung mit der Höhe stark driftet.

Unsere Prognose kann man lediglich dadurch optimieren, dass wir uns die richtige Station raussuchen, d.h. wenn keine Messung in unmittelbarer Nähe vorhanden ist die nächste Station luvseits vom geplanten Fluggebiet, in unseren Fällen meist Idar-Oberstein.

Als kleine Zusammenfassung nochmal kurz das Vorgehen bei der Temp-Analyse:

- Ermittlung von Thermikchancen und Gradient
- Ermittlung der Wolkenbasis / Arbeitshöhe
- Thermikentwicklung über die Zeitschiene bewerten
- Wettergefahren einschätzen
- Gegencheck mit zweiter Prognose (z.B. DWD)
- Fliegen gehen ;-)

4. Woher bekomme ich die entsprechenden Daten?

Der Vergleich mit dem DWD-Bericht zeigt: abhängig von der Datengrundlage kann eine zweite Analyse schon nochmal abweichen, in der Tendenz aber schlagen wir in die richtige Richtung. Um es hier vorwegzunehmen: Der Tag war besser als in unserer Analyse geahnt, über dem Schwarzwald ca. St. Georgen gab es tatsächlich Basisshöhen zwischen 2600 und 2700m, bei uns ging's bis auf ca. 2200m. Grund für die Abweichung ist in der Tat die Zufuhr trockener kalter Höhenluft, die die Bedingungen deutlich begünstigt hat.

Dank des Internet steht uns eine Unzahl von Daten zur Verfügung, teils sehr stark aufbereitet, teils roh, wobei auch die Wetterdienste und Prognosemodelle immer auf die gleichen Rohdaten zurückgreifen. Für das Vorgehen beim Wetterstudium folgt in diesem Kapitel eine kleine Auswahl von sinnvollen Surf-Tipps, anhand derer ich exemplarisch mein Vorgehen schildere:

4.1 Für den Überblick: Meteomedia und ‚Mickey-Mouse-Wetter‘

Um zu sehen, ob es generell tendenziell fliegbar ist, empfehlen sich sämtliche Anbieter aus der Reihe von wetter.com (www.wetter.de, donnerwetter.de, o.ä.) Einen Tick bessere Prognosen für die kommenden drei Tage bietet der Wetterdienst Meteomedia.de mit seinem großen Wetterstationsnetz.

