

Die Berechnung des Taupunkts meines Teleskops oder wie ich beurteile, ob mein Teleskop heute Nacht mit Taubildung kämpfen wird

Es gibt viele Diskussionen bezüglich des Einsatzes einer Taukappe und/oder einer Taukappenheizung an einem Teleskop. Während der Einsatz einer Taukappe auch wegen der zusätzlichen Unterdrückung von Streulicht praktisch generelle Zustimmung findet, wird die Anwendung einer Taukappenheizung durchaus kontrovers diskutiert. Die Nachteile der Heizung sind vor allem deren Stromverbrauch sowie ihr potentiell negativer Einfluss auf die optische Qualität des Teleskops durch thermische Verspannungen. Vor allem beim portablen Einsatz unter Einsatz wieder aufladbarer Batterien muss mit der elektrischen Energie sorgsam umgegangen werden, damit deren Mangel nicht zu einem vorzeitigen Ende einer Beobachtungssitzung führt.

Inspiziert von einem Artikel von Dave Cole aus der NexStar Yahoo-Gruppe entstand die folgende Vorgehensweise, welche ich anhand meines NexStar N11GPS Schmidt-Cassegrain Teleskops aufzeigen werde. Natürlich ist sie leicht auf andere Teleskoparten und -modelle übertragbar. Sie beruht auf einem preiswerten Sensormodul der Firma Conrad Electronic, welches die folgenden Messfunktionen bietet: Uhrzeit, relative Luftfeuchte, zwei Temperaturen. Einer der Temperatursensoren ist in das Sensormodul fest integriert, der andere ist mit ihm mittels eines Kabels verbunden und kann so abgesetzt betrieben werden. Normalerweise wird der integrierte Temperatursensor für das Messen einer Innenraumtemperatur verwendet, während der abgesetzte Sensor für das Ermitteln von Außentemperaturen gedacht ist. Ähnliche Geräte gibt es sicherlich von verschiedenen Herstellern. Wichtig bei der Auswahl ist eine Auflösung der Temperaturanzeige von 0,1°C – gemeint ist die Auflösung, nicht die absolute Genauigkeit. Warum dies nötig ist wird Ihnen später in diesem Artikel noch deutlich werden.

Anbei sehen Sie einige Bilder des von mir ausgewählten Modells. Das Gerät hat eine dreizeilige LCD-Anzeige und kann wahlweise beide Temperaturen sowie die relative Luftfeuchtigkeit (Bild ganz links) oder Zeit, Außentemperatur und relative Luftfeuchtigkeit (Bild in der Mitte) anzeigen. Damit kann man das Gerät auch sehr praktisch als Uhr am Teleskop verwenden, wenn es gerade nicht zur Ermittlung des Taupunktes benötigt wird. In dem Bild ganz rechts ist das Gerät gezeigt, wie ich es als Beispiel auf der Anzeige meines elektrischen Fokussierers montiert habe.



In den nächsten Bildern wird gezeigt, wie das Kabel des externen Sensors einfach vom Anzeigergerät bis zur Schmidtplatte eines N11GPS verlegt werden kann. Hierzu nutze ich die Tatsache, dass die von mir eingesetzte 3" Schwalbenschwanzschiene der Firma Baader Planetarium hohl ist. Damit erlaubt sie den Außensensor samt Kabel hindurch zu fädeln und anschließend mittels eines doppel-seitigen Klebandes am Metallring, welcher die Schmidtplatte sichert, zu befestigen. Wie sie sehen können ist das Kabel so dünn, dass man weiterhin die Abdeckkappe des N11GPS problemlos aufsetzen kann, ohne den Sensor vorher entfernen zu müssen.



Kabel wird durch die hohle Schiene geführt



Front des optischen Tubus mit Kabel aus Schiene



Sensor an Schmittplatte montiert



Abdeckkappe des Tubus aufgesetzt, Kabel stört nicht

Die LCD-Anzeige des Gerätes ist im Originalzustand mit einer grünen Hintergrundbeleuchtung ausgestattet. Ich habe sie modifiziert, indem ich die grüne Gummikappe im Inneren des Gerätes entfernt und das Miniaturlämpchen mittels rotem Nagellack eingefärbt habe. Nun ist die Anzeige angenehm rot beleuchtet, was die Dunkeladaption der Augen schützt.

