

Leitfäden  
für den Gebrauch an der  
Wetterdienstschule

2

*Instrumentenkunde*

Bearbeiter:  
Reg. Rat Dr. Keil

Berlin  
1940

## Vorwort

Für den Unterricht an der Wetterdienstschule hat sich die Herausgabe von Leitfäden als notwendig erwiesen, die den Lehrstoff der verschiedenen Lehrgänge in kurzer Form zusammenfassen.

Die Bearbeitung dieser Leitfäden lag in den Händen der betreffenden Fachlehrer, im Inhalt der Leitfäden sind die Erfahrungen des Lehrkörpers der Wetterdienstschule niedergelegt, sie stellen daher im Ganzen betrachtet eine Gemeinschaftsarbeit dar.

Die Leitfäden sollen die bereits bestehenden, zusammenfassenden Bearbeitungen nicht ersetzen, sie dienen lediglich dem Unterricht an der Wetterdienstschule und der Unterweisung der Angehörigen des Reichswetterdienstes, werden daher auch nicht im Buchhandel erscheinen.

Der Leiter der Wetterdienstschule

Leitfäden  
für den Gebrauch an der  
Wetterdienstschule

2

*Instrumentenkunde*

Bearbeiter:  
Reg. Rat Dr. Keil

Berlin  
1940

### INHALTSÜBERSICHT

Einleitung * . . . . .	3
A. Luftdruck . . . . .	3
B. Temperatur . . . . .	7
C. Luftfeuchtigkeit . . . . .	9
D. Wind . . . . .	12
E. Wolken . . . . .	15
F. Niederschlag . . . . .	16
G. Schreibgeräte im allgemeinen . . . . .	17
H. Aerologische Meßgeräte . . . . .	18
I. Die Thermometerhütte . . . . .	19
J. Sondermeßgeräte . . . . .	21
K. Termine für die Ablesung der verschiedenen Instrumente . . . . .	23
L. Literatur . . . . .	24

## EINLEITUNG

1. Beobachtung ist die Grundlage des Wetterdienstes. Der Wetterdienst beschäftigt sich mit den Witterungsvorgängen, zu deren Beschreibung (Charakterisierung) die Festlegung der einzelnen Witterungserscheinungen gehört. Versuche, die *Gesamtheit* eines Witterungsereignisses einwandfrei und eindeutig zu beschreiben und diese Beschreibung verwertbar zu machen, führen nicht zum Ziel. Deshalb ist die *Auflösung* des Witterungsbildes in seine einzelnen *Elemente* erforderlich. Diese Elemente sind: Luftdruck, Wind (-richtung, -geschwindigkeit oder -stärke), Temperatur, Feuchtigkeit, Bewölkung (Menge, Art, Zug, Höhe) nebst Sonnenscheindauer, Sicht, Niederschlag, dazu Erdbodenzustand.
2. Zur Durchführung der Beobachtungen bedient sich der Meteorologe entweder der Instrumente oder, wo diese fehlen, beschränkt er sich auf seine Wahrnehmungen. Wir unterscheiden demnach:
  - a) Messungen mit Instrumenten,
  - b) Messungen ohne Instrumente.
3. Der Wetterdienst beschäftigt sich mit dem Luftmeer. Ihn interessieren also nicht nur der Zustand am Erdboden, dem gewöhnlichen Standpunkt des Beobachters, sondern auch der Zustand der Luft über dem Boden bis zu einer möglichst großen Höhe. Dementsprechend ergibt sich eine Teilung der Beobachtungen in:
  - a) Beobachtungen, bezogen auf die Höhe,
  - b) Beobachtungen, bezogen auf die bodennahe Luftschicht,
  - c) Beobachtungen, bezogen auf die untere Begrenzung der Atmosphäre (Land und See).
4. Schließlich ist der Ort, an dem die Beobachtungen gewonnen werden, bald der Boden, bald die freie Atmosphäre. Wir müssen also gliedern in:
  - a) Beobachtungen, gewonnen am Boden,
  - b) Beobachtungen, gewonnen in der freien Atmosphäre.
5. Hier werden nur die Beobachtungen besprochen, die mit Instrumenten angestellt werden. In dieser Instrumentenkunde werden berücksichtigt: Meßprinzip ohne Theorie, Aufbau, Wirkungsweise, Fehlerquellen der Instrumente<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Für ein eingehendes Studium der meteorologischen Instrumentenkunde seien empfohlen:  
 Kleinschmidt: Handbuch der meteorol. Instrumente, Berlin, Springer 1934  
 Habermehl: Handbuch der Fliegerwetterkunde, Bd. III: Die Meßgeräte des Wetterdienstes, Berlin SW 68, Gebr. Raderzki

6. Unter den Instrumenten unterscheiden wir zwei große Gruppen, je nachdem ob die Geräte zu bestimmten Terminen von Beobachtern abgelesen werden müssen, oder ob sie ständig die Änderungen der meteorologischen Elemente aufzeichnen, also:

- a) Instrumente mit Terminablesungen,
- b) Registriergeräte.

Die letzteren bedürfen in fast allen Fällen der regelmäßigen Kontrolle durch die genaueren Instrumente für Einzelablesung, so daß in der Regel für dasselbe Element Instrumente beider Gruppen nebeneinander in Betrieb sind.

