

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 42 (1984)
Heft: 200

Artikel: Die Taukappe
Autor: Ziegler, H.G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899262>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Taukappe

H. G. ZIEGLER

In der Literatur wird man vergeblich nach Hinweisen und Angaben über die Taukappe suchen. Ein Grund dafür mag sein, dass sie ein so einfaches Element zu sein scheint, worüber zu schreiben sich nicht lohnt. Auch scheint sie in innovativer Hinsicht wenig interessant, denn was lässt sich schon an ihr verbessern? Mit diesem Beitrag möchte ich dreierlei zeigen:

- dass es sich durchaus lohnt, selbst den einfachsten Dingen auf den Grund zu gehen,
- dass die Taukappe in ihrer üblichen Ausführung ein wenig geeignetes Element ist um ein Betauen der Objektivoberflächen zu verhindern und es dafür bessere Lösungen gibt,
- dass man auf solche neue Lösungen kaum durch Probieren stösst, sondern nur, wenn man dem theoretischen Hintergrund und den Gesetzmässigkeiten nachgeht. Dabei zeigt sich sehr oft, dass gerade die einfachsten Dinge gar nicht so einfach sind.

Bevor wir der Physik der Taukappe nachgehen, wollen wir, noch unbelastet von aller Theorie, die Frage stellen, wie die Taukappe wirken könnte? Ich gebe hier einige Ansichten wieder, auf die man stösst:

- Die Taukappe verhindert den Zutritt feuchter Luft zum Objektiv.
- Man muss kurz vor der Beobachtung die Taukappe mit gut getrocknetem Fliesspapier ausschlagen. Dieses saugt die Feuchtigkeit auf, die sich sonst als Tau niederschlagen würde.
- Sie schützt das Objektiv vor der kalten Luft, die den Tauniederschlag auslöst.
- Die Taukappe ist ein Schutz gegen Staub, der auf der Objektivoberfläche Kondensationskeime für den Tauniederschlag liefert.

Ob die Taukappe wirklich so wirkt, sollen die folgenden Überlegungen zeigen:

Wie kommt es zur Kondensation und zum Tauniederschlag? Wenn wir den Gesetzen der feuchten Luft nachgehen, dann genügt es vorerst nur die beiden Grössen Temperatur T und Druck p zu betrachten. Die Temperatur ist eine jedermann geläufige Grösse, doch wie steht es mit dem Druck? Der französische Physiker DALTON hat zu Anfang des 19. Jahrhunderts für ein Gasgemisch das nach ihm benannte Gesetz aufgestellt, dass der Druck p gleich der Summe der sogenannten *Partialdrücke* der Komponenten ist. Luft ist ein Gemisch aus den Gasen Stickstoff (N), Sauerstoff (O) und einer variablen Menge Wasserdampf. Da in der Meteorologie der Druck auch mit Barometerstand b bezeichnet wird, ergibt sich die einfache Formel:

$$b = p_N + p_O + p_{H_2O}$$

In der Meteorologie werden Drücke in der Regel in Millibar (mbar) angegeben. Um sich ein Bild von diesen Partial-

drücken zu machen, gebe ich die Werte für den Zeitpunkt an, da diese Zeilen geschrieben wurden: der Barometerstand betrug 732,5 mm QS = 976,6 mbar¹⁾ und dabei waren die Partialdrücke $p_N = 737,8$, $p_O = 226,5$ und $p_{H_2O} = 12,4$ mbar.

DALTON hat noch eine weitere Aussage gemacht: bei Zustandsänderungen in einem Gasgemisch kann man formal jede Komponente für sich isoliert behandeln. Wir brauchen daher im weiteren nur den uns interessierenden Wasserdampf betrachten. Der jeweilige Wasserdampf-Partialdruck p_{H_2O} ist bereits das primäre Mass für die *absolute Feuchte*. Daher wird in der Meteorologie die absolute Feuchte in mbar angegeben. Wenn wir uns einmal damit vertraut gemacht haben, dass die Feuchte ein Druck ist, dann werden viele Erscheinungen leicht durchschaubar: z.B., dass in einem Zimmer mit Luftbefeuchter p_{H_2O} ansteigen muss und dieser höhere Innendruck sich durch undichte Fenster und Türen auszugleichen versucht oder, dass innerhalb der Taukappe der gleiche Partialdruck und damit die gleiche Feuchte herrschen muss wie in der Umgebung, da sie ja ein vorne offenes Rohr ist. Auch ein gut getrocknetes Fliesspapier ändert an diesem Sachverhalt nicht das Geringste, denn durch den sehr grossen Zuströmquerschnitt kann die geringe Wassermenge, die das Fliesspapier aufzunehmen vermag, keinen gegenüber der Umgebung niedrigeren Partialdruck aufrechterhalten. Daraus ergibt sich die wichtige Folgerung:

Die Taukappe hat keinen Einfluss auf die Feuchte, wie auch immer man sie ausführen mag!

Die Kondensation und die Verdampfung sind druck-temperaturabhängige Vorgänge, die im pT -Diagramm der Abb. 1 dargestellt sind. In diesem Diagramm gibt die *Sättigungskurve* den Zusammenhang zwischen der *Sättigungstemperatur* T_s und dem *Sättigungsdruck* p_s wieder. In der Meteorologie ist es üblich die Sättigungstemperatur mit *Taupunkttemperatur* oder kurz mit *Taupunkt* τ zu bezeichnen. Die Kurve ist so zu interpretieren: bei einer Temperatur T_x kann nur solange Wasser verdampfen, bis sich der Sättigungsdruck p_s eingestellt hat. Die Sättigungskurve begrenzt demnach den möglichen pT -Zustandsbereich des Wasserdampfes. Oder noch anders ausgedrückt: im ganzen Bereich rechts von der Sättigungskurve sind beliebige Zustandspunkte, z.B. der Punkt X mit 20° und 16 mbar, möglich. Kühlt man den Wasserdampf bei konstantem Druck (isobar) ab, dann bewegt man sich auf einer horizontalen Linie bis zum Taupunkt $\tau = 14^\circ$. Kühlt man weiter ab, dann muss der Partialdruck entlang der Sättigungskurve absinken und es scheidet sich Wasser, meist in Form von Nebel aus. In jedem Punkt der Sätti-

¹⁾ Wenn man am Barometer den Druck in mm Quecksilbersäule abliest, dann erhält man den Druck in mbar durch Multiplikation mit 1,333.

gungskurve ist die *relative Feuchte* $RF = 100\%$. Die relative Feuchte ist durch das Druckverhältnis p_x / p_s definiert und daher in jedem anderen Zustandspunkt rechts von der Sättigungskurve kleiner als 100% . Da p_s eine temperaturabhängige Grösse ist, ist auch die relative Feuchte eine temperaturabhängige Grösse. Erwärmt sich in einem Raum die Luft, dann verändert sich die absolute Feuchte nicht, die relative Feuchte wird jedoch entsprechend kleiner. Für den Alltagsgebrauch sollte man sich folgende einfache Regel merken: bei gesättigtem Wasserdampf kondensiert mehr Wasser und der Nebel wird dichter, wenn $T \downarrow$ oder $p \uparrow$, bzw. ein Teil des ausgeschiedenen Wassers geht wieder in die dampfförmige Phase über und der Nebel lichtet sich, wenn $T \uparrow$ oder $p \downarrow$. Wir wollen noch

erwähnen, dass bei stabilen Wetterverhältnissen die Zustandsänderungen in der Regel *isobar* ($p = \text{konst.}$) verlaufen und man es nur mit Temperaturänderungen zu tun hat.

Bringt man einen Gegenstand in die uns umgebende Atmosphäre, dann ändern sich dadurch die Partialdruck-Verhältnisse nicht. Wenn der Gegenstand kälter als die Umgebungsluft und der Wasserdampf ist, dann wird sich im Nahbereich seiner Oberfläche der Wasserdampf solange abkühlen, bis der Taupunkt erreicht ist. In diesem Moment wird sich auf seiner Oberfläche ein Tauniederschlag bilden. Dies ist ein reines Oberflächenphänomen, das zu beschreiben den Rahmen dieses Beitrages überschreiten würde. Für uns ist nur wichtig, dass dies am Partialdruck in der Umgebung nichts ändert,

