

## Physikalische Hintergründe und Literaturstellen zum Beitrag „What goes up must come down - Der Kreislauf der Thermik“ im „segelfliegen-magazin“ 03/2018

Oliver Predelli, Braunschweig

Folgende Annahme: Die Thermik habe die Form einer „Blase“. Dabei komme es zu keinem Gasaustausch mit der Umgebung. Sie sei leichter als die Umgebungsluft und steige ähnlich einem Gasballon vom Boden auf. Volumen und Form der Thermikblase seien während des Aufstiegs hinreichend konstant. Die Änderung der Steiggeschwindigkeit sei vernachlässigbar klein.

Auf die Thermikblase wirken Auftriebs-, Gewicht- und Widerstandskraft im Gleichgewicht:

$$F_A = F_G + F_W \quad , \quad (1)$$

mit

$$F_A = \rho_{Lu} \cdot V_{Th} \cdot g \quad , \quad F_G = \rho_{Th} \cdot V_{Th} \cdot g \quad , \quad F_W = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A_{Th} \cdot \rho_{Lu} \cdot w^2 \quad . \quad (2), (3), (4)$$

Durch Einsetzen, Umformen und Einführen des konstanten Parameters

$$A = \frac{2 \cdot g \cdot V_{Th}}{c_w \cdot A_{Th}} \quad (5)$$

und  $w = w_{Th}$  erhält man die Gleichung für die Auftriebsgeschwindigkeit:

$$w_{Th} = \sqrt{A \cdot \frac{\rho_{Lu} - \rho_{Th}}{\rho_{Lu}}} \quad . \quad (6)$$

Mit der stark vereinfachenden Annahme, die Thermikblase habe die Form einer Kugel mit  $A_{Th} = \pi \cdot r_{Th}^2$ ,  $V_{Th} = 4/3 \cdot \pi \cdot r_{Th}^3$  und  $c_w = 0,45$ , dann ist

$$w_{Th} = \sqrt{58 \cdot r_{Th} \cdot \frac{\rho_{Lu} - \rho_{Th}}{\rho_{Lu}}} \quad . \quad (7)$$

Bei einem  $r_{Th} = 150$  m und  $c_w = 0,45$  ergibt sich ein  $A = 8.720$  m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.

Die Auftriebsgeschwindigkeit  $w$  berechnet sich somit unmittelbar aus der Dichte der Umgebungsluft und der Dichte der Luft innerhalb der Thermikblase.

Bewegt sich ein Luftpaket nicht wie eine Thermik aufwärts, sondern abwärts, gilt statt Gl. 1:

$$F_G = F_A + F_W \quad , \quad (8)$$

woraus analog zu oben folgt

$$w_{Ab} = \sqrt{A \cdot \frac{\rho_{Ab} - \rho_{Lu}}{\rho_{Ab}}} \quad . \quad (9)$$

Wohlgermerkt,  $w_{Th}$  ist die Geschwindigkeit eines aufsteigenden Luftpaketes vom Boden in Richtung Basis,  $w_{Ab}$  ist die Geschwindigkeit

Im mathematischen Abhang zum „**segelfliegen-magazin**“ **Nr. 3, 2017** findet sich die weitere Herleitung der **vereinfachte Thermik-Formel**, mit der allein über die Lufttemperatur, die Taupunkttemperatur der Thermik und die Taupunkttemperatur der Luft die Stärke der Thermik in ihrer jeweiligen Höhe aus einem Temp abgelesen werden kann ([http://www.segelfliegen-magazin.de/wp-content/uploads/2013/12/Thermikprognose-mit-Temps\\_Gleichung.pdf](http://www.segelfliegen-magazin.de/wp-content/uploads/2013/12/Thermikprognose-mit-Temps_Gleichung.pdf)):

$$w_{Th} \approx 5,6 \text{ m/s} \cdot \sqrt{\frac{1,1^{(\tau_{Th}-\tau_{Lu})/^{\circ}\text{C}} - 1}{1,1^{(\vartheta_{Lu}-\tau_{Lu})/^{\circ}\text{C}}}} . \quad (10)$$

### Formelzeichen

$F_A$	Auftriebskraft eines Luftpaketes in N
$F_G$	Gewichtskraft eines Luftpaketes in N
$F_W$	gegen die Bewegungsrichtung des Luftpaketes wirkende Widerstandskraft in N
$\rho_{Lu}$	Dichte der Umgebungsluft in $\text{kg/m}^3$
$\rho_{Th}$	Dichte der Luft in der Thermikblase in $\text{kg/m}^3$
$\rho_{Ab}$	Dichte der Luft in einem absinkenden Luftpalet in $\text{kg/m}^3$
$g$	Erdbeschleunigung in $\text{m/s}^2$
$V_{Th}$	Volumen der Thermikblase in $\text{m}^3$
$A_{Th}$	Für die Widerstandskraft relevante Querschnittsfläche der Thermikblase in $\text{m}^2$
$c_w$	Widerstandsbeiwert der aufsteigenden Thermikblase
$r_{Th}$	Radius einer kugelförmig angenommenen Thermikblase
$w_{Th}$	Aufstiegsgeschwindigkeit der Thermikblase in $\text{m/s}$
$w_{Ab}$	Geschwindigkeit eines absinkenden Luftpaketes in $\text{m/s}$
$\vartheta_{Lu}$	Temperatur der Umgebungsluft in $^{\circ}\text{C}$
$\tau_{Lu}$	Taupunkttemperatur der Umgebungsluft in $^{\circ}\text{C}$
$\tau_{Th}$	Taupunkttemperatur der Thermikblase in $^{\circ}\text{C}$

### Internet-Quellen für Temps

Freeware-Software zur Visualisierung von GFS-Modelldaten:  
[www.zygrib.org](http://www.zygrib.org)

Weltweite Daten von Radiosonden-Aufstiegen:  
<http://weather.uwyo.edu/upperair/europe.html>  
[http://meteocentre.com/radiosonde/get\\_sounding.php](http://meteocentre.com/radiosonde/get_sounding.php)

Beschreibung des GFS-Wettermodells:  
<https://catalog.data.gov/dataset/global-forecast-system-gfs-0-5-deg>

## Literatur

- [1] Wallace, John M.; Hobbs, Peter V.: Atmospheric Science : An Introductory Survey, Chapter 3: Atmospheric Thermodynamics. 2. Auflage. Burlington, USA : Elsevier Inc., 2006
- [2] Wallace, John M.; Hobbs, Peter V.: Atmospheric Science : An Introductory Survey, Chapter 6: Cloud Microphysics. 2. Auflage. Burlington, USA : Elsevier Inc., 2006
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Mollier-h-x-Diagramm>
- [4] [https://www.gribble.org/cycling/air\\_density.html](https://www.gribble.org/cycling/air_density.html)
- [5] <ftp://nomads.ncdc.noaa.gov/GFS/Grid3/>
- [6] Kiessling, Albert: Warmluftthermik in der Kalahari. In: segelfliegen, Nr. 2, 2018, S. 42ff
- [7] Craven, Jeffrey P., Jewell, Ryan E.: Comparison between Observed Convective Cloud-Base Heights and Lifting Condensation Level for Two Different Lifted Parcels. In: Weather and Forecasting, Volume 17, No. 4, August 2002, S. 885 ff
- [8] Berg, Larry K., Kassianov, Evgueni: Temporal Variability of Fair-Weather Cumulus Statistics at the ACRF SGP Site. In: Journal of Climate, Volume 21, No. 13, Juli 2008, S. 3344 ff
- [9] Bretherton, Christopher S., et al.: Southeast Pacific stratocumulus clouds, precipitation and boundary layer structure sampled along 20 S during VOCALS-REx. In: Atmospheric Chemistry and Physics, 10, 10639–10654, 2010
- [10] Klingebiel, Marcus: Barbados Cloud Observatory: The detection of weak Radar reflectivity signals below shallow cumulus clouds. In: Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-4613, 2017
- [11] Hirsch, E., et al.: Perturbations in relative humidity in the boundary layer represent a possible mechanism for the formation of small Title Page Abstract Introduction convective clouds. In: Atmospheric Chemistry and Physics Discuss., 13, 28729–28749, 2013
- [12] Betts, Alan K.: Modelling Subcloud Layer Structure and Interaction with a Shallow Cumulus Layer. In: Journal of the Atmospheric Science, Volume 33, Dezember 1976, S. 2363 ff
- [13] Bretherton, Christopher S.: Lecture 17. Dynamics of shallow cumulus boundary layers. Heruntergeladen am 05.03.2018 von <https://atmos.washington.edu/~breth/classes/AS547/lect/lect17.pdf>
- [14] Rampe, G.: Wolken ohne Hebung. Heruntergeladen am 25.01.2017 von <http://www.wetterklima.de/flug/temp/clouds.htm>
- [15] <https://www.onlinecontest.org>
- [16] Predelli, Oliver: Thermikprognose mit Temps. In: segelfliegen, Nr. 3, 2017, S. 24 ff

