

19696

**Königlich Preußisches Meteorologisches Institut.**

# **Anleitung**

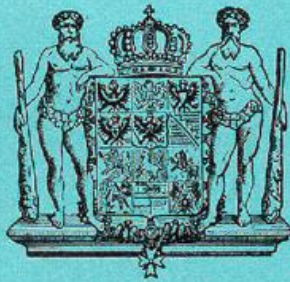
zur

## **Anstellung und Berechnung meteorologischer Beobachtungen.**

— Zweite völlig umgearbeitete Auflage. —

**Zweiter Teil.**

**Besondere Beobachtungen und Instrumente.**



**Berlin 1905.**  
**A. ASHER & Co.**

**Preis 2 Mark.**

19696

**Königlich Preußisches Meteorologisches Institut.**

---

# Anleitung

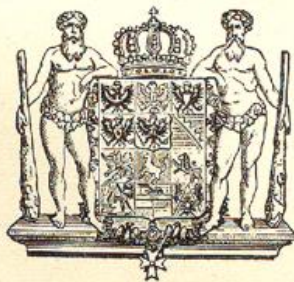
zur

## **Anstellung und Berechnung meteorologischer Beobachtungen.**

— Zweite völlig umgearbeitete Auflage. —

**Zweiter Teil.**

**Besondere Beobachtungen und Instrumente.**



---

**Berlin 1905.**  
**A. ASHER & Co.**

Preis 2 Mark.



## Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Titel und Inhalts-Verzeichnis . . . . .	I—III
I. Registrierapparate nach dem System Richard . . . . .	1—8
II. Gefäßheberbarometer . . . . .	8—12
III. Aspirations-Psychrometer nach Assmann . . . . .	12—17
IV. Aspirator für das Psychrometer . . . . .	17—20
V. Messung der Erdbodentemperatur . . . . .	20—22
1. Erdoberfläche . . . . .	20—21
2. Geringe Tiefen . . . . .	21
3. Größere Tiefen . . . . .	21—22
VI. Messung der Temperatur von Gewässern . . . . .	22—23
VII. Schalenkreuz-Anemometer . . . . .	23—25
VIII. Registrierender Regenmesser, System Hellmann . . . . .	25—28
IX. Gebirgsregenmesser, System Hellmann . . . . .	28—29
X. Bestimmung des Wassergehaltes der Schneedecke (Schneedichte) . . . . .	29—30
XI. Sonnenschein-Autograph . . . . .	30—35
XII. Beobachtung der Wolken . . . . .	35—42
1. Beschreibung und Bezeichnung der Wolkenarten . . . . .	35—38
2. Richtung und Geschwindigkeit (Wolkenspiegel) . . . . .	38—42
XIII. Dämmerungsbeobachtungen . . . . .	42—46
XIV. Phänologische Beobachtungen . . . . .	46—47
Tabelle A. Spannkraft des Wasserdampfes über Eis . . . . .	48
"  B.  "      "      "      "      "      Wasser . . . . .	48—49

Anhang: Wolkenbilder, Tafel I und II.



## I.

### Registrierapparate nach dem System Richard.

Bei den zur selbsttätigen Aufzeichnung des Ganges von Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit dienenden Registrierapparaten nach dem System von Richard werden die Veränderungen des zur Messung dienenden Apparatenteiles (Aneroiddose, Thermometergefäß, Haarbündel) mittels einer Hebelübertragung mehrfach vergrößert und durch eine Schreibfeder am Ende des langen Hebelarmes auf einer mit Papier bespannten Trommel aufgezeichnet; ein Uhrwerk dreht die Trommel in einer Woche einmal um ihre vertikale Achse, so daß auf dem mit Vordruck versehenen Papier eine fortlaufende Kurve entsteht. Die Apparate wurden zuerst von Richard in Paris hergestellt; gegenwärtig werden sie in gleicher Güte und teilweise mit Konstruktionsänderungen auch in Deutschland angefertigt, z. B. von Fuess in Steglitz bei Berlin, Otto Bohne in Berlin, Bosch in Straßburg i. E.

Die Aufzeichnungen sind infolge der einfachen Bauart der Apparate meist nicht ganz genau, sondern bedürfen einer von Zeit zu Zeit wechselnden Korrektur. Sie sind deshalb für die meisten meteorologischen Zwecke nur dann verwendbar, wenn sie regelmäßig mit direkten Beobachtungen an den Stationsinstrumenten verglichen werden. Es empfiehlt sich, nur starke Abweichungen von den Normal-Instrumenten durch Änderungen an den Apparaten zu berichtigen, sonst aber die ermittelte Korrektur bei der Auswertung der Registrierkurven rechnerisch zu berücksichtigen.

#### Aufstellung.

Vor allem gilt der Grundsatz, den Registrierapparat möglichst dicht neben dasjenige Instrument zu stellen, durch welches er kontrolliert werden soll.

Der Barograph ist erschütterungsfrei auf einem festen Tische oder einer Konsole in demselben Raume unterzubringen, wo das Stationsbarometer hängt, insbesondere geschützt gegen direkte Sonnen- und Ofenstrahlung (vergl. Anleitung Teil I, S. 6).

Der Thermograph steht am besten in einer Thermometerhütte (Teil I, S. 14) so, daß sich sein Gefäß neben der Kugel des trockenen Thermometers befindet, also meist in der linken Hälfte der Hütte. Um das Instrument aufstellen zu können, darf die Metallstange zum Befestigen der Thermometer nicht in der Mitte der Hütte, sondern sie muß rechts davon etwa 17 cm von der Wandung entfernt stehen.

Der Hygrograph wird ähnlich wie der Thermograph untergebracht; sind beide Instrumente vorhanden, so wird der Hygrograph entweder auf den Thermographen gestellt oder an der Decke der Hütte an der linken Seite aufgehängt.

### Beschreibung.

Der Barograph (Fig. 1) besteht aus acht auf einander gesetzten Aneroidosen (luftleeren Metallbüchsen mit elastischen Deckeln und konzentrisch wellenförmigen Rinnen),

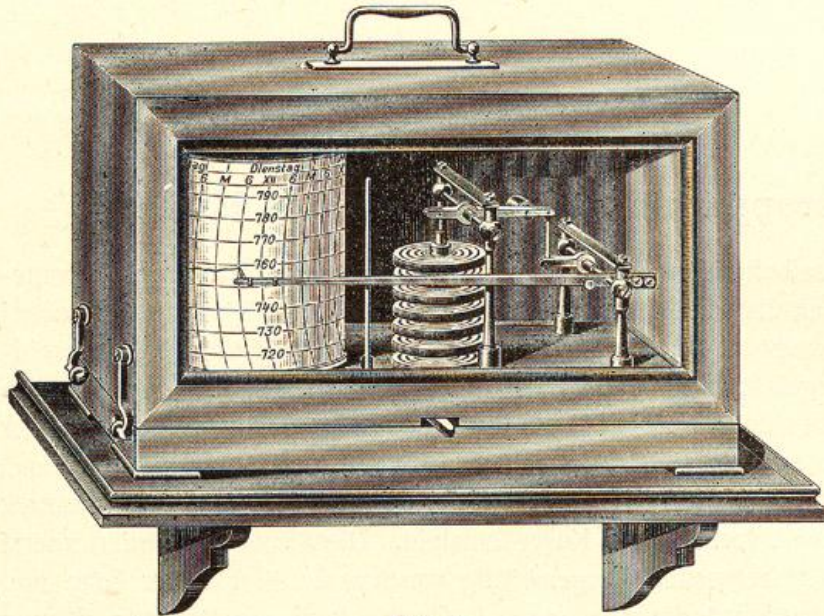


Fig. 1.

welche im Innern mit einer Spannfeder versehen und so aufeinander geschraubt sind, daß sich ihre Veränderungen bei wechselndem Luftdruck summieren. Die

Gesamtwirkung der Deformation äußert sich bei steigendem Barometer durch Zug, bei fallendem Barometer durch Druck auf eine

über den Dosen befindliche Metallstange, und diese Bewegungen werden von hier aus durch ein leicht übersichtliches Hebelsystem auf einen etwa 17 cm langen, mit einer Schreibfeder versehenen Hebelarm übertragen.

Die Aufzeichnungen des Barographen sollen mit den Angaben des Stationsbarometers übereinstimmen, nachdem an diese die Reduktion auf 0°, sowie die Instrumental- und Schwerekorrektur (vergl. Teil I, Seite 47) angebracht sind. Um bei starken Abweichungen den Stand der Schreibfeder zu regulieren, steckt man den schwächeren Teil des beigegebenen Uhrschlüssels von unten her in das mitten im Boden des Kastens befindliche Loch und dreht nach links, wenn der Zeiger höher, nach rechts, wenn er tiefer gestellt werden soll. Auf dem Registrierblatt ist bei solchen Veränderungen ein deutlicher Vermerk mit Zeitangabe zu machen.

Bei dem Thermographen dient als Maß der Temperatur die Krümmung

eines ganz mit Alkohol gefüllten Neusilbergefäßes A (Fig. 2) von flach zylindrischem Querschnitt, das am oberen Ende mit einem festen Messingbügel B verbunden ist, während an das untere Ende eine zum Hebelsystem führende dünne Stange C angelötet ist. Steigt die Temperatur, so dehnt sich der

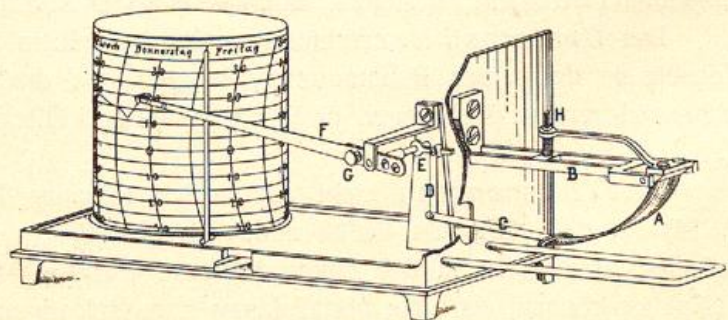


Fig. 2.

Bei dem Thermographen dient als Maß der Temperatur die Krümmung

Alkohol aus, die Krümmung des Rohres *A* wird schwächer, die Stange *C* wird nach links unten verschoben, der Zug auf den kurzen Hebelarm *E* des Systems vergrößert sich und der Schreibhebel *F* bewegt sich nach aufwärts.

In der vorstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 2) ist die Pariser Form des Thermographen-Gefäßes dargestellt; bei den von Assmann-Fuess abgeänderten Apparaten ist dieses Gefäß ringförmig und zum Schutze gegen Strahlung und gegen Benetzung durch Niederschläge mit poliertem Hüllrohr und Dach umgeben.

Will man die Aufzeichnungen mit den Angaben eines Normalthermometers in Übereinstimmung bringen, so ändert man den Stand durch Drehen mit dem Uhrschlüssel an der Schraube *H*. Dadurch wird der obere Stützpunkt des Thermometergefäßes ein wenig verschoben. Bei dem Thermographen nach Assmann-Fuess wird zu diesem Zwecke an der Kordelschraube gedreht, welche sich an dem Hebel des Thermographengefäßes unter dem polierten Schutzdach befindet.

Die Hygrographen registrieren die relative Feuchtigkeit in Prozenten voller Sättigung. Bei der Richardschen Form dieser Apparate ist ein Haarbündel horizontal ausgespannt zwischen zwei Messingbalken, von denen sich der vordere zur Veränderung der Angaben auf dem Registrierblatt mittels des Uhrschlüssels verschieben läßt. Über das Haarbündel greift ein Haken, der an dem rechten, durch ein Gewicht beschwerten Arm des Hebelsystems befestigt ist und dadurch das Haarbündel leicht gespannt hält. Wird die Luft feuchter, so dehnen sich die Haare aus, und das Gewicht an dem rechten Hebelarm treibt den Schreibhebel in die Höhe. Die Übertragung der Kraftwirkungen erfolgt durch zwei mit leichter Reibung auf einander liegende Messingbügel von genau bestimmter Krümmung. Durch die Krümmung dieser Bügel ist erreicht worden, daß der vertikale Abstand der Teilstriche auf dem Registrierblatt durchweg der gleiche ist, während die Ausdehnung des Haarbündels mit zunehmender Feuchtigkeit verhältnismäßig geringer wird.

Die Registriervorrichtung ist bei allen Apparaten vom Typus Richard prinzipiell die gleiche. An dem Ende des langen Hebelarms ist eine mit Glyzerinfarbe gefüllte Schreibfeder in Form eines dreiseitigen Kästchens angebracht, welche ihre Bewegungen auf einer mit vorgedrucktem Papier gespannten Messingtrommel aufzeichnet. In der Trommel befindet sich das Uhrwerk, das mittels eines am Boden exzentrisch angebrachten Zahnrades in das feste Zahnrad an der Achse der Trommel eingreift. Der obere Deckel des Uhrgehäuses hat zwei Öffnungen, die eine zum Aufziehen des Werkes, die andere zum Regulieren des Ganges.

Das Regulieren geschieht dadurch, daß man mit einem Taschenmesser oder einem ähnlichen Instrument den Stahlzeiger an der „Unruhe“ der Uhr um einen oder einige Teilstriche verschiebt, und zwar wenn die Uhr zu schnell geht nach der Seite, wo die Buchstaben *R* oder *S* (retard, slow) eingeritzt sind, dagegen in der Richtung nach den Buchstaben *A* oder *F* (avance, fast), wenn die Uhr zu langsam geht. Man vermeide, große Verschiebungen des Zeigers vorzunehmen. Die Öffnungen im Deckel sind stets verschlossen zu halten, um Verunreinigungen durch Staub oder Feuchtigkeit zu verhindern.

Da die Umlaufgeschwindigkeit der Registriertrommel im Verhältnis zu ihrem Gewicht sehr gering ist, und da die äußeren Zahnräder stark gebaut sind, so greifen diese mit verhältnismäßig viel Spielraum („Zahnluft“ oder „toter Gang“) in einander, und es kann leicht eine unsichere Einstellung der Zeit entstehen. Man vermeidet diese Fehlerquelle, indem man die Trommel stets von links nach

rechts dreht. Bei den Apparaten von Bohne ist diese Unsicherheit bis auf wenige Minuten dadurch herabgedrückt, daß das Uhrwerk an der festen Achse angebracht ist, und sich also nur die hohle Messingtrommel dreht.

### Bedienung.

Montags vormittags zwischen 8 und 12 Uhr sind die Apparate folgendermaßen instand zu setzen. Man bewegt den vorn aus dem Kasten herausragenden Metallzapfen nach rechts (dadurch wird die Schreibfeder vom Papier abgehoben), notiert sich die Zeit, setzt den Apparat an einen bequem zugänglichen Platz und öffnet den Kasten. Die Messingschiene, welche das Papier auf der Walze festhält, wird nach oben herausgezogen, das Papier vorsichtig fortgenommen (um ein Verwischen der Kurve zu vermeiden) und auf ihm jene Zeit (Ortszeit, nicht Einheitszeit) eingetragen. Nach dem Aufziehen des Uhrwerks wird alsdann der neue Streifen, nachdem auf ihm Namen der Station, Jahreszahl, Monat und die Daten der einzelnen Wochentage (s. Fig. 3) vermerkt sind, recht fest um die Trommel gezogen und mittels der federnden Schiene so festgeklemmt, daß der obere umgebogene Teil der Schiene in den Einschnitt im oberen Trommelrand eingedrückt ist. Bei dem Aufspannen des Papiers ist sorgfältig darauf zu achten, daß es recht glatt liegt und mit seiner unteren Kante genau auf dem Rande der Walze aufsteht. Hierauf wird etwas Tinte in die Feder gefüllt und die Feder durch Linksstellen des aus dem Kasten herausragenden Metallzapfens wieder gegen das Papier gedrückt. Schließlich wird auf die richtige Ortszeit eingestellt, indem man die Walze vorsichtig von links nach rechts dreht; hat man zu weit gedreht, so dreht man um ein größeres Stück im umgekehrten Sinne zurück und beginnt wieder mit der langsamen Bewegung von links nach rechts.

Nachdem die Registrier-Instrumente Montags in Ordnung gebracht sind, ist im Laufe der Woche nichts weiter zu tun, als täglich mindestens einmal zu genau bestimmter Stunde, am besten an einem der Beobachtungstermine, eine Zeitmarke durch Bewegung des Schreibhebels zu machen.

An dem Barographen wird die Zeitmarke dadurch hervorgebracht, daß nach vorsichtigem Öffnen des Kastens der Schreibhebel ein wenig nach oben oder unten bewegt wird. Bei Thermographen und Hygrographen läßt man den Kasten geschlossen und drückt etwas auf die seitlich in den Kasten führende Übertragungsstange. Bei dem Assmann-Fuess'schen Thermographen genügt ein leichter Druck auf die Kordelschraube, welche sich oberhalb des Thermographengefäßes befindet. Die Zeitmarken sollen höchstens  $\frac{1}{2}$  cm lang sein. Sind außer den regelmäßigen Marken irrtümlich oder zu besonderen Zwecken solche noch zu andern Zeiten gemacht, so ist dies sofort im Tagebuche und nach Ablauf der Woche auf dem Streifen selbst zu vermerken.

Auf Bergstationen ist während der kalten Jahreszeit besondere Aufmerksamkeit und zuweilen mehrfache Bedienung im Laufe der Woche, ja selbst innerhalb eines Tages notwendig, um möglichst lückenlose Aufzeichnungen des Thermographen und Hygrographen zu erhalten. Durch Rauheis, Schnee oder einen feinen Eisüberzug werden häufig die Außenteile und auch die Hebelübertragung unbrauchbar, so daß von der Schreibfeder eine gerade Linie oder eine treppenförmige Kurve aufgezeichnet wird. In solchen Fällen nimmt man das Instrument aus der Hütte heraus, säubert es zunächst oberflächlich im Freien oder in einem kühlen Raum und setzt es alsdann in einem dicht schließenden Blechkasten in ein mäßig warmes Zimmer. Hier trocknet das Instrument langsam ab, ohne daß sich Rost im Uhrwerk bildet, was geschehen wäre, wenn man es sofort ungeschützt aus dem Freien in

ein warmes Zimmer gebracht hätte. Dort, wo solche Störungen häufig sind, empfiehlt es sich, stets ein Reserve-Instrument zum Auswechseln eingang zu halten. Steht kein Trockenkasten zur Verfügung, so muß man aus dem zu säubernden Apparat die Registriertrommel herausnehmen und an einem kühlen, trockenen Ort aufbewahren, während der Apparat selbst im geheizten Zimmer getrocknet wird.

Wenn nach anhaltendem, dichtem Nebel die Außenteile des Thermographen sehr naß geworden sind, so muß man sie nach Aufhören des Nebels abtrocknen, z. B. mit Fließpapier, da sonst der Apparat längere Zeit als feuchtes Thermometer wirken und zu niedrige Werte geben würde. Bei dem Assmann-Fuess'schen Thermographen sind alle Zwischenräume, welche an dem das freie Ende des Gefäßes mit dem Hebelarm verbindenden Stücke vorhanden sind, sorgfältig auszutrocknen, weil das Gefrieren darin zurückgebliebener Wassertröpfchen Störungen verursachen würde.

### Prüfung und Instandhaltung.

Abgesehen von der regelmäßigen wöchentlichen Bedienung ist es notwendig, von Zeit zu Zeit zu prüfen, ob die Registrierung auch korrekt ist. Störungen treten z. B. durch Reibungshindernisse ein, wenn die Schreibfeder nicht mit dem richtigen Druck auf dem Papier liegt, oder durch Änderungen an der Hebelübertragung. Für die Untersuchung und Beseitigung der wichtigsten derartigen Fehlerquellen ist folgendes zu beachten.

Druck der Registrierfeder auf das Papier. Die Feder darf nicht zu fest am Papier liegen (in solchen Fällen pflegt die Feder nach einer Zeitmarke nicht wieder auf den früheren Stand zurückzukehren, sondern eine Stufe zu zeichnen), aber sie muß doch fest genug anliegen, um die Kurve sicher und lückenlos zu registrieren. Die richtige Stellung erkennt man daran, daß man den Apparat um etwa  $30^\circ$  nach vorn kippt; durch das Eigengewicht des Schreibhebels muß alsdann die Federspitze um etwa 1 mm vom Papier abstehen. Zur Regulierung dient die rechts nahe der Achse des Schreibhebels befindliche kleine Schraube (*G* in Fig. 2). Trotz sorgfältiger Regulierung können Stufen in der Registrierkurve vorkommen, wenn bei starken Druck- oder Temperaturänderungen die Apparate den Schwankungen nicht schnell genug zu folgen vermögen.

Übereinstimmung zwischen Registrierung und direkter Ablesung. Im allgemeinen kommen zwei Korrekturen in Betracht: die Standkorrektur (Abweichung des registrierten Wertes von dem wahren Stande des betreffenden meteorologischen Elements) und die Skalen- oder Amplitudenkorrektur (Abweichung der aufgezeichneten Differenz der Extreme von dem richtigen Betrage).

Die Änderung der Standkorrektur ist schon bei der Beschreibung der einzelnen Instrumente besprochen worden. Die Amplitude läßt sich nur bei den Thermographen und Hygrographen verstellen. Bei dem Thermographen löst man zu diesem Zwecke die Schraube am kurzen Hebelarm *E* (Fig. 2) und verschiebt den Stab *D* daran nach links d. h. in der Richtung zur Trommel, wenn die Amplitude größer werden soll, nach rechts, wenn man sie verkleinern will. Bei dem Hygrographen wird durch Abwärtsbewegen des Hakens auf dem kurzen Hebelarm die Amplitude vergrößert.

Die Richtigkeit der Angaben prüft man in der Regel durch eine längere Vergleichsreihe mit den Stationsinstrumenten, wobei man sich durchschnittlich mit einer Genauigkeit von  $\frac{1}{4}$  mm Druck,  $\frac{1}{2}^\circ$  Temperatur und 3% relativer Feuchtigkeit begnügen muß. Gleichzeitige Ablesungen bei plötzlichen Änderungen der meteorologischen Elemente sind für die Prüfung natürlich nicht verwendbar; außerdem ist zu beachten, daß der Thermograph (wegen seiner Alkoholfüllung) bei ruhiger Luft den

Temperaturschwankungen langsamer folgt als das Quecksilberthermometer. Es ist daher ein großer Fortschritt, daß man die Thermographen in der von Assmann-Fuess vorgeschlagenen Form mittels eines Wasserbades im Zimmer sowohl bezüglich der aufgezeichneten Temperatur als auch bezüglich der Temperaturschwankung prüfen kann. Man nimmt alsdann das Schutzdach des ringförmigen Thermographengefäßes ab und stellt ein Gefäß mit Wasser so unter den mit Alkohol gefüllten Ring, daß er vollständig in das Wasser eintaucht. Nachdem man etwa 10 Minuten gewartet hat, mißt man die Temperatur des Wassers mit einem möglichst kurzen Thermometer, welches man von oben innerhalb des Ringes in das Wasser eingetaucht hat. Gleichzeitig ist das Wasser mit dem Thermometer umzurühren. Durch Mischen des Bades mit Eis oder warmem Wasser kann man die Angaben des Thermographen sehr genau mit dem Thermometer bei verschiedenen Temperaturen vergleichen.

Die Reinigung der Registrierinstrumente beschränkt sich bei dem Barographen auf ein etwa alljährlich einmal vorzunehmendes Abstauben der einzelnen Apparatenteile mit einem ganz feinen Haarpinsel. Dabei dürfen aber keinerlei Schrauben oder Stifte, soweit sie nicht etwa bei der wöchentlichen Bedienung zu benutzen sind, gelöst werden. Bei dem Thermographen sind außerdem die äußeren Teile mehrmals im Jahre äußerst vorsichtig mit einem Pinsel und danach mit einem feuchten Tuche zu reinigen, um sie von Staub und Ruß zu befreien. Das Haarbündel des Hygrographen säubert man gelegentlich durch Bestreichen mit einem in Äther getauchten Pinsel.

Das Uhrwerk darf nicht geölt werden; bei etwaigen Reparaturen ist der Uhrmacher hierauf ausdrücklich aufmerksam zu machen.

Die Schreibfeder ist nach Bedarf zu reinigen, um jederzeit eine saubere Kurve zu haben; nur bei sehr windigem Wetter, wo die meteorologischen Elemente beständig hin und her schwanken, darf die Kurve eine Stärke von etwa  $\frac{1}{2}$  mm erreichen.

Zum Reinigen wird die Schreibfeder vorsichtig nach links abgezogen, mittels eines kleinen Tuschpinsels mit Wasser ausgewaschen und dann mit dem gut ausgedrückten Pinsel wieder sorgfältig getrocknet. Ist auch der Schlitz der Feder verschmutzt oder zu fest zusammengepreßt, so kann man durch ihn die Spitze eines Streifens dünnen, jedoch festen und nicht fasernden Briefpapiers — nicht etwa Pappe oder Karton — ziehen. Niemals nehme man hierzu ein Federmesser oder ein anderes, dickeres Instrument. Zu breite Registrierkurven sind übrigens nicht immer auf die Feder zurückzuführen, sondern können auch durch mangelhaftes Papier (zu rau oder schlecht geleimt) oder durch schlechte Tinte entstehen.