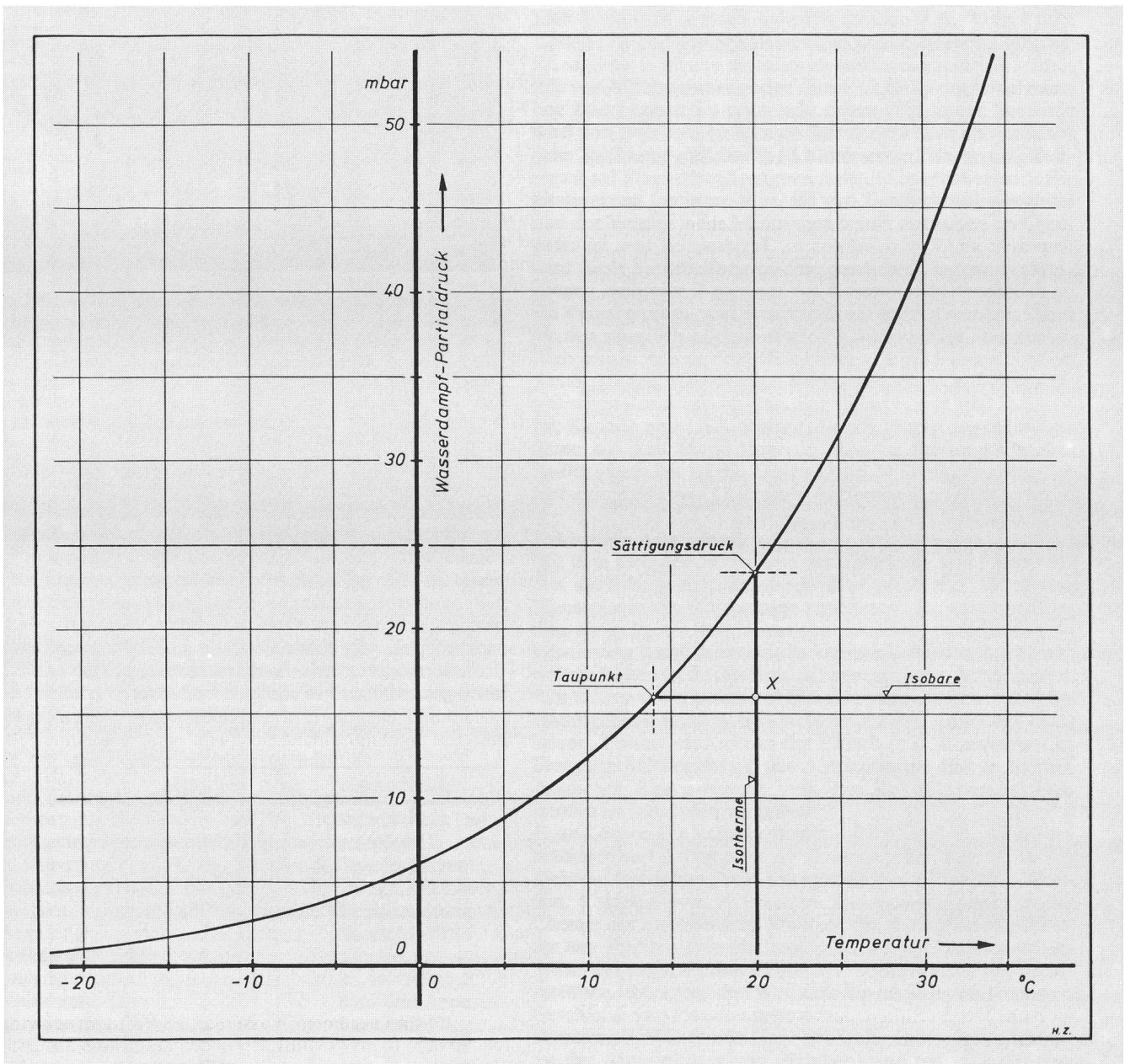


Abb. 1: pT-Diagramm des Wasserdampfes mit Sättigungskurve. Die Sättigungskurve begrenzt den Zustandsbereich des Wasserdampfes. Während im Feld rechts von der Kurve beliebige Zustände (p_x , T_x) möglich sind, sind bei Sättigung nur noch Zustandsänderungen längs der Kurve möglich. Der Siedepunkt des Wassers bei Atmosphärendruck ist ebenfalls ein Punkt dieser Kurve.