## Anhang

Die Folgeseiten zeigen Fluganalysen mit Hilfe der obigen Gl. 6 bzw. Gl. 7.

Die Flugdaten stammen aus der OLC-Datenbank (Flugnummer ist angegeben).

„Steigwert“ wird aus den Flugdaten ermittelt.

„Luftmassensteigen“ ist „Steigwert“ plus ein angenommenes Eigensinken des Flugzeuges.

„w\_Th“ ist das mit obiger Formel berechnete Steigen.

Temperaturen entstammen dem Temp.

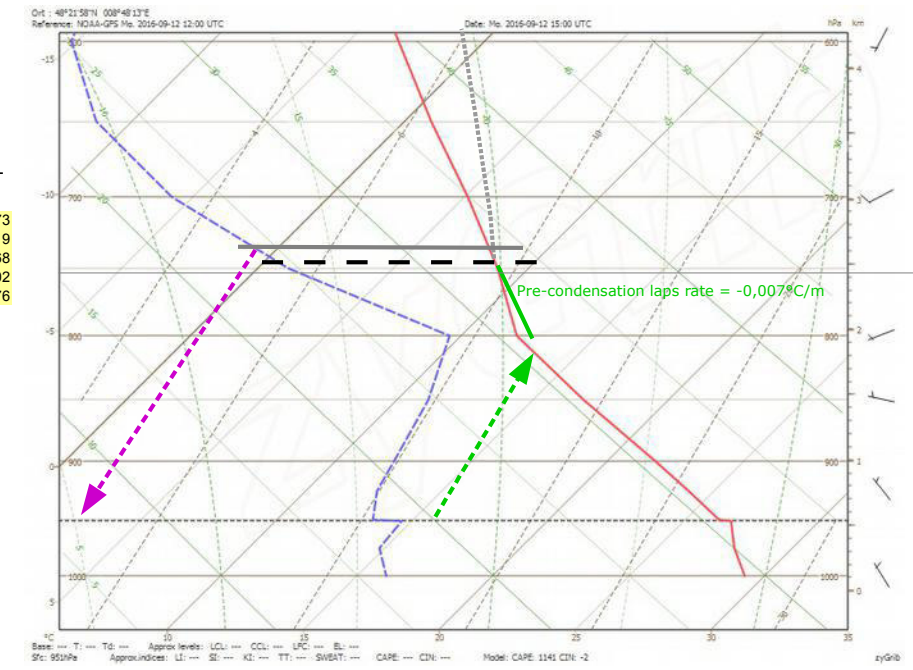
Daraus wurden die Dichten von Luft, Thermik und Abwind berechnet.

Abweichungen zwischen „w\_Th“ und „Luftmassensteigen“ zeigten die Qualität der Berechnung.

Die Temps stammen aus dem GFS-Modell, die Visualisierung erfolgt mit zyGrib.

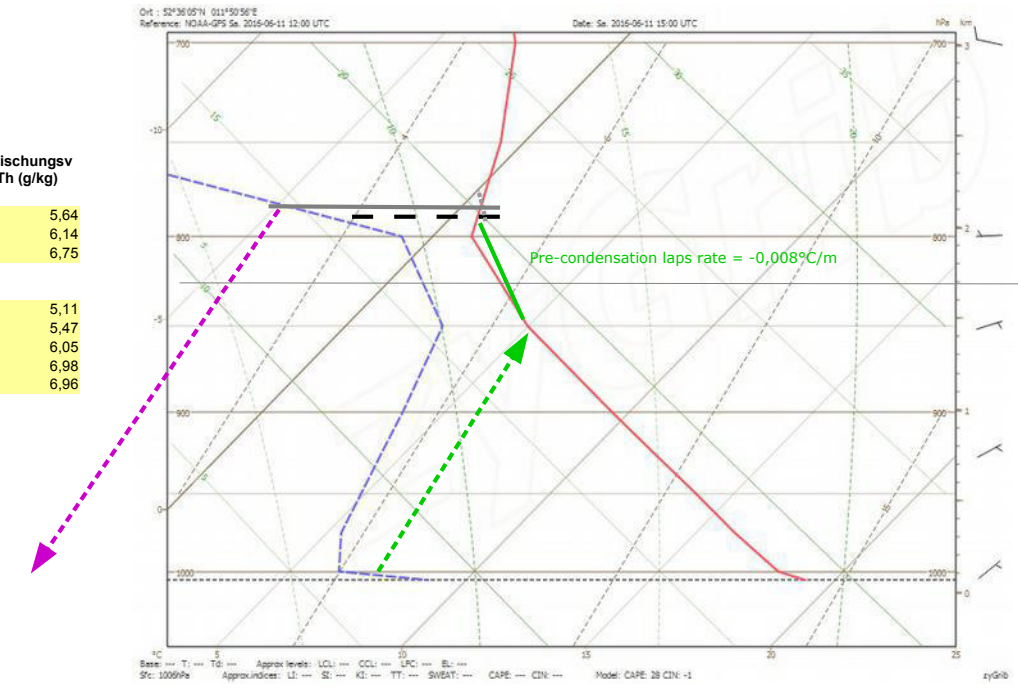
OLC 5426287  
 Datum 12.09.16  
 Uhrzeit 15 UTC  
 Ort bei Haigerloch

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	Mischungsv_Th (g/kg)	
2278	13:16:24	2415	13:17:15	2347	2,7	3,2	9,5	3,1	9,45	9,45	-0,41	761	0,9347	0,9330	5696,2	98	3,9	0,9355	2,7	9,73	
2151	13:15:33	2278	13:16:24	2215	2,5	3,0	10,4	5,2	10,38	10,38	-0,20	774	0,9470	0,9452	4744,1	82	4,0	0,9483	3,5	10,19	
2000	13:14:42	2151	13:15:33	2076	3,0	3,5	11,2	7,5	11,35	11,35	0,03	788	0,9600	0,9581	6212,5	107	4,1	0,9620	4,2	10,68	
1891	13:13:52	2000	13:14:42	1946	2,2	2,7	12,0	9,6	12,04	12,04	0,23	800	0,9722	0,9712	7216,3	124	2,9	0,9748	4,9	11,02	
1752	13:13:01	1891	13:13:52	1822	2,7	3,2	13,3	10,0	13,27	13,27	0,43	813	0,9829	0,9815	7477,5	129	3,5	0,9856	4,9	11,76	
								am Boden	0,0	15,7	2,5										