Wir behandeln nunmehr die Instrumente zur Messung der verschiedenen Größen:

### A. LUFTDRUCK

1. *Der Luftdruck* entspricht dem Gewicht der gesamten Luftsäule vom Beobachtungsort bis an die Grenze der Atmosphäre auf einen Quadratcentimeter. Daher nimmt der Barometerstand mit der Höhe ab, er ist in rund 5800 m nur noch halb so groß wie am Meeresspiegel.
2. *Torricellis Versuch*. Füllt man eine einseitig geschlossene Glasröhre mit Quecksilber, kehrt die Röhre, die man mit dem Finger schließt, um und gibt man die Öffnung in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäß frei, so sinkt das Quecksilber nur bis zu einer Höhe von etwa 76 cm, über dem Quecksilber bleibt ein freier Raum, ein Vakuum (Abb. 1).

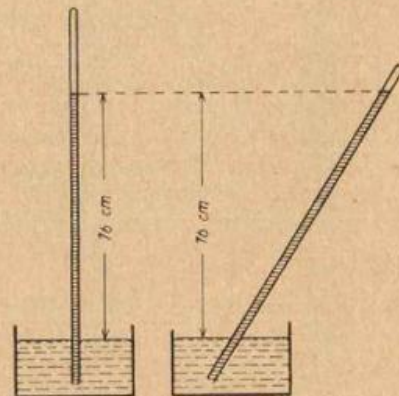


Abb. 1

Die beobachtete Höhe der Quecksilbersäule heißt der *Barometerstand*, er wird gemessen in Millimetern und Zehntel Millimetern.

3. Die *absolute Einheit* des Druckes ist die Einheit der Kraft auf die Flächeneinheit. Die Einheit

der Kraft ist das Dyn, die Einheit der Fläche das Quadratcentimeter, die Einheit des Druckes demnach das Dyn pro Quadratcentimeter. Eine Million Dynen heißen 1 Megadyn.

Der Druck von 1 Megadyn pro Quadratcentimeter heißt in der Meteorologie 1 Bar gleich 1000 Millibar.

4. Berechnung des Luftdrucks aus dem Barometerstand.

Ein Kubikcentimeter Wasser drückt unter dem Einfluß der Erdanziehung mit einer Kraft von 980.62 Dynen auf den Quadratcentimeter. Quecksilber ist 13.6 (genau 13.5951) mal dichter als Wasser. 1 Kubikcentimeter Quecksilber drückt demnach auf den Quadratcentimeter mit  $13.6 \times 980.62$  Dynen. Unsere Quecksilbersäule ist nicht 1 cm hoch, sondern 76 cm, sie übt daher einen Druck von  $76 \times 13.6 \times 980.62$  Dynen pro Quadratcentimeter oder 1 013 203.6 Dynen pro Quadratcentimeter = 1.013 Megadynen pro Quadratcentimeter aus.

Der Luftdruck ergibt sich demnach aus dem Barometerstand von 76 cm zu 1.013 Bar = 1013 Millibar.

5. Zu merken:

Es entspricht

ein Luftdruck von 1000 mb einem Barometerstand von 750.096 mm = 750 mm  
 ein Luftdruck von 1 mb einem Barometerstand von 0.75096 mm = 0.75 =  $\frac{3}{4}$  mm  
 ein Barometerstand von 1 mm einem Luftdruck von 1.33316 mb = 1.33 =  $\frac{4}{3}$  mb.

6. Bei den Überlegungen des Abschnitts 5 haben wir eine Quecksilbersäule von 1 Quadratcentimeter Querschnitt vorausgesetzt. An den Überlegungen ändert sich nichts, wenn wir das Rohr z. B. nur mit einem Querschnitt von  $\frac{1}{10}$  Quadratcentimeter versehen. Das Gewicht der Quecksilbersäule über diesem Zehntel Quadratcentimeter wird dann allerdings nur  $\frac{1}{10}$  des oben berechneten, der Druck auf den Quadratcentimeter aber bleibt der gleiche.

7. Die Luftdruckangabe nach dem Barometerstand erfolgt nach Abschnitt 2 in einer Längenangabe. Die Länge der Quecksilbersäule bei gleichem Luftdruck hängt von der Temperatur der Quecksilbersäule und des Maßstabes ab. Um vergleichbare Werte zu bekommen, *reduzieren wir den Barometerstand auf 0° C als Normaltemperatur.* Unter 0° C ist der Barometerstand zu klein, über 0° zu groß. Die Reduktionsgrößen sind in besonderen Tabellen zusammengestellt (RfW Tb. 3). Beispiel:

Abgelesener Barometerstand:	660	700	740	760 mm	
Reduktion bei	-10°	+1.1	+1.2	+1.2	+1.3
	+10°	-1.1	-1.2	-1.2	-1.3
	+20°	-2.2	-2.3	-2.4	-2.5
	+30°	-3.2	-3.4	-3.6	-3.7

*Zu merken:* Die Reduktion auf 0° ist bei negativen Temperaturen zuzuzählen, bei positiven Temperaturen abzuziehen.