denn alle meteorologischen Zustandsänderungen spielen sich in ausserordentlich grossen Räumen ab, so dass die auf ein paar cm^2 Objektivoberfläche niedergeschlagene Wassermenge keinen Einfluss auf die Zustandsgrössen der Umgebung hat. Für unser Taukastenproblem kommen wir zu den beiden weiteren wichtigen Folgerungen:

- Wenn sich auf der Objektivoberfläche Tau niederschlägt, dann ist dies auf eine Abkühlung der Oberfläche unter den Taupunkt zurückzuführen.
- Die Abkühlung kann nur durch Abstrahlung der im Glas gespeicherten Wärme erfolgen, da die Temperatur der Umgebungsluft über dem Taupunkt liegt.

Wäre dem nicht so, dann würde uns ja Nebel umgeben und kein Beobachter würde sein Fernrohr gegen den Himmel richten. Auch die *Kondensationskeim-Hypothese* hat keine praktische Tragfähigkeit, denn selbst wenn man eine Objektivoberfläche, mit den einem Amateur zugänglichen Mitteln, ausserordentlich gut reinigt, sind immer noch genügend viele Kondensationskeime vorhanden, um einen Tauniederschlag auszulösen.

Damit scheiden alle eingangs erwähnten Erklärungsversuche für die Taukappe aus. Wir müssen uns daher den Abstrahlungserscheinungen zuwenden und sehen, wie diese Vorgänge ablaufen.

In einem Glaswürfel von 1 cm^3 sind pro 1 Grad 1,66 Joule Wärme gespeichert. Bei einer Abkühlung um 1 Grad werden demnach auch 1,66 Joule gegen den Nachthimmel abgestrahlt. Von welchen Faktoren wird diese Abstrahlung bestimmt und welche Rolle spielt dabei die Taukappe? Grundsätzlich strahlt jeder Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt Wärme in den ihn umgebenden Raum ab, empfängt aber in der Regel auch Wärmestrahlung von anderen Körpern und der Umgebung. Denken wir uns vorerst das Objektiv ohne Taukappe, dann ist die pro cm^2 abgestrahlte *spezifische Leistung* (in Watt/cm^2) von der Temperatur der Oberfläche, ihren *Emissionseigenschaften*, dem Abstrahlungswinkel und dem *Raumwinkel*, in den abgestrahlt wird, abhängig. Für unser Objekt ist der Temperaturbereich zwischen etwa 5 und 25° von Interesse und diesen Temperaturen entsprechen Absoluttemperaturen von 278 – 298 K ²⁾.

Ein idealer *schwarzer Strahler* würde in diesem Temperaturintervall die maximale Energie bei einer Wellenlänge von ca. $1/100 \text{ mm}$ abstrahlen (*Wiensches Gesetz*). Glas, das im optischen Wellenlängenbereich durchsichtig ist, ist bei diesen Wellenlängen undurchsichtig und schwarz und daher ein ausgezeichnete Wärmestrahler. Mit einer Emissionszahl von 0,93 kommt es dem idealen schwarzen Strahler sehr nahe. Eine noch etwas höhere Emissionszahl haben Wasser und Eis und damit auch Tau- und Reifschichten (0,96–0,97), während die Emissionszahlen aluminisierter Spiegel und von Aluminiumfolie unter 0,03 liegen.

Für unsere Betrachtungen ist neben diesen Materialeigenschaften noch der Raumwinkel Ω von Bedeutung. Eine dem Nachthimmel zugekehrte Fläche wird die Wärme nach einer gewissen Gesetzmässigkeit in den Halbkugelraum abstrahlen, genau so wie eine Lampe das Licht nach allen Seiten abstrahlt. Der Halbkugel entspricht ein Raumwinkel von 2π . Aus der Abb. 2 ist ersichtlich, dass die Taukappe die Abstrahlung auf einen Kegel mit dem Öffnungswinkel α begrenzt.