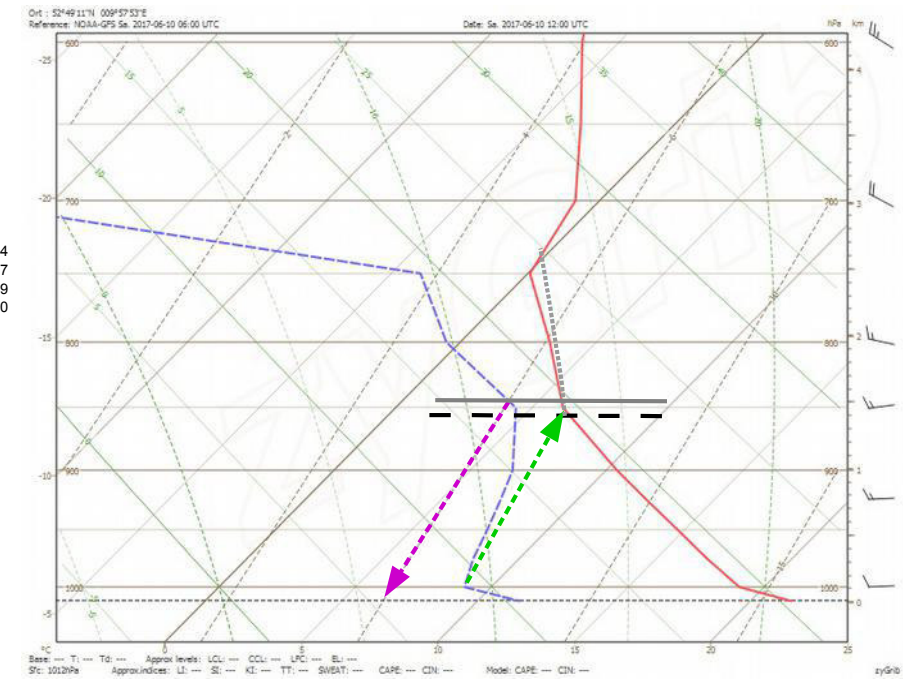
OLC 5123491 5121378  
 Datum 11.06.16 11.06.16  
 Uhrzeit 14 UTC 14 UTC  
 Ort bei Stendalbei Stendal

Höhe unten (m)	Höhe oben (m)	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	Mischungsv_Th (g/kg)		
1791	13:49:24	1977	13:50:04	1884	4,7	5,2	1,6	-0,3	2,46	2,46	-17,91	806	1,0197	1,0159	7180,4	124	5,7	1,0218	4,3	5,64
1593	13:48:44	1791	13:49:24	1692	5,0	5,5	3,1	1,0	4,00	4,00	-17,60	826	1,0382	1,0342	7796,9	134	5,8	1,0406	4,5	6,14
1201	13:47:25	1404	13:48:05	1303	5,1	5,6	6,5	3,1	6,49	6,02	-16,98	866	1,0756	1,0748	40584,3	698	2,6	1,0784	4,8	6,75
am Boden:					0,0	8,0	-15,0													
1977	14:03:57	2014	14:04:25	1996	1,3	1,8	0,9	-1,9	0,90	0,90	-4,09	795	1,0084	1,0080	8375,0	144	1,9	1,0088	1,8	5,11
1765	14:02:03	1920	14:03:28	1843	1,8	2,3	1,9	0,0	2,12	2,12	-3,84	811	1,0236	1,0225	4807,6	83	3,1	1,0244	2,5	5,47
1476	14:00:09	1765	14:02:03	1621	2,5	3,0	3,7	1,5	3,90	3,90	-3,49	833	1,0451	1,0438	7304,4	126	3,3	1,0461	2,9	6,05
1017	13:56:50	1414	13:59:41	1216	2,3	2,8	7,3	3,3	7,32	6,66	-2,84	876	1,0838	1,0829	8919,9	153	2,8	1,0851	3,2	6,98
858	13:55:25	953	13:56:22	906	1,7	2,2	10,3	4,0	10,31	7,15	-2,35	909	1,1135	1,1126	5627,0	97	2,7	1,1149	3,3	6,96
am Boden:					0,0	8,5	-1,0													



OLC 5819207  
 Datum 11.06.16  
 Uhrzeit 13 UTC  
 Ort bei Ummern

Höhe unten (m)	Höhe oben (m)	Zeit unten	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	
998	13:15:41	1116	13:18:09	1057	0,8	1,3	9,8	6,2	9,8	7,3	5,32	893	1,0946	1,0943	5440,9	94	1,6	1,0949	1,4	
779	13:13:13	974	13:15:23	877	1,5	2,0	11,5	6,8	11,5	7,6	5,61	912	1,1120	1,1118	19409,5	334	1,3	1,1124	1,7	
546	13:09:31	755	13:12:54	651	1,0	1,5	13,7	7,5	13,7	7,9	5,97	938	1,1340	1,1339	19267,0	331	1,0	1,1345	1,9	
494	13:08:17	546	13:09:31	520	0,7	1,2	14,9	7,8	14,9	8,1	6,18	952	1,1469	1,1468	17651,7	304	0,8	1,1474	2,0	
							am Boden	0,0	9,0	7,0										



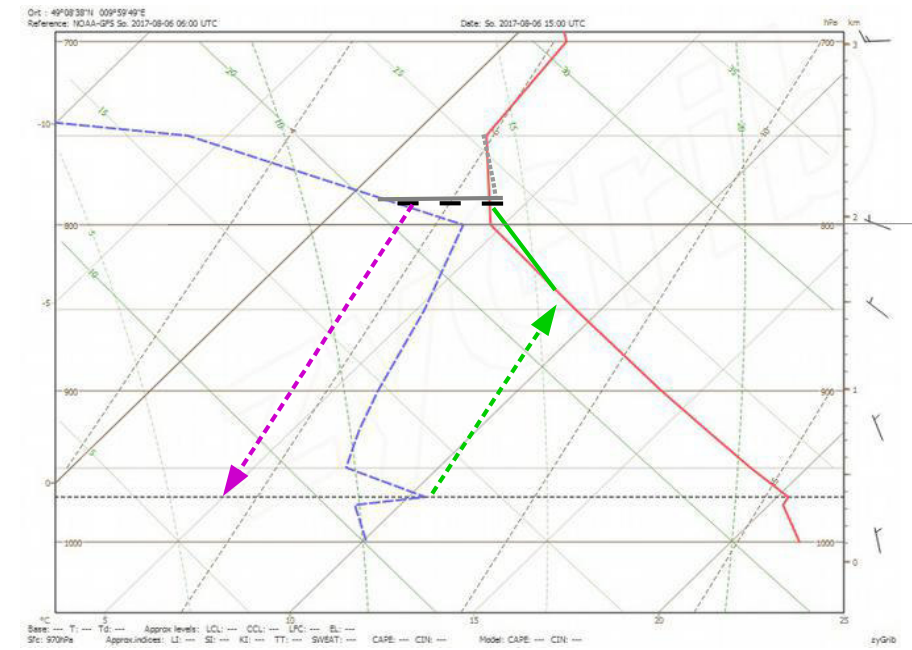




OLC 6030764  
 Datum 06.08.17  
 Uhrzeit 15:50 UTC  
 Ort bei Crailsheim

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)
1946	15:49:57	1966	15:50:27	1956	0,7	1,4	4,6	3,8	4,60	4,60	2,46	799	0,9989	0,9985	5355,3	92	1,7	0,9992	1,7
1707	15:47:28	1946	15:49:57	1827	1,6	2,3	5,8	4,2	5,90	5,90	2,67	812	1,0106	1,0096	5706,0	98	2,8	1,0110	1,9
1452	15:44:30	1707	15:47:28	1580	1,4	2,1	8,1	4,9	8,13	8,13	3,06	837	1,0330	1,0320	4614,1	79	2,9	1,0335	2,0
1358	15:43:31	1452	15:44:30	1405	1,6	2,3	9,8	5,3	9,82	8,84	3,34	855	1,0491	1,0479	4854,1	83	3,1	1,0496	2,1
1227	15:42:01	1358	15:43:31	1293	1,5	2,2	10,9	5,6	10,92	9,02	3,52	867	1,0595	1,0583	4367,6	75	3,0	1,0600	2,1
								am Boden	0,0	10,5	5,0								

