Die Luftfeuchtigkeit : wann beschlägt sich eine optische Fläche?

Autor(en): **Bodmer, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **51 (1993)**

Heft 258

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-898210

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Luftfeuchtigkeit – wann beschlägt sich eine optische Fläche?

H. BODMER

Die Atmosphäre unserer Erde hat eine ganze Reihe von ungünstigen Auswirkungen auf die astronomischen Beobachtungsmöglichkeiten des Amateurs. In gewissen Nächten kann sich an verschiedenen Gegenständen ein Taubelag bilden, welcher besonders an optischen Flächen sich absolut störend auswirkt. Dieser Taubelag tritt vor allem an Fotoobjektiven, Fernrohrobjektiven und Schmidt-Platten auf, wenn sich diese bei hoher Luftfeuchtigkeit wegen der Abstrahlung gegen die kalte Luft unter den Taupunkt abkühlen. Aus diesem Grund ist es ratsam, die Verhältnisse der Luftfeuchtigkeit und Temperatur während der Beobachtungszeit stets um Auge zu behalten.

Die Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit ist der Gehalt der Luft an gasförmigem Wasserdampf, wobei das Wort Wasserdampf im richtigen Sinne zu verstehen ist, wie es in der Wissenschaft verwendet wird, das unsichtbare gasförmige Wasser und nicht die Erscheinung aus dem Alltag, wenn wir Wasser sieden und es in der Küche "dampft". Dieser Dampf ist nämlich nichts anderes als eine Wolke; sie besteht aus vielen kleinen Wassertröpfchen – der richtige Wasserdampf aber ist in der Luft unsichtbar. Man müsste hier eigentlich eher von "Wassergas" sprechen.

Die Luftfeuchtigkeit unterliegt zeitlich und räumlich grossen Schwankungen und ist nicht nur eine für das Wettergeschehen sehr wichtige Grösse, sie hat auch einen sehr grossen Einfluss auf viele andere Vorgänge in der Natur. Alle lebenden Organismen, ob Pflanze, Tier oder Mensch, reagieren auf hohe Werte der Luftfeuchtigkeit anders als auf niedrige Werte. Die Luftfeuchtigkeit wird angegeben als Dampfdruck in Millibar (mbar) oder heute als **Hektopascal; hPa,** die relative Feuchte in Prozent und die absolute Feuchte in Gramm Wasserdampf pro Kubikmeter Luft. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt. Ueberschüssiger Wasserdampf kondensiert zu Wassertröpfchen (Bildung von Wolken und Nebel) oder sublimiert zu Eiskristallen.

Die absolute Feuchte

Die Menge des Wasserdampfes in der Luft, gemessen in Gramm Wasserdampf pro Kubikmeter wird als **absolute Feuchte** genannt. In der Tabelle 1 ist ersichtlich, wieviel Gramm Wasserdampf jeder Kubikmeter Luft aufnehmen kann, bis er gesättigt ist. Die Tabelle zeigt, wie die maximal mögliche Dampfmenge mit sinkender Temperatur rasch abnimmt, eine Tatsache, die für die Wolkenbildung von zentraler Bedeutung ist.

Die spezifische Feuchte

Denkt man sich ein Luftpaket in ein anderes Niveau verschoben, so ändert sich sein Volumen. Die Menge Wasserdampf dagegen bleibt unverändert, so dass sich dabei die absolute Feuchtigkeit ändert. Man verwendet daher lieber eine andere Grösse, bei der dieses Problem nicht auftritt; die **spezifische Feuchte.** Sie gibt an, wieviele Gramm Wasserdampf in 1 kg feuchter Luft enthalten sind. Diese Angabe ist bei Vertikalbewegungen konstant, solange keine Kondensation oder Verdunstung von Wolken oder Niederschlagsteilchen stattfindet. 1 kg Luft bleibt 1 kg, gleichgültig unter welchem Druck sich das Luftpaket befindet.