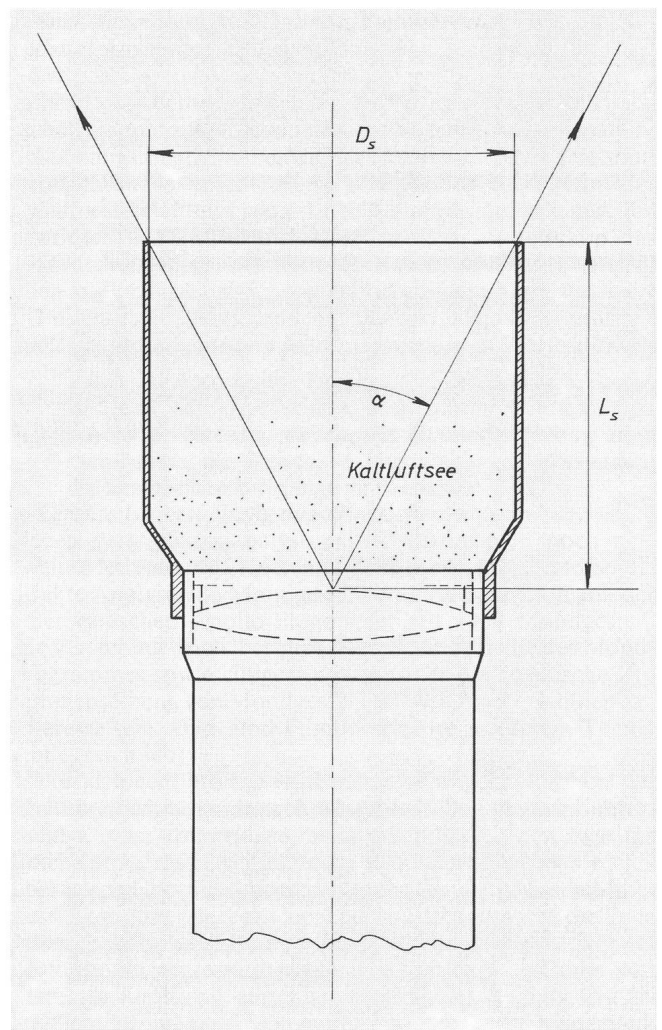


Abb. 2: Konventionell ausgeführte Taukappe. Das zu kleine L_s/D_s -Verhältnis gibt einen grossen Raumwinkel frei, in den die Objektivoberfläche die gespeicherte Wärme abstrahlen kann und die Becherform führt zu einem gut isolierenden Kaltluftsee in der Taukappe, der einen Wärmeaustausch mit der wärmeren Umgebungsluft unterbindet.

Der Raumwinkel eines Kegels mit dem Öffnungswinkel α ist: $\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \alpha)$. Wir wollen nun sehen, wie gross tatsächlich die pro cm^2 in den Halbkugelraum ausgestrahlte Wärmeleistung ist. Dabei ist zu beachten, dass einem solchen Flächenelement auch aus der Umgebung Wärme zugestrahlt wird. Der Hauptanteil der zugestrahlten Wärme stammt vom Wasserdampf der erdnahen Luftschichten und ist vom uns bereits bekannten Wasserdampf-Partialdruck abhängig. Die netto abgestrahlte Wärmeleistung wurde von verschiedenen Autoren experimentell und theoretisch untersucht, so dass dafür Berechnungsunterlagen vorliegen (siehe Literaturhinweise). Hier soll nur das Ergebnis gebracht werden: 1 cm^2 Glasfläche strahlt bei klarem Nachthimmel im Temperaturbereich 5 – 25° und bei einem Wasserdampf-Partialdruck von 15 mbar etwa 5 – 10 mW (Milliwatt) in den Halbraum ab. Dieser Wert mag sehr klein erscheinen! Berücksichtigt man jedoch, dass in 1 cm^3 Glas nur 1,66 Joule Wärme pro Grad gespeichert sind, dann sieht man, dass sich so ein Glaswürfel in der Minute um ca. $0,15$ – $0,3^\circ$ abkühlt. An einem etwas kriti-

²⁾ Bei allen Strahlungsberechnungen ist mit *Grad-Kelvin* (K) = $^\circ\text{C} + 273$ zu rechnen.

schen Beobachtungsabend haben sich unsere Frontlinse oder gar Schmidt-Platte spätestens nach einer halben Stunde auf den Taupunkt abgekühlt!