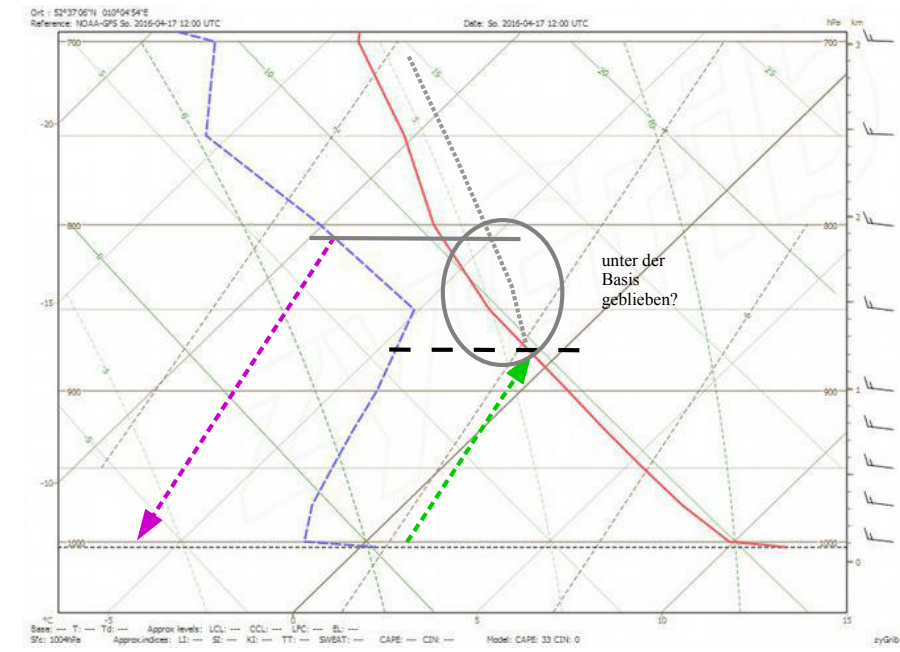
rmel



OLC 670585103  
 Datum 17.04.16  
 Uhrzeit 11:11 UTC  
 Ort bei Celle

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th (°C)	Tau_Ab (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)
1181	11:12:27	1268	11:13:12	1225	1,9	2,2	-1,0	-4,6	-0,96	-0,96	-8,83	875	1,1172	1,1166	8633,8	149	2,2	1,1178	2,1
1021	11:11:42	1181	11:12:27	1101	3,6	3,9	0,2	-4,2	0,17	0,17	-8,63	888	1,1294	1,1286	20376,5	350	2,5	1,1300	2,2
973	11:11:27	1021	11:11:42	997	3,2	3,5	1,1	-3,9	1,12	0,53	-8,47	899	1,1398	1,1389	16364,5	281	2,6	1,1404	2,2
799	11:10:11	973	11:11:27	886	2,3	2,6	2,2	-3,7	2,15	0,71	-8,29	911	1,1509	1,1500	9020,8	155	2,5	1,1515	2,2
603	11:08:56	759	11:09:56	681	2,6	2,9	4,1	-3,3	4,07	1,04	-7,96	934	1,1715	1,1707	11517,7	198	2,5	1,1722	2,2
							am Boden:		0,0	2,0	-7,0								

rmel

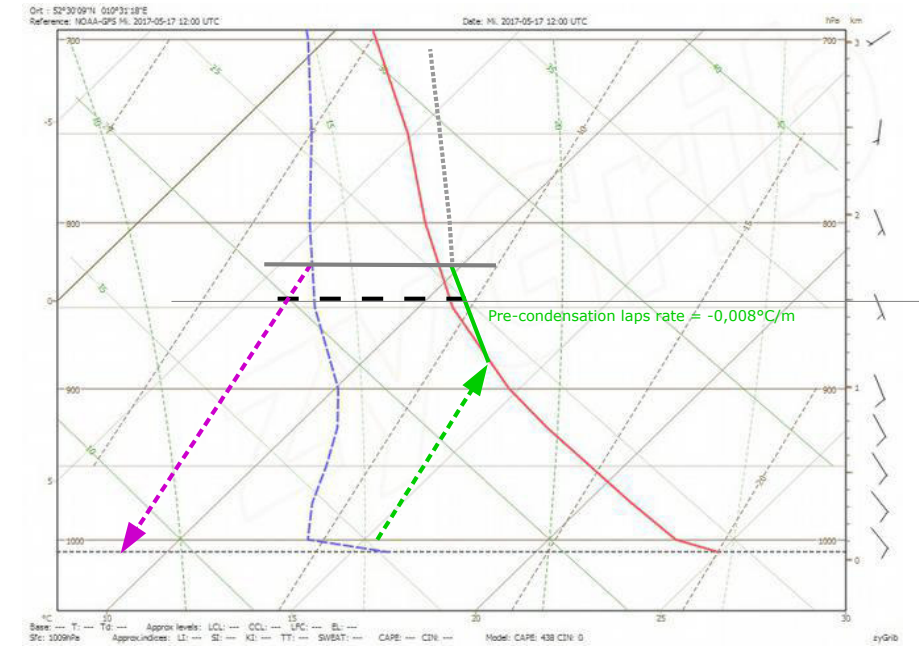


OLC 5705354  
 Datum 17.05.17  
 Uhrzeit 12:20 UTC  
 Ort Wilsche

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	Mischungsv_Th (g/kg)	
1466	12:22:38	1485	12:22:51	1476	1,5	2,0	10,79	7,11	10,78	10,78	5,70	848	1,0359	1,0346	3079,3	53	3,3	1,0363	1,9	9,56	
1308	12:21:23	1449	12:22:26	1379	2,2	2,7	11,54	7,69	11,56	11,56	5,86	858	1,0454	1,0439	5227,2	90	3,5	1,0460	2,2	10,05	
1145	12:19:56	1308	12:21:23	1227	1,9	2,4	12,77	8,63	12,77	12,77	6,10	874	1,0602	1,0585	3645,3	63	3,7	1,0610	2,6	10,59	
1002	12:18:53	1145	12:19:56	1074	2,3	2,8	14,01	9,58	14,01	13,84	6,34	891	1,0752	1,0734	4625,7	80	3,8	1,0763	3,0	11,14	
857	12:17:51	976	12:18:41	917	2,4	2,9	15,28	10,55	15,28	14,10	6,60	908	1,0907	1,0892	5919,9	102	3,5	1,0921	3,3	11,12	
766	12:17:01	857	12:17:51	812	1,8	2,3	16,34	10,88	16,34	14,26	6,76	920	1,1006	1,0991	4024,8	69	3,4	1,1020	3,4	11,09	
671	12:15:59	739	12:16:48	705	1,4	1,9	17,37	11,31	17,37	14,43	6,93	931	1,1108	1,1094	2868,9	49	3,3	1,1123	3,5	11,08	
am Boden:								0,0	15,5	8,0											