### Auswertung der Registrierkurven.

Will man für einen beliebigen Zeitpunkt Barometerstand, Temperatur oder Feuchtigkeit entnehmen, so hat man zu berücksichtigen, daß auf den Registrierblättern sowohl die Zeit als auch der abgelesene Stand meist einer Korrektur bedürfen. Man hat daher nach den auf dem Blatte vorhandenen Zeitmarken zu bestimmen, um wie viel die Kurve gegen die vorgedruckte Zeitskala verschoben ist; alsdann ist an den aus der Kurve entnommenen Wert noch eine Korrektur anzubringen, die sich aus den Vergleichen mit den direkten Ablesungen des betreffenden Tages ergibt.

Um die stündlichen Werte der einzelnen meteorologischen Elemente zu erhalten, verfährt man am besten folgendermaßen. Eine Glasplatte, in welche eine für die Instrumente passende Zeitskala und eine horizontale Basislinie (meist für

760 mm Luftdruck oder 0° Temperatur geltend) eingeritzt sind, wird mit der geritzten Seite nach unten auf das Registrierblatt gelegt. Man bringt nun die für die volle Stunde geltenden Zeitmarken mit der Glasskala zur Deckung, liest durch die Glasplatte die registrierten Werte für jede Stunde ab und trägt sie in ein Formular ein. Zeigt die Uhr einen fehlerhaften Gang, so ist die Glastafel nach und nach ein wenig zu verschieben, um den Fehler gleichmäßig auf den ganzen Zwischenraum zwischen den Zeitmarken zu verteilen. Darauf schreibt man in die Rubriken für 7, 2 und 9 Uhr auch noch die Differenzen gegen die Terminablesungen (am besten mit farbiger Tinte) und bestimmt die Korrekturen für die dazwischen liegenden Stunden durch gleichmäßige Verteilung der Korrektionsunterschiede. Die durch Anbringung dieser Korrekturen verbesserten stündlichen Werte trägt man in ein neues Formular ein. Aus diesen Zahlen berechnet man schließlich die stündlichen und täglichen Mittelwerte, sowie das Monatsmittel auf hundertstel Millimeter und Grade.

Das Tagesmittel aus den stündlichen Werten wird gebildet aus der Summe der 24 Werte desselben Tages dividiert durch 24, also nach der Formel:

$$(1^a + 2^a + \dots + 12^p) : 24.$$

Streng genommen verdient folgende Formel den Vorzug:

$$\left( \frac{12^p_I + 12^p_{II}}{2} + 1^a + 2^a + \dots + 11^p \right) : 24,$$

wo  $12^p_I$  und  $12^p_{II}$  die Mitternachtswerte zweier aufeinander folgender Tage sind. Dieser Mittelwert hat sich jedoch bisher noch nicht in der Meteorologie eingebürgert.

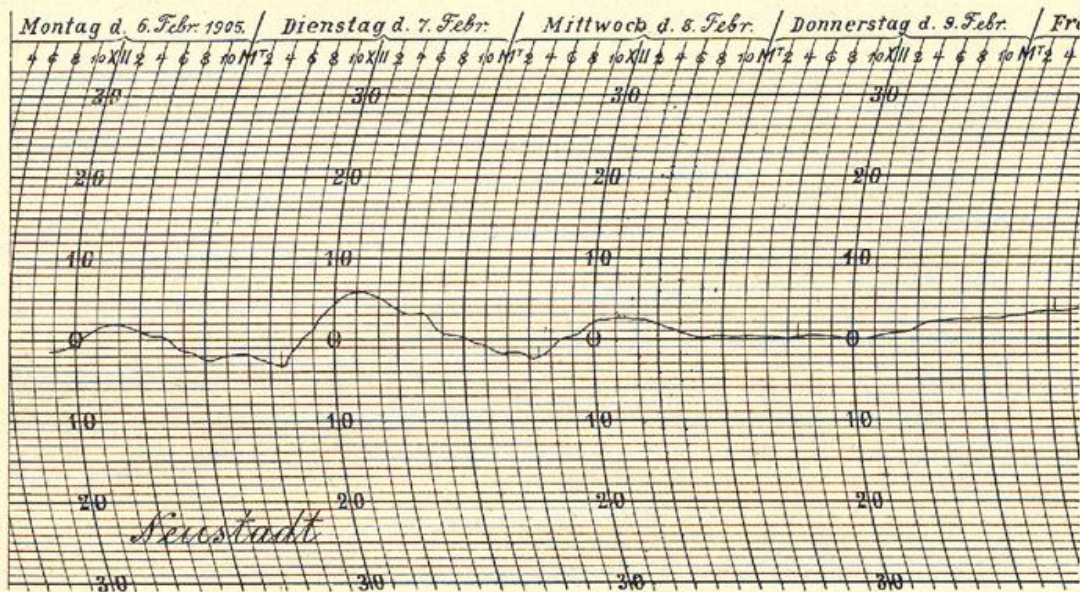


Fig. 3.

Beispiel: Fig. 3 liefert z. B. für den 7. Februar, da die Zeitkorrektion, wie aus den Zeitmarken ersichtlich, für diesen Tag verschwindend klein ist, folgende unmittelbare Stundenwerte:

1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
-2.4	-2.0	-1.8	-1.9	-2.5	-2.9	-3.3	-1.6	0.1	1.1	3.0	4.3
1 <sup>p</sup>	2 <sup>p</sup>	3 <sup>p</sup>	4 <sup>p</sup>	5 <sup>p</sup>	6 <sup>p</sup>	7 <sup>p</sup>	8 <sup>p</sup>	9 <sup>p</sup>	10 <sup>p</sup>	11 <sup>p</sup>	12 <sup>p</sup>
5.4	5.8	5.7	5.1	4.4	3.6	3.1	3.2	2.0	0.8	0.5	0.2

Die Ablesungen am Kontrollthermometer zu den Terminen lieferten  
 9<sup>p</sup> am 6. : -0.3; 7<sup>a</sup> am 7. : -3.5; 2<sup>p</sup> am 7. : 5.8; 9<sup>p</sup> am 7. : 1.7; 7<sup>a</sup> am 8. : -2.4.

Hieraus ergeben sich folgende Terminkorrekturen  
 9<sup>p</sup> am 6. : +0.2; 7<sup>a</sup> am 7. : -0.2; 2<sup>p</sup> am 7. : 0.0; 9<sup>p</sup> am 7. : -0.3; 7<sup>a</sup> am 8. : -0.2.

Mit Hilfe dieser Werte berechnen sich die an obige Stundenwerte anzubringenden Korrekturen zu:

1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
1 <sup>p</sup>	2 <sup>p</sup>	3 <sup>p</sup>	4 <sup>p</sup>	5 <sup>p</sup>	6 <sup>p</sup>	7 <sup>p</sup>	8 <sup>p</sup>	9 <sup>p</sup>	10 <sup>p</sup>	11 <sup>p</sup>	12 <sup>p</sup>
0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3

Demnach sind die korrigierten endgiltigen Stundenwerte:

1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
-2.4	-2.0	-1.8	-2.0	-2.6	-3.1	-3.5	-1.8	0.0	1.0	2.9	4.2
1 <sup>p</sup>	2 <sup>p</sup>	3 <sup>p</sup>	4 <sup>p</sup>	5 <sup>p</sup>	6 <sup>p</sup>	7 <sup>p</sup>	8 <sup>p</sup>	9 <sup>p</sup>	10 <sup>p</sup>	11 <sup>p</sup>	12 <sup>p</sup>
5.4	5.8	5.7	5.0	4.3	3.4	2.9	2.9	1.7	0.5	0.2	-0.1

## II.

### Gefäßheberbarometer.

Das Wild-Fuess'sche Gefäßheberbarometer gestattet eine völlig selbstständige Bestimmung des Luftdruckes, im Gegensatz zu dem im ersten Teile dieser Anleitung beschriebenen „Stationsbarometer“, bei welchem der Stand von der Quecksilbermenge abhängt.

Die Hauptvorteile des Wild-Fuess'schen Instrumentes sind:

1. Transportfähigkeit, sowohl im zusammengesetzten Zustande, als auch des gefüllten Barometerrohres für sich.
2. Eine gleichförmigere Gestaltung der beiden Quecksilberkuppen, wodurch der störende Einfluß der Kapillaritätskräfte verringert wird.
3. Die Möglichkeit, einen etwa vorhandenen Luftgehalt erkennen und seinen Einfluß berechnen zu können.

Die beiden zuletzt genannten Vorzüge entspringen eben aus dem Prinzip des Gefäßheberbarometers und sind bei dem einfachen Gefäß-, wie auch bei dem Heber-Barometer nicht vorhanden.

#### Beschreibung.

Die schematische Figur 4 soll die Konstruktion des Instrumentes im allgemeinen erläutern; außerdem ist in Figur 5 der untere und obere Teil des Barometers genauer dargestellt und zwar der untere Teil (rechts in der Figur) der Deutlichkeit wegen erheblich größer.

Man sieht, daß der lange Schenkel *A* des Barometerrohres in der oberen Hälfte zentral gelagert, dann aber seitwärts ausgebogen ist. Durch diese Ausbiegung wird bezweckt, dem aufsteigenden kurzen Schenkel *B* Raum zu gewähren, der im unteren Teile des Barometers eine zentrale Lagerung erhalten hat. *B* liegt somit genau in der Verlängerung des ebenso weiten oberen Teiles des langen Schenkels *A*.

Zur größeren Festigkeit des ganzen Glassystems endet der kurze Schenkel *B* nicht frei, sondern setzt sich über eine Scheidewand (oberhalb *S*) hinweg fort und ist vermöge einer Erweiterung *O* mit dem langen Schenkel verschmolzen.

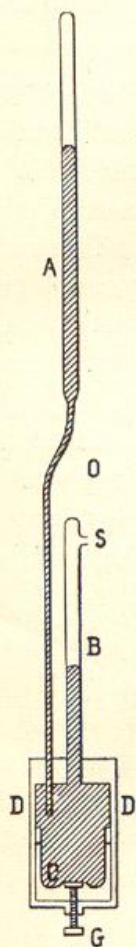


Fig. 4.

Unten endigen die beiden Schenkel *A* und *B* des Rohres innerhalb des aus Eisen gedrehten Gefäßes *DD*, welches mit einem Lederboden *C* versehen ist; letzterer kann durch die Schraube *G* gehoben und gesenkt werden. Der obere Teil des Gefäßes ist konisch ausgedreht, und in diese Öffnung paßt genau der eingeschliffene Eisenkonus *E*, welcher vermöge einer Überfangmutter *FF* durch einen Schraubenschlüssel quecksilberdicht eingepreßt werden kann. In diesem Eisenstöpsel *E* sind die Glasröhren *A* und *B* fest eingekittet, und zwar derartig, daß *B* mit der Unterfläche des Eisenstöpsels bündig ist, während *A* um einige Zentimeter darunter hindurchragt. Der kurze Schenkel *B* hat oben, unmittelbar unter der oben erwähnten Scheidewand, einen kurzen seitlichen Rohransatz mit Stahlgewinde, durch den die Verbindung mit der äußeren Luft hergestellt ist; vermöge des Hütchens *S* kann ein quecksilberdichter Verschuß des Rohrsystems herbeigeführt werden.

Über das ganze Barometerrohr ist das weite Skalenrohr geschoben; es besteht aus vernickeltem Messing und ist mit dem eisernen Quecksilbergefäße durch vier Schrauben verbunden, von denen zwei in der Figur 5 unter *FF* sichtbar sind. Am Skalenrohre erblickt man oben und unten die nicht ganz durchgeführte Millimeter-Teilung und einen verschiebbaren Ring *N* mit Nonius für die Einstellung. Der Nonius ist im Gegensatz zum Stationsbarometer ein rücklaufender. Die Einstellung geschieht entweder durch bloßes Verschieben mit der Hand, oder besser außerdem noch vermöge eines Schraubengewindes in den übereinanderliegenden Teilen des großen, das Skalenrohr umfassenden Ringes, dessen oberer Teil mittels einer kleinen Kopfschraube (siehe Fig. 5 links oben) an das Skalenrohr angepreßt wird.

Dieser Ring mit seinem oberen Ausschnitttrande *N* könnte sowohl auf die obere als auch auf die untere Quecksilberkuppe eingestellt werden, da seiner Verschiebung längs des ganzen Skalenrohres nur das entfernbare Schrauben-

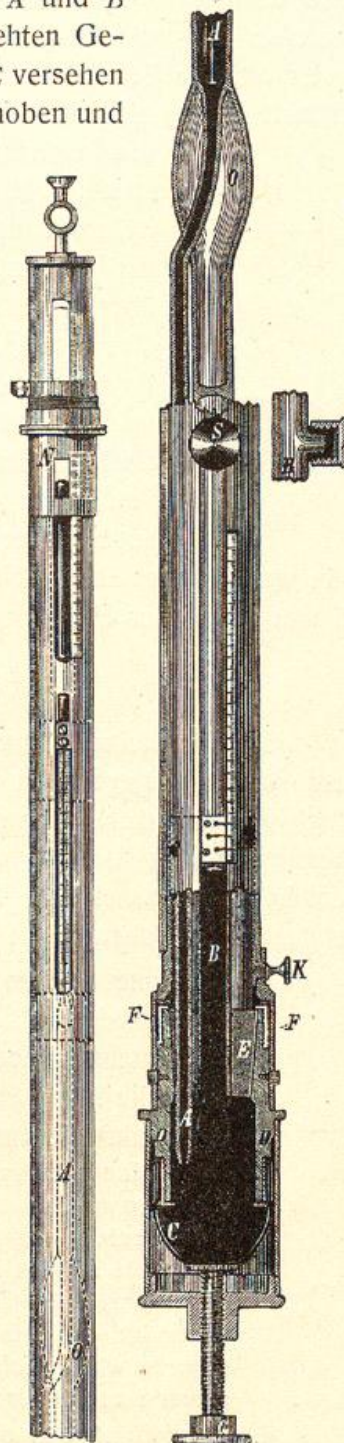


Fig. 5.

hütchen *S* entgegenstände. Der Vorteil dieser Einstellung würde darin bestehen, daß sie oben und unten ganz gleichartig wäre, und manche Fehler hierdurch ausgeschlossen würden. Indessen ist diese Verschiebung doch etwas unbequem, und deshalb wurde für die untere Kuppe ein eigenes Visier angebracht, welches mit dem Skalenrohre durch eine Klemmschraube *K* verbunden ist und innerhalb des Schlitzes eine in die äußere Fläche des Skalenrohres fallende versilberte Platte mit drei Strichen trägt (*p m s* in Fig. 6). Diese haben den Zweck,

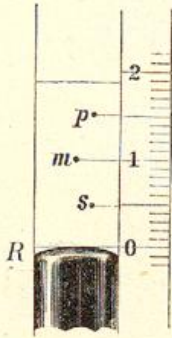


Fig. 6.

die Einstellung des unteren Randes *R* auf einen bestimmten Teilstrich, z. B. den Nullpunkt der Skala zu erleichtern, da es schwierig ist, zwei ungleichartige Dinge wie den Rand *R* und einen Teilstrich zur Deckung zu bringen. Deshalb ist auf jener Platte, genau 1 cm über dem unteren Rande *R*, noch der Teilstrich *m* angebracht; wenn dieser z. B. dem Teilstriche 1 (Zentimeter) auf dem Skalenrohre genau gegenübersteht, so kann man annehmen, daß auch *R* genau im Nullpunkte der Teilung sich befindet. Zur größeren Sicherheit sind auf der Platte noch die beiden Teilstriche *p* und *s* angebracht, von denen *p* um eine Spur mehr als 5 mm über, *s* um genau ebensoviel unter *m* sich befindet. Es muß also bei jenem Beispiele *p* ein wenig höher stehen als der 15 mm-Teilstrich, und *s* ein wenig tiefer als der 5 mm-Strich der Hauptskala.

#### Ausführung der Beobachtungen.

Im allgemeinen sind auch hier die auf Seite 22 und 23 des ersten Teiles der Anleitung gegebenen Vorschriften wohl zu beachten, indessen braucht und darf das Barometer hier nicht durch Anklopfen erschüttert zu werden, weil ein besserer Ersatz dafür in dem Anheben des Quecksilbers durch Emporschrauben des Lederbodens eintritt. Die Zahl der vorzunehmenden Operationen ist allerdings etwas größer, denn es ist bei der Beobachtung folgendes auszuführen:

1. Ablesung des eingefügten Thermometers (auf  $\frac{1}{10}$  Grad).
2. Lockern des Schraubenhütchens *S*, um der Luft freien Zutritt zu gestatten.
3. Langsames Emporschrauben der großen Bodenschraube *G*, bis das Quecksilber im Rohre *B* mit seiner Oberfläche gerade den unteren Rand *R* des Nullpunktvisiers erreicht hat.

Man wird zuerst schnell, zuletzt aber äußerst langsam das Quecksilber emporschrauben, damit nicht etwa hinterher, infolge der Elastizität des Lederbeutels, noch ein gewisses Steigen des Quecksilbers erfolge. Die Instrumente sind in dieser Beziehung Individuen und müssen vom Besitzer erst erprobt werden. Es ist auch zu beachten, daß ein Zurückschrauben unzulässig ist, da sonst die Kuppen in beiden Schenkeln ungleich werden. Hat man zu weit geschraubt, dann muß das Quecksilber um einen größeren Betrag gesenkt und alsdann eine neue Einstellung vorgenommen werden.

4. Einstellung des oberen Visiers bzw. des Nonius *N* und Nachprüfung der Einstellung unten.
5. Ablesung des Barometerstandes.
6. Schließlich ist das Quecksilber vermöge der Schraube *G* wieder herabzuschrauben, so daß das Quecksilber etwa 2 cm unter dem Skalen-Nullpunkte steht, und endlich das Schraubenhütchen *S* zu schließen.

Wie bei dem Stationsbarometer besteht das Ergebnis der Beobachtung im allgemeinen aus zwei Zahlen, die bei Operation 1) und 5) gewonnen werden. Nur bei einer Erprobung des Luftgehaltes stellt man außerdem noch das Nullpunktvisier auf irgend einen höher gelegenen Teilstrich der Skala ein und hat diese Einstellung auch abzulesen und nachher von der oberen Ablesung (vergl. Punkt 5) zu subtrahieren. Ergibt sich dabei ein kleinerer Wert als der Barometerstand vorher, dann ist Luft im langen Schenkel. Genaueres hierüber findet man in Sprungs Lehrbuch der Meteorologie S. 390.

### **Versendung, Zusammensetzung und Aufhängung.**

Gefäßheberbarometer werden entweder unzerlegt transportiert, oder es wird die gefüllte Röhre für sich in einem besonderen Kasten verpackt.

1. Soll ein Gefäßheberbarometer unzerlegt transportiert werden, so schraubt man das Quecksilber bis nahe zum Ansatzröhrchen in die Höhe, verschließt letzteres sorgfältig und vorsichtig mit dem Schraubenhütchen *S*, kehrt das Barometer langsam um und legt es in das beigegebene Holzfutteral.

Bei dem Umkehren des Instrumentes ist immer darauf zu achten, daß der kurze Schenkel über dem langen liegt. Da der lange Schenkel aber ziemlich versteckt neben dem kurzen herunterläuft, so muß man sich vorher über seine Lage unterrichten. Bei den meisten Exemplaren liegt der lange Schenkel an derjenigen Seite, an welcher außen die messingne Führungsleiste herabläuft; man wird aber gut tun, sich hiervon bei jedem Exemplare erst sorgfältig zu überzeugen.

Um ein unzerlegt transportiertes Barometer aufzuhängen, nimmt man es in horizontaler Lage aus dem Kasten und richtet es langsam auf, wobei wiederum sorgfältig darauf zu achten ist, daß der kurze Schenkel oben liegt, damit die im Gefäße befindliche Luft nicht in den langen Schenkel geraten kann. Das Schraubenhütchen *S* wird am besten schon gelüftet, wenn das Barometer noch um etwa 45° geneigt ist.

Nach dem Aufhängen ist das Barometer in seiner richtigen vertikalen Lage durch einen den untersten Teil des Gefäßes umfassenden Ring mit drei verstellbaren Schrauben zu sichern.

2. Ist das gefüllte Barometerrohr für sich verpackt, so hat man bei dem Zusammensetzen in folgender Weise zu verfahren.

Zunächst schraubt man die Messingkapsel (samt Schraube *G*), welche den ganzen unteren Teil des Barometers umhüllt, herunter, und ebenso den Lederboden *C*, und trennt das Eisengefaß *D* von dem Skalenrohr durch Lösen und Abnehmen der vier seitlichen Schrauben. Alsdann steckt man das herausgelöste Eisengefaß *DD* mit dem nötigenfalls von Staub gesäuberten, konischen Hohlräume auf den am Glasrohre sitzenden Eisenkonus, und zwar in solcher Weise, daß die am Rande eingefeilten Marken zusammenfallen. Nun wird die zur Befestigung des Eisenkonus dienende Überfangmutter *F* fest angeschraubt, wobei das Glasrohr am passendsten wagrecht und durch eine weiche Unterlage gestützt auf dem Tische liegt.

Alsdann richtet man das offene Ende des so vorbereiteten Barometerrohres aufwärts und läßt letzteres vorsichtig in das Skalenrohr hineingleiten, wobei zu beachten ist, daß 1) der Glasansatz für das Hütchen *S* nicht abgestoßen wird, 2) das geschlossene Ende des Rohres sich in den im Skalenrohre be-

festigten Kork gut einsenkt, 3) der Glasansatz *B* mit dem Schlitz im Skalenrohre zusammenfallen muß. Letzteres ist nun mit Hilfe der vier Schrauben wieder am Eisengefäße *DD* zu befestigen.

Nach dem Schließen des Hütchens *S* wird das beigegebene Quecksilber in das Eisengefäß *DD* eingegossen, wobei besonders zu beachten ist, daß das vorstehende Ende *A* des langen Schenkels auch vollständig mit Quecksilber sich anfüllt.

Nachdem dann Lederboden und Messingkapsel wieder aufgeschraubt sind, dreht man die große Schraube *G* bis zum Kopfe hinein und richtet nun langsam das Barometer ebenso auf, wie es oben für das unzerlegt transportierte Barometer beschrieben ist. Auch die Aufhängung hat dann in der oben beschriebenen Weise stattzufinden.

### III.

#### Aspirations-Psychrometer nach Assmann.

Der Zweck dieses von Assmann im Jahre 1886 erfundenen und unter Mitwirkung von Hans Bartsch von Sigsfeld konstruktiv vervollkommenen Apparates besteht darin, allenthalben diejenige Temperatur und Feuchtigkeit zu ermitteln, welche die untersuchte Luftmenge wirklich besitzt. Seine Entstehung und Konstruktion ist eingehend beschrieben in Band I, No. 5 der Abhandlungen des Preußischen Meteorologischen Instituts.

Die Konstruktion fußt darauf, daß man ein mit kleinem zylindrischem Gefäße versehenes Thermometer durch zwei koaxiale vernickelte und hochglanzpolierte kurze Messingrohre, die von einander thermisch isoliert sind, gegen die Wärmestrahlung schützt, und daß sowohl zwischen diesen als auch an dem Thermometergefäße selbst ein Luftstrom vorübergeführt wird, der stark genug ist, um diejenige Wärme unschädlich zu machen, welche trotz der spiegelnden Metallhüllen noch dem Thermometer zugestrahlt wird.

#### Beschreibung.

Die Einzelheiten der Konstruktion ergeben sich aus umstehender Figur 7, in der die eine Hälfte des Instrumentes „aufgeschnitten“ dargestellt ist, und aus den folgenden Erläuterungen.

In der Trommel *t* ist ein Laufwerk eingeschlossen, welches den mit einander durch vier Rippen verbundenen gekrümmten Aspiratorscheiben *r* und *r'* eine mittlere Tourenzahl von etwa 25 in der Sekunde erteilt. Der Durchmesser der Scheiben beträgt 8.4 cm, ihre Entfernung von einander an der Peripherie 2.7 mm. Bei einem vollen Ablaufe des Uhrwerkes, welcher etwa 12 Minuten währt, macht die Aspiratorscheibe gegen 14 000 Umdrehungen. Die untere Scheibe ist bei *q* ringförmig glatt abgeschnitten; der hierdurch entstandene scharfe, durchaus ebene Rand befindet sich in unmittelbarer Nähe des festen Mittelrohres *g*, so daß zwischen diesem und der unteren Scheibe nur ein ganz schmaler ringförmiger Spalt offen bleibt.

Die Drehungsachse der Exhaustorscheiben bildet die Welle *p*; sie stellt in ihrem oberen Teile einen Neuner-Trieb dar, in den das Laufwerk eingreift; ihr unterer Zapfen steht in einem vertieften Lager, welches im oberen Teile des Mittelrohres durch drei starke, aber schmale und zugeschärfte Stützen getragen

wird. Mittels eines Gewindes läßt sich das Lager sowohl in seiner Höhenstellung ändern, als auch gänzlich aus den Stützen entfernen.