8. Der Druck eines Kubikcentimeters Wasser (siehe Abschnitt 4) ist nur unter normalen Verhältnissen (in 45° geographischer Breite) gleich 980.62

Dynen pro Quadratcentimeter. Am Pol ist die Anziehungskraft der Erde größer, am Äquator kleiner, so daß der Druck eines Kubikcentimeters Wasser

am Pol = 983.21 Dynen pro Quadratcentimeter, in 45° Breite = 980.62 Dynen pro Quadratcentimeter,

am Äquator = 978.03 Dynen pro Quadratcentimeter ist.

Um vergleichbare Luftdruckangaben zu bekommen, müssen wir daher den Barometerstand *reduzieren auf gleiche, normale Schwere* (Anziehungskraft), nämlich die in der Breite von 45°.

Die Bestimmung der Reduktion auf Normal-schwere wegen der geographischen Breite erfolgt nach einer besonderen Tabelle (RfW, Tb. 4).

Beispiel:

Barometerstd. red. auf 0° C:	660	700	740	760 mm	
Reduktion	0° Breite:	-1.71	-1.81	-1.92	-1.97
	20° "	-1.31	-1.39	-1.47	-1.51
	30° "	-0.88	-0.91	-0.96	-0.98
	40° "	-0.30	-0.31	-0.33	-0.35
	50° "	+0.30	+0.31	+0.33	+0.35
	60° "	+0.88	+0.91	+0.96	+0.98
	70° "	+1.31	+1.39	+1.47	+1.51
	90° "	+1.71	+1.81	+1.92	+1.97

*Zu merken:* Die Schwerekorrektion wegen der geographischen Breite ist bei Breiten unter 45° abzuziehen, darüber zuzuzählen.

9. Der Druck eines Kubikcentimeters Wasser (siehe Abschnitt 4) auf den Quadratcentimeter ist nicht nur in verschiedenen Breiten verschieden, sondern ändert sich auch mit der Höhe eines Ortes über dem Meeresspiegel, da die Anziehungskraft mit der Entfernung vom Erdmittelpunkt abnimmt. (Das ist im übrigen auch der Grund, weshalb die Anziehungskraft auf der abgeplatteten Erde am Pol größer ist als am Äquator.) Er ist in 45° Breite

am Meeresspiegel 980.62 Dynen pro Quadratcentimeter,

in 5000 m Höhe 980.3 Dynen pro Quadratcentimeter,

in 10000 m Höhe 977.6 Dynen pro Quadratcentimeter.

Um vergleichbare Luftdruckangaben zu bekommen, müssen wir daher den Barometerstand wegen der Schwere *reduzieren auf gleiche, normale Höhe*, nämlich auf die Höhe des Meeresspiegels.

Die Bestimmung der Reduktion erfolgt nach einer besonderen Tabelle (RfW, Tb. 4).

Beispiel:

Barometerst. red. auf 0° C:	660	700	740	760 mm	
Reduktion bei	200 m	—	-0.03	-0.03	-0.03
	400 m	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06
	600 m	-0.08	-0.08	-0.09	—
	1000 m	-0.13	-0.14	—	—
	1500 m	-0.19	—	—	—

*Zu merken:* Die Schwerekorrektion wegen der Meereshöhe muß in allen Fällen abgezogen werden.

10. Der Luftdruck nimmt, wie schon in 1) gesagt, mit der Höhe ab. Daher benutzt man den Luftdruck zur *Höhenbestimmung* (Barometrische Höhenmessung), insbesondere im Flugzeughöhenmesser und in aerologischen Meßgeräten. Da man den Luftdruck als Gewicht einer Luftsäule deuten kann, wird bei dichter Luft der Luftdruck schneller abnehmen, als bei weniger dichter Luft, d. h. z. B. in kalter Luft ist die Abnahme pro hundert Meter Höhe (vertikaler Luftdruckgradient) größer als in warmer Luft. Zur genauen Bestimmung der Höhe muß also jeweils die Temperatur der durchteilten Luftsäule bestimmt werden. Die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe ist aber auch größer in Luft mit großem Luftdruck als in Luft mit geringerem Luftdruck.

Als Beispiel betrachten wir zwei Luftmassen, die beide am Boden einen Luftdruck von 1013 mb haben und die beide die gleiche Temperaturabnahme mit der Höhe zeigen, nämlich  $6,5^\circ$  pro Kilometer, deren eine aber am Boden eine Temperatur von  $30^\circ$  und deren andere eine Temperatur von  $0^\circ$  hat. Dann bekommen wir in den verschiedenen Höhen folgende Luftdruckwerte:

	0 m	1 km	2 km	3 km	4 km	5 km
warme Luft ( $30^\circ$ am Boden)	1013	905	806	715	636	560
kalte Luft ( $0^\circ$ am Boden)	1013	892	783	685	597	520

In der Aerologie und in der geographischen Höhenmessung mit dem Barometer verfährt man tatsächlich so, daß man die Temperaturen der Luftsäulen berücksichtigt. Im Flugzeughöhenmesser ist aber die gleichzeitige Messung von Temperatur und Luftdruck jetzt noch schwierig, dort führt man daher eine *Normalatmosphäre* ein, um die Geräte gleichmäßig zu eichen, d. h. man macht bestimmte Annahmen über die vertikale Temperaturverteilung und damit über die vertikale Druckabnahme.