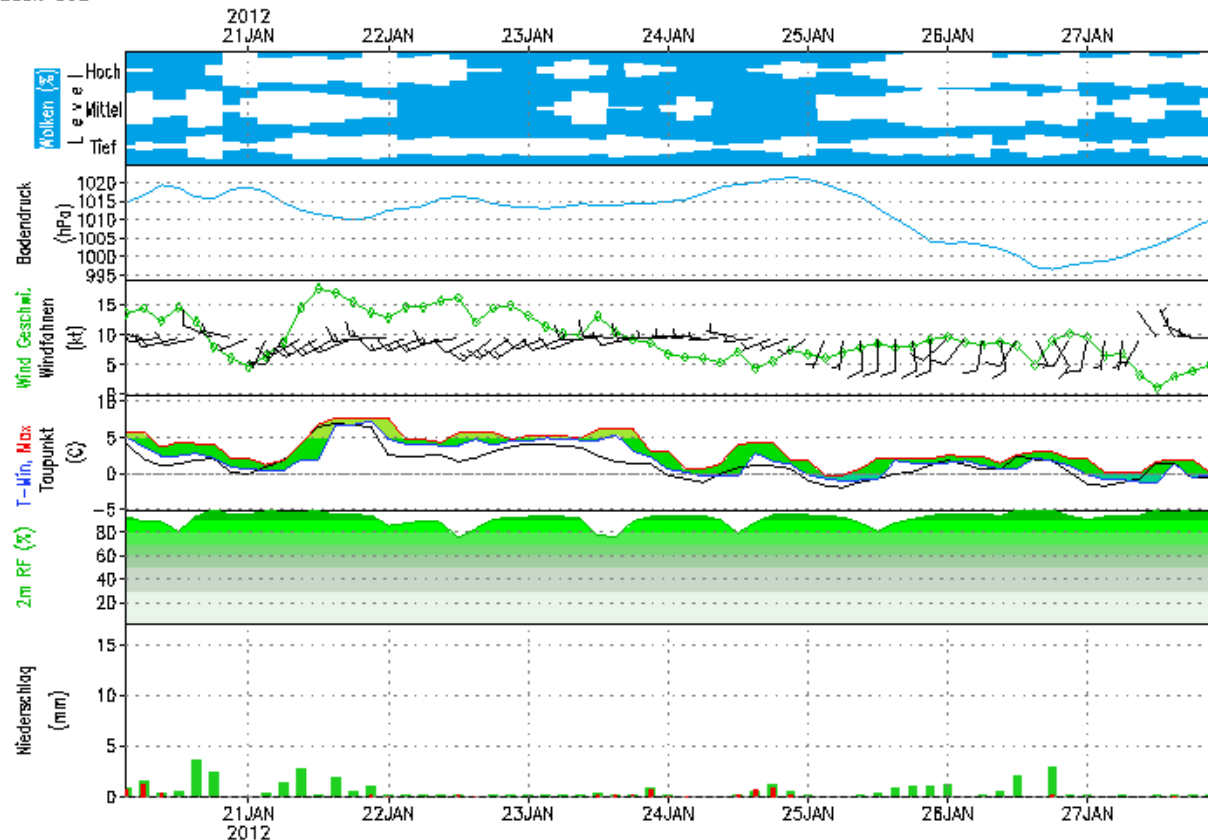
Hier können wir in der Wochenvorschau schon mal sehen, ob es regnen soll oder nicht, und ob Sturmwarnungen vorliegen.

Für einen fliegerisch detaillierten Überblick über mehr als den nächsten Tag bevorzuge ich Meteogramme wie wir sie z.B. bei der Wetterzentrale unter <http://www.wetterzentrale.de/topkarten> (-> Diagramme -> GFS 0,5° Mittel-Europa) finden kann. Die Darstellung für die kommenden Tage sieht dann z.B. so aus:

GFS – Meteogramm

Lon: 8.5 Lat: 49.5 Hgt: 156m

Lauf: 00Z



Sonnenaufgang heute 07:11 UTC
Sonnenuntergang heute 16:00 UTC

www.wetterzentrale.de

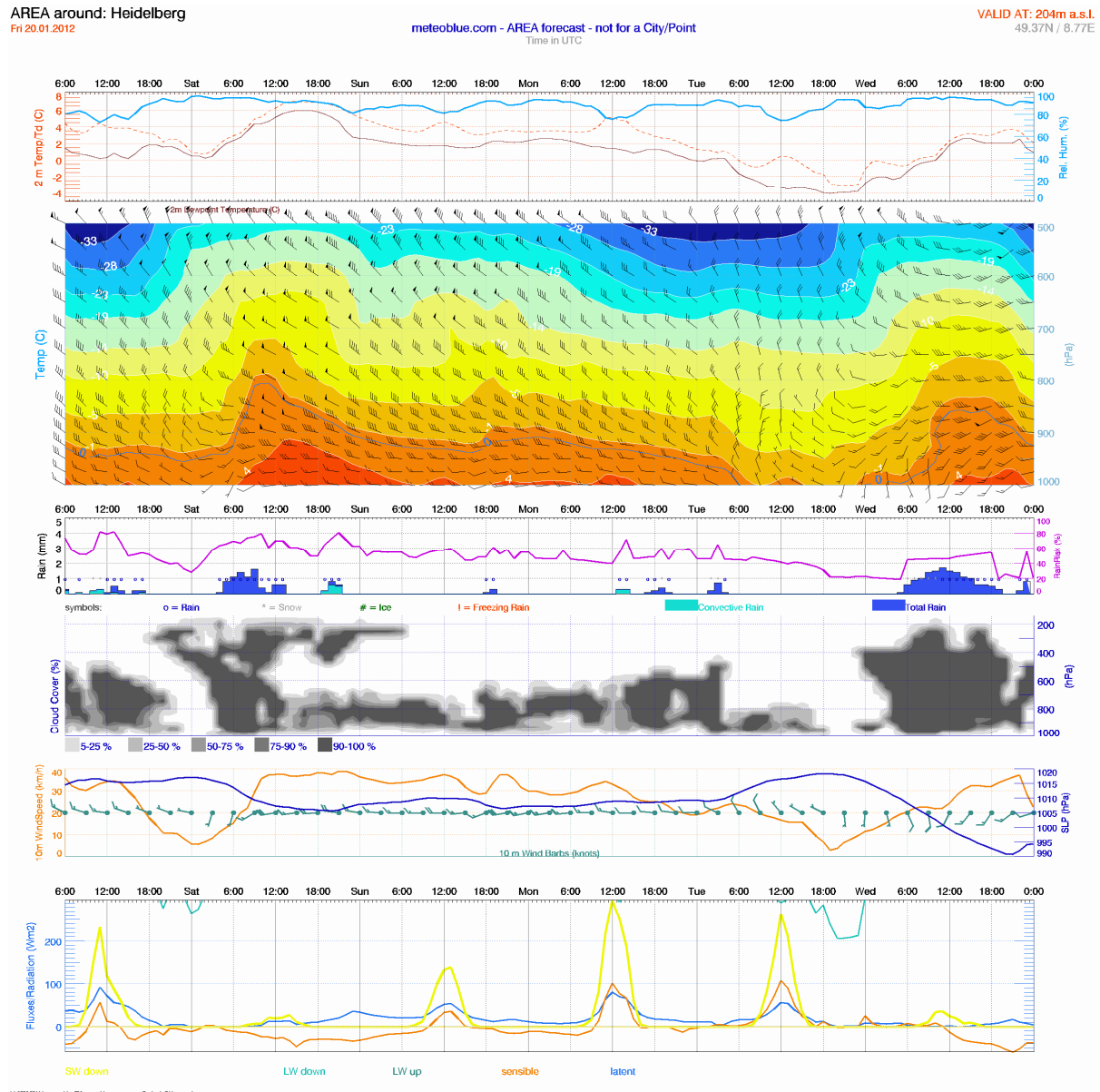
Abbildung 4.1.a: Meteogramm Wetterzentrale (Quelle: Wetterzentrale.de)²⁰

Dargestellt sehen wir folgende Daten im Verlauf:

- Bewölkung in den verschiedenen Stockwerken
- Bodendruck,
- Windrichtung und Geschwindigkeit
- Temperaturen und Taupunkt
- Regenwahrscheinlichkeit
- Prognostizierter Niederschlag

²⁰ Wetterzentrale.de: http://www.wetterzentrale.de/pics/MS_085495_g05.png

Aus meiner Sicht noch etwas intuitiver ist die Darstellung vom anmeldepflichtigen (aber kostenlosen) Wetterdienst Meteoblue (<http://my.meteoblue.com/my/>), die man zudem auf seinen ‚Flugspot‘ anpassen kann:



Zum einen finden ich die Darstellung des Bedeckungsgrades (ok, hier ist das Wetter eh eher schlecht...) gelungener, weiterhin ist aber auf einen Blick schon eine Tendenz in der Schichtung zu sehen: große Abstände zwischen den Farben deuten auf Stabilität hin, kleine auf Labilität. Weiterhin sind auch Windverhältnisse in größeren Höhen ersichtlich, sehr hilfreich für die Einschätzung der Fliegbarkeit.

4.2 Der Nutzen von Windfinder & Co

Eine Wetter-Seite, die von Fliegern häufig benutzt wird, ist [windfinder.com](http://www.windfinder.com). Ohne das Eingangszitat aus Kapitel 2.2 wiederholen zu wollen: Die Seite ist für eine Flugvorhersage nur mäßig zu gebrauchen. Der ‚fliegerische Wahrheitsgehalt‘ der Prognose entspricht ungefähr dem der generellen Wetterdienste, lediglich die optische Aufbereitung der Windwerte ist besser gelöst. Leider kann die

²¹ Meteoblue: <http://my.meteoblue.com/my/>

Prognose nicht sagen, wie sich der Wind auf Startplatzniveau, geschweige denn in größeren Höhen entwickeln wird.