Das gerade Mittelrohr *g* stellt die Verbindung der Aspirationsvorrichtung mit den Hüllrohren der Thermometer her. Es spaltet sich an seinem unteren Ende in zwei ebensoweite gebogene Schenkel, welche je einen eingeschraubten starken Elfenbeinring *e* tragen. Die obere Decke dieser beiden Röhrenschenkel ist durchbohrt und läßt durch die Öffnungen die unteren Teile der beiden Thermometer

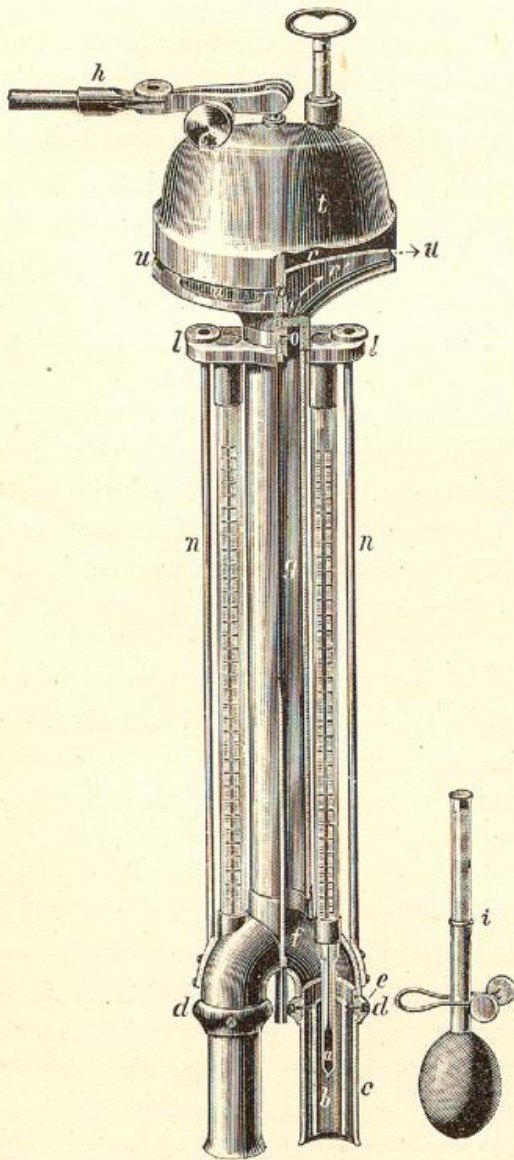


Fig. 7.

ein. An den Elfenbeinringen sind in der Mitte die 5 cm langen, 1 cm im Durchmesser haltenden inneren Hüllrohre mittels vier feiner, nur 0.6 mm starker Schrauben *d* befestigt; in den unteren freien Rand der Ringe sind die 4.5 cm langen, 17.5 mm im Durchmesser haltenden äußeren Hüllrohre eingeschraubt. Ihre untere Öffnung ist in sanfter Biegung trichterförmig erweitert; die äußere Röhre überragt die innere um 2 mm. Die Wandstärke der Hüllrohre beträgt 0.5 mm.

Die zylindrischen Thermometergefäße *a* haben einen Durchmesser von 4 bis 4.5 mm, eine Länge von 10 bis 12 mm. Die Thermometer sind in  $\frac{1}{5}^{\circ}$  geteilt; ihre obere Befestigung finden sie in zwei kräftigen Stützen *l*, welche am oberen Ende des Mittelrohres festsitzen. Zur Sicherung der Thermometer, die sich beiderseits neben dem Mittelrohre befinden, dienen die Messingstangen *n*, welche an dem Gußstück *f* mit je zwei Schrauben befestigt und, durch die oberen Seitenstützen hindurchragend, mittels Schraubenmuttern angezogen sind; hierdurch wird sowohl eine feste Verbindung des ganzen Apparates erreicht, als auch das Herausfallen der Thermometer bei zufälligen Umkehrungen des Apparates verhindert.

Bei den neueren Apparaten sind anstelle der Stangen *n* zwei kräftige messingene Halbrinnen angebracht, um die Thermometer gegen Beschädigungen, die bei dem Aufziehen des Uhrwerks durch die das Instrument festhaltende Hand leicht hervorgerufen werden können, besser zu bewahren. Außerdem schützen diese Halbrinnen bei entsprechender Aufhängung des Apparates die „herausragenden Fäden“ der Thermometer gegen

die Sonnenstrahlung. Die Schraubenmutter der Zeichnung fallen bei diesen Schutzrinnen fort, und die Sicherung der Thermometer erfolgt durch den übergreifenden Rand des Laufwerk-Kopfes, der mittels eines starken Gewindes auf dem großen Mittelrohre *g* befestigt ist. Kehrt man den Apparat, nachdem der Kopf abgeschraubt ist, um, so fallen die Thermometer heraus, weshalb hierbei Vorsicht am Platze ist.

Ferner befindet sich an den neueren Apparaten in dem Mantel des Laufwerkes bei *l* ein sogenanntes Kontrollfenster, mittels dessen man die Zeit bestimmen kann, welche das Federhaus des Laufwerkes zu einer Umdrehung gebraucht; eine senkrechte Strichmarke an dem Fenster und eine aus einem Pfeil bestehende ähnliche wagerechte an dem Federhause ermöglichen hierdurch jederzeit festzustellen, ob das Laufwerk noch ausreichende Geschwindigkeit besitzt.

Um den Apparat zur Ermittlung der Luftfeuchtigkeit benutzen zu können, enthält er neben dem „trockenen“ Thermometer noch ein zweites, welches durch eine mit Wasser zu benetzende Musselin-Umhüllung zu einem „feuchten“ gemacht wird; beide stellen dann ein aspiriertes Psychrometer dar.

Auf die Angaben des feuchten Thermometers und somit auch auf die des ganzen Psychrometers ist die Geschwindigkeit der Luftbewegung von großem Einfluß. Den gewöhnlichen Psychrometertafeln ist eine Geschwindigkeit von 0.8 m in der Sekunde zu Grunde gelegt, während ohne Zweifel die tatsächlichen Geschwindigkeiten bei den üblichen Thermometeraufstellungen außerordentlich häufig hiervon abweichen. Das Fehlen einer konstanten Ventilation verleiht deshalb in erster Linie den Psychrometerangaben die ihnen bisher noch anhaftende Unsicherheit.

Das Aspirations-Psychrometer erscheint vermöge seiner konstanten Luftstromgeschwindigkeit ganz besonders geeignet zur einwandfreien Bestimmung der Luftfeuchtigkeit. Es leuchtet jedoch ein, daß man wegen der viel stärkeren Ventilation, welche 2.3 bis 2.4 m in der Sekunde beträgt, die für den Wert von 0.8 m in der Sekunde berechneten gewöhnlichen Psychrometertafeln nicht in Verwendung nehmen darf.

Aus vergleichenden Beobachtungen hat Sprung eine sehr einfache Formel abgeleitet, nach welcher man die dem Aspirationspsychrometer entsprechenden Werte der Dampfspannung und relativen Feuchtigkeit ermitteln kann. Hiernach ist, wenn man mit  $t$  und  $t'$  den Stand des trockenen und feuchten Thermometers, mit  $e$  die gesuchte Dampfspannung, mit  $e'$  die der Temperatur des feuchten Thermometers entsprechende Maximalspannung, mit  $b$  den Barometerstand bezeichnet:

$$e = e' - \frac{1}{2} (t - t') \frac{b}{755}.$$

Daraus ergibt sich die relative Feuchtigkeit  $R = 100 \frac{e}{E}$ , wo  $E$  die der Lufttemperatur  $t$  entsprechende Maximalspannung bedeutet.

Weitere Einzelheiten über die Bestimmung der Feuchtigkeit siehe im folgenden Abschnitt über den Aspirator, S. 17.

### Gebrauchsanweisung.

1. Das Aspirationspsychrometer ist allerorts ohne jede weitere Vorrichtung und Beschirmung anwendbar; es mißt die Temperatur und Feuchtigkeit derjenigen Luft, welche sich in der nächsten Umgebung der unteren Hüllrohröffnungen befindet. Aus diesem Grunde ist es sorgfältig zu vermeiden, Körper von anderer Temperatur in die Nähe dieser unteren Öffnungen zu bringen; bei der großen Empfindlichkeit des Apparates sind schon geringfügige Temperaturabweichungen, wie sie z. B. durch Kleider und Körperteile des Beobachters oder durch eine besonnte Tischplatte erzeugt werden, genügend, um die Angaben der Thermometer zu fälschen. Andererseits ist jede thermische Einwirkung von der Seite her vollständig ausgeschlossen.

2. Die Aufhängung des Apparates geschieht im Freien in der Weise, daß man ihn an einer dem Sonnenschein zugänglichen Stelle, fern von Gebäuden und schattengebenden größeren Gegenständen mittels des beigegebenen Schraubdornes  $h$  (Fig. 7) an einem dünnen Pfahle oder Baume in Augenhöhe derartig befestigt, daß ein thermischer Einfluß vom letzteren aus nicht erfolgen kann. Bei schwachem Winde und starker Sonnenstrahlung wird man daher gut tun, den

Apparat an der dem Winde zugekehrten (Luv-) Seite des Pfahles oder Baumes anzubringen. Auf Reisen kann man zweckmäßiger Weise einen kräftigen Alpenstock hierzu verwenden, welcher fest in den Boden gestoßen wird. Wo die Anwendung eines solchen ausgeschlossen ist, kann man auch den Apparat mit der möglichst weit vom Körper abgestreckten Hand, aber stets dem Winde entgegen, halten. Es empfiehlt sich, hierbei dem Apparate eine kleine Neigung zu geben, so daß die unteren Öffnungen gegen den Wind gekehrt sind.

3. Zur Ingangsetzung des Apparates ist der Uhrschlüssel des Laufwerkes so lange rechts herum zu drehen, bis die Feder vollständig aufgezogen ist. Man lasse ihn auf seinem Platze sitzen, da so durch seinen überfassenden Rand das Eindringen von Staub und Regen in das Laufwerk verhindert wird.

Hat der Apparat schon vorher eine der Lufttemperatur naheliegende Eigentemperatur gehabt, wenn er z. B. an einem beschatteten Ort in der Nähe aufbewahrt wurde, so kann man 3 Minuten nach dem ersten Aufziehen des Laufwerkes die ersten Ablesungen vornehmen. Hat der Apparat dagegen unventiliert in starker Sonnenstrahlung gehangen, oder hat er in einem anders temperierten Raume eine erheblich abweichende Temperatur angenommen, so muß zunächst durch einige Probeablesungen ermittelt werden, ob eine weitere Änderung der Thermometerstände nicht mehr stattfindet. Der Regel nach wird man in solchen Fällen etwa 5 Minuten warten müssen.

Hält man das Laufwerk zum Zwecke fortgesetzter Ablesungen dauernd im Gange, so fällt natürlich die Zeit des Abwartens bei dem trockenen Thermometer gänzlich fort, während für das feuchte die Vorschrift unter No. 4 zu beachten ist. In diesem Falle ist das Laufwerk vor Beendigung derjenigen Zeit wieder vollständig aufzuziehen, welche in der dem Instrument beigegebenen Prüfungsbescheinigung als „nutzbare Zeit des Ablaufes“ angegeben ist. Bemerkt man eine nennenswerte Verringerung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Aspiratorscheiben, die sich auch durch ein merkbares Tieferwerden des durch die rotierenden Scheiben erzeugten Tones verrät, so ist das Laufwerk unter allen Umständen wieder neu aufzuziehen, ehe man Ablesungen vornimmt.

4. Mittels der beigegebenen Befeuchtungsvorrichtung *i* (Fig. 7) führt man von unten her dem mit Musselin in einfacher, überall glatt anliegender Lage umwickelten Thermometer Wasser zu. Zu diesem Zwecke öffnet man mit der rechten Hand den Quetschhahn des mit reinem Regen- oder destilliertem Wasser gefüllten Befeuchtungsgefäßes, drückt mit der linken Hand den Gummiball leicht zusammen, bis das Wasser in der Glasröhre zu einer etwas unterhalb der Öffnung der letzteren angebrachten Strichmarke angestiegen ist, und läßt dann den Quetschhahn sich wieder schließen, wodurch die Wassersäule in der Röhre abgesperrt wird. Nun führt man das Glasrohr von unten her in das innere Hüllrohr, welches das feuchte Thermometer umgibt, so weit als möglich ein, bis man sicher ist, daß sich die Musselinhülle in dem bei dieser Stellung sie umgebenden Wasser vollgesogen hat, öffnet dann, ohne das Rohr herauszuziehen, den Quetschhahn wieder, damit das überflüssige Befeuchtungswasser in den Gummiball zurücktritt, und entfernt schließlich das Glasrohr aus der Hüllröhre.

Wegen der starken Verdunstung infolge der Aspiration ist bei trockener Luft eine neue Befeuchtung immer nach 15 bis 20 Minuten vorzunehmen.

Ablesungen des feuchten Thermometers dürfen im Sommer frühestens nach 3, im Winter frühestens nach 5 Minuten vorgenommen werden.

5. Es ist von Wichtigkeit, daß die Hochglanzpolitur des Apparates möglichst in allen Teilen, besonders aber an den Hüllrohren der Thermometergefäße erhalten bleibt. Durch Abreiben mit einem weichen Lederlappen, im Notfall unter Zuhilfenahme einer sogenannten Putzpomade, ist dies leicht zu bewerkstelligen. Niemals putze man indes mit scharfen Substanzen, welche die Vernickelung angreifen.

Das Aspirationspsychrometer ist nicht zur dauernden Aufstellung im Freien bestimmt, da Politur und Laufwerkvorrichtung unter den atmosphärischen Einflüssen leiden würden. Man bewahrt den Apparat in einem ungeheizten Raume auf, um während des Winters den häufigen Taubeschlag zu vermeiden, welcher beim Transport aus kälterer Luft in ein warmes Zimmer stets entsteht.

6. Da Elfenbein in feuchter Luft stets etwas aufquillt, drehe man die beiden Ringe, welche die Hüllrohre tragen, nicht fest an; zur gelegentlichen Reinigung der inneren Oberflächen sind die Hüllrohre abzuschrauben.

7. Um die Thermometer zu entfernen, z. B. zum Zwecke der Neu-umwicklung des feuchten Instrumentes, schraubt man zunächst den Kopf des Apparates, darauf die beiden seitlichen Deckmuttern an dem oberen Querbalken ab; alsdann lassen sich die Thermometer leicht nach oben herausziehen. Wie schon oben gesagt, fehlen bei den neueren Apparaten die Deckmuttern, und die Thermometer lassen sich entfernen, sobald der Kopf abgeschraubt ist; es ist hierbei Vorsicht zu empfehlen.

8. Das Laufwerk hält sich lange Zeit hindurch in gutem Gange, da es gegen Staub geschützt ist. Vor dem Rosten muß man es jedoch gut zu bewahren suchen, indem man bei Regenwetter den Uhrschlüssel, welcher die obere Öffnung deckt, stecken läßt und in längeren Zwischenpausen die Radzapfen gut einölt. Um dies auszuführen, schraubt man die am Rande des Kopfes sitzenden sechs kleinen Halteschrauben heraus — wohlgemerkt nur dann, wenn das Laufwerk gänzlich abgelaufen ist —, hebt dann die Kappe und ebenso das Laufwerk ab, das nun leicht auseinander zu nehmen ist. Die Lager der Aspiratorscheiben und Zahnräder reinigt man mittels eines zugespitzten Zündhölzchens.

9. Es ist von Wichtigkeit, mindestens alle 3 bis 4 Monate die Umdrehungsgeschwindigkeit des Laufwerkes zu kontrollieren. Man zieht es zu diesem Zwecke auf und wartet, indem man durch das Kontrollfenster blickt, bis eine am Federhause angebrachte pfeilartige Marke mit ihrem vertikalen Strich-Ende sich mit einem auf dem Glase des Fensters selbst angebrachten Striche deckt. Um dieses zu ermöglichen, verlangsamt man, sobald die Pfeilspitze sichtbar wird, die Geschwindigkeit der Aspiratorscheibe, indem man sie durch die leicht in den Exhaustorspalt *u* gedrückte Fingerspitze bremst, bis die vertikalen Strichmarken zusammenfallen. Durch Einschieben eines Pappstreifens in den Spalt hält man nun das Laufwerk fest und zieht es wieder gänzlich d. h. soweit auf, bis man den Widerstand der Federbefestigung fühlt. Mittels einer Sekunden-Uhr bestimmt man nun diejenige Zeit, welche nach Entfernung des Pappstreifens und Ingangsetzung des Laufwerkes vergeht, bis die erste Umdrehung des Federhauses vollendet ist, d. h. bis sich die Strichmarken abermals decken. Bei guten Laufwerken vergehen hierzu

85 bis 90 Sekunden; maßgebend ist die in dem Prüfungsscheine angegebene Kontrollzeit; wird sie überschritten, so ist eine Reinigung oder ein Ölen der Zapfen, eventuell auch eine Reparatur erforderlich. Eine strenge Befolgung dieser Vorschriften ist unbedingt nötig, um sich nicht Täuschungen über das wichtigste Prinzip des Apparates, die Geschwindigkeit des Aspirationsstromes, auszusetzen.

10. Bei Temperaturen unter  $0^{\circ}$  tritt, wie bei jedem Psychrometer, zuweilen Überkaltung des Wassers im Musselin des feuchten Thermometers anstelle der Eisbildung ein; man erkennt dies daran, daß das Quecksilber beim Sinken am Gefrierpunkte nicht Halt macht, sondern schnell weiter sinkt. Nach kürzerer oder längerer Zeit erfolgt dann die Eisbildung plötzlich, was sich durch ein Emporschnellen des Quecksilbers auf den Gefrierpunkt kenntlich macht. Hiernach muß man, da das Wiedersinken langsam vor sich geht, sorgfältig den Eintritt des tiefsten Standes abwarten, was durch einige Probeablesungen zu kontrollieren ist. Bleibt das Wasser längere Zeit überkaltet, so empfiehlt es sich, das Gefrieren künstlich zu beschleunigen durch Berühren des Musselins mit einem rauhen Körper, z. B. mit einem dicken Bindfaden.

11. Für größere Reisen, zumal in den Tropen, ist eine Anzahl von Reserveteilen notwendig, welche auch in einer besonderen „Tropenausrüstung“ geliefert werden. Alle Teile des Laufwerkes, besonders auch die Uhrfeder selbst, sind sorgfältig geölt zu erhalten. Zwei in Blechkapseln eingelötete Reserve-Federtrommeln und zwei Befeuchtungsvorrichtungen werden beigegeben. Die Kautschukkörper bewahrt man am besten in Blechkapseln auf, welche Ammoniakdämpfe enthalten. Um das Eindringen von Insekten und Staub zu verhüten, verschließe man das Instrument nach dem Gebrauche stets sorgfältig in seinem Futterale. Man vermeide, Kautschuk mit polierten Metallkörpern zusammen aufzubewahren, da die Politur der letzteren leicht hierunter leidet.

#### IV.

### Aspirator für das Psychrometer.

Die Verwendung des Aspirations-Psychrometers als ständiges Stationsinstrument wird einerseits durch dessen verhältnismäßig hohen Preis, andererseits aber dadurch verhindert, daß mit ihm keine Extrem-Temperaturen gewonnen werden können, wenn man es nicht mit einer ununterbrochenen Aspiration versehen und direkt als Registrierapparat einrichten will. Eine Hütten- oder eine Gehäuse-Aufstellung ist deshalb von der Ermittlung der Extremwerte der Temperatur untrennbar.

Wenn man auch annehmen kann, daß bei guter Aufstellung die Fehler des trockenen Thermometers gering genug sind, um für die praktische Beobachtung vernachlässigt werden zu können, so gilt dies doch nicht von dem Psychrometer, d. h. dessen feuchtem Thermometer. Allen unventilierten Psychrometern haften nämlich grundsätzliche Unsicherheiten an; letztere verstärken sich in jedem Gehäuse noch dadurch, daß sich die dort herrschende natürliche Ventilation meist in denjenigen Grenzen bewegt, bei welchen die Benutzung der üblichen Psychrometertafeln leicht große Fehler ergeben kann.

Auf Grund dieser Erwägungen konstruierte Assmann im Anschluß an sein Aspirations-Psychrometer einen besonderen Apparat zur Aspiration des feuchten Thermometers. (S. Meteorologische Zeitschrift 1891, S. 15).

### Beschreibung.

Form und Anbringung dieses Aspirators ist im wesentlichen durch die bestehende Skizze (Fig. 8) veranschaulicht. Zu weiterer Erläuterung mögen folgende Angaben dienen.

Der untere Halter eines gewöhnlichen Stations-Psychrometers, welches sich in einem Gehäuse oder in einer Thermometerhütte befindet, ist von stärkerem Material hergestellt und wird mittels einer Deckplatte *a* und zweier Schrauben

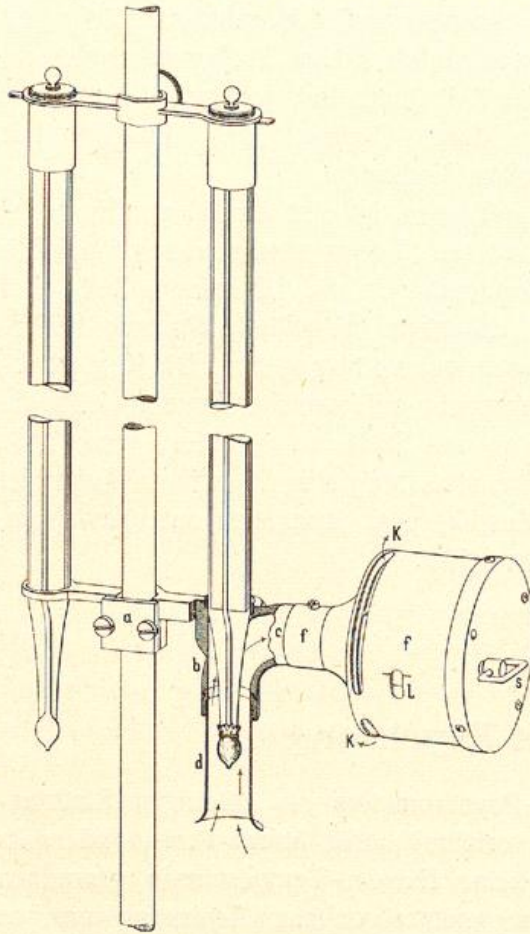


Fig. 8.

unverrückbar an der zentralen Eisenstange befestigt. An der Seite des feuchten Thermometers geht der Halter in ein kräftiges Gußstück von Messing *b* über, das seiner Länge nach vertikal durchbohrt ist und einen in sanfter Biegung rechtwinklig gekrümmten, ebenfalls durchbohrten Ansatz *c* trägt.

An den unteren Teil von *b* ist ein trompetenförmig erweitertes Glasrohr *d* von 16.5 mm lichter Weite mittels eines aufgekitteten Metallringes angeschraubt; in seiner Mitte befindet sich das mit Mull umwickelte Gefäß des Thermometers, welches sich mit seinem konischen Halse auf den oberen Rand des Gußstückes stützt, wo zur Abdichtung und zur Vermeidung schädlicher Pressung des Glases ein Lederring eingelegt ist. Das horizontale Rohrstück endigt seitlich frei bei *c*, wo die Hülse des Zentrifugal-Aspirators *f* übergeschoben und durch eine kurze Drehung mittels eines Bajonettverschlusses befestigt wird. Der Aspirator entspricht durchaus dem für das Aspirations-Psychrometer gebrauchten Modell, nur ist er erheblich kleiner, 6.5 cm im Durchmesser, und mit seinen Achsen horizontal gelagert. Er saugt die Luft, wie durch die Pfeile in Fig. 8 angedeutet, durch das Glasrohr an dem Thermometergefäße vorbei und läßt

sie an seinen offenen Spalten bei *k* ringsum austreten.

Die neueren Apparate dieser Art laufen 8 bis 9 Minuten mit einer mittleren Tourenzahl der Aspiratorscheibe von 25–26 in der Sekunde, wodurch bei einem durchschnittlichen Durchmesser des Thermometergefäßes von 9.7 mm eine Luftstrom-Geschwindigkeit von 2.5 bis 2.8 m. p. s. erzeugt wird. An der Gehäusekapsel *f* befindet sich ebenso wie beim Aspirations-Psychrometer ein Kontrollfenster *l*, das zur jederzeitigen Nachprüfung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Laufwerkes dient, indem man die zur ersten vollen Umdrehung des Federhauses erforderliche Zeit mißt und zwar mittels der darauf angebrachten Strichmarke. Hierzu empfiehlt sich das gleiche Verfahren wie beim Aspirations-Psychrometer (s. Gebrauchsanweisung 9). Wird die im Prüfungsscheine angegebene Kontrollzeit —

bei den besten Apparaten 95 bis 100 Sekunden — überschritten, so ist eine Reinigung oder Reparatur erforderlich.

### Gebrauchsanweisung.

Der Regel nach hat man nach Ingangsetzung und Anbringung des Aspirators im Sommer 3, im Winter 5 Minuten zu warten, bis man die endgiltige Ablesung vornehmen darf.