Die Sättigungsfeuchte

Die Luft kann also nicht beliebig viel Wasserdampf aufnehmen. Die Höchstmenge an Wasserdampf, welche die Luft enthalten kann, bezeichnet man als **Sättigungsfeuchte A** in Gramm pro Kubikmeter, oder wenn man den Dampfdruck als Einheit nimmt, als **Sättigungsdampfdruck E.**

Tabelle 1: Wasserdampfgehalt gesättigter Luft

Spezifische Feuchte: Angaben bei einem Druck von 1000 hPa

Temperatur in Grad Celsius	Absolute Feuchte g/m³	Spez. Feuchte g/kg	Sättiungsdampfdruck E in Torr	hPa
-20°C	1,1	0,8	0,9	1,2
-15°C	1,6	1,2	1,4	1,9
-10°C	2,4	1,8	2,1	2,8
- 5°C	3,4	2,6	3,2	4,3
- 0°C	4,9	3,8	4,6	6,1
- 5°C	6,8	5,5	6,5	8,7
10°C	9,4	7,8	9,2	12,3
15°C	12,8	10,8	12,8	17,1
20°C	17,3	14,9	17,5	23,3
25°C	23,1	20,4	23,8	31,7
30°C	30,4	27,6	31,8	42,4
35°C	39,6	37,2	42,2	56,3

1 Torr= 1,333224 mbar= 133,3224 Pascal = 1,333224 hPa (Hektopascal) 1 Pa = 1 Newton pro Quadratmeter

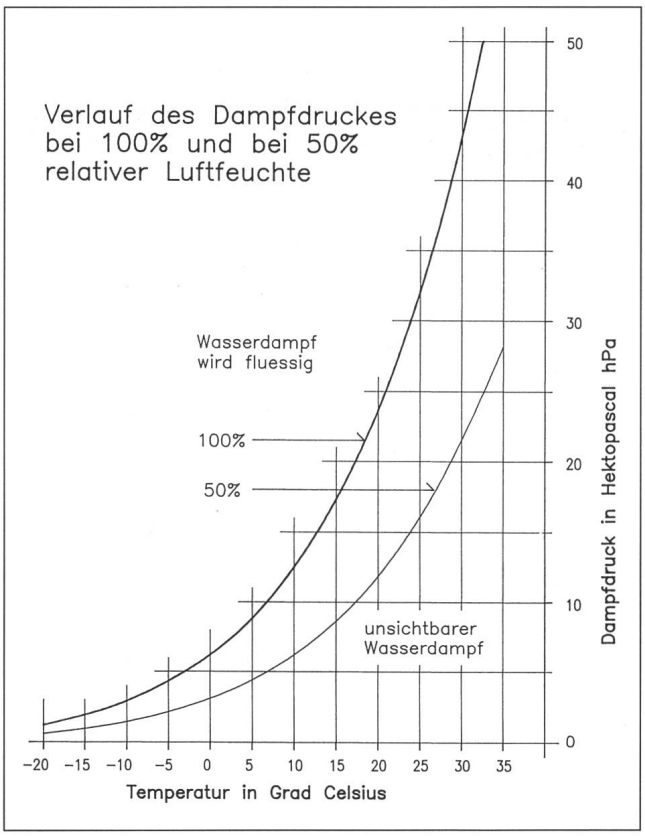
Je höher die Temperatur ist, umso aufnahmefähiger wird die Luf für Wasserdampf – umso grösser also auch der Sättigungsdampfdruck. Der Sättigungsdampfdruck nimmt mit steigender Temperatur zunächst langsam, schliesslich aber immer rascher zu. Ist der Sättigungsdampfdruck erreicht, so ist eine weitere Wasserdampfaufnahme nicht mehr möglich. Kühlt sich die Luft ab, so nimmt mit dem abnehmenden Sättigungsdampfdruck die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf ab. Wird die Aufnahmefähigkeit überschritten, so wird der überschüssige Wasserdampf als Tröpfchen oder Eisteilchen ausgeschieden (Kondensation). In der Abbildung 1 ist der Verlauf des Dampfdruckes in hPa bei 100% und bei 50% Luftfeuchtigkeit dargestellt. 100% entspricht dem Sättigungsdampfdruck.