Zum ‚mal eben reinschauen‘ taugt die Seite aber ganz gut, auch hier kann man zumindest Ausschlusskriterien (Sturm, Unwetter, Daurerregen) abprüfen. Um passende Bedingungen für's Groundhandling abzuspassen, ist der Windfinder natürlich enorm hilfreich ☺

4.3 Rohdaten zum Selbststudium

Für eine Thermikvorschau wie in Kapitel 3 vorgestellt bietet das Internet eine schier unüberschaubare Auswahl an Wetterseiten, da die Daten zur Aufbereitung frei zur Verfügung stehen. Es empfehlen sich für unseren Raum folgende Datenquellen:

Wetterzentrale:

Große Auswahl an Wetterkarten, Prognosen und Diagrammen sowie Zugriff auf ein umfangreiches Wetterarchiv. Hier finden sich auch die tagesaktuellen Temps unter ->Topkarten -> Beobachtungen -> Temps.

Temp-Prognosen sind auf dieser Seite leider nicht erhältlich, sehr brauchbar dagegen sind die verschiedenen Darstellungen und Prognosen der Bodendruck- und Frontenkarten unter Topkarten ->FAX. Hier bevorzuge ich die Sembach-Karten, da diese zum einen bunt (toll!) sind, zum anderen sowohl die Drucksituation als auch Bewölkung und Niederschläge zeigen.

Adresse: www.wetterzentrale.de

Meteoblue:

Hier ist insbesondere Interessant der anmeldepflichtige Dienst My Meteoblue. Hier stehen umfangreiche Wetterkarten und Analysetools zur Verfügung, deren Konfiguration jeder Nutzer selbst festlegen und für sich abspeichern kann. Aus dem Dienst ziehe ich sowohl die bereits gezeigten Meteogramme als auch die (natürlich interpolierten) Temps und Temp-Vorschauen für Heidelberg heraus, wenn ich einen Tag mal genauer betrachten will.

Adresse: <http://my.meteoblue.com>

University of Wyoming:

Diese amerikanische Universität liefert aktuelle Werte, unterhält aber vor allem auch ein sehr umfangreiches Archiv über verschiedenste weltweite Wetterdaten. So können Druckverteilungen, Temperaturkarten und Sondenaufstiege bis in die 70er Jahre hinein zurückverfolgt werden, gut für eine nachträgliche Analyse von besonders gelungenen oder auch in-die-Hose-gegangenen Flugtagen.

Adresse: <http://weather.uwyo.edu/upperair/europe.html>

4.4 Brauchbare Prognosen (DHV, Segelfugbericht, Rasp, ...)

Zur Überprüfung der selbstgebastelten Analysen oder aber um Tendenzen zu erkennen, bevor man sich an die Arbeit macht, gibt es zusätzlich ein paar interessante Seiten im Netz, auf denen gebrauchsfertige Flugwetterprognosen zur Verfügung gestellt werden:

DHV-Wetter:

Der DHV Meteorologe Volker Schwaniz stellt in der Flugsaison zweimal täglich aktualisierte Flugwetterprognosen für die kommenden Tage ins Netz. Grundsätzlich sind die Prognosen von den Einschätzungen her sehr gut, allerdings werden sie teilweise nicht aktuell gehalten. Weiterhin ist das Prognosegebiet Deutschland recht unscharf und grob aufgeteilt, was meist eine Detailanalyse im Nachgang erfordert. Zusätzlich zu den aufbereiteten Infos (die leider den Fokus sehr auf die Alpen setzen) finden sich auf der Seite jede Menge Links zu anderen Internetseiten und Wetterstationen, vorbeischaun lohnt sich also allemal

Adresse: <http://www.dhv.de/web/wetter/>

Segelflugwetterbericht des Deutschen Wetterdienstes:

Dürfte den meisten bekannt sein und liefert in der Regel eine recht gute, praxistaugliche Prognose, die zweimal täglich erscheint – einmal am Vorabend für den Folgetag, dann nochmal morgens früh für den aktuellen Tag. Oft ist dabei am Vortag die Prognose etwas zu optimistisch und wird dann ‚nach unten‘ korrigiert. Weiterhin ist zu beachten, dass, wenn es für Segelflieger ‚sehr gut‘ ist, für uns oft schon zu stark bzw. zu windig ist.