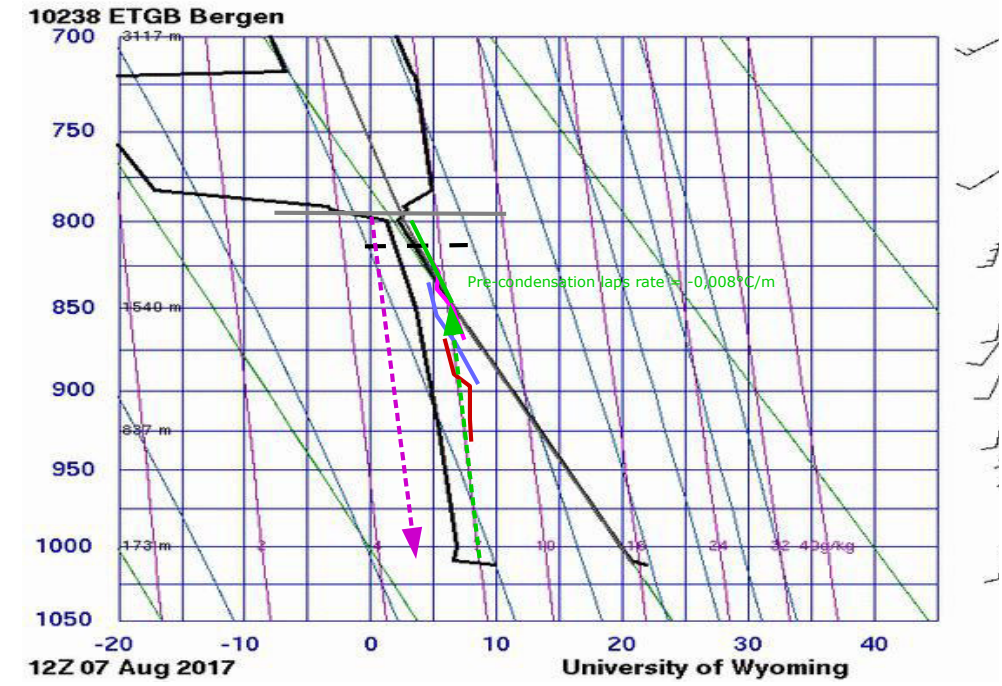
0,008

rmel



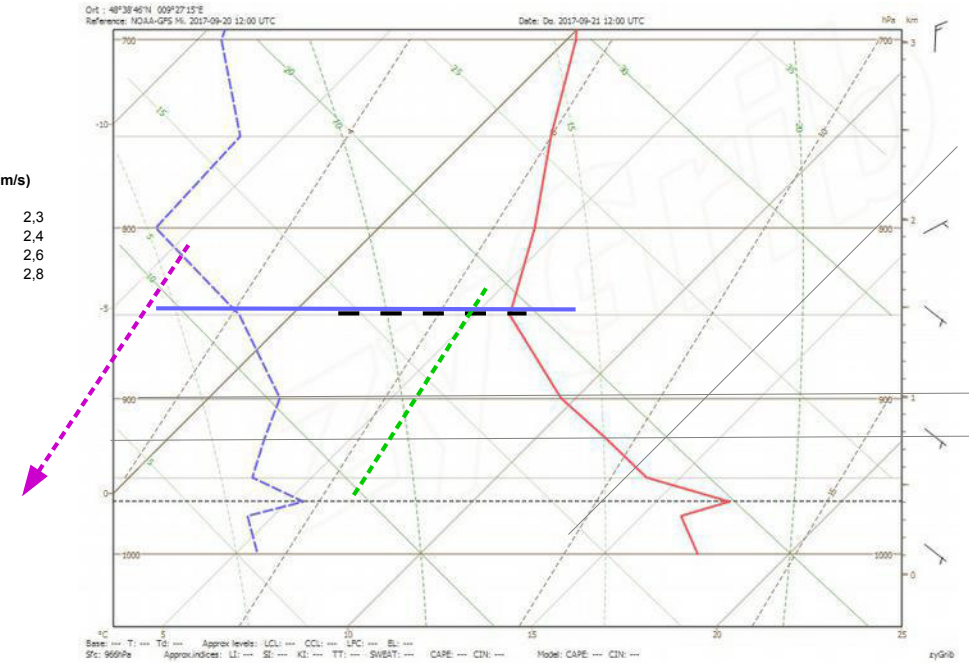
OLC 6035794  
 Datum 07.08.17  
 Uhrzeit 13:12, 13:42, 14:00  
 Ort bei Wilsche

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp (°C)	Tau_Lu (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)		
1656	13:14:35	1758	13:15:23	1707	2,1	2,6	4,4	2,4	4,50	4,50	-0,71	824	1,0312	1,0303	7581,0	130	2,8	1,0319	2,4	
1587	13:14:02	1656	13:14:35	1622	2,1	2,6	5,1	2,8	5,18	5,18	-0,58	833	1,0393	1,0385	8513,5	146	2,6	1,0401	2,5	
1504	13:13:14	1587	13:14:02	1546	1,7	2,2	5,8	3,2	5,79	5,79	-0,46	841	1,0465	1,0458	7250,6	125	2,4	1,0474	2,6	
1312	13:11:36	1443	13:12:41	1378	2,0	2,5	9,0	3,8	8,99	6,81	-0,19	858	1,0561	1,0552	7653,9	132	2,7	1,0570	2,8	
1142	13:10:15	1281	13:11:20	1212	2,1	2,6	9,0	4,2	9,00	7,08	0,08	876	1,0776	1,0768	8923,5	153	2,6	1,0786	2,8	
am Boden:											0,0	9,0	2,0							
1131	13:45:23	1276	13:47:00	1204	1,5	2,0	9,1	4,3	9,08	6,09	2,09	877	1,0784	1,0779	8163,2	140	2,1	1,0790	2,1	
1024	13:44:02	1116	13:45:07	1070	1,4	1,9	10,4	4,6	10,38	6,30	2,30	891	1,0910	1,0905	8170,5	141	2,0	1,0916	2,2	
860	13:42:25	994	13:43:46	927	1,7	2,2	11,8	5,0	11,78	6,53	2,53	907	1,1046	1,1041	11304,8	194	1,9	1,1052	2,2	
771	13:41:03	840	13:42:08	806	1,1	1,6	13,0	5,3	12,97	6,73	2,73	920	1,1163	1,1158	6413,5	110	1,8	1,1170	2,3	
647	13:38:54	752	13:40:47	700	0,9	1,4	14,0	5,5	14,04	6,90	2,90	932	1,1264	1,1260	5590,3	96	1,8	1,1271	2,3	
am Boden:											0,0	8,0	4,0							
1505	14:04:02	1631	14:05:23	1568	1,6	2,1	5,6	3,1	5,64	5,64	0,51	839	1,0444	1,0435	5033,7	87	2,7	1,0450	2,3	
1297	14:01:52	1431	14:03:13	1364	1,7	2,2	7,5	3,8	7,52	6,83	0,83	860	1,0634	1,0625	5636,1	97	2,7	1,0641	2,4	
1151	14:00:31	1271	14:01:36	1211	1,8	2,3	9,0	4,2	9,01	7,08	1,08	876	1,0777	1,0769	7057,2	121	2,6	1,0785	2,5	
949	13:58:54	1113	14:00:15	1031	2,0	2,5	10,8	4,7	10,77	7,37	1,37	895	1,0947	1,0939	8748,5	150	2,5	1,0955	2,6	
am Boden:											0,0	9,0	3,0							