Nun folgt etwas Theorie, wie man den Taupunkt aus den Anzeigedaten des Sensorgerätes berechnen kann. Er wird aus der relativen Luftfeuchtigkeit RH sowie der Umgebungstemperatur T_{amb} berechnet (siehe Quellen 4 und 5). Alle Temperaturen werden in °C angenommen.

Der Sättigungsdampfdruck über Wasser ist:

$$EW = 10^{(0.66077 + 7.5 \cdot T_{amb} / (237.3 + T_{amb}))}$$

Der Sättigungsdampfdruck multipliziert mit der relativen Luftfeuchtigkeit in Prozent ist:

$$EW_{RH} = EW \cdot RH / 100$$

Der Taupunkt ergibt sich zu:

$$Dp = ((0.66077 - \log_{10}(EW_{RH})) \cdot 237.3) / (\log_{10}(EW_{RH}) - 8.16077)$$

Die Formel kann vereinfacht werden, indem man den Logarithmus von EW bildet:

$$\log EW = (0.66077 + 7.5 \cdot T_{amb} / (237.3 + T_{amb})) + (\log_{10}(RH) - 2)$$

Damit erhalten wir schließlich die folgende Formel für den Taupunkt:

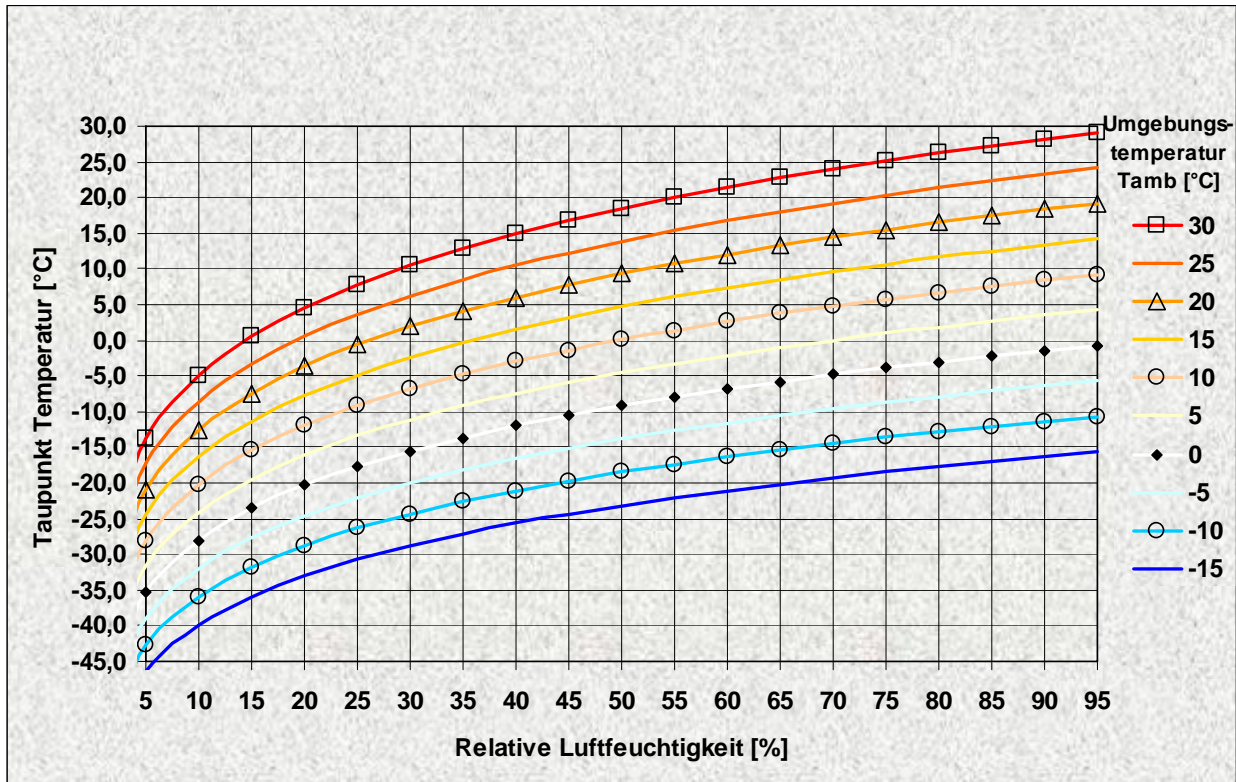
$$Dp = ((0.66077 - \log EW) \cdot 237.3) / (\log EW - 8.16077)$$