Adresse: www.dwd.de

RASP:

Eine Sonderstellung nimmt die RASP²² Prognose ein, die von dem kalifornischen Meteorologieprofessor und Segelflieger John W. Glendening speziell für Luftsportler kreiert wurde. Anders als z.B. Wetterzentrale oder Meteoblue arbeitet RASP nicht mit dem GFS-Wettermodell, das eine Berechnung der Wetterdaten anhand eines Rasters von ca. 50 km Maschenweite vornimmt, sondern berechnet auf verschiedenen Servern ein eigenes Rechenmodell, das in Mitteleuropa ca. 4 km Maschenweite besitzt, also ca. 100 mal so viele Punkte in die Berechnung mit einbezieht. RASP steht für ‚Regional Atmospheric Soaring Prediction‘ und liefert auf Basis dieses engmaschigen Rechenmodells unter Berücksichtigung orographischer Verhältnisse detaillierte Wetterprognosen. Das für uns interessante Prognosemodell heißt BLIP (Boundary Layer Information Prediction) und liefert für den aktuellen und kommenden Tag Informationen über zu erwartende Steigwerte, Wolkenbildung, Windstärken, Zerrissenheit von Thermikblasen, Arbeitshöhen und vieles andere, das ganze sogar für jede Stunde des Tages, d.h. auch Entwicklungen innerhalb des Flugtages lassen sich in etwa abschätzen. Weiterhin können interpolierte Temps zu verschiedenen Orten in Deutschland abgerufen werden. Am schönsten sind aber in meinen Augen die Kartendarstellungen, hier ein Beispiel für eine Verteilung der erwarteten Thermikstärke um 13:00 (Das Eigensinken ist dabei bereits abgezogen!):