11. Die *deutsche Normalatmosphäre*<sup>2)</sup> nimmt an:

	Luftdruck	Barometerstand	Temperatur
in 0 m	1013.25 mb	760.00 mm	$15.0^\circ$ C
1.0 km	898.70 mb	674.09 mm	$8.5^\circ$ C
2.0 km	794.88 mb	596.21 mm	$2.0^\circ$ C
3.0 km	700.99 mb	525.79 mm	$-4.5^\circ$ C
4.0 km	616.28 mb	462.25 mm	$-11.0^\circ$ C
5.0 km	540.07 mb	405.08 mm	$-17.5^\circ$ C
10.0 km	264.21 mb	198.17 mm	$-50.0^\circ$ C

12. Wenn man Luftdruckablesungen von Stationen in verschiedenen Höhen miteinander vergleichen will (Wetterkarte!), muß man die Angaben auf den *Meeresspiegel reduzieren*. Der in einer bestimmten Höhe gemessene Luftdruck muß um einen bestimmten Betrag vergrößert werden. Man denkt sich dazu die Schicht zwischen Barometer und Meeresspiegel ersetzt durch eine Luftsäule. Die Luftsäule kann im allgemeinen nicht ausgemessen werden, daher muß man bestimmte Annahmen für die Temperatur machen, indem man festsetzt, diese Säule habe eine Temperaturzunahme von  $0.5^\circ$  pro hundert Meter Höhe und in der Höhe des Barometers eine Ausgangstemperatur, die gleich der *Lufttemperatur* ist.

<sup>2)</sup> Din-Blatt 5450 (Norm-Atmosphäre).

Bestimmung der Reduktion auf Normal Null (NN) oder Meeresspiegel nach besonderen Tabellen (RfW, Tb. 5).

Beispiel:

Barometerstand reduziert auf	660	700	740	760 mm
$0^\circ$ C u. Normalschwere:				
Reduktion auf NN bei				
Höhe 200 m	$-10^\circ$	—	—	+19.5 +20.0
	$0^\circ$	—	—	+18.7 +19.2
	$+10^\circ$	—	—	+18.0 +18.5
400 m	$-10^\circ$	—	+37.5	+39.6 —
	$0^\circ$	—	+35.9	+38.0 —
	$+10^\circ$	—	+34.5	+36.5 —
600 m	$-10^\circ$	—	+56.9	— —
	$0^\circ$	—	+54.6	— —
	$+10^\circ$	—	+52.4	— —
800 m	$-10^\circ$	+72.5	+76.9	— —
	$0^\circ$	+69.5	+73.7	— —
	$+10^\circ$	+66.7	+70.7	— —

Zu merken: Die Reduktion des Luftdrucks auf den Meeresspiegel muß bei Höhen über dem Meeresspiegel stets zugezählt werden.

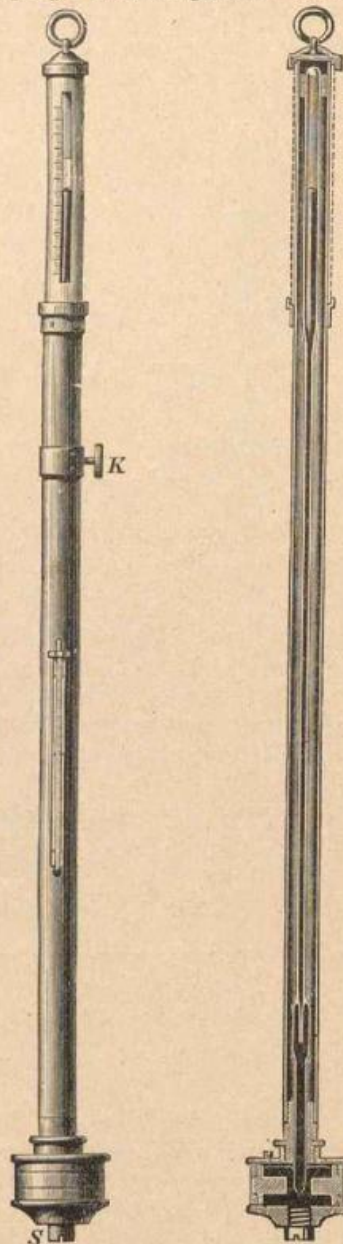


Abb. 2

13. Meßgeräte für den Luftdruck.

Das Stationsbarometer ist ein Quecksilberbarometer mit weitem Quecksilbergefaß; das Hüllrohr trägt am oberen Ende die Skala; der Nonius

ist auf einem, mit Rändelschraube beweglichen Schieber angebracht. Ansicht und Schnitt des Stationsbarometers gibt die Abbildung 2. Die Skalenteilung des Stationsbarometers ist so eingerichtet, daß die bei abnehmendem Luftdruck (mit abnehmendem Barometerstand) im Gefäß des Barometers eintretende Erhöhung des Quecksilberstandes in die Skala hineingearbeitet ist. Es entsprechen so 102,5 Skalenteile einer Länge von 100 Millimetern.