Der Taukappe liegt die Idee zugrunde, die Abstrahlung der Glasfläche herabzusetzen. Untersucht man eine konventionell ausgeführte Taukappe auf ihre Wirksamkeit, dann genügt es nicht allein darauf zu sehen, in welchem Masse sie den Raumwinkel begrenzt, man muss auch die Winkelverteilung der Strahlung berücksichtigen. Eine Glasfläche strahlt in guter Annäherung an das *Lambertsche Gesetz* die meiste Energie senkrecht zur Fläche, also gegen den Zenit ab³⁾. Mit zunehmendem Abstrahlwinkel, also in Richtung Horizont, wird die abgestrahlte Energie immer kleiner. Gerade umgekehrt ist die Intensitätsverteilung der vom Wasserdampf zugestrahlten Energie. Im Zenit ist die Gegenstrahlung klein und gegen den Horizont nimmt sie sehr stark zu. Man sieht, dass die Taukappe gerade in Richtung Horizont und niedrigen Höhen abschirmend wirkt, also in jenem Raumwinkelgebiet, in dem die Nettoabstrahlung ohnehin bedeutungslos ist. Ihr Wirkungsgrad ist daher sehr bescheiden. Dazu kommt ein weiterer, kaum beachteter Nachteil: Der Form nach ist die Taukappe ein gegen den Himmel gerichteter «Becher». Wenn sich die Glasfläche und die Innenwände der Taukappe abkühlen, wird sich auch die Luft abkühlen. Da diese schwerer als die wärmere Umgebungsluft ist, wird sie in der Taukappe absinken und einen «Kaltluftsee» bilden. Auf die Abstrahlung hat diese Kaltluft keinen Einfluss. Sie ist jedoch ein ausgezeichneter Wärmeisolator, der einen Wärmeaustausch der kalten Flächen mit der wärmeren Umgebungsluft unterbindet. Die konventionelle Taukappe nützt das Wärmepotential der Umgebungsluft in keiner Weise aus. Man kommt daher zum Schluss: die Taukappe ist ein wenig taugliches Element, um eine Taubildung zu verhindern! Wir wollen uns nun überlegen, welche Möglichkeiten wir überhaupt haben, um die Abkühlung unserer Frontflächen aus Glas wirkungsvoll herabzusetzen? Es sind dies:

- eine Beeinflussung der Emissionseigenschaften
- ein optimal ausgeführter Strahlungsschirm
- eine Kompensation der Abstrahlung durch eine künstlich erzeugte Gegenstrahlung (Taukappenheizung).

Die Beeinflussung der Emissionseigenschaften

Es dürfte bekannt sein, dass man auf Glasflächen Schichten und Belege aufdampfen kann, mit denen sich die optischen Eigenschaften auf mannigfache Weise beeinflussen lassen. Erwähnt seien: Spiegelschichten, Antireflexbelege und Interferenzschichten. Auf die gleiche Weise und mit demselben Verfahren lassen sich Schichten aufdampfen, die die Emissionszahl im Wärmestrahlenbereich von 0,93 auf Werte unter 0,1 herabsetzen. Solche Belege sind keineswegs neu. Sie werden schon lange in Beleuchtungsteilen optischer Geräte eingesetzt, um die unerwünschte Wärmestrahlung der Lichtquellen auszufiltern. Das Aufdampfen solcher Schichten kostet selbstverständlich Geld. Es wäre jedoch durchaus denkbar, dass man z.B. die Frontflächen von Schmidt-Platten mit einer solchen Schicht bedampft. Wir wollen jedoch sehen, ob wir nicht billiger zum Ziel kommen?