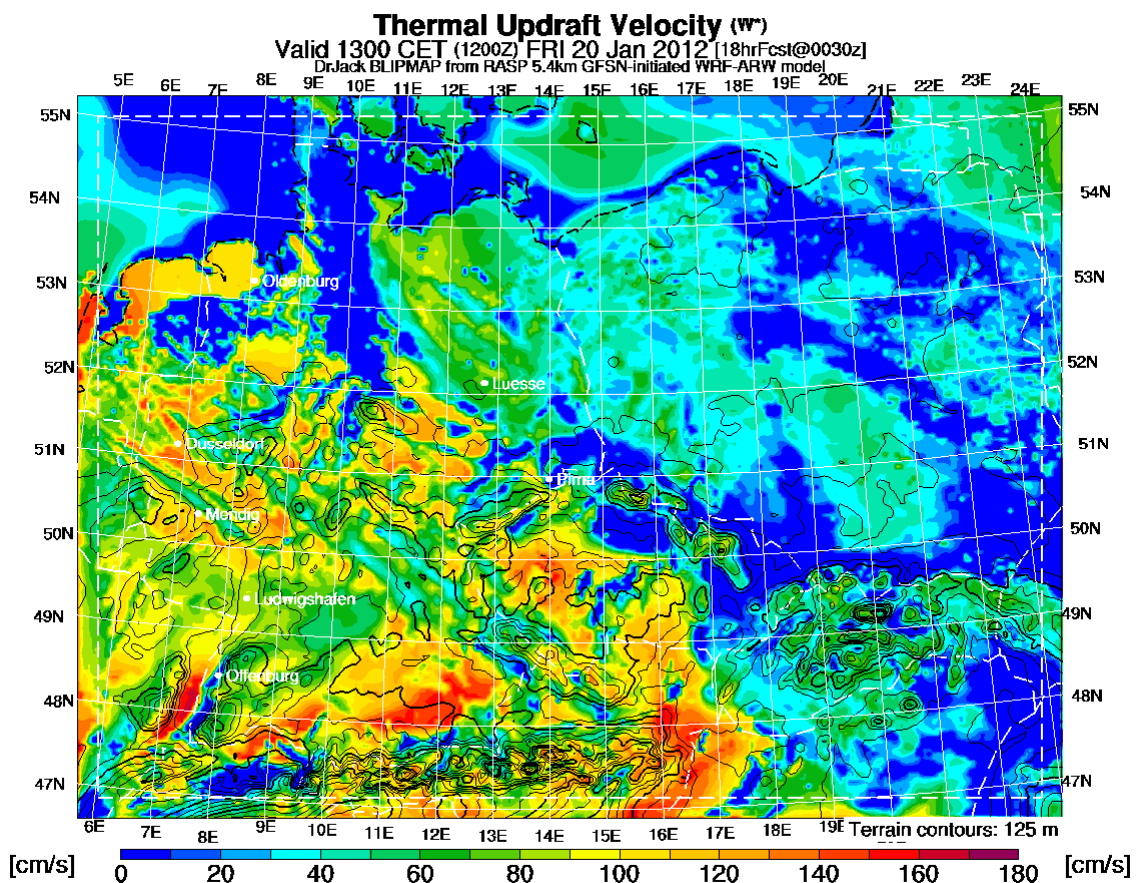


Abbildung 4.4.a: Thermikstärke nach RASP (Quelle: RASP Deutschland)²³

Leider ist die Anzahl der abzufragenden Parameter so groß, dass mehrere Karten begutachtet werden müssen, um eine klare Einschätzung zu treffen, im hier gezeigten Beispiel, das ja so schlecht nicht aussieht, handelt es sich zum Beispiel um einen stürmischen und sehr wechselhaften Wintertag unter Kaltfronteinfluß ;-)

Ich nutze den Dienst gerne, um meine eigenen Einschätzungen nochmal zu verifizieren oder eben Fehler zu finden.

Adresse: <http://rasp.linta.de/GERMANY/>

²² <http://www.drjack.info/RASP/>

²³ RASP Deutschland <http://rasp.linta.de/GERMANY/>

5. ‚DER‘ Tag: Wettercheck am Tag des Geschehens

In der Flugsaison schaue ich eigentlich täglich zumindest auf eines der Meteogramme – bevorzugt Meteoblue oder zumindest in den Windfinder / Mickey-Mouse Wetter, damit lassen sich ‚verdächtige‘ Tage schon mal ein paar Tage im Voraus ausmachen.

Sehen die Daten gut aus, schaue ich mir spätestens am Vortag die Temp-Vorschau und abends den Segelflugwetterbericht an, Meteoblue bietet sogar Temp-Vorschauen bis eine Woche im Voraus, auch wenn die Daten hier recht ‚weich‘ werden. Erhärtet sich mein ‚Flugverdacht‘, überprüfe ich meine Analyse der Temp-Vorschau mit dem Segelflugwetterbericht mit der BLIP Vorschau und fange schon mal an, den Folgetag terminlich freizuschaukeln ;-)

Noch einmal schlafen, und dann wird’s ernst: morgens stehen die aktuellen Wetterdaten (realen Temp und Segelflugwetterbericht checken) bereit zur letzten Analyse, und dann wäre da noch der alles entscheidende Reality-Check:

- Gibt es ausgeprägtes Morgenrot und ist damit die Atmosphäre zu feucht oder ist der morgen blau und klar?
- Ist es neblig oder wolkig?
- Wie kalt ist / war es?
- Entwickelt sich im Lauf des Vormittages das erwartete Wolkenbild oder zieht es zu?
- Was sagen die relevanten Windstationen am Berg?

Immer wieder muss ich dabei feststellen, dass es wichtig ist zur Interpretation der Werte ‚den Berg zu verstehen‘, und dass man die Daten unserer Wetterstationen meist nicht für bare Münze nehmen kann. So zeigen die Stationen meist zu wenig Wind an, der zusätzlich von der Richtung her durch die umgebende Geländeform kanalisiert ist.