Selbst bei niedrigen Temperaturen und geringer Feuchtigkeit erfolgt, wenn nicht Überkaltung des Wassers eintritt, die Einstellung des feuchten Thermometers kaum 5 Minuten nach Aufziehen des Uhrwerks (Schlüssel *s* in Fig. 8), während bei einem unventilierten Psychrometer bei Windstille eine halbe Stunde oder mehr erforderlich ist (s. Teil I, S. 27). Verfährt man aber hierbei in der Weise, daß man die Befeuchtung des Musselins nach erfolgter Ablesung ausführt und nach Entfernung des Aspirators die beiden Öffnungen des Hüllrohres durch eingesteckte Korke *p* verstopft (Fig. 9), so erfährt die Wartezeit noch eine weitere

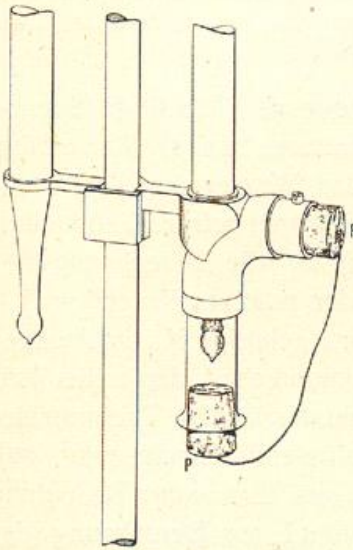


Fig. 9.

Verkürzung. Es wird nämlich durch Abschluß des Rohres das Befeuchtungswasser an der Verdunstung gehindert, sobald der kleine Luftraum mit Wasserdampf gesättigt ist. Bis zum nächsten Beobachtungstermin sinkt das feuchte Thermometer etwa bis zur Temperatur des trockenen; bei Temperaturen unter  $0^{\circ}$  gefriert das Wasser im Musselin, und Überkaltungserscheinungen haben volle Zeit zum Ablauf. Wird nun das Hüllrohr durch Abnahme der beiden Korke geöffnet und der Aspirator angesetzt, so fallen die Aufenthalte bei dem Gefrieren fort, und das feuchte Thermometer stellt sich ungestört auf den richtigen Stand ein.

Nicht selten, besonders nahe dem Nullpunkt, bleibt das Wasser am Mull überkaltet und gefriert nicht. Da dies bei der Berechnung der Feuchtigkeit berücksichtigt werden muß, so ist also bei jeder Beobachtung sorgfältig auf den Zustand des Mulls zu achten; es empfiehlt sich, den Angaben des feuchten Thermometers unter Null ein *w* (Wasser) als Index zuzufügen, wenn das Wasser flüssig geblieben, dagegen ein *e* (Eis), wenn es gefroren ist. (Vergl. die Beispiele unter „Berechnung“).

Der Aspirator ist, um tunlichst lange gebrauchsfähig zu bleiben, in einem ungeheizten Zimmer aufzubewahren und wird nur zu den Ablesungen in das Freie gebracht; bei dem häufigen Transport aus kalter in warme Luft würde das Instrument durch und durch mit Tau beschlagen, was zur Rostbildung an den Achsen führen müßte.

Jedem Aspirator wird zum Zwecke der Befeuchtung ein Wassergläschen beigegeben, das genau in die Öffnung des Glasrohres *d* (Fig. 8) paßt; es ist vorsichtig soweit einzuführen, daß eine deutliche Benetzung des Mulls stattfindet.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß bei nicht sicherer Befestigung des Aspirators an der Eisenstange des Gehäuses die nach Ingangsetzung eintretenden Erschütterungen dazu führen können, den Index gewisser Minimumthermometer zu verschieben; es dürfte geraten sein, sich durch einige Ablesungen des Minimums vor und nach Ingangsetzung des Aspirators hierüber Gewißheit zu verschaffen.

**Berechnung.**

Die Ermittlung des Dampfdruckes und aus diesem der relativen Feuchtigkeit erfolgt, ebenso wie bei dem Aspirations-Psychrometer, nach der von Sprung angegebenen Formel

$$e = e' - \frac{1}{2} (t - t') \frac{b}{755},$$

wo  $e$  die gesuchte Dampfspannung in mm,  $e'$  die der Temperatur des befeuchteten Thermometers  $t'$  entsprechende Maximalspannkraft,  $t$  und  $t'$  die Temperaturen des trockenen und feuchten Thermometers und  $b$  den Barometerstand bezeichnen; die relative Feuchtigkeit  $R$  erhält man dann, indem man diesen Wert  $e$  durch die der Temperatur des trockenen Thermometers entsprechende Maximalspannkraft  $E$  dividiert und das Resultat mit 100 multipliziert, also  $R = 100 \frac{e}{E}$ .

Tabellen für die Maximalspannkraft des Wasserdampfes werden am Schlusse dieser Anleitung gegeben. Sie sind unter Benutzung der Scheelschen, in der dritten Auflage der physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein befindlichen Werte aufgestellt, wobei Spannkraft des Wasserdampfes und des Eisdampfes streng geschieden sind.

Bei Temperaturen über  $0^\circ$  entnimmt man die Werte der Tabelle B (Spannkraft des Wasserdampfes über Wasser). Bei Temperaturen unter  $0^\circ$  verfährt man nach Sürings Vorschlage folgendermaßen: Ist das Wasser am Mull nicht gefroren, so ist ebenfalls Tabelle B zu benutzen; ist es dagegen gefroren, so kommt Tabelle A (Spannkraft des Wasserdampfes über Eis) für die Berechnung des Dampfdruckes zur Verwendung. Für die Berechnung der relativen Feuchtigkeit  $R$  ist jedoch auch im letzteren Falle die zur Lufttemperatur  $t$  gehörige Maximalspannkraft der Tabelle B zu entnehmen, denn der Wasserdampfgehalt der freien Luft ist wohl als unabhängig von der kleinen Menge Eis um das feuchte Thermometer anzusehen. Hierdurch wird auch die gelegentlich auftretende Erscheinung, daß das feuchte Thermometer höher steht als das trockene, auf ihre wahre Bedeutung zurückgeführt, und können diese Werte völlig zutreffend zur Berechnung der Feuchtigkeit benutzt werden.

**Beispiele.**

$t$	$t'$	$b$	$e'$	$\frac{1}{2} (t - t') \frac{b}{755}$	$e$	$R$
0	0	mm	mm	mm	mm	%
30.8	16.6	755	14.09	7.10	6.99	21
20.5	11.2	665	9.94	4.10	5.84	33
0.1	-1.9 <sub>w</sub>	770	3.99	1.02	2.97	64
0.1	-1.9 <sub>e</sub>	770	3.93	1.02	2.91	63
-7.0	-7.2 <sub>e</sub>	740	2.51	0.10	2.41	89
-7.2	-7.0 <sub>e</sub>	740	2.56	-0.10	2.66	99

**V.****Messung der Erdbodentemperatur.****1. Erdoberfläche.**

Zur angenäherten Bestimmung der Maximum- und Minimum-Temperatur an der Erdoberfläche hat das Meteorologische Institut einer Anzahl von Stationen besondere Extrem-Thermometer (Teil I, S. 25 u. 26) überwiesen. Diese Thermo-

meter werden 5 cm über unbewachsenem Erdboden so frei ausgesetzt, daß sie den ganzen Tag von der Sonne beschienen werden können. Sie werden am besten auf leicht herstellbaren kleinen Holzstützen (Holzgabel, Holzbock) horizontal gelagert. Gegen mechanische Verletzungen sind sie möglichst zu schützen, z. B. durch zweckmäßige Umzäunung oder durch ein großes weitmaschiges Drahtnetz.

Besteht eine Schneedecke, dann sind die Thermometer unmittelbar darauf zu legen. Findet man zur Zeit der Ablesung Neuschnee auf den Thermometern, so ist dies mit Angabe der Dicke der überlagernden Schneeschicht zu notieren; hiernach sind aber die Thermometer wieder unmittelbar auf den Schnee selbst zu legen.

Die Ablesung und Einstellung der Thermometer geschieht genau in der gleichen Weise, wie bei den anderen Extremthermometern (Teil I, S. 25 u. 26) und hat auch zu demselben Termine, also um 9 Uhr abends, zu erfolgen. Für die Eintragung der Beobachtungen sind in den Tabellen der Stationen II. Ordnung auf deren Rückseite besondere Spalten vorgesehen.

## 2. Geringe Tiefen.

Für geringe Erdboden-Tiefen, etwa bis  $\frac{1}{4}$  m, empfiehlt sich die durch Figur 10 erläuterte Aufstellung und Form der Thermometer, weil dabei die Einsenkung der flachen Thermometergefäße in eine ganz bestimmte Schicht am sichersten

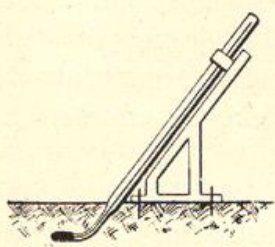


Fig. 10.

erfolgen kann. Der leichte eiserne Rahmen, auf welchem die Thermometer neben einander angebracht sind, ist nur an seinen beiden Enden, deren eines die Figur darstellt, im Erdboden befestigt. Jedes Thermometer berührt nur mit seinem oberen Ende den Rahmen, in dem es mit Hilfe eines federnden Halters festliegt; eine störende Beeinflussung der Thermometer durch den Rahmen ist deshalb ausgeschlossen.

Diese Rahmenform gestattet auch die Aufstellung von Thermometern in einer bestimmten Höhe über dem Erdboden; ebenso an der Erdoberfläche selbst, indem man das Thermometergefäß halb im Boden läßt und halb außen in der Luft.

Um die Einbettung dieser Art Erdthermometer tunlichst wenig zu stören, hat man am Observatorium in Potsdam eine Einrichtung zur Fernrohr-Ablesung angebracht: In einer horizontalen Entfernung von zwei Metern befindet sich auf einem Holzstabe von etwa 1 m Höhe das Fernrohr; es ist um einen nicht ganz senkrechten Zapfen etwas drehbar und kann daher nacheinander auf die einzelnen Thermometer gerichtet werden. Der Parallaxen-Fehler bei der Thermometerablesung (vergl. Teil I, S. 24) ist bei der hier beschriebenen Einrichtung so gut wie vollkommen vermieden, wenn die Neigung der Thermometer der Neigung des Fernrohrs entspricht.

## 3. Größere Tiefen.

Zur Bestimmung der Bodentemperatur in größeren Tiefen, von etwa  $\frac{1}{4}$  m an, werden Thermometer mit großem Gefäße am unteren Ende einer Holzstange von kreisförmigem Querschnitt derart eingelassen, daß ihre Gefäße frei herausragen würden, wenn nicht zu mechanischem Schutze der Thermometer unten eine Kupferkappe angebracht wäre. Außerdem pflegt man den Raum zwischen

dem Kupferblech und dem Thermometergefäße mit einer thermisch isolierenden Substanz, wie Asbest, auszufüllen, damit nicht beim Herausziehen und Ablesen des Thermometers eine merkliche Temperatur-Änderung eintritt. Zur Führung und zum Schutze der zylindrischen Holzstange ist ein Rohr in die Erde zu versenken, dessen lichte Weite so bemessen sein muß, daß es von der Holzstange so gut wie möglich ausgefüllt wird; hierdurch sollen vertikale Luftströmungen, welche zu einer störenden Temperatúrausgleichung Anlaß geben könnten, tunlichst verhindert werden. Diese Schutzröhren bestehen am besten aus glasiertem Ton, weil seine thermische Leitungsfähigkeit derjenigen des Erdbodens am nächsten kommt, und zwar bis zu einem solchen Grade, daß aus Vergleichen hiermit die Brauchbarkeit anderer Materialien beurteilt werden kann. Am Observatorium in Potsdam ist auf diese Weise das Neusilber erprobt und durchaus geeignet gefunden worden.

Die thermische Leitungsfähigkeit des Neusilbers ist unter den hierzu geeigneten Metallen am geringsten, seine Festigkeit und Haltbarkeit den Atmosphärien gegenüber vortrefflich. Bei den Versuchen in Potsdam waren die Schutzröhren alle gleich weit und starkwandig. Es hat sich ergeben, daß mit der Tiefe der Thermometer die Differenz zwischen den Angaben in Ton- und Neusilber-Röhren abnimmt und daß sie bei 4 bis 6 m Tiefe verschwindend gering ist.

Das Herabreichen der Schutzröhren bis in das Grundwasser wird man tunlichst zu vermeiden suchen, damit man das Rohr unten offen lassen kann. Auf diese Weise erzielt man einen unmittelbaren Kontakt des Thermometers oder seiner Kupferkappe mit dem thermisch zu untersuchenden Boden. Mit Hilfe einer Sondierstange ist dann und wann festzustellen, ob das Bodenmaterial in dem Schutzrohr die richtige Höhe hat; wo nicht, wird man leicht imstande sein, die erforderliche Abänderung eintreten zu lassen.

Sollen die Beobachtungen der Temperatur des Erdbodens allgemeiner verwertbar sein, dann muß man die spezifische Wärme des Bodens in den verschiedenen Schichten kennen. Es empfiehlt sich daher schon bei Einrichtung solcher Beobachtungen, den einzelnen Schichten Bodenproben zu entnehmen und ihre Wärmekapazität zu bestimmen. Aus dem gleichen Grunde ist die fortgesetzte Bestimmung des Wassergehaltes sehr wünschenswert.

## VI.

### Messung der Temperatur von Gewässern.

Zu regelmäßigen Messungen der Temperatur von Flüssen, Seen, Brunnen und anderen Gewässern, die zu einer bestimmten Stunde des Tages, z. B. am 2<sup>p</sup>-Termin anzustellen sind, dient am besten ein Schöpfgefäß, in welches die Kugel eines Thermometers hineinragt; nach dem Heraufholen kann die Ablesung der Wassertemperatur mit größerer Ruhe erfolgen, als wenn man ein gewöhnliches Thermometer dazu benutzen würde. Trotzdem ist auch hierbei eine gewisse Schnelligkeit sehr zu empfehlen, weil bei großer Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft das ausgeschöpfte Wasser seine Temperatur rasch ändert. Das Schöpfthermometer ist immer mehrere Minuten im Wasser an der Beobachtungsstelle zu lassen, ehe man zur endgiltigen Ablesung schreitet.

Es muß stets ziemlich genau dieselbe Tiefe gewählt werden, um vergleichbare Zahlen zu erhalten. Übrigens sind regelmäßige oder wenigstens gelegentliche Beobachtungen aus verschiedenen Tiefen von besonderem Werte. Endlich ist darauf zu achten, daß seichte Stellen und Orte mit lokalen Störungen vermieden werden.

Dem Meteorologischen Institut ist vor Beginn der Beobachtungen eine Zeichenskizze über die Lage der in Aussicht genommenen Beobachtungsstelle, nebst Angabe der Tiefen- und Strömungsverhältnisse, zur Begutachtung einzusenden.

## VII.

### Schalenkreuz-Anemometer.

Das gebräuchlichste Instrument zur genauen Messung der Windgeschwindigkeit ist das Schalenkreuz-Anemometer nach Robinson. Das Prinzip dieses Apparates beruht darauf, daß der Wind auf die konkave Seite einer gekrümmten Fläche einen größeren Druck ausübt als auf ihre konvexe Seite und daß der Druckunterschied mit wachsender Windgeschwindigkeit steigt.

#### Beschreibung.

Vier Halbkugelschalen aus dünnem Metallblech sind in gleicher Weise an vier kreuzförmig gestellten Stäben befestigt, die auf einer vertikalen Achse rechtwinklig aufsitzen. Wird ein solches Anemometer dem Winde ausgesetzt, so rotiert das Schalenkreuz immer in demselben Sinne, aus welcher Richtung auch der Wind wehen mag; diese Umdrehungen erfolgen um so schneller, je größer die Geschwindigkeit des Windes ist. Das untere Ende der Achse greift in ein Zählwerk ein, das die Zahl der in einer bestimmten Zeit erfolgten Umdrehungen auf Zifferblättern abzulesen gestattet. Aus Versuchen hat sich ergeben, daß der wahre Windweg das zwei- bis dreifache des gleichzeitig von den rotierenden Schalenmitten zurückgelegten Weges ist; die genauere Beziehung muß für jedes Instrument ermittelt werden.

Die Anemometer werden in verschiedenen Formen hergestellt. Es läßt sich bei ihnen auch eine dauernde Registrierung ermöglichen; solche Apparate (Anemographen) sind indessen fast nur an Observatorien in Verwendung. Zum allgemeineren Gebrauch eignet sich dagegen das sogenannte Reiseanemometer von Fuess.

Bei diesem nur 15 cm langen Instrument (Fig. 11) sind die Halbkugelschalen durch vier feststehende Bügel geschützt; in ihrem oberen Vereinigungspunkte ist das Achsenende eingelagert. Das Zifferblatt des Zählwerks besteht aus sechs Skalen, von denen die große die Einer und Zehner, die folgenden kleineren der Reihe nach die Hunderter, Tausender usw. des Windweges in Metern angeben. Jedoch sind an diese Ablesungen zur Ermittlung der wahren mittleren Windgeschwindigkeit noch Korrekturen anzubringen, die jedem Instrument in einer Tabelle beigegeben werden.

**Beobachtung.**

Man setzt das Instrument, nachdem der Stand der Zeiger abgelesen ist, in lotrechter Stellung dem Winde aus und notiert nach einer bestimmten Zeit (mindestens einer Minute) die abgelaufene Zeit auf Sekunden genau und gleichzeitig den neuen Stand der Zeiger. Indem man dann mit der Zwischenzeit (in Sekunden) in die Differenz der Ablesungen dividiert, erhält man die mittlere Windgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde. Dieser Wert ist auf Grund der erwähnten Tabelle noch zu korrigieren.

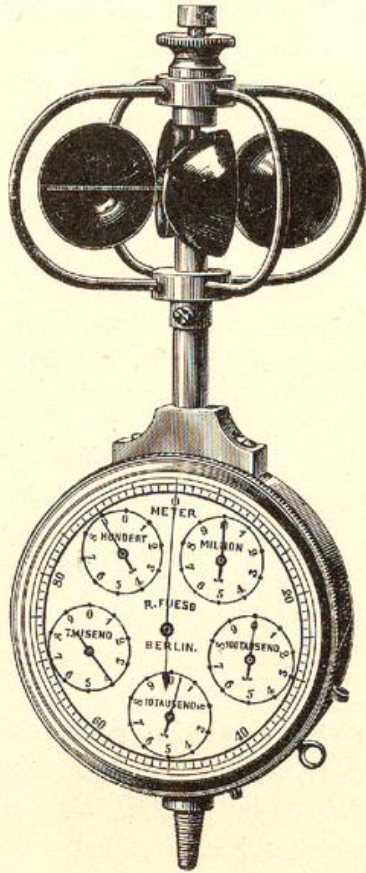


Fig. 11.

Raume aufzubewahren.

Zur Erleichterung der Beobachtung ist an dem Gehäuse eine Vorrichtung angebracht, die es gestattet, zu jedem beliebigen Zeitpunkt das Zählwerk ein- oder auszuschalten. Der hierzu rechts unten am Gehäuse zwischen zwei Ösen befindliche Hebel hält nach Abwärtsbewegung das Zählwerk an und setzt es nach Aufwärtsbewegung in Gang.

Diese Messungen sollen an den Stationen mindestens zur Zeit der Beobachtungstermine angestellt werden. Gelegentlich kann auch das Instrument zwischen den Beobachtungsterminen dauernd laufen gelassen werden, um die mittlere Windgeschwindigkeit zwischen den einzelnen Terminen und unter Umständen auch die des ganzen Tages zu erhalten.

Nach jeder Beobachtung ist das Anemometer erforderlichenfalls gut abzutrocknen, und in seinem Futteral in einem möglichst trockenen ungeheizten

**Aufstellung.**

Bei der Auswahl des Platzes für das Anemometer sind dieselben Gesichtspunkte zu beachten wie bei der Windfahne (Teil I, S. 15). Am geeignetsten für Windmessungen ist eine Stelle in ganz freiem, ebenem Gelände, weit entfernt von Bäumen und Gebäuden. Da man einen solchen einwandfreien Platz an den Stationen im allgemeinen nur selten finden wird, kann man die Beobachtung auch auf dem Dache eines die umgebenden Häuser und Bäume überragenden Gebäudes anstellen; hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß das Anemometer sich mehrere Meter über dem Dache befindet. Angenäherte Werte erhält man schließlich auch, wenn das Instrument im Freien, z. B. in der Nähe der Thermometerhütte, mit der Hand hochgehalten wird.

Bei regelmäßigen Messungen ist es zweckmäßig, das Anemometer mittels des an ihm befindlichen Schraubdorns in das Ende einer mehrere Meter langen Stange einzudrehen und zu deren Aufstellung eine geeignete Befestigung vorzusehen. Um dann bei vertikaler Stellung der Stange das Ein- und Ausschalten des Zählwerks bequem ausführen zu können, knotet man an den Arretierhebel einen Bindfaden fest und zieht das eine Ende durch die obere, das andere

durch die untere Öse. Um Verwechslungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Enden des Fadens verschieden zu kennzeichnen.

### VIII.

## Registrierender Regenmesser, System Hellmann.

Bei dem zur fortlaufenden Aufzeichnung der gefallen Regenmengen dienenden registrierenden Regenmesser Hellmann wird die jeweilige Höhe des Regenwassers mittels Schwimmer und daran angebrachter Schreibfeder auf einer durch Uhrwerk sich drehenden Registriertrommel (s. S. 1) aufgezeichnet; bei einem bestimmten Wasserstande erfolgt automatische Abhebung, worauf sich die Schreibfeder wieder auf den Nullpunkt einstellt. Zur Registrierung der Schneefälle ist der Apparat ohne weiteres nicht geeignet und soll daher nur während der warmen Jahreshälfte in Tätigkeit bleiben.

### Beschreibung.

Auf einem zylindrischen Gehäuse (Fig. 12) aus starkem Eisenblech, das außen und innen grau gestrichen ist, sitzt das Auffanggefäß, welches dieselbe Gestalt und Öffnung hat, wie beim gewöhnlichen Regenmesser Hellmann (Modell 1886) für direkte Messung; ein scharf abgedrehter Messingring umgrenzt eine Auffangfläche von 200 qcm. Das einfallende Regenwasser fließt durch eine Metallröhre in das zylindrische Messinggefäß *G*; in diesem befindet sich ein Schwimmer, an dessen Achse *S* ein Hebelarm mit der Schreibfeder sitzt. Dadurch überträgt sich die Bewegung des Schwimmers auf den Registrierstreifen, der auf dem Umfang der Trommel *T* durch einen federnden Messingstreifen in der üblichen Weise (s. S. 4) befestigt wird. Das in der Trommel befindliche Uhrwerk dreht sie in 24 Stunden einmal um ihre Achse.

Durch eine im Gefäß *G* enthaltene kleine Wassermenge (von etwa 6 cm Höhe) ist die Stellung des Schwimmers so justiert, daß, wenn kein Wasser von oben hinzukommt, die Schreibfeder gerade auf der Nulllinie des geteilten Papierstreifens schreibt. Fließt aus dem Auffanggefäß Wasser nach unten in das Gefäß *G*, so steigt der Schwimmer aufwärts und damit auch die Schreibfeder, die eine aufsteigende Kurve zeichnet. Wenn die Feder am oberen Ende, nämlich etwa bei 10 mm, angelangt ist, entleert sich die gefallene Regenmenge (200 ccm)

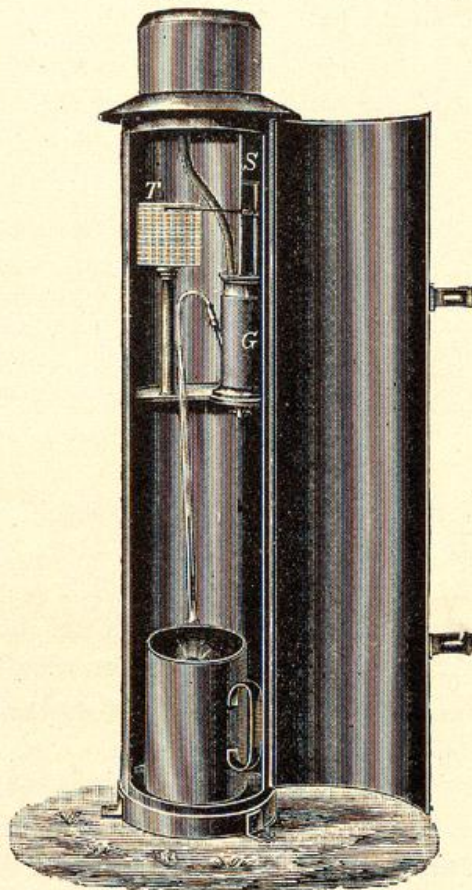


Fig. 12.

aus dem Gefäß *G* durch einen an ihm seitlich angebrachten Glasheber in die am Boden stehende Sammelkanne, so daß man zur Prüfung der Registrierung die Gesamt-Regenmenge direkt nachmessen kann. Diese Messung ergibt gewöhnlich ein bis drei zehntel Millimeter weniger als die Registrierung, weil durch Benetzung der Wandungen kleine Mengen verloren gehen. Sowie sich das Gefäß *G* entleert, geht die Schreibfeder senkrecht nach unten bis zur Nulllinie und beginnt, falls es weiter regnet, von neuem zu steigen.