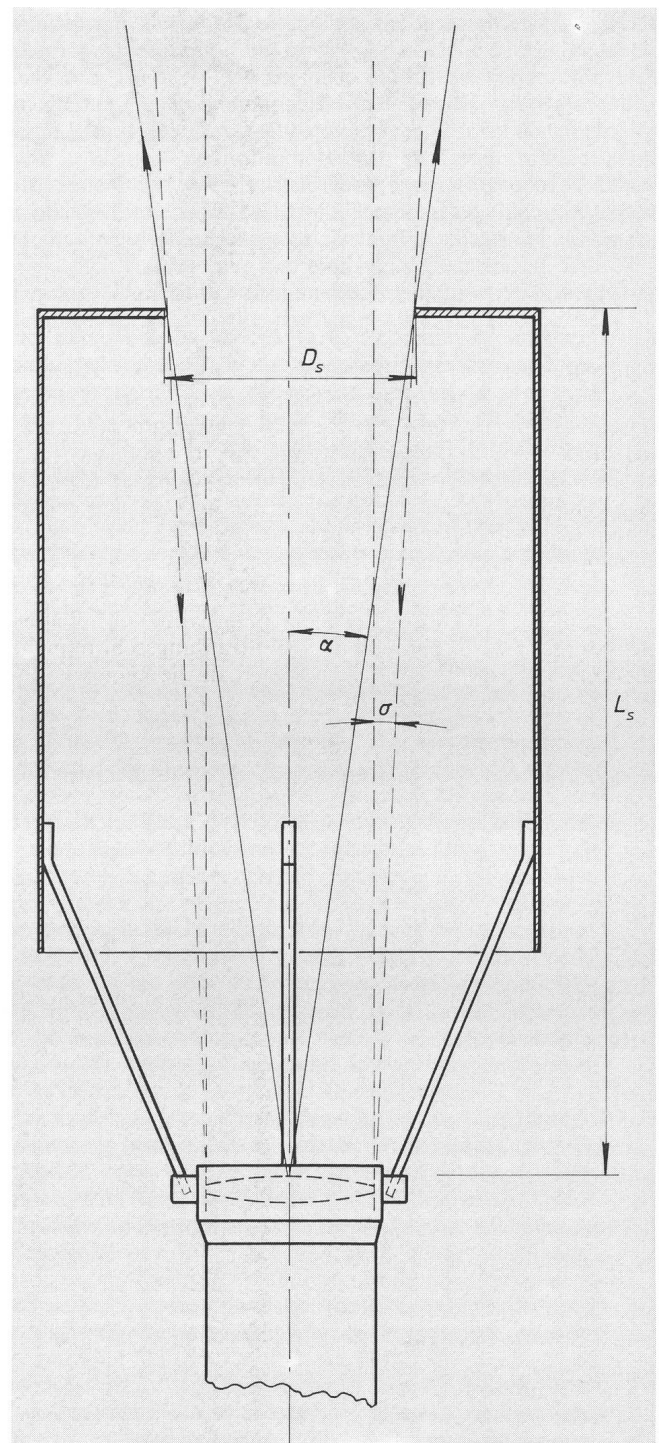


Abb. 3: Als Strahlungsschirm ausgebildete Taukappe. Das grosse L_s/D_s -Verhältnis gibt einen kleinen abstrahlenden Raumwinkel frei und über die offenen Zirkulationswege kann die über dem Taupunkt liegende Umgebungsluft alle Flächen gut umspülen.

Der Strahlungsschirm

Für einen optimal ausgeführten Strahlungsschirm lassen sich einige einfache Kriterien angeben:

1. Da die Abstrahlung in Richtung Sehstrahl und Zenit am

³⁾ Es wird immer das Rohr in Zenitlage angenommen. Sie ist bezüglich Abstrahlung am ungünstigsten und zudem eine bevorzugte Beobachtungslage.

grössten ist, darf die Öffnung D_s der Blende nur gerade so gross sein wie das optische Strahlenbündel.

2. Für die Anordnung des Strahlungsschirmes vor dem Objektiv gibt es eine optimale Entfernung L_s , die etwa zwischen $4 \cdot D_s$ bis $6 \cdot D_s$ liegt.
3. Um eine indirekte Abstrahlung zu vermeiden, dürfen sich die dem Objektiv zugekehrten Flächen nicht unter die Umgebungstemperatur abkühlen.
4. Das Objektiv und die Objektivfassung müssen von der Umgebungsluft gut umspült sein und die Objektivfassung sollte keinen hohen Rand haben, damit die Kaltluft abfliessen kann (Kaltluftsee!)