6. Wohin zum fliegen - oder wohin fliegen?

Haben wir uns mit dem Wetter nun so eingehend beschäftigt, müssen wir nun entsprechend die Entscheidung treffen, an welchen Startplatz wir uns begeben wollen hierbei sollten wir folgende Kriterien abprüfen:

- welchen Wind brauche ich dort zum starten (minimale Stärke / Richtung)?
- Wieviel darf’s maximal sein?
- Bin ich auf Soaring-Bedingungen angewiesen oder kann ich mich auf die Thermik verlassen?
- Muss ich beim zu erwartenden Flug (freie Strecke!) gesperrte Lufträume berücksichtigen?
- Wie gut kann ich das Gebiet erreichen?
- Lohnt sich der Versuch in meinen Augen?

Gerade bei den letzten beiden Fragen zeigt sich, dass wir halt doch keine Berufspiloten sind, denn irgendwie müssen wir unsere Fliegerei ja auch noch mit Job und Familie vereinbaren...

Wenn es nun bei uns in der Kurpfalz für mich um die Entscheidung geht, an welchen Berg ich mich bewege, sieht der Entscheidungsbaum ca. so aus:

- Weht der Wind messbar aus östlichen Richtungen, ist Erlau (für den Odenwald-Cup) oder aber Oppenau angesagt, unter der Woche ist das aber kaum praktikabel.
- Weht der Wind mäßig bis grenzwertig aus westlichen Richtungen und ist die Thermikgüte fraglich, geht’s nach Schriesheim, hier kann man dann im Zweifel soaren, bis eine Ablösung kommt. Zum Wegfliegen ist hier bei Schwachen Bedingungen leider oft die Kontrollzone im Weg, da die stärksten Ablösungen dann genau in diesem Bereich zu finden sind...
- Weht der Wind schwach von fast egal woher und ist die Thermik gut vorausgesagt, ist der Königstuhl der Berg der Wahl, bei nord - nordwestlichem Einschlag sowieso auch bei mäßigem Wind, auch wenn wir nicht wissen, wie thermisch es wird.

Alle anderen Bedingungen (starker Nord-/ oder Südwind, keine Thermik, etc.) scheiden aufgrund der Auswahl an geeigneten Fluggebieten momentan zumindest bei mir leider aus. Dies hat auch damit zu tun, dass ich es für extrem hilfreich erachte, wenn man das Fluggebiet mit dem ÖPNV erreichen kann: Falls man dann auf Strecke geht und keine geschlossene Aufgabe fliegt, muss man nicht auch noch das Auto irgendwo einsammeln...

Sind wir dann aber nach der Beantwortung der unzähligen Fragen erstmal in der Luft, kommt die Stunde der Wahrheit: Geht's wirklich wie vorhergesagt?

Ich hoffe, ihr werdet in der kommenden Flugsaison mal das ein oder andere mal eine eigene Prognose wagen und etwas Spaß daran finden, es ist ein schönes Gefühl, am geplanten Tag an die Basis zu kurbeln und zu denken

,Ich liebe es, wenn ein Plan funktioniert'

Viel Erfolg,

Benjamin Moos

K-Team

7. Zusammenfassung und Weiterführende Informationen

Ich denke, die vorangegangenen Seiten haben gezeigt, was für enorme Möglichkeiten zur Vorab-Analyse wir aufgrund der im Internet bereitgestellten Informationsfülle haben, und dass man für eine ungefähre Flugwetterprognose kein Doktor der Meteorologie sein muss. Dennoch sind für eine verlässliche Aussage viele Kleinigkeiten zu beachten, die in meiner Betrachtung eventuell zu kurz gekommen sind, genauso wie es viele interessante Wetterindikatoren gibt, die relevante Fakten zum Thermikwetter kurz und bündig beleuchten. Als Beispiel sei hier nur der CAPE oder Konvektiv-Index genannt, der ein Maß für die Labilität der Atmosphäre liefert.