Die relative Feuchte

In den meisten Fällen ist die vorhandene Luftfeuchte geringer als die Sättigungsfeuchte. Der Anteil des wirklich vorhandenen Wasserdampfgehaltes am maximal möglichen ausgedrückt in Prozent ist die relative **Luftfeuchte f.** Die relative Luftfeuchte ist also das Verhältnis des herrschenden zum jeweils höchstmöglichen Dampfdruck. Es gilt:

$$f = 100 \cdot e/E$$

wobei: e = Dampfdruck in Hektopascal (hPa), früher mbar oder Torr; E = Sättigungsdampfdruck in hPa, früher mbar oder Torr.



Die mit Feuchte gesättigte Luft hat demnach die relative Feuchte von 100%, was bei Regen oder Nebel praktisch der Fall ist.

Der Taupunkt

Bei einer Temperatur von 10°C und einer relativen Luftfeuchte von 50% herrscht ein Dampfdruck von 6,1 hPa, das ist genau gleich viel wie bei 0°C und 100% relativer Feuchte. Die Luft von 10°C und 50% relativer Feuchte kann also noch 6,1 hPa Wasserdampf aufnehmen. Diese noch bestehende Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf nennt man Sättigungsdefizit, es ist die Differenz zwischen dem Sättigungsdampfdruck und dem jeweils herrschenden Dampfdruck. Es gilt also:

$$\text{Sättigungsdefizit} = E - e$$

Bei gleichbleibendem Wasserdampfgehalt und steigender Temperatur geht die relative Feuchte zurück und dabei wächst das Sättigungsdefizit, d.h. die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf nimmt zu. Entsprechend steigt die relative Luftfeuchtigkeit und das Sättigungsdefizit nimmt mit sinkender Temperatur ab. Die relative Feuchtigkeit hat somit den umgekehrten Tagesgang wie die Lufttemperatur – sie ist am geringsten, wenn die Temperatur am höchsten ist. Kühlt sich die Luft immer stärker ab, so erreicht die relative Feuchte bei einer bestimmten Temperatur 100% und das Sättigungsdefizit wird Null. Dieser Punkt wird **Taupunktstemperatur** genannt.

Der Taupunkt ist also diejenige Temperatur, für die der herrschende Dampfdruck gleich dem Sättigungsdampfdruck ist. Bei weiterer Abkühlung bleibt die relative Feuchte 100%, der überschüssige Wasserdampf wird als Tröpfchen oder Eisteilchen ausgeschieden.

Vorgänge, bei denen der Taupunkt unter- bzw. überschritten wird, sind in der Natur und im täglichen Leben ausserordentlich häufig. Man denke nur etwa an die Wolkenbildung.

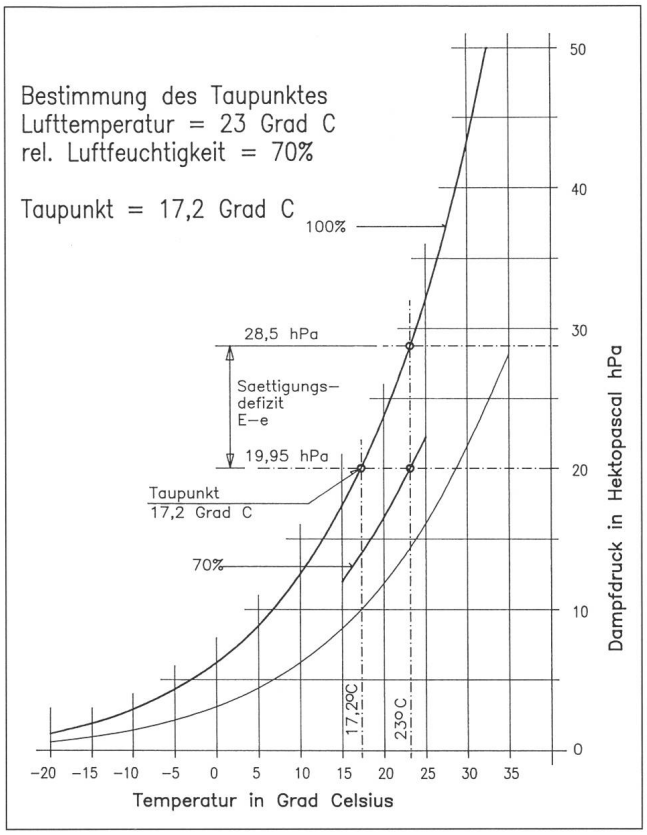
Werden Luftpakete hochgehoben und adiabatisch abgekühlt, d.h. in einem System wo kein Wärmeaustausch stattfindet, wird in einer bestimmten Höhe der Taupunkt unterschritten und die auskondensierenden Wassertröpfchen erscheinen als Wolken. Andererseits wird beim adiabatischen Absinken der Taupunkt in den Wolken überschritten und die Tröpfchen verdunsten zu Wasserdampf, was zu einer allgemeinen Wolkenauflösung führt. Alle diese Zusammenhänge sind für die astronomischen Beobachtungen von entscheidender Bedeutung. Besonders bei der fotografischen Tätigkeit ist es sehr wichtig zu wissen, wann der Taupunkt einsetzt und sich Objektive mit Tau beschlagen. Eine auf Hochglanz polierte Fläche, welche aus diesem Grund auch gut reflektiert, beschlägt sich beim wirklichen Taupunkt, während Flächen welche die erwähnten Bedingungen nicht erfüllen, sich oft abweichend vom Taupunkt beschlagen.