OLC 6137888 Kiessling  
 Datum 21.09.17  
 Uhrzeit 11:50 UTC  
 Ort Kirchheim u. Teck

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)
1359	11:54:59	1458	11:56:06	1409	1,5	2,3	6,1	-0,9	6,06	5,39	-4,61	855	1,0642	1,0627	3591,9	62	3,5	1,0649	2,3
1270	11:54:09	1359	11:54:59	1315	1,8	2,6	7,0	-0,4	7,03	5,54	-4,46	865	1,0727	1,0713	4890,0	84	3,4	1,0735	2,4
1188	11:53:35	1270	11:54:09	1229	2,4	3,2	7,7	0,3	7,70	5,68	-4,32	874	1,0813	1,0799	8149,5	140	3,3	1,0821	2,6
1066	11:52:45	1188	11:53:35	1127	2,4	3,2	8,5	1,0	8,51	5,84	-4,16	885	1,0915	1,0903	9140,7	157	3,2	1,0925	2,8
							am Boden:		0,0	7,0	-3,0								

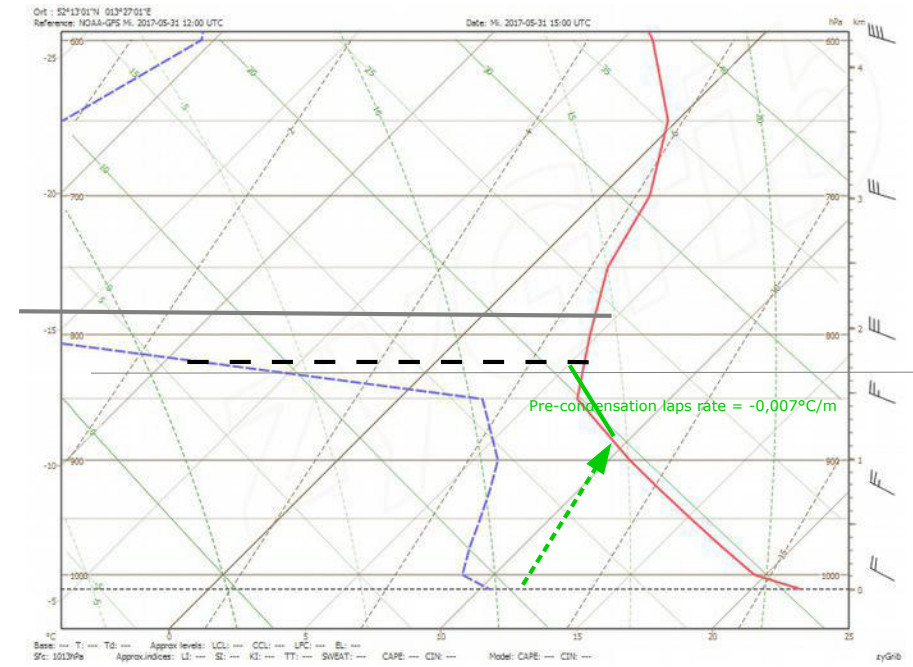


rmel

OLC 5784341  
 Datum 31.05.17  
 Uhrzeit 15:00 UTC  
 Ort bei Zossen

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	Mischungsv_Th (g/kg)	
1605	14:51:56	1780	14:52:54	1693	3,0	3,3	5,7	-6,6	5,35	5,35	-19,70	826	1,0299	1,0287	9407,3	162	3,2	1,0311	3,1	6,76	
1507	14:51:27	1605	14:51:56	1556	3,4	3,7	6,2	-1,0	6,31	6,31	-19,48	840	1,0445	1,0424	6586,6	113	4,2	1,0466	4,1	7,11	
1203	14:49:59	1397	14:50:57	1300	3,3	3,6	8,0	4,0	8,10	8,10	-19,07	867	1,0700	1,0683	8348,1	144	3,7	1,0732	5,1	7,79	
1109	14:49:30	1203	14:49:59	1156	3,2	3,5	9,2	4,9	9,24	9,16	-18,84	882	1,0839	1,0825	9925,0	171	3,3	1,0873	5,2	8,23	
1007	14:49:01	1109	14:49:30	1058	3,5	3,8	10,1	5,5	10,09	9,31	-18,69	892	1,0935	1,0922	12692,5	218	3,2	1,0970	5,3	8,23	
835	14:48:03	898	14:48:32	867	2,2	2,5	11,9	6,3	11,89	9,62	-18,38	913	1,1119	1,1108	6128,8	105	2,9	1,1157	5,4	8,21	
							am Boden:		0,0	11,0	-17,0										