Oft genug liege ich mit meinen eigenen Einschätzungen auch falsch und frage mich danach, woran es geangen hat, ich sehe das einfach als eine Lernkurve, auf der ich euch hiermit gerne begrüßen möchte ;-)

Habt ihr noch nicht genug? Dann kann ich euch folgende Links empfehlen:

- www.dg-flugzeugbau.de/temp-analyse.ppt: Tem Seminar der DG Flugzeugbau
- http://www.drmreiber.de/Ve_Artikel_Pdf/Gleitschirmfliegen_in_der_Naehe_von_Wetterfronten.pdf: Wettergeschehen an Fronten
- http://www.bergbahnen-werfenweng.com/fileadmin/user_storage/downloads/temperaturgradient.pdf: Auszug aus Burkis Thermikbuch zum Thema Temperaturgradient
- Probieren geht über studieren: http://www.planet-wissen.de/wissen_interaktiv/wolken.jsp und im Menü auf ‚Wolkenlabor‘ gehen
- Wetter-Lexikon des DWD: <http://www.deutscher-wetterdienst.de/lexikon/index.htm> Hier findet ihr zu fast allen Begriffen eine einleuchtende Erklärung
- Alexander Kerschhofer's Alpenwetterfibel für Hänge- und Paragleiter: <http://www.kerschhofer.net/wetterkunde-paragleiter/index.html>

8. Glossar:

Cumulus-Auslöse:

Zeitpunkt, ab dem die Thermik hoch genug steigt um zu kondensieren und Thermikwolken zu bilden.

Feuchtadiabate:

Entlang dieser Temperaturkurve steigt feuchte Luft unter Kondensation auf, die Abkühlung beträgt dabei ca. 0,5 bis 0,7°C / 100m

Freie Athmosphäre:

Höhen oberhalb der Grenzschicht

Gradient:

Maß für die Abnahme der Temperatur mit steigender Höhe, angegeben in °C/100m siehe Abbildung 3.2.1.a

Grenzschicht (Boundary Layer):

Höhenband, in dem wir uns meist bewegen und in der Wind und Wetter maßgeblich von der Erdoberfläche beeinflusst werden (bis ca. 1,5 km Höhe)

Inversion:

Bereich, in dem mit zunehmender Höhe auch die Temperatur der Atmosphäre steigt, bedingt durch Warmluftzufuhr in der Höhe oder absinkende Luftmassen

Isotherme:

Linie gleicher Temperatur im Temp-Diagramm. Bei der Stüve-Darstellung verläuft diese senkrecht nach oben, in Skew-T, Emagramm o.ä. nach rechts geneigt.

Isothermie:

Bezeichnet einen Bereich in der Atmosphäre, in dem über größere Höhenschichten die gleiche Temperatur herrscht, d.h. ein sehr geringer Gradient gegen Null vorliegt.

Labilität:

Gradientenstarke Schichtung mit der Tendenz zu Turbulenzen und Überentwicklungen

Meteogramm:

Grafische Darstellung der Wetterentwicklung über mehrere Tage

Mischungsverhältnis:

Siehe Sättigungslinie

Sättigungslinie:

Entlang dieser Linie konstanten Mischungsverhältnisses verändert sich mit der Höhe der Taupunkt einer Luftmasse. Je höher die Luft steigt, umso höher wird deren Taupunkt (ca. 1°C/1000m)

Sounding:

Englisch für Sondenaufstieg, wird häufig synonym für Temps verwendet

Spread:

Differenz (in °C) zwischen Temperatur und Taupunkt in einer Höhe

Stabilität:

Geringer Gradient in der Atmosphäre, Thermische Entwicklung stark eingeschränkt oder gar völlig blockiert

Thermikauslöse:

Zeitpunkt, zu dem die aufsteigende Luft warm genug ist, um die Bodeninversion zu durchbrechen

Trockenadiabate:

Entlang dieser Temperaturkurve steigt Luft bis zum Erreichen ihres Taupunktes auf, es findet keine Kondensation statt. Die Abkühlung beträgt dabei ca. 1°C / 100m