Ein Ausschnitt aus einer im September 1896 zu Berlin geschriebenen Kurve ist im Originalmaßstab in Figur 13 dargestellt. Die Trommel *T* hat solche Dimensionen erhalten, daß auf dem Papierstreifen ein Stundenintervall 15.8 mm mißt,

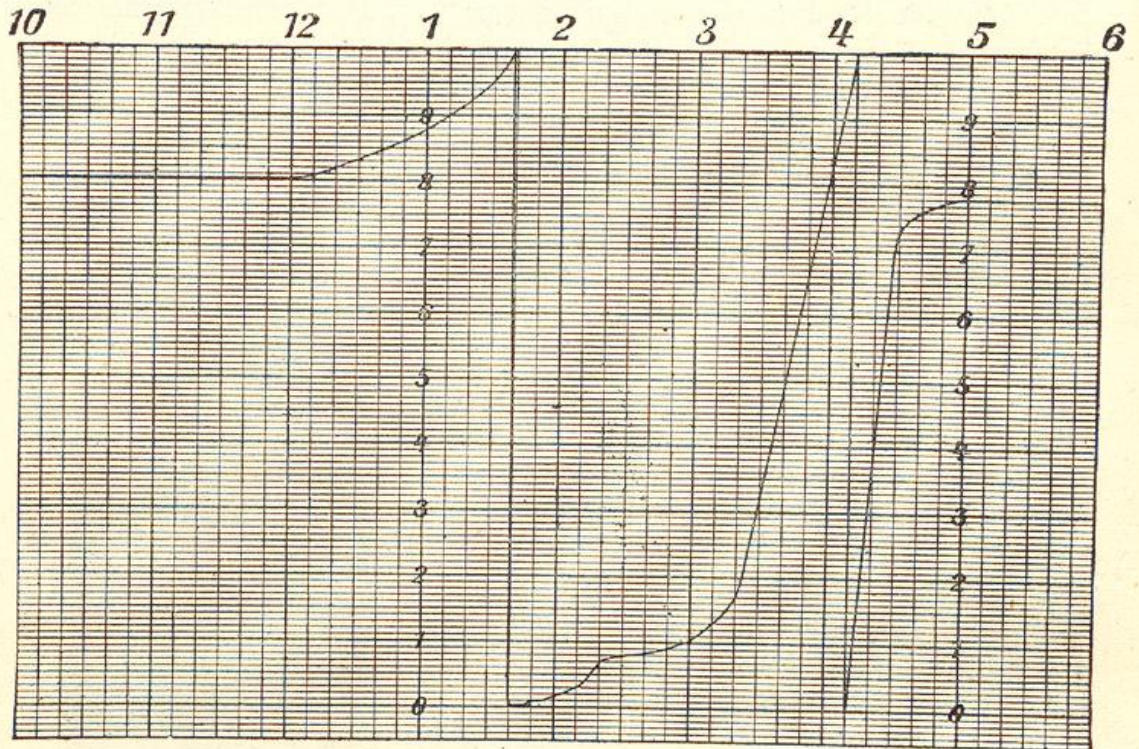


Fig. 13.

Zeitintervalle von 2 Minuten also noch sehr bequem unterschieden werden können; die Teilung selbst geht von 10 zu 10 Minuten. Die Genauigkeit in der Abmessung der Regenhöhe hängt natürlich ganz von der Größe des Gefäßes *G* ab: soviel mal dessen Querschnitt kleiner ist als die Auffangfläche, soviel mal muß ein Millimeter Regenhöhe größer sein als ein wahres Millimeter. Im vorliegenden Falle ist dieses Verhältnis 7.8:1; ein Millimeter Regenhöhe mißt also auf dem Papier 7.8 mm.

#### Aufstellung.

Die Aufstellung des Instrumentes geschieht in der Weise, daß es mit den drei unten am Boden befindlichen Winkleisen auf einem in die Erde (50–60 cm tief) eingelassenen dreiseitigen Holzbock oder sonstigen Fundament angeschraubt und außerdem durch starke Drähte nach drei Seiten verankert wird. Zu dem Zwecke sind am Gehäuse dicht unterhalb des oberen Schutzkragens drei Ösen oder Laschen angebracht. Es genügt, die Verankerungsstelle in 50 cm Abstand

vom Gehäuse zu wählen. Der Ort der Aufstellung muß natürlich denselben Bedingungen entsprechen, wie sie für den gewöhnlichen Regenschirm (Teil I, S. 18) vorgeschrieben sind.

### Bedienung.

Die Bedienung des Instrumentes besteht darin, daß man täglich um 7 Uhr morgens den Registrierstreifen abnimmt, nach dem Aufziehen der Uhr durch einen neuen ersetzt und die in der Sammelkanne enthaltene Regenmenge mit dem beigegebenen Meßglase mißt. Obwohl die Uhr eigentlich eine ganze Woche geht, ist das tägliche Aufziehen doch aus dem Grunde ratsam, weil bei stark gespannter Feder der Gang der Uhr gleichmäßiger ist. Die Trommel ist leicht abnehmbar, wenn man den Deckel des Gefäßes *G* und dadurch den Schwimmer mit dem Hebelarm, an dessen Ende die Schreibfeder sitzt, etwas zur Seite dreht.

Ferner mögen noch folgende Punkte hervorgehoben werden, die beim Gebrauch des Apparates zu beachten sind.

Bei feuchtem, regnerischem Wetter, wenn die gefallene Regenmenge aus dem Gefäß *G* durch den Heber öfters entleert wird, erfolgt das „Abhebern“ genau nach 10 mm Regenfall, d. h. wenn die Feder wirklich auf 10 steht. Wenn aber nach längerer Trockenheit das erste Abhebern stattfindet, geht die Feder gewöhnlich etwas über 10 hinaus, weil infolge von Staub und Trockenheit die Adhäsionsverhältnisse in der Heberöhre andere geworden sind und eine etwas größere Wassermenge nötig ist, um das Abhebern herbeizuführen. Umgekehrt erfolgt dieser Vorgang gewöhnlich etwas unterhalb 10 mm, wenn der Regenfall sehr stark oder wenn der Apparat erschüttert wird. In beiden Fällen, wenn das Abhebern oberhalb oder unterhalb von 10 mm stattfindet, entsteht aber durchaus kein Fehler in der Registrierung; denn man hat eben nur diejenige Größe in Rechnung zu bringen, welche die Schreibfeder wirklich angibt. Bei der Auswertung der Registrierstreifen hat man es ja nur mit der Bildung von Differenzen zu tun. Sollte sich der Abheberpunkt dauernd unrichtig einstellen, so kann man ihn übrigens durch Verstellen des Glashebers (in dem Messingröhrchen) etwas regulieren. Falls die Feder nach dem Abhebern nicht völlig bis zur Nulllinie herunter- oder auch etwas über sie hinausgehen sollte, so ist diesem Umstande nur durch Tiefer- oder Höherstellen des Hebelarmes, an dem die Feder sitzt, abzuhelpen. Da jedoch dieses Verstellen des Hebelarmes mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft ist, so unterbleibt es besser, zumal ja die unrichtige Federstellung für die Richtigkeit der Auswertung ohne Belang ist.

Bei eintretendem Frostwetter nimmt man das unten durch eine Flügelschraube befestigte Gefäß *G* und die Trommel *T* aus dem Gehäuse ganz heraus und verwahrt beide im Zimmer bis zum Beginn der Frühjahrsregen; zugleich ist das Auffanggefäß durch den mitgelieferten Deckel zu verschließen.

### Auswertung der Registrierungen.

Die Ermittlung der gefallenen Regenmengen hat für das Meteorologische Institut in der Weise zu erfolgen, daß man die in jeder Stunde gefallenen Beträge in ein geeignetes, vom Institut geliefertes Formular einträgt. Man erleichtert sich die Arbeit dadurch, daß man auf dem Registrierstreifen an den Schnittpunkten der Kurven mit den Stundenlinien diejenigen Zahlen (in ganzen und zehnteln Millimetern) einträgt, die dem jeweiligen Stande der Kurve über dem Nullpunkte entsprechen. Man bildet darauf die Differenz zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Punkten und schreibt die betreffenden Zahlen in das Formular an den dafür vorgesehenen Stellen ein.

Beispielsweise würde man also in dem vorstehenden Diagramm (Fig. 13) bei den Schnittpunkten der Kurven mit den Stundenlinien von  $10^a$  bis  $6^p$  zunächst folgende den verschiedenen Ständen der Kurve entsprechende Werte eintragen:

$10^a$	11	$12^a$	$1^p$	2	3	4	5	$6^p$
8.0	8.0	8.0	8.8	0.2	1.0	8.3	7.8	7.8

Hieraus ergeben sich für die einzelnen Stunden folgende Regenhöhen in mm:

$10-11^a$	$11-12^a$	$12^a-1^p$	$1-2$	$2-3$	$3-4$	$4-5$	$5-6^p$
—	—	0.8	1.4	0.8	7.3	9.5	—

Die Stundensummen  $1-2^p$  und  $4-5^p$  sind durch Addition der Unterschiede der aufeinander folgenden Stundenwerte gegen die dazwischen liegenden höchsten und tiefsten Stände der Kurve (bei 10 und 0 mm) gewonnen.

In den Fällen, wo der Apparat nicht beim 10 mm-Teilstrich abhebert oder die Feder nicht genau den Nullpunkt erreicht, muß natürlich dieser Umstand bei der Berechnung der Regenhöhen berücksichtigt werden.

Nachdem die Eintragungen für den ganzen Monat erfolgt sind, addiert man sowohl die senkrechten Spalten für die einzelnen Stunden, wie die wagerechten für die einzelnen Tage. Die Rechnung ist richtig, wenn die aus der Addition aller Tagessummen sich ergebende Zahl gleich der aus der Addition aller Stundensummen hervorgehenden ist.

## IX.

### Gebirgsregennmesser, System Hellmann.

Da an hochgelegenen Stationen der gewöhnliche Hellmannsche Regennmesser (Modell 1886) zur Aufnahme der Niederschläge, zumal der in Form von Schnee gefallen, bisweilen nicht ausreicht, ist für solche Orte ein besonderer „Gebirgsregennmesser“ (Fig. 14) konstruiert worden. Zu diesem Instrument gehören drei

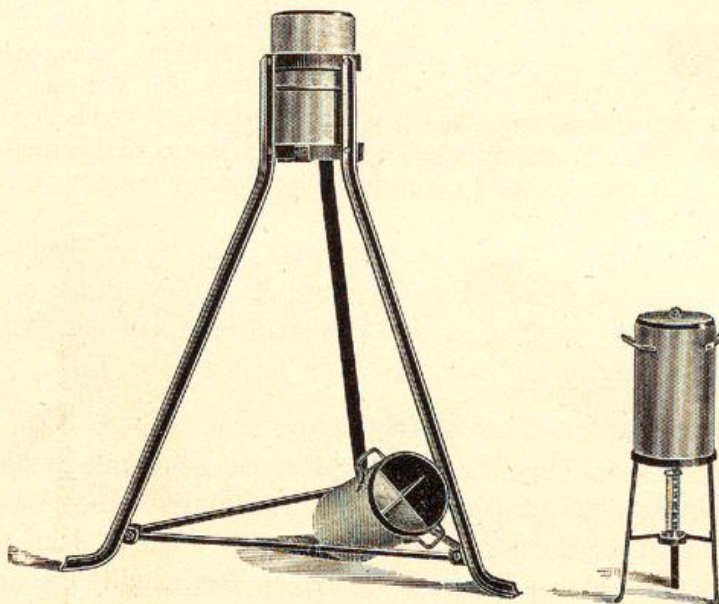


Fig. 14.

Auffanggefäße aus weiß angestrichenem Zinkblech, von denen eins für den Sommer und zwei für den Winter bestimmt sind. Jedes Gefäß ist 50 cm hoch und hat eine Auffangfläche von 500 qcm. Während aber das Sommergefäß ganz ähnlich dem Auffanggefäß des gewöhnlichen Regennmessers konstruiert ist (Teil I, S. 19), bestehen die beiden für den Winter bestimmten Apparate aus einfachen Zylindern mit einem Hahn zum Ablassen des Wassers

an der Bodenfläche und zwei Handgriffen zum bequemen Heben des Instruments. Die beiden Wintergefäße sind außerdem noch mit zwei herausnehmbaren Schneeeinsätzen von der in Teil I, Seite 19, abgebildeten Form versehen.

Zur Aufstellung des Instrumentes dient ein solider Dreifuß (Fig. 14 links) aus T-Eisen, der in seinem oberen Teile mit zwei Ringen zur Aufnahme des Auffanggefäßes versehen ist. Die unten umgebogenen Füße des Gestells werden bis zu den drei Verbindungsstangen in den Erdboden eingegraben, wobei darauf zu achten ist, daß die Auffangfläche des Regenmessers eine völlig horizontale Lage erhält. Sodann werden auf die Verbindungsstangen einige Bretter gelegt und diese mit großen Steinen beschwert. Bei richtiger Ausführung dieser Vorschrift steht dann das Instrument so fest, daß es auch durch starke Stürme nicht umgeworfen oder aus seiner Lage gebracht werden kann. Die Höhe des Gestells ist so bemessen, daß die Auffangfläche des Apparates 2 m über dem Erdboden liegt.

Die Messung der Niederschlagshöhe geschieht in der im Teil I, Seite 33 und 34, angegebenen Weise, nur daß ein anderes, den größeren Dimensionen des Gebirgsregenmessers entsprechendes Meßglas benutzt wird. Im Winter wird das den Schnee oder Rahreif enthaltende Auffanggefäß in einen erwärmten Raum gebracht, mit dem beigegebenen Blechdeckel bedeckt und auf einen kleinen eisernen Dreifuß gesetzt (Fig. 14 rechts). Nach erfolgter Schmelzung des Schnees wird das Wasser durch Öffnen des am Boden des Zylinders angebrachten Hahnes in das darunter gestellte Meßglas abgelassen. Es ist streng darauf zu achten, daß nach Abfluß des Wassers der Hahn wieder sorgfältig geschlossen wird.

## X.

### Bestimmung des Wassergehaltes der Schneedecke. (Schneedichte).

Unter dem Wassergehalt der Schneedecke versteht man die Wasserhöhe (in Millimetern), die sich durch Verwandlung einer Schicht Schnee von bestimmter Höhe in Wasser ergibt. Dividiert man den Wassergehalt durch die Höhe der entsprechenden Schneeschicht (in Zentimetern), so erhält man den spezifischen Wasserwert, also den Wassergehalt einer Schneeschicht von 1 cm Höhe, ausgedrückt durch mm Wasserhöhe.

Zur Ermittlung des Wassergehaltes der Schneedecke dient nach Hellmann ein Zinkblechzylinder (Fig. 15) von 50 cm Höhe und 200 qcm Öffnung mit verdeckt liegendem Holzgriff. Nachdem die Schneehöhe an einer gleichmäßig mit Schnee bedeckten Stelle (Teil I, S. 35) auf zehntel Zentimeter genau gemessen worden ist, drückt man den Zinkblechzylinder senkrecht daneben in den Schnee hinein, schiebt unter seine untere Öffnung eine kleine Blehschaufel und dreht das Instrument vorsichtig um. Die so gewonnene Schneeschicht läßt man hierauf in dem Gefäß schmelzen, wobei es zur Verhütung der Verdunstung mit

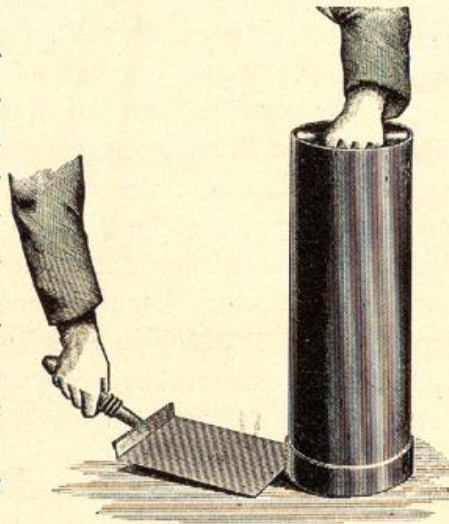


Fig. 15.

einem passenden Blechdeckel zugedeckt wird. Das Schmelzwasser wird sodann mit demselben Meßglase gemessen, das zum Hellmannschen Regenmesser (Modell 1886) gehört.

Diese Messungen sollen für das Meteorologische Institut jeden Montag und Donnerstag früh 7 Uhr, solange eine Schneedecke vorhanden ist, vorgenommen und ihre Ergebnisse in folgender Weise aufgezeichnet werden:

Datum	Höhe der Schneedecke	Wasserhöhe
Januar	cm	mm
3.	20.3	23.1
6.	20.7	30.2
10.	16.5	28.4

In den vorliegenden Beispielen würde man für den spezifischen Wasserwert bezw. die Zahlen 1.14, 1.46, 1.72 erhalten.

Neben diesen Messungen, die sich auf die gesamte vorhandene Schneedecke beziehen, ist auch noch die Ermittlung des Wassergehaltes des frisch gefallenen Schnees wünschenswert, die nach jedem Tage mit meßbarem Schneefall am folgenden Morgen vorzunehmen ist.

Zu dem Ausstechen des Schnees wird eine möglichst ebene Stelle des Erdbodens gewählt, die nicht Verwehungen ausgesetzt ist. Nach jeder Entnahme einer Schneeprobe muß der Erdboden an der betreffenden Stelle, und zwar mindestens eine Fläche von einem Quadratmeter, sorgfältig von Schnee gereinigt werden, damit, falls es von neuem schneit, das Ausstechen des Schnees ungefähr an der gleichen Stelle wieder erfolgen kann.

Die Aufzeichnung geschieht in derselben Weise, wie oben angegeben, nur daß als Kopf über die zweite Spalte anstelle „Höhe der Schneedecke“ nun „Höhe des frisch gefallenen Schnees“ gesetzt wird.

## XI.

### Sonnenschein-Autograph.

Die Registrierung des Sonnenscheins erfolgt durch Apparate, bei denen die Sonne selbst vermöge ihrer Wärme- oder Lichtwirkung als Mittel zur Aufzeichnung und gleichzeitig vermöge ihrer scheinbaren Bewegung auch als Uhr benutzt wird. Die verschiedenen Apparate sind in der Zeitschrift „Das Wetter“, Jahrgang VIII, von Kremser eingehender besprochen. Im Netze des Meteorologischen Instituts ist allgemein der nach Campbell und Stokes konstruierte Sonnenschein-Autograph eingeführt. Bei diesem bringen die im Brennpunkte einer massiven Glaskugel gesammelten Sonnenstrahlen Papier zum Glimmen; da das Papier in einer zur Glaskugel konzentrischen, den geometrischen Ort des Brennpunktes darstellenden Metallschale eingelagert ist, so zeichnet sich auf ihm die Bahn des Brennpunktes entsprechend dem Laufe der Sonne je nach ihrem Erscheinen oder Verschwinden deutlich ein.

#### Beschreibung.

Eine Glaskugel von etwa 10 cm Durchmesser ruht auf einem oben ausgehöhlten Säulchen *S* (Fig. 16), das auf einer Fußplatte *F* befestigt ist. Auf

derselben Fußplatte ist ein metallener Träger fest aufgeschraubt, an dem ein Stück einer Kugelschale *KK* konzentrisch zur Glaskugel und ferner ein Bügel *B* angebracht ist. Der Bügel reicht bis zum Scheitel der Glaskugel und drückt sie vermittels einer Schraube *D* und eines Scheibchens gegen die Unterlage. Hierdurch wird eine ausreichende Befestigung der Kugel erzielt.

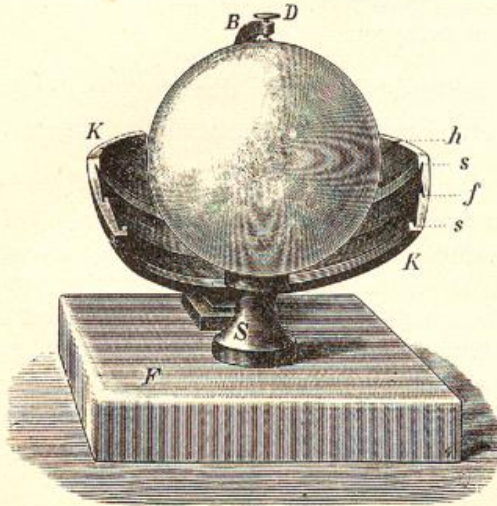


Fig. 16.

In Fig. 16 erkennt man deutlich das unterste Nutenpaar *ss* (für den Sommer) und das mittlere *fh* (für Frühling und Herbst oder genauer für die Zeiten der Tag- und Nachtgleichen), während das obere (im Winter zu benutzende) hier nicht sichtbar ist.

Die aus steifem Karton bestehenden, in ganze und halbe Stunden eingeteilten Papierstreifen haben ebenfalls je nach der Jahreszeit verschiedene Formen; sie sind in Figur 17 veranschaulicht. Die geraden Streifen gehören in das mittlere Nutenpaar, die kleinen gekrümmten in das obere, die großen gekrümmten in das untere Nutenpaar. Alle sind so einzuschieben, daß die XII-Uhr-Linie genau mit dem eingeritzten Mittelstriche (Mittagsmarke) zusammenfällt, der in der Kugelschale vor dem Bügel *B* herabläuft.

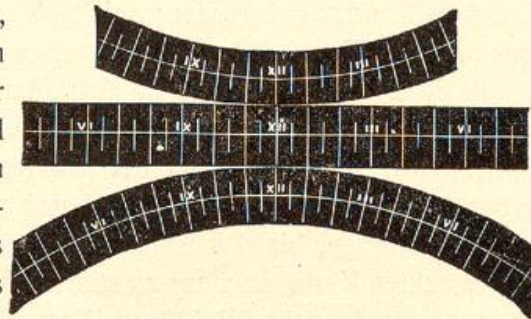


Fig. 17.

### Aufstellung.

Bei der Auswahl des Platzes für den Apparat ist zu beachten, daß ihn die Sonnenstrahlen den ganzen Tag ungehindert treffen müssen.

Da in unseren Breiten die Sonne zur Hochsommerzeit im Nordosten auf- und im Nordwesten untergeht, nämlich

unter 48° Breite	37° nördlich vom Ost- und Westpunkte					
" 52°	" 41°	"	"	"	"	"
" 56°	" 47°	"	"	"	"	"

so dürfen also längs des Horizonts von Nordosten über Süden nach Nordwesten keine Gegenstände (Bäume, Türme, Häuser, Schornsteine) das Instrument überragen. Hiernach ist lediglich auf den Nordquadranten gar keine Rücksicht zu nehmen. Jedoch können auch genau im Süden sich Gegenstände bis etwa zu  $15^{\circ}$  Höhe erheben, da um Mittag selbst die Wintersonne noch höher steht. Endlich ist im allgemeinen eine Erhebung bis zu  $3^{\circ}$  über dem Horizont noch zulässig, da bei dem angeführten Modell des Sonnenschein-Autographen erst in dieser Höhe die Sonnenstrahlen das Papier zum Glimmen bringen.

Der Unterbau für den Apparat muß völlig stabil sein, damit nicht durch Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüsse oder durch Erschütterungen Standänderungen eintreten.

Holz ist hierbei zu vermeiden, dagegen Stein und Metall zu empfehlen. Auf Dächern wird man eine der Grundmauern wählen, im Freien aber einen gemauerten Pfeiler herstellen oder ein Tonrohr in die Erde versenken, die als oberen Abschluß eine ebene möglichst horizontale Oberfläche erhalten müssen. Vor einem Turmfenster wird man ein metallenes, gut verankertes und weit genug herausragendes Konsol anbringen. Allgemein ist es zweckmäßig, von vornherein in der gewählten Unterlage eine Vertiefung von den Dimensionen der Fußplatte des Apparats so vorzusehen, daß letzterer darin noch ein wenig verschoben und nach endgültiger Richtigestellung durch eingefügte Keile oder dergl. festgeklemmt werden kann.

Nachdem man sich durch Ablesung der Winkelteilung unterhalb des Bügels davon überzeugt hat, daß der Apparat auf die geographische Breite des Beobachtungsortes eingestellt ist, kann man seine Montierung auf der hergerichteten Unterlage vornehmen. Der Apparat ist mittels einer Libelle horizontal und mit Hilfe der Sonne selbst in den Meridian zu stellen. Die Libelle muß sowohl in ost-westlicher, wie in nord-südlicher Richtung auf das die Glaskugel tragende Säulchen *S* aufgelegt werden; spielt sie nicht genau genug ein, dann sind in entsprechender Weise dünne Metallstreifen unter die Fußplatte zu bringen. Hierauf ist die Ebene des Bügels *B* in den Meridian zu bringen. Für die genaue Einstellung beachte man, daß der Sonnenschein-Autograph im Grunde eine Sonnenuhr ist, bei welcher der jeweilige Brennpunkt die wahre Sonnenzeit angeben soll. Bei der ersten Einrichtung wird man also den Apparat so lange verschieben müssen, bis das Sonnenbildchen an diejenige Stelle des vorschrittmäßig eingesteckten Kartonstreifens zu stehen kommt, welche der augenblicklichen wahren Sonnenzeit entspricht. Bei diesen Versuchen wird man gut tun, zum Schutze gegen Blendung sich eines dunkelfarbigem Glases zu bedienen. Um die wahre Sonnenzeit zu kennen, muß man an die Angaben der nach Einheitszeit gehenden Uhren zunächst den Unterschied gegen die mittlere Ortszeit (Teil I, S. 3) und sodann noch die sogenannte Zeitgleichung (mittlere Ortszeit minus wahre Sonnenzeit) als Korrektion anbringen.