Wie bestimmt man den Taupunkt?

Kurz nach Sonnenuntergang herrsche eine Temperatur von 23°C und eine relative Feuchte von 70%. Der Dampfdruck ist dann das 0,7 fache des Sättigungsdampfdruckes und beträgt:

$$28{,}5\ \text{hPa} \cdot 0{,}7 = 19{,}95\ \text{hPa}$$

Die Luft könnte demnach noch 8,55 hPa Wasserdampf aufnehmen, d.h. wir könnten gemäss der Sättigungsdampfdruckkurve (Abb. 2) die Luft auf 17,2°C abkühlen bis die relative Luftfeuchte 100% beträgt. Die Taupunktstemperatur



beträgt also rund 17°C. Sinkt die Temperatur nun unter diesen Wert, so tritt Tau ein, welcher Fernrohr- und Photoobjektive beschlägt. Aus diesem Grund ist es also wichtig, bei hoher relativer Luftfeuchte den Gang der Temperatur stetig zu verfolgen, damit rechtzeitig Massnahmen gegen das Beschlagen von Photoobjektiven vorgenommen werden können (Anbringen von Taukappen). Gerade bei klaren Nächten, wenn an sich gute Verhältnisse zum fotografieren herrschen, kühlt sich die Luft schneller ab als bei bedecktem Himmel. Im Winter, bei Frostwetter, ist die Sättigungsfeuchte immer niedrig. Hohe Werte der relativen Luftfeuchtigkeit werden leicht erreicht. Im Sommer ist das Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf gross, der Sättigungsdampfdruck wird nur selten erreicht, wodurch sich die im Sommer geringere Nebelhäufigkeit und geringere mittlere Bewölkung erklärt.

Die Messung der Lufttemperatur und der Luftfeuchte

a) Lufttemperatur

Die im Handel erhältlichen Thermometer sind Flüssigkeitsthermometer mit Alkohol- oder Quecksilberfüllung oder Bimetall-Thermometer. Das Prinzip der Flüssigkeitsthermometer beruht auf der Ausdehnung bzw. Zusammenziehung bei Erwärmung oder Abkühlung, denen die Alkohol- oder Quecksilberfüllung unterworfen ist. Beim Bimetall – Thermometer sind es zwei aufeinandergeschweisste gekrümmte Metallstreifen von unterschiedlichem Wärmeausdehungsvermögen. Sehr nützlich für Zwecke, um den Temperaturverlauf verfolgen zu können, ist das Maximum-Minimum – Thermometer, welches die Höchst- und die Niedrigsttemperatur einer Beobachtungsperiode mit Hilfe von Metallstiften fixiert, welche die Alkohol- oder Quecksilberfüllung bewegt. Bei der Gradeinteilung der Temperatur geht man vom Gefrierpunkt und vom Siedepunkt des Wassers aus. Die zwischen beiden Punkten liegende Strecke wird gleichmässig in Grade eingeteilt. Bei der Celsius Skala, welche nach dem schwedischen Astronomen Anders Celsius (1701 – 1744) benannt ist, sind es 100 Grade.