Diese vereinfachte Formel weicht von der exakten Formel in einem Temperaturbereich von -40°C bis +100°C um lediglich 1°C ab und dürfte hiermit ausreichend genau sein.

Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis der Taupunktformel über den gängigen Temperaturbereich. Bitte lesen Sie zunächst an dem Sensorgerät die Umgebungstemperatur (also des internen Sensors) sowie die relative Luftfeuchtigkeit ab. Nun ermitteln Sie den Taupunkt in °C, indem Sie den Schnittpunkt beider Werte in der Tabelle aufsuchen. Wenn nun die Temperatur der Optik (der Wert des externen Sensors) diesem Wert Nahe kommt, so sollten Sie die Taupunktheizung einschalten um eine Taubildung zu vermeiden.

Umgebungs- Temp. °C	Relative Luftfeuchtigkeit %																			
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
-5	-53,4	-38,9	-32,0	-27,7	-24,5	-22,0	-19,9	-18,1	-16,5	-15,1	-13,8	-12,7	-11,6	-10,6	-9,6	-8,8	-7,9	-7,1	-6,4	-5,7
-4	-52,8	-38,2	-31,2	-26,9	-23,7	-21,2	-19,0	-17,2	-15,6	-14,2	-12,9	-11,7	-10,6	-9,6	-8,7	-7,8	-6,9	-6,2	-5,4	-4,7
-3	-52,2	-37,5	-30,4	-26,0	-22,8	-20,3	-18,2	-16,3	-14,7	-13,3	-12,0	-10,8	-9,7	-8,7	-7,7	-6,8	-6,0	-5,2	-4,4	-3,7
-2	-51,5	-36,7	-29,6	-25,2	-22,0	-19,4	-17,3	-15,4	-13,8	-12,4	-11,0	-9,8	-8,7	-7,7	-6,7	-5,8	-5,0	-4,2	-3,4	-2,7
-1	-50,9	-36,0	-28,8	-24,4	-21,2	-18,6	-16,4	-14,5	-12,9	-11,4	-10,1	-8,9	-7,8	-6,7	-5,8	-4,9	-4,0	-3,2	-2,4	-1,7
0	-50,3	-35,3	-28,0	-23,6	-20,3	-17,7	-15,5	-13,6	-12,0	-10,5	-9,2	-8,0	-6,8	-5,8	-4,8	-3,9	-3,0	-2,2	-1,4	-0,7
1	-49,6	-34,5	-27,3	-22,8	-19,5	-16,8	-14,6	-12,8	-11,1	-9,6	-8,3	-7,0	-5,9	-4,8	-3,9	-2,9	-2,1	-1,2	-0,5	0,3
2	-49,0	-33,8	-26,5	-22,0	-18,6	-16,0	-13,8	-11,9	-10,2	-8,7	-7,3	-6,1	-4,9	-3,9	-2,9	-2,0	-1,1	-0,3	0,5	1,3
3	-48,4	-33,1	-25,7	-21,1	-17,8	-15,1	-12,9	-11,0	-9,3	-7,8	-6,4	-5,2	-4,0	-2,9	-1,9	-1,0	-0,1	0,7	1,5	2,3
4	-47,8	-32,3	-24,9	-20,3	-17,0	-14,3	-12,0	-10,1	-8,4	-6,9	-5,5	-4,2	-3,1	-2,0	-1,0	0,0	0,9	1,7	2,5	3,3
5	-47,1	-31,6	-24,1	-19,5	-16,1	-13,4	-11,1	-9,2	-7,5	-5,9	-4,6	-3,3	-2,1	-1,0	0,0	0,9	1,8	2,7	3,5	4,3
6	-46,5	-30,9	-23,4	-18,7	-15,3	-12,5	-10,3	-8,3	-6,6	-5,0	-3,6	-2,3	-1,2	-0,1	1,0	1,9	2,8	3,7	4,5	5,3
7	-45,9	-30,2	-22,6	-17,9	-14,4	-11,7	-9,4	-7,4	-5,7	-4,1	-2,7	-1,4	-0,2	0,9	1,9	2,9	3,8	4,7	5,5	6,3
8	-45,3	-29,4	-21,8	-17,1	-13,6	-10,8	-8,5	-6,5	-4,8	-3,2	-1,8	-0,5	0,7	1,8	2,9	3,9	4,8	5,6	6,5	7,3
9	-44,6	-28,7	-21,0	-16,3	-12,8	-10,0	-7,6	-5,6	-3,9	-2,3	-0,9	0,5	1,7	2,8	3,8	4,8	5,8	6,6	7,5	8,3