Zu der mitteleuropäischen Einheitszeit (Zeit des 15. Längengrades) ist bei den östlich von diesem Längengrade gelegenen Orten der Zeitunterschied hinzuzufügen, bei den westlich davon gelegenen Orten aber abzuziehen, um die mittlere Ortszeit zu erhalten. Von der mittleren Ortszeit ist dann zur Berechnung der wahren Sonnenzeit noch der absolute Betrag der Zeitgleichung abzuziehen, wenn er positiv, dagegen ihr zuzulegen, wenn er negativ ist. In der folgenden Tafel ist die Zeitgleichung für jeden fünften Tag des Jahres in Minuten angegeben und hieraus leicht für jeden Tag festzustellen.

Tafel der Zeitgleichung  
(mittlere minus wahre Sonnenzeit).

	m		m		m		m
Januar	1. + 3.5	April	1. +4.1	Juli	5. +4.2	Oktober	3. -10.8
	6. + 5.8		6. +2.6		10. +5.0		8. -12.3
	11. + 7.9		11. +1.2		15. +5.7		13. -13.6
	16. + 9.8		16. -0.1		20. +6.1		18. -14.7
	21. +11.4		21. -1.2		25. +6.3		23. -15.5
	26. +12.6		26. -2.2		30. +6.2		28. -16.1
	31. +13.6	Mai	1. -2.9	August	4. +5.9	Novbr.	2. -16.3
Februar	5. +14.2		6. -3.5		9. +5.4		7. -16.2
	10. +14.4		11. -3.8		14. +4.6		12. -15.8
	15. +14.3		16. -3.8		19. +3.6		17. -15.0
	20. +14.0		21. -3.6		24. +2.4		22. -13.9
	25. +13.3		26. -3.2		29. +1.0		27. -12.4
März	2. +12.4		31. -2.6	Septbr.	3. -0.5	Dezbr.	2. -10.6
	7. +11.3	Juni	5. -1.8		8. -2.2		7. - 8.6
	12. +10.0		10. -0.9		13. -3.9		12. - 6.4
	17. + 8.6		15. +0.1		18. -5.7		17. - 4.0
	22. + 7.1		20. +1.2		23. -7.5		22. - 1.5
	27. + 5.6		25. +2.2		28. -9.2		27. + 1.0
			30. +3.3				

Beispiele: Die Angaben einer in Tilsit am 1. April nach Einheitszeit richtig gehenden Uhr sind um den Zeitunterschied = 28<sup>m</sup> zu erhöhen und wegen der Zeitgleichung (+ 4<sup>m</sup>) um 4<sup>m</sup> zu verringern, also insgesamt um 24<sup>m</sup> zu erhöhen, um wahre Sonnenzeit zu erhalten.

Die Angaben einer in Aachen am 1. November nach Einheitszeit richtig gehenden Uhr sind zur Umrechnung auf wahre Zeit um den Zeitunterschied = 36<sup>m</sup> zu erniedrigen und wegen der Zeitgleichung (- 16<sup>m</sup>) um 16<sup>m</sup> zu erhöhen, also insgesamt um 20<sup>m</sup> zu verringern.

Nachdem der Apparat bezüglich der Zeit, d. h. in die Meridianrichtung, genau eingestellt ist, prüfe man nochmals seine Horizontalität. Sind in dieser Beziehung noch kleine Korrekturen nötig, dann ist auch wieder die Zeiteinstellung zu kontrollieren. Man experimentiert so lange, bis die vom Sonnenbildchen in den Kartonstreifen eingebrannte Linie der weißen Mittellinie oder den Rändern der Streifen parallel läuft. Dies ist das notwendige und hinreichende Zeichen für die richtige Aufstellung des Instruments. Diese Lage muß alsdann durch eingeritzte Striche auf der Unterlage für immer gekennzeichnet oder noch besser durch eingeklemmte Keile, durch Drähte, durch Einkittungen usw. fixiert werden.

### Bedienung.

Die Bedienung besteht der Regel nach nur in der Auswechslung der Kartonstreifen. Es sind zu verwenden:

- die kurzen krummen Streifen von Mitte Oktober bis Ende Februar,
- die langen krummen Streifen von Mitte April bis Ende August,
- die geraden Streifen { von Anfang März bis Mitte April  
und von Anfang September bis Mitte Oktober.

Unmittelbar nach Sonnenuntergang hat der Beobachter nachzusehen, ob der im Apparat befindliche Streifen eine wenn auch noch so geringe oder undeutliche

Brennspur erkennen läßt. Ist dies der Fall, so muß der Streifen entfernt und ein neuer eingeschoben werden. Das Einschieben hat so zu erfolgen, daß der XII-Uhr-Strich des Streifens mit der Mittagslinie auf der Kugelschale genau zusammenfällt. Zur Kontrolle vorschriftsmäßiger Einschabung und zur Vermeidung von Ver-rückungen der Streifen ist an bestimmten Stellen (meist dem II-Uhr-Strich ent-sprechend) die Schale durchbohrt; durch diese Löcher wird von der Rückseite her der mit einer Kette am Apparat angehängte Metallstift soweit eingeführt, daß er auch den Papierstreifen durchsticht und in ihm festsetzt.

Da die Bewegung des Sonnenbildchens in umgekehrter Richtung wie die der Sonne erfolgt, sind die Streifen stets so einzuführen, daß die Stundenziffern des Vormittags nach Westen hin, die des Nachmittags nach Osten hin liegen; bei den vom Meteorologischen Institute gelieferten Streifen erkennt man dies auch daran, daß die Ziffern über der Mittellinie stehen müssen. Die krummen Streifen lassen sich übrigens nur in dieser Weise einschieben, sodaß Versehen nicht vorkommen können; dagegen ist ein solches bei den geraden Streifen sehr leicht möglich und daher sorgfältig zu vermeiden.

Auf jedem Streifen ist der Tag des Auflegens und der Tag der Abnahme, sowie der Name der Station zu notieren. Alle Streifen eines Monats sind bei Beginn des nächsten, nach dem Datum geordnet und gut verschnürt oder mit Hilfe einer Stopfnadel auf einen Faden aufgezogen, dem Meteorologischen Institut ein-zusenden.

Zu einer gewissenhaften Bedienung des Apparates gehört endlich auch die Sorge um Reinhaltung der Glaskugel und der Metallschale. Besonders ist darauf zu achten, daß sie nicht von Schnee oder Rauhreif bedeckt sind, da sonst die Registrierung unterbrochen würde. Sind derartige Niederschläge gefallen, dann hat der Beobachter alsbald den Apparat zu besichtigen und den Schnee oder Rauhreif mit der Hand oder dem Messer vorsichtig zu entfernen; bleibt die Glaskugel trotzdem beschlagen, dann ist sie abzunehmen, in zimmerwarmes Wasser zu tauchen und nach Abtrocknung schließlich wieder einzusetzen.

### Auswertung der Registrierungen.

Der Beobachter hat endlich noch die Aufgabe, aus der Brennspur zu ent-nehmen, wie lange die Sonne in jeder Stunde geschienen hat, und den auf zehntel Stunden ermittelten Betrag in die gelieferten Formulare einzutragen.

Da auf den Registrierstreifen Linien für die ganzen und halben Stunden vor-handen sind, so ist die Schätzung auf Zehntel mit hinreichender Genauigkeit möglich. Besteht die Brennspur aus mehreren kleinen Teilen, dann empfiehlt es sich, besonders für den Anfänger, außer dieser Schätzung zur Kontrolle auch eine Schätzung der Lücken vorzunehmen; beide Beträge zusammen müssen je eine ganze Stunde ergeben.

Grundsätzlich sind bei der Schätzung der Sonnenscheindauer nicht bloß die durchgebrannten Teile der Papierstreifen, sondern alle durch die Sonne hervor-gerufenen Bräunungen, auch die feinsten, zu berücksichtigen.

Es steht im Belieben der Beobachter, auch die Stärke der Brennspur kenntlich zu machen, etwa dadurch, daß den Zahlen für die Dauer des Sonnenscheins in jeder Stunde noch die Exponenten 0, 1, 2 hinzugefügt werden: 0 würde ganz schwache Bräunung, 1 kräftige Bräunung, 2 Durchbrennen des Papierstreifens be-deuten.

Entsprechend dem Vordruck in den Tabellenformularen sind endlich die Vormittags-, Nachmittags- und Tages-Summen und sodann die Dekaden- und Monats-Summen der Stundenwerte zu bilden.

Hierbei sind die üblichen Rechnungsprüfungen nicht zu unterlassen. Als Schlußprüfung kann gelten, daß die Monatssumme der Tageswerte und die Monatssumme der Stundenwerte denselben Betrag ergeben müssen.

## XII.

### Beobachtung der Wolken.

#### I. Beschreibung und Bezeichnung der Wolkenarten.

##### a) Hauptformen.

Seit dem Jahre 1891 besteht eine internationale Vereinbarung über die Bezeichnungswiese der Wolken. Die folgende Darstellung schließt sich dieser Vereinbarung im wesentlichen an. Hiernach unterscheidet man:

A. Obere Wolken, mittlere Höhe 8000 m.

1. Cirrus,
2. Cirro-Stratus.

B. Mittelhohe Wolken, mittlere Höhe 3000 bis 7000 m.

3. Cirro-Cumulus,
4. Alto-Cumulus,
5. Alto-Stratus.

C. Untere Wolken, mittlere Höhe 2000 m.

6. Strato-Cumulus,
7. Nimbus.

D. Wolken aus den am Tage aufsteigenden Luftströmen.

8. Cumulus, Gipfel 2000 m, Grundfläche 1500 m.
9. Cumulo-Nimbus, Gipfel 3000—8000 m, Grundfläche 2000 m.

E. Gehobene Nebel, mittlere Höhe unter 1000 m.

10. Stratus.

Im folgenden sind die einzelnen Wolkenarten eingehend beschrieben. Zu besserer Veranschaulichung sind von den meisten Formen typische Beispiele auf zwei besonderen Tafeln im Anhang abgebildet. Wegen weiterer Abbildungen wird auf den „Internationalen Wolkenatlas“ verwiesen (der unter Redaktion von Hildebrandsson, Riggenbach und Teisserenc de Bort demnächst in zweiter Auflage erscheint).

1. **Cirrus (Ci)** (Tafel I). Vereinzelt zarte weiß-glänzende Wolken von meist faserigem Gewebe und mannigfaltiger, besonders faden- und federförmiger Gestalt. Besonders charakteristisch sind die als „Windbäume“ bekannten Wolkengebilde. Oft treten die Cirren in Form von Polarbanden auf (vergl. hierüber weiter unten die „besonderen“ Wolkenformen, No. 1).

2. **Cirro-Stratus (Ci-Str)** (Tafel I). Ein feiner weißlicher Schleier, der sich in der Regel bald vollständig ausbreitet und dem ganzen Himmel ein weißliches Aussehen gibt, häufig aber auch deutlich die Struktur eines verworrenen Filzes von Fäden zeigt. Der Schleier veranlaßt häufig Ringe um Sonne und Mond (Teil I, S. 39).

3. **Cirro-Cumulus** (Ci-Cu), **Schäfchen-Wolken** (Tafel I). Kleine zusammengeballte oder flockenförmige Massen, schattenlos oder mit nur sehr schwachem Schatten, angeordnet in Gruppen oder wellenförmig in Reihen (vergl. „besondere“ Wolkenformen, No. 2).

4. **Alto-Cumulus** (A-Cu) (Tafel I). Dickere Ballen, weiß oder blaßgrau, mit schattigen Bestandteilen, in Gruppen oder in Reihen geordnet, und oft so zusammengedrängt, daß ihre Ränder sich berühren. Die einzelnen Ballen sind gewöhnlich in der Mitte der Gruppe besonders dick und massig; hier, ebenso wie am Horizont, haben sie infolgedessen Ähnlichkeit mit Str-Cu, während sich die feineren Flocken am Rande der Gruppe häufig dem Ci-Cu nähern. Oft erscheinen die A-Cu nach einer oder zwei Richtungen reihenförmig angeordnet (vergl. „besondere“ Wolkenformen, No. 2).

5. **Alto-Stratus** (A-Str). Dichter Schleier von grauer oder bläulichgrauer Farbe, der in unmittelbarer Nähe der Sonne oder des Mondes stärker leuchtet. A-Str unterscheidet sich vom Ci-Str besonders dadurch, daß sich in ihm keine Sonnen- oder Mondringe bilden, sondern nur Höfe, die wegen des ziemlich groben Gefüges dieser Wolken häufig noch besonders klein sind und demgemäß nur einen Lichtfleck unmittelbar vor dem leuchtenden Gestirn bilden (vergl. auch Teil I, S. 39).

6. **Strato-Cumulus** (Str-Cu) (Tafel II). Ballen oder Wolkenwülste von meist hellgrauer Färbung, die häufig den ganzen Himmel bedecken, namentlich im Winter, und ihm zuweilen ein wogenförmiges Aussehen geben (vergl. „besondere“ Wolkenformen, No. 2). Die Mächtigkeit einer Strato-Cumulus-Schicht ist im allgemeinen nicht sehr beträchtlich, und häufig bricht das Blau des Himmels durch. Es finden sich vielfache Übergänge dieser Form zu A-Cu, A-Str, Cu und Ni. Von Cu unterscheidet sich Str-Cu durch weniger abgerundete obere Ränder und durch geringere vertikale Mächtigkeit, von den Ni durch das ballen- oder walzenförmige Aussehen und auch dadurch, daß der Str-Cu keinen Regen bringt.

7. **Nimbus** (Ni), **Regenwolke** (Tafel II). Eine dicke Schicht dunkler, formloser Wolken mit zerfetzten Rändern, aus der im allgemeinen andauernd Regen oder Schnee fällt. In den Lücken, welche diese Wolken zeigen, bemerkt man fast immer eine Schicht höherer Wolken. Der Ni unterscheidet sich vom Cu und Str-Cu durch die dunklere Färbung, die regellosere Form und meist auch größere Masse. Wenn die Nimbus-Schicht in kleine Fetzen zerrißt, oder wenn man unter einem breiten Nimbus sehr niedrige kleine lose Wolken dahinziehen sieht, kann man diese durch den Namen Fracto-Nimbus (Fr-Ni) näher kennzeichnen.

8. **Cumulus** (Cu), **Haufenwolke** (Tafel II). Dicke Wolken, deren Gipfel die Form einer Kuppel hat und mit Ansätzen umsäumt ist, während die Grundfläche wagerecht liegt. Diese Wolken bilden sich meist am Tage durch aufsteigende Luftbewegung, welche sich sehr regelmäßig beobachten läßt. Wenn die Wolke am Himmel der Sonne gegenüber liegt, leuchten die Flächen, welche sich dem Beobachter senkrecht darbieten, heller als der Rand mit den seitlichen Umsäumungen; wenn die Beleuchtung aber von der Seite erfolgt, so sind diese Wolken von tiefen Schatten durchzogen; befinden sie sich endlich mit der Sonne auf derselben Seite des Himmels, so erscheinen sie dunkel mit heller Umrahmung. Der eigentliche Cumulus ist oben und unten scharf begrenzt. Häufig wird er aber durch kräftige Luftbewegungen zerrissen, und dann bieten die einzelnen Teile ununterbrochene Veränderungen dar: Fracto-Cumulus (Fr-Cu).

9. **Cumulo-Nimbus** (Cu-Ni), **Gewitter-Wolke** (Tafel II). Gewaltige Wolkenmassen, die sich in Form von Bergen, Türmen oder Ambossen erheben, im allgemeinen oben begleitet von einem Schleier oder Schirm aus faserigem Gewebe („falscher Cirrus“) und unten von nimbusartigen Wolkenmassen. Aus ihrer unteren Schicht gehen gewöhnlich lokale Regen- oder Schneeschauer nieder, zuweilen auch Hagel- oder Graupelschauer. Die oberen Ränder haben bald kompakte Cumulus-Form und bilden mächtige

Köpfe, um welche zarte „falsche Cirren“ ziehen; bald fasern die Ränder selbst in cirrusartigen Fäden aus. Letztere Form ist namentlich bei Frühjahrs-Schauern gewöhnlich (vergl. „besondere“ Wolkenformen, No. 3).

Die Front weit ausgedehnter Gewitterwolken bietet sich zuweilen unter der Form eines großen Bogens („Wolkenkragen“) dar, der sich über einen Teil des gleichmäßig helleren Himmels ausbreitet.

10. **Stratus (Str), Gehobener Nebel.** Horizontal weit ausgebreitete dünne Wolke an der Grenze zweier Luftschichten in geringen Höhen. Wenn die Nebelschicht durch den Wind oder durch Berggipfel in unregelmäßige Fetzen zerrissen wird, kann man diese mit dem Namen Fracto-Stratus (Fr-Str) kennzeichnen.

#### b) Besondere Formen.

Bei den Wolkenbeobachtungen sind außer den vorstehenden Darstellungen der international vereinbarten Einteilung und Beschreibung noch folgende Bemerkungen über besondere Erscheinungen, Anordnung und Gestalt der Wolkengebilde zu beachten.

1. **Polarbanden (Pbdn).** Die Wolken, insbesondere die oberen, sind oft in Banden angeordnet, welche einen Teil des Himmels in Bögen größter Kreise durchsetzen, im perspektivischen Bilde aber gegen einen oder auch gegen zwei gegenüberliegende Punkte des Horizontes konvergieren. Letztere nennt man Strahlungs- oder Radiations-Punkte. Ihre Lage ist in ganz ähnlicher Weise zu bezeichnen, wie man die Richtung des Windes vermerkt; also z. B. Ci in Pbdn NNE—SSW. Letztere Form empfiehlt sich, wenn man beide Konvergenzpunkte deutlich erkennt, sonst ist nur eine Richtung anzugeben.

Der Ausdruck Polarbanden ist nur bei oberen Wolken, Ci und Ci-Str, zu gebrauchen; bei den übrigen pflegt man nur von Radiation zu sprechen. Hierbei hat man zu berücksichtigen, daß zuweilen, namentlich bei Str-Cu, die Perspektive eine streifenartige Anordnung der Wolken vortäuscht. Man kann eine solche Täuschung ausschließen, indem man verschiedene Teile des Horizontes vergleicht. Findet man dort immer dieselbe Anordnung der Wolken, nämlich Bänder, die von links nach rechts gerichtet sind, so würden also diese Banden alle Himmelsrichtungen durchlaufen, was bei wahrer Radiation natürlich nicht vorkommen kann.

2. **Wogenwolken.** Oft tritt es ein, daß die Wolken, wie die Wogen auf der Oberfläche des Wassers, das Bild regelmäßiger paralleler Streifen in gleichem Abstände darbieten. Meist ist dieses der Fall bei Ci-Cu, A-Cu, Str-Cu („Roll-Cumulus“). Es ist wichtig, die Richtung dieser Streifen aufzuzeichnen. Oft treten auch zwei gesonderte Systeme auf, indem nämlich eine Wolkendecke durch Furchen nach zwei Richtungen in geballte Massen zerlegt erscheint; es sind dann die Richtungen dieser beiden Systeme aufzuzeichnen. Um hierbei die Störung durch die Perspektive zu vermeiden, hat man die Beobachtungen an Streifen anzustellen, welche dem Zenit nahe sind. Derartige wogenförmige Anordnungen kann man abgekürzt mit Wog. bezeichnen.

3. **Falsche Cirren.** Wie oben erwähnt, treten cirrusartige Wolken sehr oft an den oberen Rändern von Gewitterwolken auf; sie haben eine mehr oder weniger ausgeprägt schirmförmige Gestalt („Cirruschirm“). Sie bilden sich aber auch zuweilen als Vorläufer oder in der Umgebung mittelhoher Schichtwolken (A-Cu und A-Str). Es scheint deshalb, als ob „falsche Cirren“ nicht als eine besondere Wolkenform aufzufassen sind, sondern nur als eine Abart einiger von den zehn Hauptwolkenarten; sie sollen demgemäß auch nur im Zusammenhange mit einer dieser Formen notiert werden.

4. **Irisierende Wolken.** Zuweilen sieht man zarte schichtförmige Wolken an ihren Rändern, kleinere Gebilde auch auf ihrer ganzen Fläche in lebhaften Farben leuchten, wobei Grün und Rot vorherrschen. Die Farben entstehen wahrscheinlich in derselben Art wie die „Farben dünner Blättchen“ oder durch Beugung.

5. **Mammato-Cumulus.** Diese Bezeichnung ist für die nicht sehr häufige Erscheinung zu verwenden, daß ein Cumulus an seiner Unterfläche sackartig herabhängende Ansätze zeigt.

## 2. Richtung und Geschwindigkeit.

### Der Wolkenspiegel und seine Verwendung als Nephoskop.

Der Wolkenspiegel (Fig. 18) dient in erster Linie zur Beobachtung der Richtung, aus welcher die Wolken ziehen; es kann damit aber auch noch die scheinbare oder Winkelgeschwindigkeit beobachtet werden. Das vom

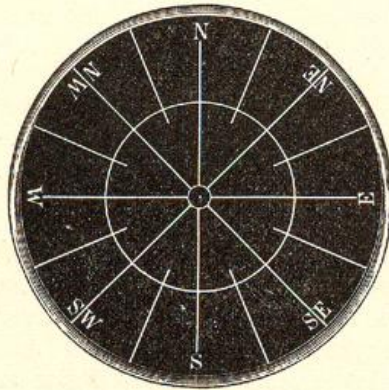


Fig. 18.

Meteorologischen Institut gelieferte, von Sprung angegebene Instrument besteht aus zwei rückseitig aneinander gelegten Spiegeln mit gleicher Zeichnung, von denen der eine auf der Rückseite geschwärzt, der andere in gewöhnlicher Weise belegt ist. Im allgemeinen wird der Beobachter sich des dunkeln Spiegels bedienen; aber bei sehr schwach beleuchteten Wolken und auch dann, wenn die Beobachtung im Freien geschieht, wird der helle Spiegel vorzuziehen sein.

Vor jeder Beobachtung wird der Spiegel aus dem zur Aufbewahrung dienenden Metall-Futtermal herausgenommen, auf eine horizontale Unterlage gelegt und nach den Himmelsrichtungen orientiert. Hierauf gibt der Beobachter seinem Auge eine solche Lage, daß er innerhalb des kleinen zentralen Kreises irgend ein charakteristisches Wolkenstückchen (oder auch eine kleine Lücke in den Wolken) gespiegelt sieht. Diese Lage des Auges ist während der Beobachtung unverändert beizubehalten, indem man den Kopf auf beide Hände stützt. Der Beobachter sieht alsdann das Wolkenstückchen von der Mitte des Spiegels in einer Richtung sich entfernen, welche an der Teilung am Rande unmittelbar abzulesen ist; die entgegengesetzte Richtung ist als Wolkenzug zu notieren. Bewegt sich z. B. das Wolkenstückchen — und somit auch die Wolke selbst — nach ENE, so ist WSW als Wolkenzug anzugeben.

Zur Erläuterung der Theorie des Wolkenspiegels dient die Figur 19. Es wird angenommen, daß die Bewegung der Wolken horizontal ist und somit der Spiegeloberfläche parallel erfolgt. Die geringe Abweichung von der Horizontalen, welche durch die Bewegung in einer mit der Erdoberfläche konzentrischen Kugelschale hervorgerufen wird, ist als unwesentlich zu betrachten.

Der Beobachter habe sein Auge in  $O$  und erblicke in einem bestimmten Momente im Mittelpunkte  $a$  des Spiegels ein Wolkenstückchen, welches sich in  $A$  befindet. Wir betrachten nun den einfachsten Fall, daß sich die Wolke nach derjenigen Richtung bewegt, nach welcher der Beobachter schaut. In  $t$  Sekunden möge die Wolke von  $A$  nach  $B$  gelangen. Alsdann erblickt der Beobachter die

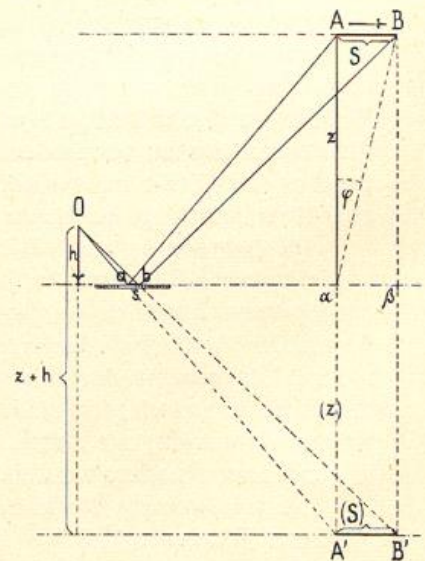


Fig. 19.