Um auch tatsächlich die Lufttemperatur zu messen, ist neben der Eichung des Thermometers vor allem darauf zu achten, dass das Thermometer an einem gut durchlüfteten und nicht der Sonneneinstrahlung ausgesetzten Ort aufgestellt wird. Fenster oder Hausnähe führen zu verfälschten Werten. Die ideale Temperaturmessung ist in einer Wetterhütte, weiss gestrichen und nach Norden geöffnet, zwei Meter über einem grasbewachsenen Boden, so wie sie die Meteorologen auch für die andern Messinstrumente verwenden.

b) Die Luftfeuchtigkeit

Zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit gibt es zwei Prinzipien:

1. Das Haar- Hygrometer

Hier wird die Eigenschaft von Menschenhaaren oder von Kunstfasern genutzt, die sich in feuchter Luft ausdehnen und in trockener wieder zusammenziehen. Die Bewegungen der Haare oder der Fasern werden auf einen Zeiger übertragen. Das Haar – Hygrometer soll von Zeit zu Zeit geeicht werden, indem man es in ein feuchtes Tuch wickelt und nach einer Weile den Zeiger auf ca. 95% relative Luftfeuchtigkeit justiert. Bei dichtem Nebel oder bei Regen müsste ein richtig geeichtes Haar – Hygrometer 100% relative Luftfeuchtigkeit anzeigen.

2. Das Psychrometer

Hier wird die Tatsache genutzt, dass trockene Luft die Verdunstung fördert, feuchte Luft hemmt sie. Das Psychrometer besteht aus zwei gleichen, identisch geeichten Thermometern. Die Quecksilberkugel des einen ist mit einer saugfähigen Baumwollbinde umwickelt, welche unten in einen Wasserbehälter eintaucht, sodass die Binde ständig feucht bleibt. An der anderen Thermometerkugel, welche dem Luftstrom offen ausgesetzt sein muss, verdunstet permanent Wasser, wobei dazu Wärme benötigt wird, die der Thermometerfüllung abgeht. Das "feuchte" Thermometer zeigt gegenüber dem "trockenen" Thermometer stets eine niedrigere Temperatur an. Dieser Temperaturunterschied erlaubt die Berechnung der relativen Luftfeuchte mit recht guter Genauigkeit. Der Unterschied sinkt auf 0°C, wenn die relative Luftfeuchtigkeit 100% erreicht hat. Da die Anwendung der Psychrometerformel etwas unbequem sein kann, benutzt man Graphiken oder Psychrometertafeln. Dies sind Tabellen, welche den Wasserdampfgehalt für sämtliche denkbaren Trocken- und Feuchttemperaturen enthalten. Wichtig ist dabei, dass das Psychrometer erst abgelesen werden darf, wenn sich die Temperatur am feuchten Thermometer nicht mehr ändert.

2a. Das Schleuderpsychrometer

Auch mit dem Schleuderpsychrometer besteht eine elegante Messmethode, um die Bestimmung von Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit genau zu ermitteln. Es wird wegen seines geringen Gewichtes, besonders aber auch wegen seines einfachen und wenig zu Störungen Anlass gebenden Aufbaues, vorwiegend für Messungen im Felde verwendet. Als Messelemente werden wiederum zwei identische Quecksilber-Glasther-

mometer verwendet. Ueber das eine Quecksilbergefäss ist ein Gewebedocht gezogen, welcher soviel Wasser aufnehmen kann wie zur Befeuchtung des Gefässes während der Dauer einer Messung notwendig ist. Das zweite Thermometer wird dagegen stets trocken gehalten. Beide Thermometer liegen parallel und dicht nebeneinander in einem Schutzgehäuse. Wird das Schleuderpsychrometer durch kreisförmige Bewegungen mit dem ausklappbaren Handgriff in Drehung versetzt, strömt Luft an den Thermometergefässen vorbei. Auf diese Weise wird die für psychrometrische Messungen erforderliche Ventilation von rund 2 m/s erzeugt. Der Griff ist derart kreisförmig zu bewegen, dass das Gerät mit etwa 2,5 bis 3 Umdrehungen pro Sekunde rotiert. Die ersten verwertbaren Temperaturen können nach ungefähr 3 Minuten abgelesen werden.