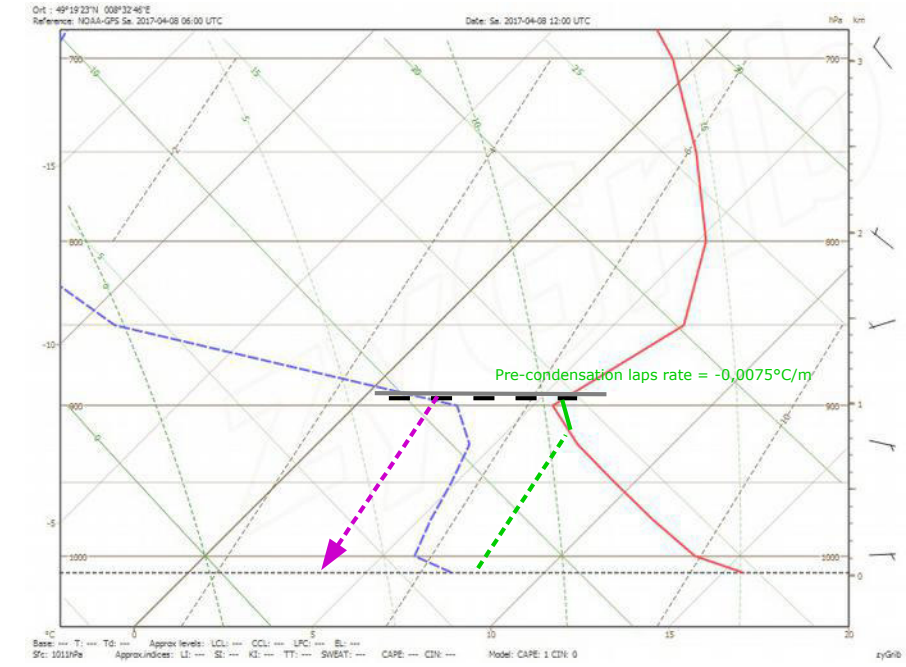
mel



OLC 5582795  
 Datum 08.04.17  
 Uhrzeit 11:40 UTC  
 Ort Hockenheim

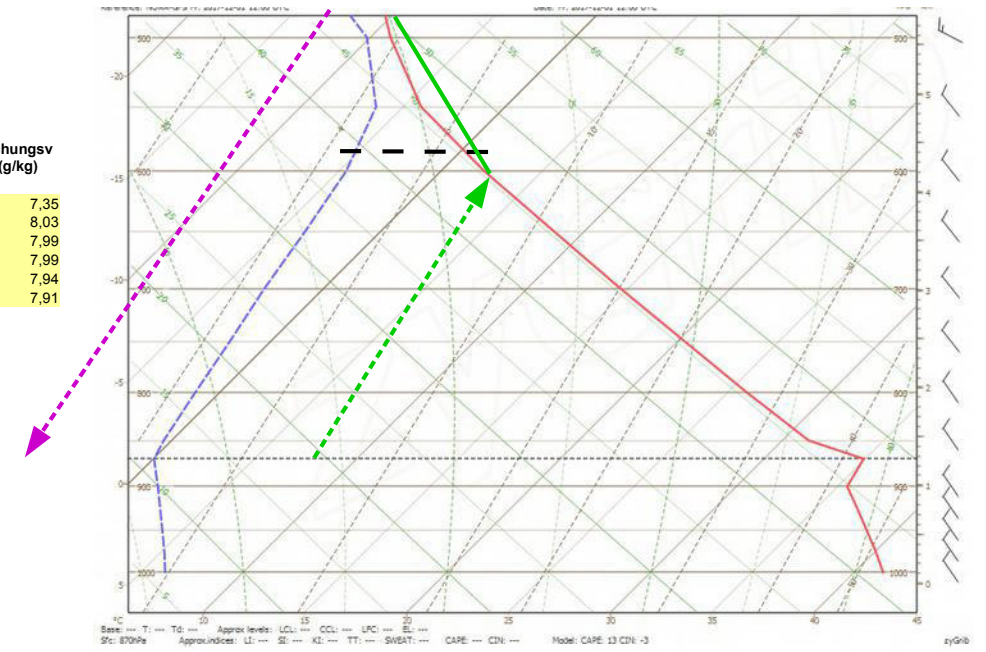
Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)
921	11:39:28	1035	11:40:55	978	1,3	1,8	5,6	2,9	5,59	5,59	1,46	901	1,1227	1,1220	4900,9	84	2,4	1,1231	1,6
818	11:38:01	921	11:39:28	870	1,2	1,7	6,4	3,6	6,40	6,40	1,63	913	1,1339	1,1333	5215,9	90	2,2	1,1344	1,9
767	11:37:27	818	11:38:01	793	1,5	2,0	7,1	4,1	7,06	6,76	1,76	922	1,1419	1,1412	5853,6	101	2,4	1,1425	2,1
540	11:33:40	625	11:34:33	583	1,6	2,1	9,0	4,7	9,00	7,09	2,09	945	1,1631	1,1623	7185,7	124	2,3	1,1637	2,2
351	11:31:04	540	11:33:40	446	1,2	1,7	10,3	5,0	10,32	7,31	2,31	961	1,1768	1,1761	4953,0	85	2,3	1,1775	2,3
								am Boden:	0,0	8,0	3,0								

mel



OLC 6183310 Vergleich zur Kiessling-Messung  
 Datum 01.12.17  
 Uhrzeit 12:15 UTC  
 Ort Aminius Namibia

Höhe unten (m)	Höhe oben (m)	Zeit unten	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th (°C)	Tau_Ab (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	Mischungsv_Th (g/kg)	
4154	12:19:59	4302	12:20:39	4228	3,7	4,0	2,0	-4,7	2,00	2,00	-14,73	598	0,7555	0,7542	9258,2	159	3,9	0,7566	3,6	7,35	
3955	12:18:37	4154	12:19:59	4055	2,4	2,7	3,8	-4,4	3,76	3,55	-14,45	612	0,7679	0,7663	3474,4	60	4,3	0,7691	3,6	8,03	
3796	12:17:57	3955	12:18:37	3876	4,0	4,3	5,6	-4,1	5,59	3,83	-14,17	627	0,7809	0,7792	8560,7	147	4,3	0,7820	3,6	7,99	
3675	12:17:16	3796	12:17:57	3736	3,0	3,3	7,0	-3,9	7,02	4,06	-13,94	638	0,7911	0,7894	4960,9	85	4,3	0,7923	3,6	7,99	
3293	12:15:14	3544	12:16:35	3419	3,1	3,4	10,3	-3,5	10,29	4,56	-13,44	665	0,8147	0,8129	5437,2	94	4,3	0,8158	3,6	7,94	
3012	12:13:53	3293	12:15:14	3153	3,5	3,8	13,0	-3,1	13,05	4,99	-13,01	688	0,8348	0,8330	6696,5	115	4,3	0,8360	3,5	7,91	
							am Boden:													0,0 8,0 -10,0	



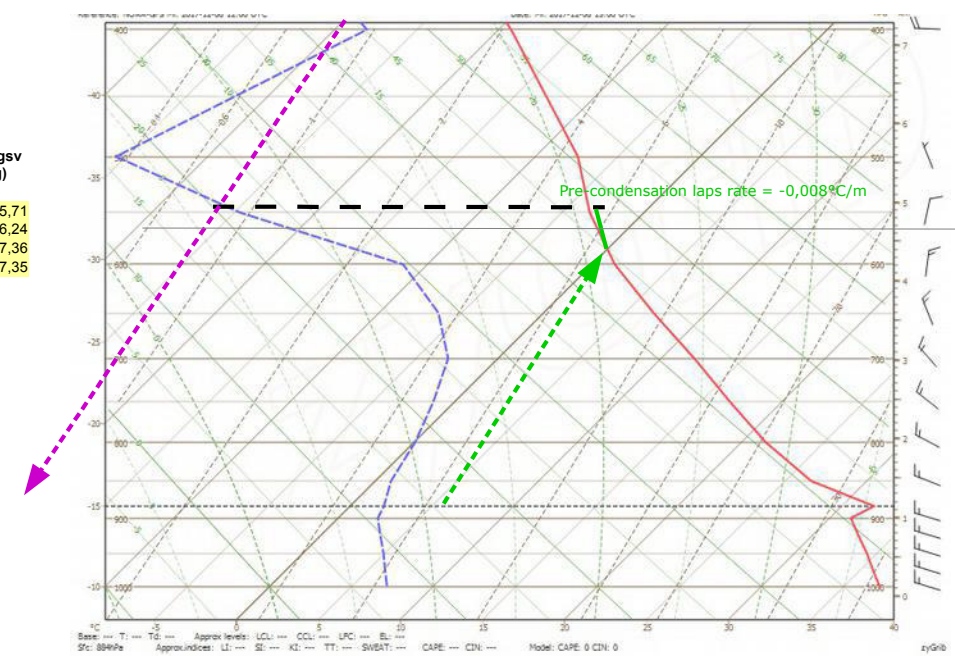
mel



OLC 6186869 Vergleich zur Kiessling-Messung  
 Datum 06.12.17  
 Uhrzeit 14:36 UTC  
 Ort 24°S 016°E Namibia

Höhe unten (m)	Höhe oben (m)	Zeit unten	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)	Mischungsv_Th (g/kg)	
4625	4718	14:43:01	14:43:47	4672	2,0	2,8	-1,91	-20,45	-2,23	-2,23	-25,65	564	0,7243	0,7232	5258,3	90	3,6	0,7245	1,6	5,71	
4335	4625	14:41:28	14:43:01	4480	3,1	3,9	-0,55	-16,76	-0,69	-0,69	-25,34	579	0,7389	0,7373	7056,8	121	4,4	0,7394	2,2	6,24	
3965	4156	14:39:55	14:40:41	4061	4,2	5,0	2,66	-10,29	2,66	2,33	-24,67	612	0,7712	0,7691	8950,7	154	4,9	0,7721	3,3	7,36	
3788	3965	14:39:08	14:39:55	3877	3,8	4,6	4,25	-8,76	4,25	2,63	-24,37	626	0,7852	0,7832	8167,9	140	4,7	0,7863	3,5	7,35	
							am Boden:		0,0	7,0	-20,0										