Im unteren Teile des Quecksilberrohres ist eine Luftfalle angebracht (Bunte'sche Spitze), um Luftblasen, die versehentlich in das Barometerrohr gelangen, aufzufangen.

14. In einem vom *Transport* kommenden Barometer, das betriebsfertig hergerichtet werden soll, muß zunächst die Transportschraube, die das Barometergefäß verschließt (Schraube mit Stempel, der das Quecksilberrohr unten abschließt Abb. 3, T), durch die Betriebsschraube (Abb. 3, S) ersetzt werden. Dann wird das Barometer aufgerichtet und an dem für diesen Zweck gelieferten Haken fest aufgehängt, so daß das Gefäß frei hängt.

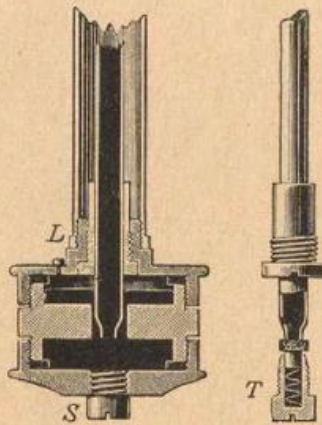


Abb. 3

Sodann wird die Luftschraube (Abb. 2, L) oben auf dem Quecksilbergefäß gelöst ( $\frac{1}{2}$  Umdrehung genügt). Hebt man nun das Barometer am Gefäß an, so daß es in schräge Lage kommt, so muß die Quecksilbersäule mit hellem, metallischem Klang anschlagen, ein Zeichen dafür, daß das Vakuum gut ist.

15. Die *Ablesung des Barometers* erfolgt an dem Nonius-Schieber, der mit der Rändelschraube

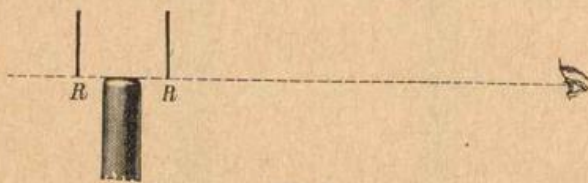


Abb. 4

(Abb. 2, K) bewegt wird, so daß Quecksilberkuppe und vorderer und hinterer unterer Rand des Schiebers in einer Ebene liegen (Abb. 4).

Der Nonius dient einer genauen Angabe von Zehnteln Millimetern, indem 20 Teile der Hauptskala in 18 Teile der Noniusskala geteilt sind (Abb. 5).

Näheres zu Abschnitt 14 und 15 in der „Anleitung für Klimastationen“.

16. Eine *Luftdruckmessung* mit dem Barometer umfaßt praktisch:

- Die Bestimmung der Temperatur des Barometers an dem im Barometer angebrachten Thermometer,
- die möglichst rasche Einstellung des Nonius-Schiebers und Ablesung des rohen Barometerstandes,
- die Reduktion des rohen Barometerstandes auf  $0^{\circ}$  C mit Hilfe einer Tabelle (Tb. 3 des RfW),
- die Reduktion auf Normalschwere (Breite und Höhe) wird in der Praxis mit einer unter Umständen notwendigen Instrumenten-Korrektur zusammengefaßt. Diese Korrekturen werden für jede Station besonders zusammengestellt.

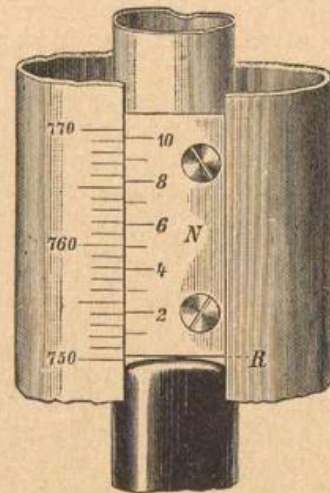


Abb. 5

- für synoptische Zwecke ist der nach a)–d) gewonnene Barometerstand auf Meeresspiegel zu reduzieren mit Hilfe einer besonders berechneten Tabelle,
- der so gewonnene Barometerstand wird mit Hilfe der Tabelle RfW Tb. 1 in *Luftdruck in Millibar* verwandelt.

17. Für eine *qfe-Meldung*, d. h. für die Angabe des Luftdruckes in Flugplatzhöhe wird die Messung nach 16 a) bis d) durchgeführt und danach mit einer besonderen Tabelle der Barometerstand von der Höhe des Barometers auf die Höhe der Schlechtwetterlandebahn des Flugplatzes reduziert und danach nach 16 f) weiter verfahren.

18. Für eine *qff-Meldung*, d. h. für die Angabe des Luftdruckes am Beobachtungsort reduziert auf den Meeresspiegel wird die Messung nach 16 a) bis f) durchgeführt.