Wolke nach  $t$  Sekunden an einem Punkte  $b$  des Spiegels, welcher durch eine bekannte, in der Figur angedeutete Konstruktion leicht zu finden ist ( $BB'$  senkrecht auf der Spiegelebene,  $B\beta = \beta B'$ ).

Hieraus sieht man zunächst, daß die vorausgesetzte einfache Beziehung zwischen der Bewegung der Wolke und derjenigen des Bildchens wirklich vorhanden ist, allerdings nur für den besonderen Fall, daß sich die Wolke in einer durch das Auge und durch den Mittelpunkt des Spiegels gelegten Vertikalebene bewegt. Man kann sich jedoch leicht davon überzeugen, daß dasselbe auch für jede andere Bewegungsrichtung gilt. Zu dem Zwecke braucht man sich nur in der durch  $AB$  gelegten Horizontalebene einen dritten außerhalb der Bildebene gelegenen Punkt  $C$  zu denken; diesen erblickt man alsdann in einem Punkte  $C'$  der durch  $A'B'$  gelegten Horizontalebene, und zwar so, daß das Dreieck  $A'B'C'$  mit dem Dreieck  $ABC$  in Größe und Lage vollkommen übereinstimmt. Die von  $O$  nach  $A', B', C'$  geführten Visierlinien schneiden aber die Spiegelebene in Punkten  $a, b, c$ , welche wieder ein den oben genannten Dreiecken ähnliches und gleich orientiertes Dreieck bilden. Es ist mithin auch  $ac$  parallel  $AC$  und demnach die Richtung dieser Linie ebenfalls in derselben einfachen Weise bestimmbar, wie die von  $AB$ .

Die Verwendbarkeit des einfachen Wolkenspiegels zur Messung der Winkelgeschwindigkeit der Wolke ist aus folgendem ersichtlich.

Bezeichnet man mit  $V$  die wirkliche Geschwindigkeit der Wolke, so ist

$$1) \quad V = \frac{S}{t},$$

wenn  $S = AB$  den absoluten Weg in  $t$  Sekunden bedeutet. Dieser Weg  $S$  steht aber in einfacher Beziehung zu dem Wege  $s = ab$  des Wolkenbildes auf dem Spiegel. Aus der Figur ist nämlich nach den Ähnlichkeitssätzen beim Dreieck leicht abzulesen, daß

$$S : s = z + h : h,$$

worin  $z$  die Höhe der Wolke und  $h$  die Höhe des Auges über der Spiegelebene bedeutet. Es sei darauf hingewiesen, daß die Höhe der Wolke über dem Spiegel d. h. über dem Niveau der Beobachtungsstelle scharf zu trennen ist von der Höhe der Wolke über dem Meeresniveau, wofür im Bedarfsfalle das Zeichen  $H$  angewandt werden möge. Da nun die Höhe  $h$  des Auges über dem Spiegel nur wenige Dezimeter beträgt und jedenfalls gegen die Wolkenhöhe  $z$  verschwindend klein ist, so darf  $z + h$  durch  $z$  ersetzt werden; deshalb ergibt sich aus der vorstehenden Proportion:

$$2) \quad S = \frac{s z}{h}.$$

Wird dieser Ausdruck in 1) eingesetzt, so geht jene Gleichung über in

$$3) \quad V = \frac{s z}{h t}.$$

Hierin sind  $s, h$  und  $t$  der unmittelbaren Messung zugänglich:  $s$  ist irgend eine beliebige Strecke, welche man das Wolkenbild auf den Spiegel durchlaufen läßt,  $t$  die dazu erforderliche Anzahl von Sekunden, und  $h$  die Höhe des Auges über der horizontalen Spiegelebene.

Sobald man die Gleichung 3) noch durch  $z$  dividiert, hat man auf der rechten Seite also nur bekannte Größen:

$$4) \quad \frac{V}{z} = \frac{s}{h t}.$$

Die Benutzung des Wolkenspiegels als Nephoskop liefert uns somit nicht die wirkliche Geschwindigkeit  $V$  der Wolke, sondern nur deren Verhältnis zu ihrer Höhe. Dieses Verhältnis soll deshalb durch ein besonderes Symbol bezeichnet werden, indem man setzt:

$$5) \quad \omega = \frac{V}{z}, \text{ oder } V = \omega z.$$

Hierdurch nimmt die Gleichung 4) die folgende Gestalt an:

$$6) \quad \omega = \frac{s}{h t}.$$

Die Beobachtung läuft somit auf die Bestimmung der Größe  $\omega$  hinaus, welche eben als Winkelgeschwindigkeit der Wolke, gesehen von dem Punkte  $\alpha$  senkrecht unterhalb des Wolkenteilchens, bezeichnet werden kann; der in einer Sekunde von dem Leitstrahl  $\alpha A$  durchlaufene Winkel wird dabei nicht in Graden gemessen, sondern nach der Länge des vom Radius 1 beschriebenen Bogens, indem nämlich Gleichung 5) auch durch die Proportion:

$$V : \omega = z : 1$$

ersetzt werden kann.

Wendet man hierbei die gebräuchlichen Maße an, also z. B. Meter für  $z$  und  $V$ , Sekunden für  $t$  und Zentimeter für  $s$  und  $h$  (bei  $s$  und  $h$  ist die Einheit gleichgültig, weil nur ihr Verhältnis in den Gleichungen auftritt), so erhält man für  $\omega$  unbequem kleine Werte. Es hat sich deshalb in der Praxis das Verfahren herausgebildet, nicht mit der Geschwindigkeit  $\omega$  in 1 Meter Höhe, sondern mit der in 1000 Meter Höhe zu rechnen. Setzt man letztere gleich  $\omega'$ , so ist

$$7) \quad \omega' = 1000 \omega.$$

Hiermit geht Gleichung 6) über in

$$8) \quad \omega' = \frac{1000 s}{h t}.$$

Im Gegensatz zu der „wahren Winkelgeschwindigkeit“  $\omega$ , wie sie der gewählten Längeneinheit von 1 Meter entspricht, könnte man  $\omega'$  als „relative Geschwindigkeit“ bezeichnen.

Die wirkliche (lineare) Wolkengeschwindigkeit  $V$  ergibt sich aus Gleichung 4) und 8) oder 5) und 7) zu

$$9) \quad V = \omega' \frac{z}{1000}.$$

Ist also auf irgend eine Weise die Höhe  $z$  der Wolke bestimmt und in Metern angegeben, so hat man die betreffende Zahl durch 1000 zu dividieren und dann mit der relativen Geschwindigkeit  $\omega'$  zu multiplizieren, um die lineare Geschwindigkeit  $V$  in m. p. s. zu erhalten. Man kann aber auch umgekehrt die Höhe  $z$  der Wolke finden, wenn es gelingt, neben der relativen Geschwindigkeit  $\omega'$  auch noch deren lineare Geschwindigkeit  $V$  zu bestimmen, z. B. durch Verfolgung des Wolkenshattens in einem wohlbekanntem Gelände.

Zur Benutzung des Wolken spiegels als Nephoskop mögen noch einige Gebrauchs-Anweisungen gegeben werden.

An Observatorien dienen zur Zählung der Sekunden, für Wolken- wie für sonstige Beobachtungen, mehrere Uhren, welche von einer Hauptuhr elektrisch angetrieben werden. Wo derartige Hilfsmittel nicht zur Verfügung stehen, kann man sich aber auch eines Mälzelschen Metronoms bedienen, dessen Pendelschlag sich ziemlich gut auf 1 Sekunde regulieren läßt; doch erscheint eine häufige Kontrolle dabei geboten.

Ehe man die Beobachtung der relativen Geschwindigkeit vornimmt, sollte man stets erst die Richtung des Wolkenzuges feststellen; sonst wird man manchmal in die Lage kommen, die ersten Bestimmungen der Winkelgeschwindigkeit verwerfen zu müssen.

Wenn das Wolkenbildchen am Ende der kleinen Strecke  $s$  des Wolken spiegels angekommen ist, glaubt der Beobachter häufig, den Kopf nun nicht mehr in derselben Lage halten zu brauchen; das wäre aber unrichtig, denn es muß hinterher noch die Höhe des Auges über der Spiegelebene gemessen werden. Das geschieht am besten mit Hilfe eines kleinen Lotes, dessen Faden man vom Auge aus durch die Finger gleiten läßt, bis es unten aufstößt.

Die Strecke  $s$ , welche man das Wolkenbild durchlaufen läßt, kann ganz beliebig genommen werden; praktischer aber ist es, stets dasselbe  $s$  zu verwenden.

Auf dem vom Institute gelieferten Wolken Spiegel ist der mittlere Kreis von dem ganz kleinen zentralen Kreise um 2 cm entfernt, und es empfiehlt sich, alles hierauf zu beziehen. Hat man z. B. ganz schnell ziehende Wolken von der Mitte bis zum äußeren Kreise (Rand des Spiegels) verfolgt, der um 4 cm von der Mitte entfernt ist, so dividirt man die erhaltene Zahl Sekunden oder besser noch das Produkt  $ht$  durch 2.

Die Genauigkeit der Bestimmung kann man durch häufige Wiederholung der Beobachtung bedeutend vergrößern, denn man braucht zu ihrer Vereinigung nur einfach den Mittelwert des Produktes  $ht$  zu bilden, der ja theoretisch bei allen Einzel-Bestimmungen derselbe sein müßte. Dieser Mittelwert wird alsdann zur Berechnung von  $\omega'$  nach 8) benutzt.

Als Beispiel mögen Cirrus-Beobachtungen zu Berlin vom Mittage des 26. September 1888 mitgeteilt werden, bei denen sich Wolkenzug aus Osten ergeben hatte.

1) nahe dem Zenit			2) in etwa 45° Höhe		
s	h	ht	s	h	ht
33s	23cm	759	26s	26cm	676
24	30	720	25	23	575
15	36	540	44	16	704
30	20	600	37	18	666
22	33	726	22	30	660
	Summe	3345		Summe	3281
	Mittel	669		Mittel	656

Wie man sieht, stimmen die Mittelwerte aus den beiden Beobachtungsreihen schon ganz gut überein, obschon sie sich auf wesentlich verschiedene Wolkenteile bezogen. Das Gesamtmittel des Produktes ist 663, und hieraus findet man nach Gl. 8), mit  $s = 2$  cm, für die relative Wolkengeschwindigkeit den Wert  $\omega' = 3.02$ .

Nimmt man nun für die Höhe der Cirren  $z = 10000$  m an, so würde sich gemäß Formel 9) die beobachtete Wolke mit einer wirklichen Geschwindigkeit von  $V = 30.2$  m. p. s. bewegt haben.

Zur Erleichterung der Berechnung der relativen Wolkengeschwindigkeit  $\omega'$  für  $s = 2$  cm sei hier noch eine kleine Tabelle angeschlossen, die bis  $ht = 1090$  reicht. Sie kann aber leicht auch für alle größeren Werte von  $ht$  verwendet werden, da ja nach Formel 8) zu einem 10 mal größeren  $ht$  ein 10 mal kleinerer Wert von  $\omega'$  gehört; man findet also z. B. das zu  $ht = 2100$  gehörige  $\omega'$ , wenn man das unter 210 stehende  $\omega'$  durch 10 dividirt, d. i. 0.95.

Relative Wolkengeschwindigkeit  
 $\omega'$  für  $s = 2$  cm.

ht	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	ht
000	$\infty$	200.00	100.00	66.66	50.00	40.00	33.33	28.56	25.00	22.22	000
100	20.00	18.18	16.67	15.38	14.29	13.33	12.50	11.76	11.11	10.53	100
200	10.00	9.52	9.09	8.70	8.33	8.00	7.69	7.41	7.14	6.90	200
300	6.67	6.45	6.25	6.06	5.88	5.71	5.56	5.41	5.26	5.13	300
400	5.00	4.88	4.76	4.65	4.55	4.45	4.35	4.26	4.17	4.08	400
500	4.00	3.92	3.85	3.77	3.70	3.64	3.57	3.51	3.45	3.39	500
600	3.33	3.28	3.23	3.17	3.12	3.07	3.03	2.98	2.94	2.90	600
700	2.86	2.82	2.78	2.74	2.70	2.66	2.63	2.59	2.56	2.53	700
800	2.50	2.47	2.44	2.41	2.38	2.35	2.33	2.30	2.27	2.24	800
900	2.22	2.19	2.17	2.15	2.13	2.10	2.08	2.06	2.04	2.02	900
1000	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83	1000

Zum Schlusse sei bemerkt, daß das im vorstehenden beschriebene Nephoskop von allen bekannten Formen wohl das einfachste und kompendiöseste ist, weil es sich mit Zubehör bequem in der Tasche unterbringen läßt. Vor dem Finemanschen Nephoskop und ähnlichen Konstruktionen zeichnet es sich dadurch aus, daß es zur Beobachtung der hier wichtigsten, d. h. dem Zenit nahen Wolken sehr geeignet ist, während bei dem Finemanschen Apparate sich der Himmel bis zu einem Zenitabstand von  $20^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  der Beobachtung entzieht. Die Bequemlichkeit der Beobachtung dürfte mit wachsender Annäherung an die Zenitregion noch geringer werden bei dem neuerdings von Besson eingeführten Apparate: *La Herse néphoscopique*. Dagegen ist letzterer bei recht niedrig stehenden Wolken sehr bequem, erfordert dann aber einen nahezu horizontalen kreisförmigen Beobachtungsraum von mehr als 10 Meter Radius.

### XIII.

#### Dämmerungsbeobachtungen.

Nach Sonnenuntergang empfangen die höheren Luftschichten mit den ihnen beigemengten Staub- und Wasserteilchen noch Licht von der Sonne, ebenso bereits einige Zeit vor Sonnenaufgang. Infolge Beugung, Brechung und Zurückwerfung des Lichtes werden am Abend- und Morgenhimmel Erscheinungen hervorgerufen, die zwar nach Glanz, Farbe und Form wechseln, aber doch einen deutlich ausgeprägten typischen Verlauf erkennen lassen.

Um zu wissen, worauf es bei Anstellung von Dämmerungsbeobachtungen ankommt, ist es vor allem nötig, mit diesem typischen Verlaufe vertraut zu sein.

Es soll daher hier zunächst eine gut entwickelte Dämmerung beschrieben werden und zwar eine Abenddämmerung, da letztere meist bequemer zu beobachten und gewöhnlich auch glänzender ist; bei der Morgendämmerung folgen sämtliche Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge aufeinander. Diese Beschreibung und die sich anschließende Anleitung zu den Beobachtungen sind ein Auszug aus den Untersuchungen von Bezolds; alle, welche sich mit dem Gegenstande eingehender befassen wollen, seien auf seine ausführlichen Darstellungen in Poggendorffs Annalen, Bd. CXXIII, Jahrgang 1869, verwiesen.

#### Beschreibung.

Sowie sich an einem ganz oder wenigstens nahezu wolkenlosen Abend die Sonne dem Horizonte nähert, nimmt der unterste Teil des Himmels ringsumher eine Farbe an, welche sich stärker von den darüber liegenden Partien unterscheidet, als dies bei höherem Stande der Fall ist. Im Westen, worunter hier ein für allemal jene Himmelsgegend verstanden werden soll, wo sich die Sonne am jeweils betrachteten Abend befindet, ist diese Farbe anfangs ein äußerst transparentes, allmählich ins Gelbe fallendes Weiß; im Norden und Süden zeigen sich etwas trübere gelb-rötliche, an die Ockerarten erinnernde Töne, die im Osten in trübe purpurne übergehen. Je tiefer die Sonne sinkt, umso mehr tritt Gelb, Orange und Gelbrot am westlichen Horizonte hervor, während im Osten nach Sonnenuntergang der aschfarbene Erdschatten emporsteigt, um sich gewissermaßen über die rötlich-graue (ein Gemisch aus Rosa oder Purpur mit Grau) Schicht hinwegzuschieben, da ihre Ausbreitung nach oben mit dem rasch auf-

steigenden Schatten nicht gleichen Schritt hält. Wegen der schwach bogenförmig gekrümmten Begrenzung bezeichnet man den am Osthimmel sichtbaren Erdschatten mit dem Namen des dunklen Segmentes, während man die darüber liegende, gegen oben abklingende farbige Schicht Gegendämmerung nennt.

Inzwischen haben sich auch am Westhimmel bedeutende Veränderungen vollzogen; am Horizonte hat sich eine im untersten Teile fast braunrote, darüber kräftig orange oder gelbe Schicht gebildet, die sich durch eine weißliche, stark leuchtende Zone von den darüber liegenden Stellen des Himmels abgrenzt. Man kann dieses Gebilde wegen der Bogenform, die es auch mit der Zeit annimmt, passend als helles Segment bezeichnen.

Ziemlich hoch über dem letzteren entwickelt sich nun allmählich eine höchst eigenartige Erscheinung. Zuerst in Gestalt einer kaum erkennbaren, nur durch größere Leuchtkraft von der Umgebung ausgezeichneten Scheibe von mäßiger Ausdehnung (d. h. von einem Halbmesser, der an Größe kaum die Höhe des hellen Segmentes erreicht) treten leichte rosenrote oder, wie der Physiker sagt, purpurne Töne auf. Rasch gewinnen sie an Kraft, während gleichzeitig die Scheibe fortwährendes schnelles Wachstum zeigt. Dabei schreitet ihr Mittelpunkt mit großer Geschwindigkeit abwärts, so daß es den Anschein hat, als versinke die fortwährend wachsende Scheibe hinter dem hellen Segmente.

Die schematischen Skizzen in Fig. 20 mögen dies versinnlichen.

Die leuchtende Scheibe oder, wie sie gewöhnlich genannt wird, das Purpurlicht ist hierbei mit *P*, die obere Grenze des hellen Segmentes mit *S*, der Horizont mit *H* bezeichnet. Zur Ergänzung dieser schematischen Zeichnungen mag die Abbildung in Fig. 21 dienen.

Bei dem in der obersten Skizze von Fig. 20 oder auch in Fig. 21 dargestellten Entwicklungsstadium hat das Purpurlicht seine größte Helligkeit, und dies ist der Zeitpunkt, an welchem östlich gelegene Gegenstände nun abermals lebhaft beleuchtet erscheinen, die Alpen das Nachglühen zeigen. Man kann dieses abermalige Anwachsen der Helligkeit selbst mitten in engen Gassen einer Stadt sehr wohl bemerken. Auffallender ist es bei großen Gebäuden, welche eine ganz freie Front gerade nach Westen kehren; da sieht man deutlich, wie wiederum Schatten auftreten, von denen etwa 10 Minuten vorher keine Spur mehr zu entdecken war.

Das Purpurlicht versinkt nun rasch hinter dem hellen Segmente bei fortgesetzt zunehmendem Durchmesser, so daß es etwa 10 Minuten nach dem Zeitpunkt der vollkommensten Entwicklung nur mehr als schmaler Streifen übrig bleibt, der die gelben Partien des westlichen Horizontes von dem darüber befindlichen blauen Himmel scheidet. Schon vor diesem Augenblicke kann man nicht selten im Osten abermals schwache rötliche und purpurne Töne erkennen; auch Spuren eines zweiten dunklen Segmentes lassen sich entdecken, das jedoch ungleich verwaschener erscheint als das erste. Bei besonders günstigen Ver-

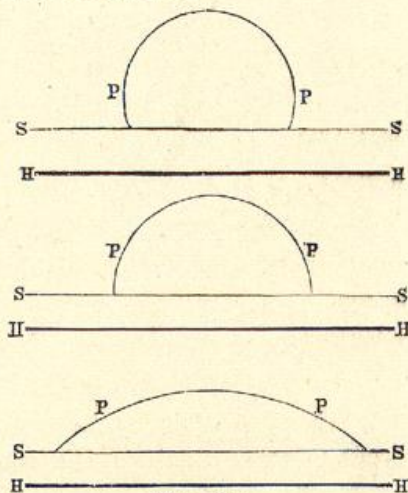


Fig. 20.

hältnissen bezeichnet dies den Eintritt einer zweiten Dämmerung, welche die sämtlichen Erscheinungen der ersten noch einmal in derselben Reihenfolge zeigt, wenn auch viel schwächer und nur einem geübten Auge bemerkbar.

Den im vorstehenden beschriebenen Erscheinungen wurde sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt, bis sie im Winter 1883/1884 in ganz ungewöhnlich auffallender Weise auftraten. Wie man später nachwies, fanden sie ihre Ursache in fein verteilten Substanzen, welche bei dem Ausbruche des Vulkans Krakatoa in der Sundastraße am 27. August 1883 in die höchsten Regionen der Atmosphäre geschleudert worden waren. Damals zeigte sich am Tage auch ein eigentümlich braunroter Ring um die Sonne (Bishopscher Ring genannt), dessen äußerer Durchmesser ungefähr jenem des Purpurlichts gleich war und der während der Dämmerung eben in jenes Licht überging. Dieser Ring war noch im Jahre 1885 sehr deutlich sichtbar, verblaßte alsdann mehr und mehr, ist aber gelegentlich auch später beobachtet worden.

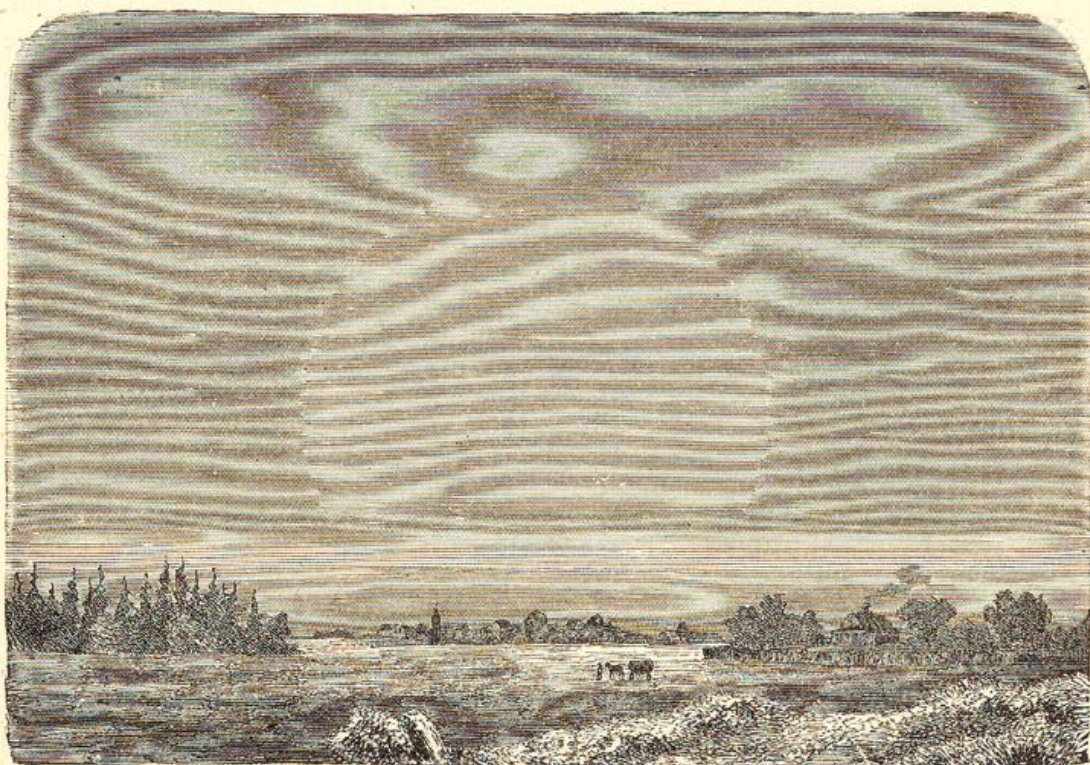


Fig. 21.

Auch das Purpurlicht, das nach dem Krakatoa-Ausbruche äußerst stark entwickelt war, wurde schließlich ebenfalls matter und undeutlich. In unbestimmter Zeitfolge treten indessen immer noch sehr glänzende Erscheinungen auf. Insbesondere ist dies wieder nach der gewaltigen Eruption des Mont Pelé auf Martinique im Jahre 1902 der Fall gewesen. Man kann hiernach und durch Vergleich mit früheren Zeiten als sicher annehmen, daß Vulkanausbrüche Hauptursache der starken Entwicklung des Purpurlichts sind.

Gewöhnlich sieht man die Dämmerung mit dem Verschwinden des ersten Purpurlichtes als beendet an, da um diese Zeit plötzlich eine so rasche Abnahme der Helligkeit erfolgt, daß man genötigt ist, Lampen und Laternen an-

zuzünden; die Sonne befindet sich jetzt etwa 6 Grade unter dem Horizonte. Schon lange, bevor man dem Purpurlichte und der damit verbundenen Steigerung der Helligkeit Aufmerksamkeit schenkte, hat man dem Zeitpunkt, wie er der eben genannten Stellung der Sonne entspricht, eine besondere Bedeutung beigelegt und ihn als das Ende der sogenannten bürgerlichen Dämmerung bezeichnet. Den hierauf folgenden Zeitraum bis zum Verschwinden der letzten Spuren eines hellen Segmentes, das bei einem Sonnenstande von  $16^{\circ}$  unter dem Horizont stattfindet, hat man die astronomische Dämmerung genannt.