10	-44,0	-28,0	-20,3	-15,5	-11,9	-9,1	-6,8	-4,7	-3,0	-1,4	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5	9,3
11	-43,4	-27,3	-19,5	-14,7	-11,1	-8,3	-5,9	-3,9	-2,1	-0,5	1,0	2,3	3,6	4,7	5,8	6,8	7,7	8,6	9,4	10,2
12	-42,8	-26,5	-18,7	-13,8	-10,3	-7,4	-5,0	-3,0	-1,2	0,5	1,9	3,3	4,5	5,6	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
13	-42,2	-25,8	-17,9	-13,0	-9,4	-6,6	-4,2	-2,1	-0,3	1,4	2,8	4,2	5,4	6,6	7,7	8,7	9,7	10,6	11,4	12,2
14	-41,6	-25,1	-17,2	-12,2	-8,6	-5,7	-3,3	-1,2	0,6	2,3	3,8	5,1	6,4	7,5	8,6	9,7	10,6	11,5	12,4	13,2
15	-41,0	-24,4	-16,4	-11,4	-7,8	-4,9	-2,4	-0,3	1,5	3,2	4,7	6,1	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
16	-40,3	-23,7	-15,6	-10,6	-6,9	-4,0	-1,5	0,6	2,4	4,1	5,6	7,0	8,3	9,4	10,6	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
17	-39,7	-23,0	-14,8	-9,8	-6,1	-3,2	-0,7	1,5	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,6	13,5	14,5	15,4	16,2
18	-39,1	-22,2	-14,1	-9,0	-5,3	-2,3	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,9	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,5	16,4	17,2
19	-38,5	-21,5	-13,3	-8,2	-4,5	-1,5	1,1	3,2	5,1	6,8	8,4	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
20	-37,9	-20,8	-12,5	-7,4	-3,6	-0,6	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,5	16,5	17,4	18,3	19,2
21	-37,3	-20,1	-11,8	-6,6	-2,8	0,2	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	13,0	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
22	-36,7	-19,4	-11,0	-5,8	-2,0	1,1	3,7	5,9	7,8	9,5	11,1	12,6	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
23	-36,1	-18,7	-10,2	-5,0	-1,1	1,9	4,5	6,7	8,7	10,5	12,0	13,5	14,8	16,1	17,3	18,4	19,4	20,4	21,3	22,2
24	-35,5	-18,0	-9,5	-4,2	-0,3	2,8	5,4	7,6	9,6	11,4	13,0	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,4	21,3	22,3	23,2
25	-34,9	-17,3	-8,7	-3,4	0,5	3,6	6,2	8,5	10,5	12,3	13,9	15,4	16,7	18,0	19,2	20,3	21,3	22,3	23,3	24,2
26	-34,3	-16,6	-8,0	-2,6	1,3	4,5	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,7	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,3	25,2
27	-33,7	-15,9	-7,2	-1,8	2,2	5,3	8,0	10,3	12,3	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
28	-33,1	-15,1	-6,4	-1,0	3,0	6,2	8,8	11,1	13,2	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,3	26,2	27,1
29	-32,5	-14,4	-5,7	-0,2	3,8	7,0	9,7	12,0	14,1	15,9	17,5	19,1	20,5	21,8	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
30	-31,9	-13,7	-4,9	0,6	4,6	7,8	10,6	12,9	14,9	16,8	18,5	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1