19. *Das Dosenbarometer.*

Das Dosenbarometer arbeitet mit der Formänderung von geeignet gestalteten Metall Dosen, die innen luftleer gepumpt sind, unter dem Einfluß des Luftdrucks. Zur Vergrößerung der Wirkung benutzt man meist Sätze von mehreren derartigen Dosen. Um ein Zusammenfallen unter dem Einfluß des äußeren Luftdrucks zu vermeiden und trotzdem genügend empfindliche Dosen verwenden zu können, rüstet man die Dosen mit

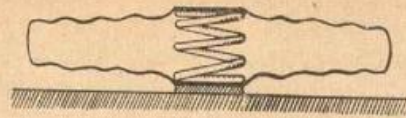


Abb. 6

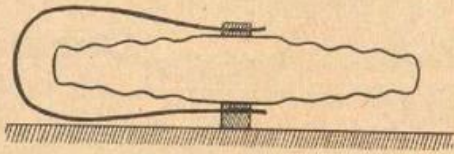


Abb. 7

Innen- oder Außenfedern (Abb. 6 und 7) aus Verwendung der Dosenbarometer

1. im Aneroidbarometer,
2. im Barographen (Luftdruckschreiber),
3. im Höhenmesser,
4. in aerologischen Meßgeräten.

Dosenbarometer brauchen laufende Kontrolle durch Quecksilberbarometer, sie sind „Relativ-Instrumente“. Sie müssen durch Vergleich mit Quecksilberbarometern geeicht werden.

Eine Reduktion der Ablesungen von Dosenbarometern auf Normalschwere ist nicht erforderlich, da die Elastizität (Federkraft) nicht von der Schwere beeinflusst wird. Die Reduktion auf 0° C muß bei Dosenbarometern durch Versuch bestimmt werden. Man versucht, die Geräte für Temperatureinflüsse zu „kompensieren“, indem man geringe Luft- (oder Gas-) mengen in den Dosen zurückläßt (wichtig für die Anwendung in der Aerologie mit weitem Druck- und Temperatur-Meßbereich).

20. Anstelle von Metall Dosen werden gelegentlich auch Röhren mit linsenförmigem Querschnitt, sogenannte *Bourdonrohre* (Abb. 8) zur Luftdruckmessung verwendet (vor allem bei aerologischen Messungen). Vorteil: Stützfeder nicht notwendig, Nachteil: geringere Empfindlichkeit.

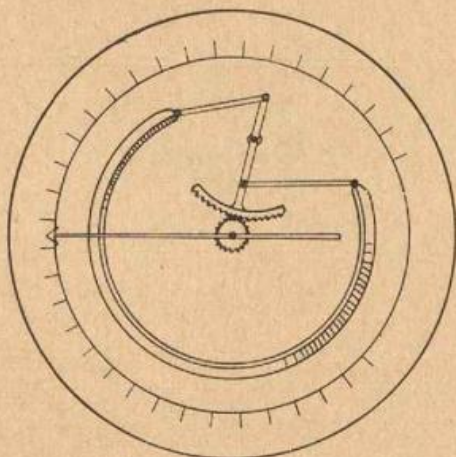


Abb. 8

#### 21. Das Hypsometer.

Im Hypsometer bestimmt man mit Hilfe eines Thermometers den Siedepunkt reinen (destillierten) Wassers an einem Ort. Da der Siedepunkt des Wassers mit dem Luftdruck in enger Beziehung steht, kann man aus der Thermometer-

ablesung unmittelbar den Luftdruck an der Station entnehmen.

Barometerstand	Siedepunkt des Wassers
525.86 mm	90°
760.00 mm	100°
1074.52 mm	110°

Einzelheiten: In dem Siedegefäß (Abb. 9), das gut zur Hälfte mit destilliertem Wasser gefüllt wird, bringt man das Wasser mit der eingehängten Spirituslampe zum Sieden. Der entstehende Dampf wird durch den Dampfmantel und damit an einem (in mm-Quecksilber) eingeteilten Thermometer entlang geführt. Das Thermometer muß

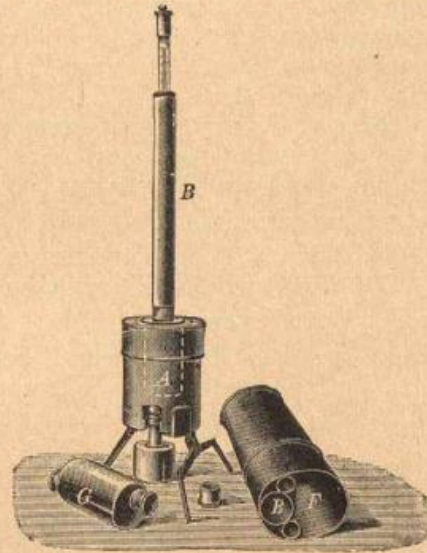


Abb. 9

möglichst weit in den Dampfmantel hineingehängt werden, damit die Quecksilbersäule nicht abgekühlt wird. Ablesung erfolgt, wenn der Stand der Quecksilbersäule für 1—2 Minuten beständig bleibt.

Anwendung des Hypsometers

1. auf Expeditionen,
2. zur raschen und annähernden Überwachung und zur Vergleichung von Barometern.

Nach dem Sieden ist das Quecksilber durch Schleudern des Thermometers zunächst in das obere Ende der Kapillare, dann wieder in das Quecksilbergefäß zu befördern. Zweck: Beseitigung von überdestilliertem Quecksilber.

Einer Reduktion auf Normalschwere und 0° C bedarf es bei den Angaben des Hypsometers nicht.