### Ausführung der Beobachtungen.

Bei den gewöhnlichen Dämmerungs-Beobachtungen ist das Augenmerk besonders auf folgende Punkte zu richten:

1. Höhe der Scheitelpunkte des hellen und dunklen Segmentes zu verschiedenen Zeiten. Die Messungen hierüber sollten mindestens so oft gemacht werden, daß sie dem Sinken oder Steigen der Sonne um  $\frac{1}{2}$  Grad (gleich einem Sonnendurchmesser) entsprechen, also etwa alle 3 Minuten. Die Messungen sind so lange als möglich, gegebenenfalls bis zum Verschwinden der letzten Spuren des zweiten hellen Segmentes fortzusetzen oder bei Sonnenaufgang mit dem ersten Auftreten dieses Segmentes zu beginnen.
2. Möglichst genaue Angabe der Höhe, in welcher das dunkle Segment bei der Abenddämmerung verschwindet oder bei der Morgendämmerung sichtbar wird.
3. Bestimmung des Zeitpunktes eines Helligkeitsmaximums nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang und Ermittlung des Zusammenhanges dieser Erscheinung mit den oberhalb der Sonne sich abspielenden Vorgängen, insbesondere mit dem Auftreten des Purpurlichtes.

Dringend wünschenswert sind dazu Angaben über den gleichzeitigen Witterungszustand, namentlich auch über Wolken und Durchsichtigkeit der Luft.

Zu den Messungen läßt sich jeder Höhenkreis benutzen, am besten ein solcher, der nur mit grober Teilung versehen ist, so daß die Ablesungen sehr rasch mit bloßem Auge erfolgen können. Man muß sich dabei einer sehr einfachen Visiervorrichtung bedienen, die etwa auf einem Fernrohre oder an irgend einer Alhidade angebracht werden kann. Die zweckmäßigste Visiervorrichtung ist ein Stecknadelknopf (als Korn) auf der von dem Auge entfernten und ein Blechstreifen mit Kerbe auf der dem Auge zugekehrten Seite der Alhidade, etwa von der Form: **M**.

Komplizierte Vorrichtungen, wie Ringe mit Fadenkreuz usw., sind ganz ungeeignet, weil sie den freien Überblick über den Himmel beschränken und durch Kontrasterscheinungen die Sicherheit der Beobachtung vermindern.

Bei diesen Beobachtungen kommt es in erster Linie darauf an, das Auge vor Blendung und Ermüdung zu schützen. Man muß zuerst das Beobachtungsobjekt mit freiem Auge klar erkennen, dann aber so rasch als möglich das Instrument darauf einstellen, da alles lange Herumsuchen infolge der Blendungserscheinungen nur unsicher macht, und man bald außerstande ist, so schwach

markierte Linien wie z. B. die Grenze des hellen Segmentes noch einigermaßen scharf zu erkennen. Beachtet man jedoch diese Vorsichtsmaßregeln, so lassen sich die Scheitelhöhen der Segmente wohl bis auf  $\frac{1}{4}$  Grad genau bestimmen.

#### XIV.

### Phänologische Beobachtungen.

Um den Einfluß der Witterung auf das Leben der Pflanzen kennen zu lernen und daraus Rückschlüsse auf klimatische Unterschiede ziehen zu können, empfiehlt das Meteorologische Institut die Beobachtung und Aufzeichnung der Vegetationserscheinungen.

Die hier folgende Anleitung zu solchen phänologischen Beobachtungen schließt sich im Interesse der Einheitlichkeit dem von Hoffmann und Ihne herührenden „Gießener Schema“ eng an.

Nach diesem sind zu beobachten und durch folgende abgekürzte Bezeichnungen zu notieren:

**BO** = erste normale Blattoberflächen sichtbar und zwar an verschiedenen (etwa 3—4) Stellen; Laubentfaltung.

**b** = erste normale Blüten offen und zwar an verschiedenen Stellen. Diese Phase ist am besten und sichersten zu beobachten.

**f** = erste normale Früchte reif und zwar an verschiedenen Stellen; bei den saftigen: vollkommene und definitive Verfärbung, bei den Kapseln: spontanes Aufplatzen.

**W** = Hochwald grün = allgemeine Belaubung; über die Hälfte sämtlicher Blätter an der Station entfaltet.

**LV** = allgemeine Laubverfärbung; über die Hälfte sämtlicher Blätter an der Station verfärbt — auf einmal in großer Zahl abgefallene mitgerechnet.

**W** und **LV** müssen an zahlreichen Hochstämmen (Hochwald, Alleen) aufgezeichnet werden.

Die Beobachtungen sind an normalen, freistehenden Exemplaren eines normalen Standorts anzustellen; es sind daher auszuschließen Pflanzen an ausnahmsweise günstigen (z. B. an Spalieren, an der Wand von Häusern) oder ungünstigen (z. B. durchaus beschatteten) Standorten, sowie ausnahmsweise frühe oder späte Individuen. Man darf daher auch nur zahlreich am Beobachtungsorte vertretene Spezies wählen. Es liegt in der Natur der Sache, daß nicht notwendig in jedem Jahr an denselben Exemplaren die Vegetationsstufen notiert werden. Das Beobachtungsgebiet muß zu der Zeit, in der eine bestimmte Phase fällig ist, möglichst oft, am besten täglich begangen werden; es wird sich daher zweckmäßig auf die nähere Umgebung der Station beschränken.

In der nachstehenden Liste sind diejenigen Pflanzen und Vegetationsstufen, der gewöhnlichen Zeitfolge entsprechend, angeführt, die in erster Linie Beachtung finden sollen, soweit das an den einzelnen Stationen überhaupt möglich ist.

*Aesculus Hippocastanum*, Roßkastanie,  
**BO.**

*Ribes rubrum*, rote Johannisbeere, **b.**

*Ribes aureum*, goldgelbe Johannisbeere, **b.**

*Betula alba*, Birke, **b** (Stäuben der Antheren).

*Betula alba*, Birke, **BO.**

*Prunus avium*, Süßkirsche, **b.**

*Prunus spinosa*, Schlehe, Schwarzdorn, **b.**

*Prunus Cerasus*, Sauerkirsche, **b.**

*Prunus Padus*, Trauben-, Ahlkirsche, **b.**

*Pyrus communis*, Birne, **b.**

*Fagus silvatica*, Rotbuche, *BO*.  
*Pyrus Malus*, Apfel, *b*.  
*Quercus pedunculata*, Stieleiche, *BO*.  
*Fagus silvatica*, *W*.  
*Syringa vulgaris*, Nügelchen, spanischer, blauer, türkischer Flieder, *b*.  
*Narcissus poëticus*, weiße Narzisse, *b*.  
*Aesculus Hippocastanum*, *b*.  
*Crataegus Oxyacantha*, Weißdorn, *b*.  
*Spartium scoparium* (*Sarothamnus vulgaris*), Besenstrauch, Ginster, *b*.  
*Quercus pedunculata*, *W*.  
*Cytisus Laburnum*, Goldregen, *b*.  
*Sorbus aucuparia*, Eberesche, Vogelbeere, *b*.  
*Cydonia vulgaris*, Quitte, *b*.  
*Sambucus nigra*, Hollunder, schwarzer Hollunder, Flieder, *b*.  
*Secale cereale hibernum*, Winterroggen, *b*.  
*Rubus idaeus*, Himbeere, *b*.  
*Symphoricarpus racemosa*, Schneebere, *b*.  
*Salvia officinalis*, Gartensalbei, *b*.  
*Cornus sanguinea*, roter Hartriegel, *b*.  
*Ligustrum vulgare*, Liguster, Rainweide, *b*.

*Ribes rubrum*, *f* (vollständig rot, weich, durchscheinend).  
*Tilia grandifolia* Ehrh. (*T. platyphyllos Scop.*), Sommerlinde, *b*.  
*Tilia parvifolia* Ehrh. (*T. ulmifolia Scop.*), Winterlinde, *b*.  
*Lilium candidum*, weiße Lilie, *b*.  
*Rubus idaeus*, *f* (vollständig rot, weich, löst sich von der Blütenachse ab).  
*Ribes aureum*, *f*.  
*Secale cereale hibernum*, *E* (Ernteanfang).  
*Symphoricarpus racemosa*, *f* (vollständig weiß).  
*Sorbus aucuparia*, *f* (Frucht im Querschnitt gelbrot, Samenschalen bräunen sich).  
*Sambucus nigra*, *f* (weich, schwarz).  
*Cornus sanguinea*, *f* (weich, schwarz).  
*Ligustrum vulgare*, *f* (Frucht glänzend schwarz, Samenschalen dunkel violett).  
*Aesculus Hippocastanum*, *f*.  
*Aesculus Hippocastanum*, *LV*.  
*Fagus silvatica*, *LV*.  
*Betula alba*, *LV*.  
*Quercus pedunculata*, *LV*.

Da manche Pflanzen dieser Zusammenstellung an vielen Orten gar nicht oder nur selten vorkommen, werden noch einige andere zur Beobachtung empfohlen, die auch wichtig sind und einigen Ersatz für die oben genannten bieten können.

*Galanthus nivalis*, Schneeglöckchen, *b*; erste Blattspitzen auf einem im Winter ungedeckten Beete treten aus der Erde.  
*Leucojum vernum*, großes Schneeglöckchen, *b*.  
*Alnus glutinosa*, Schwarzerle, *b* (Antheren stäuben).  
*Cornus mas*, Kornelkirsche, gelber Hartriegel, *b*; *f* (weich und vollständig dunkelrot).  
*Anemone nemorosa*, Buschwindröschen, *b*.  
*Ranunculus Ficaria*, Scharbockskraut, *b*.  
*Salix Caprea*, Sahlweide, *b* (Antheren stäuben).  
*Narcissus Pseudonarcissus*, gelbe Narzisse, *b*.

*Ribes Grossularia*, Stachelbeere, *b*; *f* (vollständig weich und verfärbt).  
*Acer platanoides*, Spitzahorn, *b* (Blüten in aufrechten Doldentrauben); *BO*; *LV*.  
*Acer Pseudoplatanus*, Bergahorn, *b* (Blüten in hängenden Trauben); *BO*; *LV*.  
*Abies excelsa*, Fichte, Rottanne, *b* (Antheren stäuben).  
*Lonicera Xylosteum*, Heckenkirsche, *b*; *f* (weich und dunkelrot).  
*Pinus silvestris*, Kiefer, *b* (Antheren stäuben).  
*Philadelphus coronarius*, falscher Jasmin, *b*.  
*Robinia Pseudacacia*, Akazie, *b*.  
*Calluna vulgaris*, Heidekraut, *b*.  
*Colchicum autumnale*, Herbstzeitlose, *b*

Schließlich sind auch Beobachtungen aus der Tierwelt durchaus wünschenswert: Ankunft, Abzug und Durchzug der wichtigeren Vogelarten, erstes Erscheinen und massenhaftes Auftreten bekannter Insekten usw.

Die phänologischen Beobachtungen sind in den Tabellen für die Stationen II. Ordnung in der hierfür vorgesehenen Spalte auf der Rückseite der Formulare, bei denen III. Ordnung unter „Bemerkungen“ einzutragen.

Tab. A.

Spannkraft des Wasserdampfes über Eis: mm.

Temperatur C°: —35 —34 —33 —32 —31 —30 —29 —28 —27 —26 —25  
 Spannkraft mm: 0.17 0.19 0.22 0.24 0.26 0.29 0.32 0.36 0.40 0.44 0.48

Temp. C°	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	Temp. C°
—24	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.50	0.50	0.49	0.49	—24
—23	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	0.54	—23
—22	0.65	0.64	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	—22
—21	0.71	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65	—21
—20	0.79	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	—20
—19	0.87	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	—19
—18	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	—18
—17	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	—17
—16	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06	—16
—15	1.26	1.25	1.24	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.16	—15
—14	1.38	1.35	1.35	1.34	1.33	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	—14
—13	1.51	1.49	1.48	1.47	1.45	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39	—13
—12	1.65	1.64	1.62	1.61	1.59	1.58	1.56	1.55	1.53	1.52	—12
—11	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.73	1.71	1.70	1.68	1.66	—11
—10	1.97	1.96	1.94	1.92	1.90	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	—10
—9	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06	2.05	2.03	2.01	1.99	—9
—8	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.21	2.19	2.17	—8
—7	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47	2.45	2.43	2.41	2.39	2.37	—7
—6	2.78	2.76	2.74	2.72	2.69	2.67	2.65	2.62	2.60	2.58	—6
—5	3.03	3.01	2.98	2.96	2.93	2.91	2.88	2.86	2.83	2.81	—5
—4	3.30	3.27	3.24	3.22	3.19	3.16	3.14	3.11	3.08	3.06	—4
—3	3.59	3.56	3.53	3.50	3.47	3.44	3.41	3.38	3.35	3.33	—3
—2	3.89	3.86	3.83	3.80	3.77	3.74	3.71	3.68	3.65	3.62	—2
—1	4.22	4.19	4.16	4.12	4.09	4.06	4.02	3.99	3.96	3.93	—1
—0	4.58	4.54	4.50	4.47	4.43	4.40	4.36	4.33	4.29	4.26	—0

Tab. B.

Spannkraft des Wasserdampfes über Wasser: mm.

Temperatur C°: —35 —34 —33 —32 —31 —30 —29 —28 —27 —26 —25  
 Spannkraft mm: 0.24 0.27 0.29 0.32 0.36 0.39 0.43 0.47 0.51 0.56 0.61

Temp. C°	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	Temp. C°
—24	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.63	0.62	—24
—23	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.70	0.69	0.69	0.68	—23
—22	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	—22
—21	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	—21
—20	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	—20
—19	1.04	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	—19
—18	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06	1.05	—18
—17	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.16	1.15	1.14	—17
—16	1.34	1.33	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24	—16
—15	1.45	1.44	1.43	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	—15
—14	1.57	1.56	1.55	1.54	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.46	—14
—13	1.70	1.69	1.68	1.66	1.65	1.64	1.62	1.61	1.60	1.58	—13
—12	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.77	1.76	1.75	1.73	1.72	—12
—11	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94	1.92	1.90	1.89	1.88	1.86	—11
—10	2.16	2.14	2.13	2.11	2.09	2.08	2.06	2.04	2.03	2.01	—10

Tab. B.  
(Fortsetzung.)

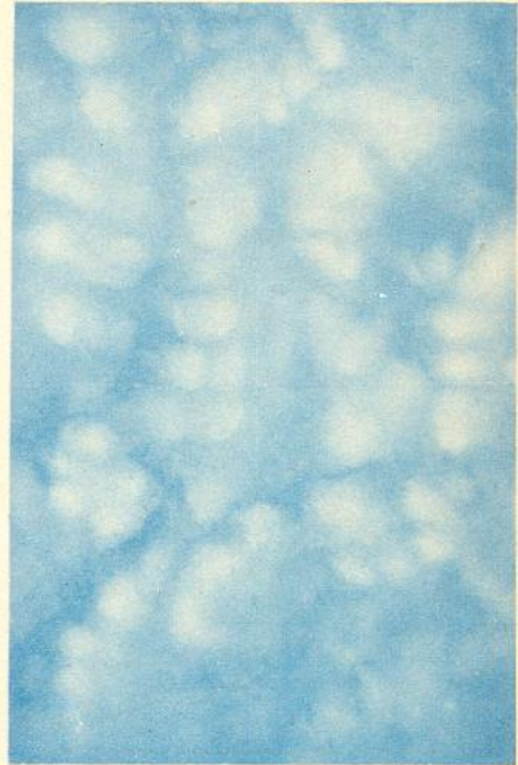
Spannkraft des Wasserdampfes über Wasser: mm.

Temp. C°	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	Temp. C°
— 9	2.34	2.32	2.30	2.28	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.18	— 9
— 8	2.52	2.50	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.39	2.37	2.35	— 8
— 7	2.72	2.70	2.68	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.56	2.54	— 7
— 6	2.94	2.92	2.89	2.87	2.85	2.83	2.81	2.78	2.76	2.74	— 6
— 5	3.17	3.14	3.12	3.10	3.07	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96	— 5
— 4	3.41	3.39	3.36	3.34	3.31	3.29	3.26	3.24	3.22	3.19	— 4
— 3	3.68	3.65	3.62	3.60	3.57	3.54	3.52	3.49	3.46	3.44	— 3
— 2	3.96	3.93	3.90	3.87	3.84	3.82	3.79	3.76	3.73	3.70	— 2
— 1	4.26	4.23	4.20	4.17	4.14	4.11	4.08	4.05	4.02	3.99	— 1
— 0	4.58	4.55	4.51	4.48	4.45	4.42	4.38	4.35	4.32	4.29	— 0
0	4.58	4.61	4.65	4.68	4.71	4.75	4.78	4.82	4.85	4.89	0
1	4.92	4.96	4.99	5.03	5.06	5.10	5.14	5.17	5.21	5.25	1
2	5.29	5.32	5.36	5.40	5.44	5.48	5.52	5.56	5.60	5.64	2
3	5.68	5.72	5.76	5.80	5.84	5.88	5.92	5.96	6.00	6.05	3
4	6.09	6.13	6.17	6.22	6.26	6.30	6.35	6.39	6.44	6.48	4
5	6.53	6.57	6.62	6.67	6.71	6.76	6.81	6.85	6.90	6.95	5
6	7.00	7.04	7.09	7.14	7.19	7.24	7.29	7.34	7.39	7.44	6
7	7.49	7.55	7.60	7.65	7.70	7.76	7.81	7.86	7.91	7.97	7
8	8.02	8.08	8.13	8.19	8.24	8.30	8.36	8.41	8.47	8.53	8
9	8.58	8.64	8.70	8.76	8.82	8.88	8.94	9.00	9.06	9.12	9
10	9.18	9.24	9.30	9.36	9.43	9.49	9.55	9.62	9.68	9.74	10
11	9.81	9.88	9.94	10.01	10.07	10.14	10.21	10.27	10.34	10.41	11
12	10.48	10.55	10.62	10.69	10.76	10.83	10.90	10.97	11.04	11.11	12
13	11.19	11.26	11.33	11.41	11.48	11.56	11.63	11.71	11.78	11.86	13
14	11.94	12.01	12.09	12.17	12.25	12.33	12.41	12.49	12.57	12.65	14
15	12.73	12.81	12.89	12.97	13.06	13.14	13.22	13.31	13.39	13.48	15
16	13.56	13.65	13.74	13.82	13.91	14.00	14.09	14.18	14.27	14.36	16
17	14.45	14.54	14.63	14.72	14.82	14.91	15.00	15.10	15.19	15.29	17
18	15.38	15.48	15.58	15.67	15.77	15.87	15.97	16.07	16.17	16.27	18
19	16.37	16.47	16.57	16.67	16.78	16.88	16.98	17.09	17.19	17.30	19
20	17.41	17.51	17.62	17.73	17.84	17.95	18.06	18.17	18.28	18.39	20
21	18.50	18.62	18.73	18.84	18.96	19.07	19.19	19.31	19.42	19.54	21
22	19.66	19.78	19.90	20.02	20.14	20.26	20.39	20.51	20.63	20.76	22
23	20.88	21.01	21.14	21.26	21.39	21.52	21.65	21.78	21.91	22.04	23
24	22.18	22.31	22.45	22.58	22.72	22.85	22.99	23.13	23.27	23.41	24
25	23.55	23.69	23.83	23.97	24.11	24.26	24.40	24.55	24.69	24.84	25
26	24.99	25.14	25.28	25.43	25.58	25.74	25.89	26.04	26.20	26.35	26
27	26.50	26.66	26.82	26.98	27.13	27.29	27.45	27.62	26.78	27.94	27
28	28.10	28.27	28.43	28.60	28.77	28.93	29.10	29.27	29.44	29.61	28
29	29.78	29.96	30.13	30.31	30.48	30.66	30.84	31.02	31.19	31.37	29
30	31.56	31.74	31.92	32.10	32.29	32.47	32.66	32.85	33.04	33.22	30
31	33.42	33.61	33.80	33.99	34.19	34.38	34.58	34.78	34.97	35.17	31
32	35.37	35.57	35.78	35.98	36.18	36.39	36.59	36.80	37.01	37.22	32
33	37.43	37.64	37.85	38.06	38.28	38.49	38.71	38.93	39.15	39.36	33
34	39.59	39.81	40.03	40.25	40.48	40.70	40.93	41.16	41.39	41.62	34
35	41.85	42.08	42.32	42.55	42.79	43.03	43.27	43.51	43.75	43.99	35
36	44.23	44.48	44.72	44.97	45.22	45.46	45.72	45.97	46.22	46.47	36
37	46.73	46.99	47.24	47.50	47.76	48.02	48.28	48.55	48.81	49.08	37
38	49.35	49.61	49.88	50.16	50.43	50.70	50.98	51.25	51.53	51.81	38
39	52.09	52.37	52.65	52.94	53.22	53.51	53.80	54.09	54.38	54.67	39

Druck von Max Melzer früher Th. Hildebrandt, Berlin C. 2.  
An der Spandauer Brücke 6.



Cirro-Stratus



Alto-Cumulus



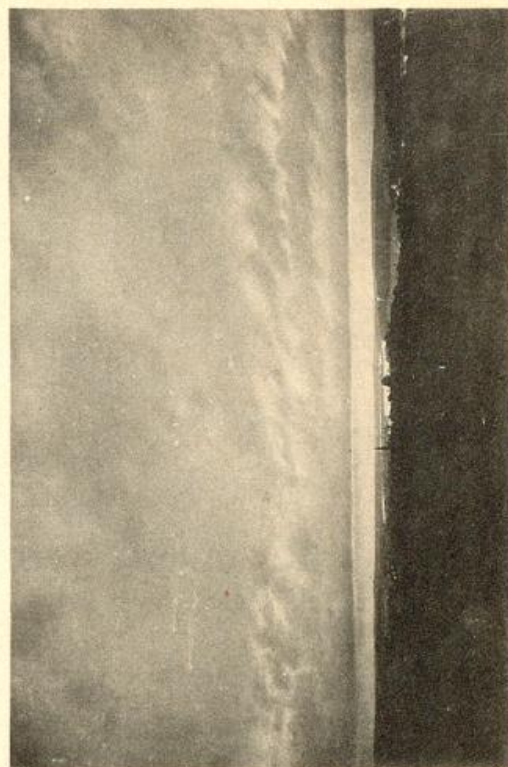
Cirrus



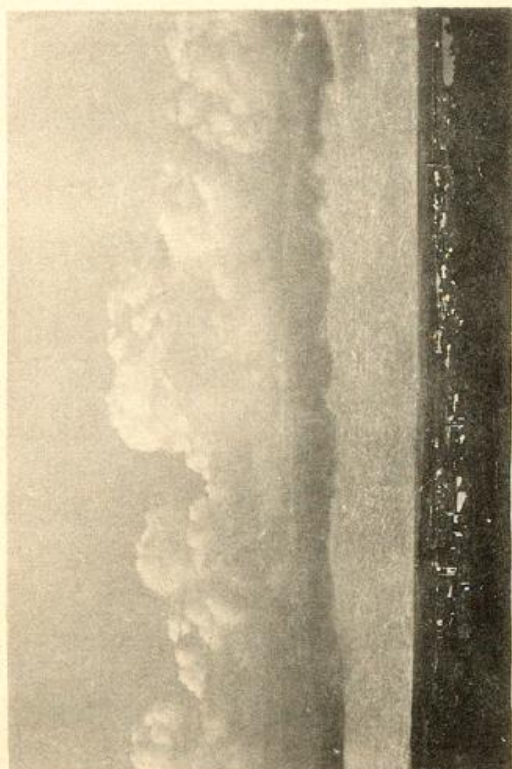
Cirro-Cumulus



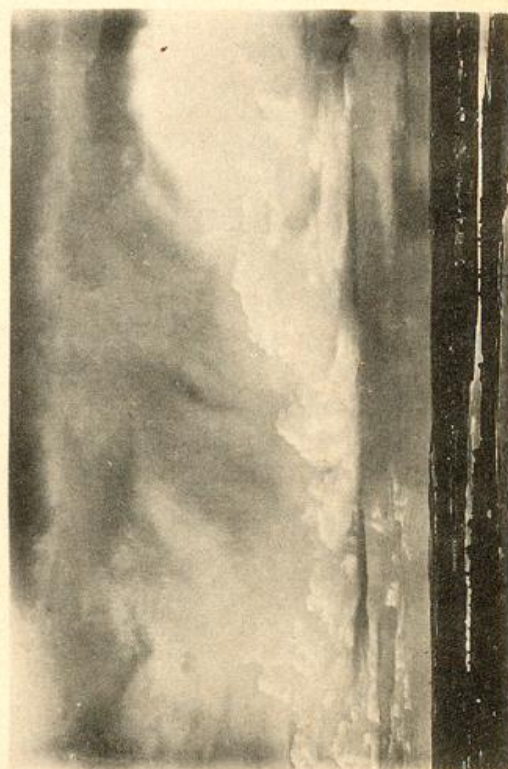
Strato-Cumulus



Nimbus



Cumulus



Cumulo-Nimbus