mel

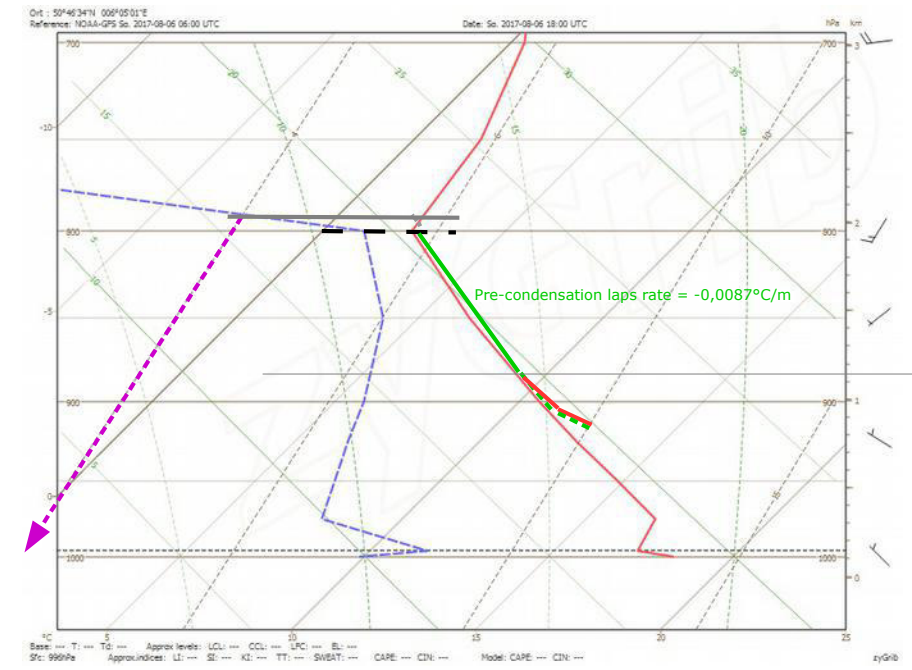


OLC 6029322 Kühlturm Eschweiler  
 Datum 06.08.17  
 Uhrzeit 18:20 UTC  
 Ort Aachen

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)
1805	18:20:46	1943	18:21:44	1874	2,4	2,7	3,0	1,5	3,13	3,13	-1,77	807	1,0154	1,0145	8771,3	151	2,7	1,0161	2,4
1603	18:19:26	1805	18:20:46	1704	2,5	2,8	4,4	2,5	4,61	4,61	-1,50	825	1,0316	1,0302	6105,6	105	3,4	1,0325	2,7
1460	18:18:40	1603	18:19:26	1532	3,1	3,4	5,8	3,6	6,11	6,11	-1,22	842	1,0482	1,0463	6402,9	110	4,0	1,0493	3,0
1247	18:17:58	1451	18:18:38	1349	5,1	5,4	7,3	4,4	7,70	7,70	-0,93	861	1,0659	1,0635	13326,9	229	4,4	1,0671	3,2
1056	18:17:04	1247	18:17:58	1152	3,5	3,8	9,1	5,2	9,08	9,08	-0,61	882	1,0850	1,0838	12649,2	218	3,2	1,0864	3,3
895	18:16:24	980	18:16:42	938	4,7	5,0	11,0	5,9	11,30	11,30	-0,27	906	1,1060	1,1029	8843,3	152	5,0	1,1076	3,5
784	18:16:02	895	18:16:24	840	5,0	5,3	11,9	6,2	12,20	12,20	-0,11	916	1,1156	1,1122	9310,9	160	5,2	1,1172	3,5
								am Boden:	0,0	12,0	1,0								

durch Kühlturm

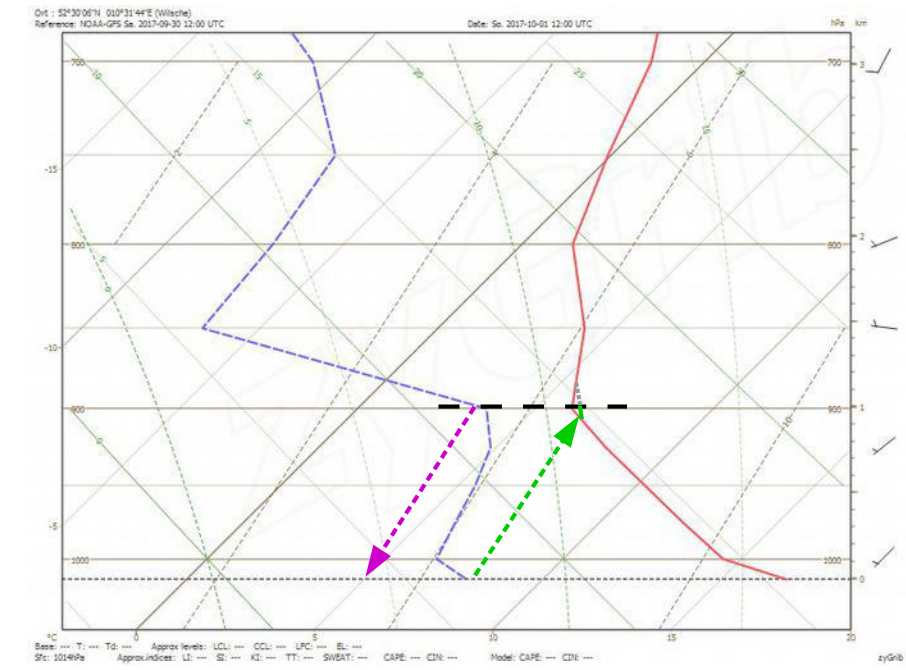
rmel



OLC eigener Flug  
 Datum 01.10.17  
 Uhrzeit 11:29 UTC  
 Ort bei Wilsche

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)							
980	12:00:00	980	12:00:01	980	0,0	2,0	6,1	3,6	6,15	6,15	3,42	901	1,1203	1,1193	4426,6	76	2,8	1,1204	0,7							
760	12:00:00	760	12:00:01	760	0,0	2,0	8,0	4,8	8,02	6,57	3,77	925	1,1423	1,1418	8705,1	150	2,0	1,1426	1,5							
400	12:00:00	400	12:00:01	400	0,0	2,0	11,6	5,7	11,56	7,15	4,35	966	1,1779	1,1775	10770,7	185	1,8	1,1783	1,7							
							<b>am Boden:</b>																			
												0,0					7,8					5,0				

mel



OLC eigener Flug  
 Datum 01.10.17  
 Uhrzeit 11:29 UTC  
 Ort bei Wilsche

Höhe unten (m)	Zeit unten	Höhe oben (m)	Zeit oben	mittlere Höhe (m)	Steigwert (m/s)	Luftmassenst eigen (m/s)	Temp_L u (°C)	Tau_Lu h (°C)	Temp_T h (°C)	Tau_Th h (°C)	Tau_Ab h (°C)	Altitude (hPa)	rho_Lu (kg/m³)	rho_Th (kg/m³)	A (m²/s²)	Radius (m)	w_Th (m/s)	rho_Ab (kg/m³)	w_Ab (m/s)
600	12:00:00	600	12:00:01	600	0,0	2,0	9,1	2,2	9,14	8,04	1,04	943	1,1607	1,1590	2767,1	48	3,5	1,1609	1,4
500	12:00:00	500	12:00:01	500	0,0	2,0	8,9	7,4	8,95	8,20	1,20	955	1,1741	1,1738	16699,7	287	1,4	1,1758	3,5
400	12:00:00	400	12:00:01	400	0,0	2,0	9,8	7,7	9,84	8,36	1,36	966	1,1845	1,1842	20506,6	353	1,3	1,1862	3,6
am Boden:								0,0	9,0	2,0									