## B. TEMPERATUR

1. Die Temperatur wird in *Graden* gemessen, wobei wir in Deutschland ausschließlich die hundertteilige *Centigrad-* oder *Celsiuskala* anwenden. Die Fixpunkte sind:

0° C = Schmelzpunkt von reinem Eis,  
Gefrierpunkt reinen Wassers,

100° C = Siedepunkt reinen Wassers beim Barometerstand 760 mm Quecksilber entsprechend einem Luftdruck von 1013 mb.

2. In den englisch-sprechenden Ländern ist daneben die *Fahrenheit*-Skala in Anwendung, deren Fixpunkte sind:

$0^{\circ} \text{ F} =$  Temperatur einer bestimmten Kältemischung,

$100^{\circ} \text{ F} =$  normale Bluttemperatur des Menschen.

Der Vergleich mit der Centigrad-Skala ergibt:

$0^{\circ} \text{ C}$  entsprechen  $32^{\circ} \text{ F}$

$100^{\circ} \text{ C}$  entsprechen  $212^{\circ} \text{ F}$

$100 \text{ C-Grade}$  entsprechen also  $180 \text{ F-Graden}$ .

$x^{\circ} \text{ C}$  entsprechen  $(\frac{9}{5} x + 32)^{\circ} \text{ F}$

$y^{\circ} \text{ F}$  entsprechen  $[\frac{5}{9} (y - 32)]^{\circ} \text{ C}$

3. Gelegentlich wird in der Meteorologie auch die *Absolute Temperatur* angewandt, die vom absoluten Nullpunkt ( $-273^{\circ} \text{ C}$ ) an rechnet und durch Addition von  $273^{\circ}$  zur Centigrad-Zahl gewonnen wird (s. auch „Aerologie“).

Aus dieser absoluten Temperatur wird die *Terzentesimal-Temperatur* gewonnen, indem man von der absoluten Temperatur  $200^{\circ}$  abzieht. Es entsprechen demnach:

$+10^{\circ} \text{ C}$   $283^{\circ}$  abs.  $83^{\circ}$  Terzentesimal

$-10^{\circ} \text{ C}$   $263^{\circ}$  abs.  $63^{\circ}$  Terzentesimal

Anwendung der Skalen:

Hundertteilige Skala im täglichen Dienst,

Absolute Skala in theoretischen Untersuchungen, Terzentesimal-Skala gelegentlich in der Aerologie.

#### 4. Meßgeräte.

Zur Messung der Temperatur werden in der Meteorologie zumeist Flüssigkeitsthermometer verwendet, daneben benützt man Bimetalle, Widerstandsthermometer und Anordnungen, die die thermoelektrischen Kräfte ausnützen.

#### 5. Flüssigkeitsthermometer.

Eine Flüssigkeit dehnt sich in einer feinen Kapillare aus. Die Kuppe läuft vor einer Skala, die in Grade und Teilen davon eingeteilt ist. Nach der äußeren Form haben wir *Stab-* und *Einschlußthermometer* zu unterscheiden. Die Stabthermometer tragen die Skala auf dem Kapillarrohr, während die Einschlußthermometer die Skala auf einer besonders angebrachten Milchglasskala (in einigen Fällen auch auf Papier) tragen. Die Meteorologie verwendet fast ausschließlich Einschlußthermometer.

a) Als besonders geeignet zur Füllung von Thermometern hat sich seit langem das Quecksilber erwiesen, weil seine Ausdehnung durch Wärme verhältnismäßig groß und gleichmäßig ist. *Quecksilberthermometer* werden unterhalb  $-30^{\circ}$  unbrauchbar, weil das Quecksilber, das bei  $-39.5^{\circ} \text{ C}$  erstarrt, von dieser Temperatur an langsam dickflüssig wird. Quecksilberthermometer tragen in der meteorologischen Praxis als *Stationsthermometer* eine Teilung in  $\frac{1}{5}^{\circ} \text{ C}$ , so daß die Zehntel ohne weiteres abgelesen werden können.

Das *Maximum-Thermometer* (Abbildung s. S. 20 Abb. 37) hat eine besondere Einrichtung, um den höchsten Stand des Thermometers festzustellen: Eine Verengung der Kapillare oberhalb der Quecksilberkugel durch einen eingebauten Glasstift gestattet das Durch-

zwängen des Quecksilbers bei Wärmeausdehnung, nicht aber das Zurückkehren, weil der Zusammenhang des Quecksilbers, die Kohäsion, nicht groß genug ist, diese Verengung zu überwinden (Abb. 10). Diese Thermometer

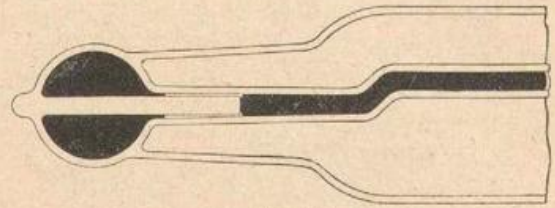


Abb. 10

werden eingestellt durch Schleudern in bestimmter Art.

Quecksilberthermometer sind schließlich auch die *Erdbodenthermometer* zur Bestimmung der Temperatur des Bodens in verschiedenen Tiefen (s. S. 21).

b) Für tiefe Temperaturen verwendet die Meteorologie *Alkohol-Thermometer*, deren Füllung aus bestimmten Flüssigkeiten (meist Alkoholen) besteht, deren Zusammensetzung zum Teil Geheimnis der Hersteller-Firmen ist.