Aus der abgelesenen Trocken und Feuchttemperaturen kann der herrschende Dampdruck mit Hilfe der Sprung'schen Formel berechnet werden:

$$e = E' - A\,(\vartheta - \vartheta') \cdot b/1006{,}6\ [\mathrm{hPa}]$$
$$f = e/E\ [\%]$$

e = gesuchter Dampfdruck [hPa]
E = maximaler Dampfdruck bei der Temperatur des trockenen Thermometers [hPa]
E' = maximaler Dampfdruck bei der Temperatur des feuchten Thermometers [hPa]
A = Psychrometerkonstante = 0,66 bei Wasser; 0,57 bei Eis am feuchten Thermometer
ϑ = Temperatur des trockenen Thermometers [°C]
ϑ' = Temperatur des feuchten Thermometers [°C]
b = Luftdruck [hPa]
f = relative Luftfeuchtigkeit [%]

Der Sättigungsdampfdruck ist jedoch einschlägigen Tabellen zu entnehmen. Zweckmässiger ist jedoch, die Auswertung der Ergebnisse an Hand der jedem Gerät beiliegenden Psychrometertafel zu entnehmen, wo die relative Luflfeuchtigkeit unmittelbar abgelesen werden kann. Diese Tafeln sind unter Berücksichtigung eines Luftdruckes von 1006,6 hPa erstellt.

HANS BODMER
Burstwiesenstrasse 37, CH-8606 Greifensee

Militäroptik – Sofortverkauf

NEUE LIEFERUNG

					DM
• WF Okular	2"	F 50	Leitz	~~NP 2.200.–~~	**300.–**
• WF Okular	2"	F 32	Zeiss Oberc.	~~NP 1.400.–~~	**240.–**
• WF Okular	2"	F 35	Steinheil	~~NP 1.200.–~~	**200.–**
• WF Okular	2"	F 30	Steinheil	~~NP 1.250.–~~	**200.–**
• WF Okular	1 1/4"	F 16	russ. 6-linser		**150.–**
• Präz. Okular	1 1/4"	F 22	Zeiss Oberc.	~~NP 700.–~~	**130.–**
• Zenit Prisma	2"		Zeiss Oberc.	~~NP 650.–~~	**150.–**
• Zenit Gehäuse	2"				**85.–**
• Amici Prisma	1 1/4"		Leitz	~~NP 410.–~~	**85.–**
• Zenit Prisma	3" m. Geh.		Zeiss Oberc.	~~NP 3.000.–~~	**550.–**

• über 200 weitere Restposten •

Russisches Forschungs-Stereomikroskop, original verpackt, neu professionelle Qualität, Baujahr 1992, 5 Stück, Stückpreis DM 560.– Neupreis ca. DM 1700.–. 5 Stück Maksutov 100/1000/MC/MTO Bauj. 92 original verpackt, Anschluß M42 + Adapter M42 11 1/4-Zoll erstklassige Abbildungsgüte, komplett Stck. DM 450.–. Über 200 verschiedene Optiken, Lagerbestände Bauj. 92/93, original verpackt, Katalog inkl. 15 Farbfotos, SFr. 5.–.

BW Optik Versand LANGNER VOSS
Lindenstr. 52, 45894 Gelsenkirchen, West-Deutschland

Telefon 0049 209 39 47 45

Meteorite

Urmaterie aus dem interplanetaren Raum
direkt vom spezialisierten Museum
Neufunde sowie klassische Fund- und Fall-Lokalitäten
Kleinstufen – Museumsstücke
Verlangen Sie unsere kostenlose Angebotsliste!

Swiss Meteorite Laboratory
Postfach 126 CH-8750 Glarus
Tél. 077/57 26 01 – Fax: 058/61 86 38

Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen

HANS BODMER, Burstwiesenstr. 37, CH-8606 Greifensee

Juni 1993 (Mittelwert 50,9)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	101	102	101	76	72	83	82	62	52	45
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	35	22	14	9	8	15	18	18	13	24
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R	29	34	43	46	64	48	66	76	92	77

Nombres de Wolf

Juli 1993 (Mittelwert 57,1)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R	55	56	87	78	76	56	46	32	44	35	
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
R	28	36	48	59	63	70	61	69	70	58	
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
R	68	52	72	72	62	57	56	63	56	41	43