Ein sehr einfacher und nach diesen Kriterien gebauter Strahlungsschirm würde wie ein sehr grosser Sonnenprojektionsschirm aussehen. In der Mitte hätte er eine Öffnung, die gerade nur das optische Strahlenbündel durchlässt, hergestellt wäre er aus Wellkarton oder einer nicht zu dicken Styropor-Platte, auf der dem Himmel zugekehrten Seite ist er mit Aluminiumfolie belegt und auf der Rückseite schwarz angestrichen. Gehalten wird er mit einigen Stäben oder Holzleisten, die mit dem Rohr verbunden sind. Hinter dem Strahlungsschirm ist der Raum offen und frei, so dass die warme Umgebungsluft alle Flächen gut umspülen kann. Ich erwähne noch, dass es wenig sinnvoll ist, den Strahlungsschirm mehr als $6 \cdot D_s$ vor dem Objektiv anzuordnen, da die Raumwinkelreduktion nur noch gering ist und die ganze Anordnung unnötig gross wird.

Eine andere Anordnung ist in der Abb. 3 gezeigt. Für diese Anordnung wäre die Bezeichnung Taukappe wieder angebracht. Die Frontfläche mit der Blendenöffnung ist mit Seitenwänden umgeben, die nicht bis auf die Höhe des Objektives heruntergezogen sind, da in Horizonthrichtung ohnehin keine Wärme abgestrahlt wird. Die Seitenwände können wie ein Rohr oder auch rechteckig wie eine Kartonschachtel ausgeführt werden. Im Durchmesser sollte dieses Gebilde etwa doppelt so gross wie das Objektiv sein, damit zwischen Fernrohr und Schirmwänden die Luft frei und ungehindert zirkulieren kann.

Auch bei dieser Ausführung wird man die Aussenflächen zweckmässig mit Alufolie belegen.

Man sieht, dass solche Strahlungsschirme eine ganz beachtliche Grösse besitzen. Trotzdem lassen sie sich sehr leicht bauen, so dass sie das Instrument nicht nennenswert belasten. Ein Nachteil soll nicht verschwiegen werden: Ein richtig ausgeführter Schirm bietet auch dem Wind grosse Angriffsflächen. Bei einer wackeligen und ungenügend steifen Montierung können sich dadurch schon Probleme ergeben.

Die Abstrahlungs-Kompensation

Untersucht man die netto abgestrahlte Energie in Funktion des Zenitwinkels, dann findet man, dass der Hauptanteil in einem gar nicht so grossen Winkelbereich um den Zenit abgestrahlt wird. Der übrige Raumwinkelbereich und erst recht die horizontnahen Zonen tragen zur Abstrahlung nur wenig oder überhaupt nicht bei. Eine Konsequenz davon ist, dass man bei optischen Systemen mit grossem Aperturwinkel σ mit einem Strahlungsschirm ein Betauen der Frontflächen nicht verhindern kann. Die durch die Optik vorgegebene Blendenöffnung gibt einen genügend grossen Raumwinkel für die Abstrahlung frei. In diesem Fall bleibt einem nichts anderes übrig, als der sich abkühlenden Fläche künstlich Wärme zuzuführen. Wie man das macht, soll in einem späteren Beitrag behandelt werden.

Literatur:

- R. SLOAN et al., «Thermal Radiation from the Sky», Jour. of the Opt. Soc. of Am., Vol. 46 (1956) P. 543.
- E. E. BELL et al., «Spectral Radiance of the Sky and Terrain at Wavelength 1–20 Microns» Jour. of the Opt. Soc. of Am., Vol. 50 (1960) P. 1313.
- H. E. BENNET et al., «Distribution of Infrared Radiation over a clear Sky», Jour. of the Opt. Soc. of Am., Vol. 50 (1960) P. 100.
- H. PHILIPPS, «Zur Theorie der Wärmestrahlung» Gerl. Beitr. z. Geophysik, 56 (1940), Bad Homburg.

Adresse des Verfassers:

H. G. Ziegler, Ringstrasse 1a, CH-5415 Nussbaumen.