Das nächste Diagramm ist eine graphische Darstellung der Tabelle zuvor. Ich habe es an den Tubus meines NexStar Teleskops geklebt und es erlaubt mir so eine einfache Ermittlung des Taupunktes in °C. Um diesen zu ermitteln, wählen Sie zunächst die zu Ihrer aktuellen Umgebungstemperatur (T_{amb}) am nächsten liegende Kurve aus. Nun wählen Sie auf der X-Achse die aktuelle relative Luftfeuchtigkeit in % aus und lesen am Schnittpunkt mit der ausgewählten Kurve schließlich auf der Y-Achse den Wert für den aktuellen Taupunkt ab. Ich finde solche Nomogramme wesentlich benutzerfreundlicher als Tabellen.



Hier nun 2 Beispiele um die Vorgehensweise zu verdeutlichen:

RH=30% $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow Taupunkt = 6.2°C

Eine Taubildung ist sehr unwahrscheinlich, da hierfür die Temperatur der Schmidtplatte unter 6.2°C , also fast 20° unter die Umgebungstemperatur fallen müsste.

RH=70% $T_{amb}=5^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow Taupunkt = 0°C

Eine Auskühlung der Schmidtplatte um nur 5°C auf 0°C kann bereits zur Taubildung führen. Da dies recht schnell erfolgen kann ist in diesem Beispiel also eine Taubildung recht wahrscheinlich falls keine Taukappenheizung verwendet wird.

Zusammenfassung:

Mit Hilfe der zuvor präsentierten Tabelle sowie des Diagramms sollte es Ihnen nun auf einfache Weise möglich sein zu beurteilen, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass sich Tau auf Ihrem Teleskop bilden wird. Indem Sie aus den beiden Parametern Umgebungstemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit den Taupunkt ermitteln und diesen mit der Temperatur Ihrer Schmidtplatte bzw. Ihrer Optik vergleichen, können Sie nun leicht entscheiden, ob Sie Ihre Taukappenheizung einschalten sollten. Hierdurch, sowie durch die Maßnahme Ihre Heizleistung gerade so einzustellen, dass die Temperatur Ihrer Schmidtplatte knapp über dem Taupunkt gehalten wird, können Sie in erheblichen Maße elektrische Energie sparen. An diesem Punkt wird nun auch klar, warum man ein Messgerät mit einer Auflösung von 0.1°C wählen sollte. Ferner können Sie die gemessenen Temperaturen bzw. die Temperaturdifferenz auch nutzen um zu beurteilen, in wie weit Ihr aus dem warmen Haus in die kalte Nacht gestelltes Teleskop bereits ausgekühlt ist und seine optimale optische Leistung erreicht hat.

Ich freue mich stets über Kommentare und beantworte Fragen gerne. Sie können die Exceltabellen gerne von meiner Homepage herunter laden.

Viele Grüße

Matthias

Email: DD1US@AMSAT.ORG

Homepage: <http://www.dd1us.de>

Quellenverzeichnis:

- 1) Conrad Electronic www.conrad.de, die Bestellnummer des Sensormoduls ist "640202", der Preis liegt bei 17.95 €
- 2) Dave Cole's Website <http://www.nexstar11.com/>, (leider nicht mehr verfügbar)
- 3) Campbell Scientific Tech. Note 16, "Calculating dew point from relative humidity and air temperature"
- 4) Willow Technologies Ltd., Application Note Dewpoint calculation
- 5) F.A.Berry,Jr. Handbook of Meteorology, McGraw-Hil Book Company, 1945, page 343
- 6) Bob Hardy Thunder Scientific Corporation, Albuquerque, NM, USA
- 7) Proceedings of the 3rd international Symposium on Humidity & Moisture, Teddington, London, UK 4/98