Solche Thermometer werden verwendet als *Minimum-Thermometer* (Abbildung s. S. 20 Abb. 37).

Da Alkohol der Erwärmung träger als Quecksilber folgt, muß man Alkohol-Thermometer mit Gefäßen von möglichst großer Oberfläche versehen — hufeisenförmige Gefäße der Minimum-Thermometer.

Der tiefste Stand wird durch eine Marke angezeigt, die bei zunehmender Temperatur liegen bleibt, bei abnehmender Temperatur von der Oberflächenspannung der Alkohol-Säule mitgenommen wird. (Abb. 11.) Diese Thermometer werden durch Neigen eingestellt.

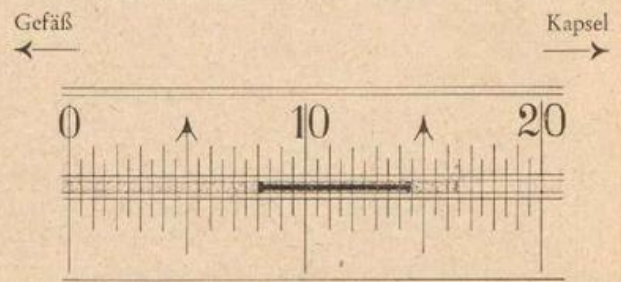


Abb. 11

Alkohol-Thermometer verwendet man außerdem zum Messen sehr tiefer Temperaturen beim Eichen aerologischer Meßgeräte.

Eine besondere Form der Flüssigkeitsthermometer sind die *Bourdon-Thermometer* (Abb. 12). Bei diesen wird ein gekrümmtes Rohr von linsenförmigem Querschnitt mit einer Flüssigkeit gefüllt. Je nach der Temperatur zeigt das Rohr verschiedene Krümmung, bei höherer Temperatur wird es z. B. gestreckt. Anwendung: in Thermographen und in aerologischen Instrumenten.

c) Während die normalen Quecksilber-Thermometer oberhalb des Quecksilbers luftleer sind, und nur in besonderen Fällen (Thermometer für hohe Temperaturen) mit einem Gas gefüllt werden, haben die Alkohol-Minimum-Thermometer eine derartige *Gasfüllung*, um zu vermeiden, daß der Alkohol im luftleeren Raum siedet.

Die am Barometer angebrachten Thermometer zur Messung der Temperatur der Quecksilbersäule sind mit Gas gefüllt, um das Reißen des Fadens beim Transport des Barometers (wo das Thermometer mit dem Gefäß nach oben zeigt) zu vermeiden.

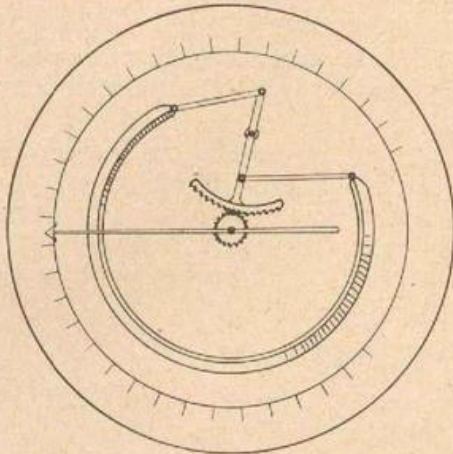


Abb. 12

6. Für die *Ablesung der Flüssigkeitsthermometer ist zu beachten:*

- a) Alle Temperaturangaben erfolgen in Graden und Zehntel-Graden. Bei den Stationsthermometern, die in Fünftel-Grade geteilt sind, müssen also die ungeraden Zehntelgrade geschätzt werden. Bei den in halbe Grade geteilten Extremthermometern sind die Zehntel ebenfalls zu schätzen. Das Auge muß senkrecht auf die Thermometer sehen, um eine Verschiebung von Quecksilberfaden gegen die Skala zu vermeiden.
- b) Am Maximum-Thermometer ist die höchste Temperatur stets an dem, dem Gefäß abgewandten Ende des Quecksilberfadens abzulesen.
- c) Beim Minimum-Thermometer zeigt das dem Gefäß abgewandte Ende der Marke die niedrigste Temperatur.

7. *Schäden an den Thermometern.* Bei allen Flüssigkeitsthermometern kommt es vor, daß der Faden reißt. Dann kann man versuchen, ihn durch Schleudern oder durch vorsichtiges Erwärmen wieder zu vereinigen. Bei gasgefüllten Thermometern verursacht Erwärmung ein Platzen der Thermometer! Gelingt die Vereinigung der Fäden bei diesen Thermometern nicht durch Schleudern oder Abkühlung, so sind die Thermometer auszutauschen.

8. *Bimetalle.*

Werden zwei Streifen verschiedener Metalle mit verschiedener Wärmeausdehnung zusammenschweißt oder genietet, so werden sich diese

Streifen bei verschiedenen Temperaturen verschieden krümmen. (Abb. 13.) Auch ein gekrümmter Streifen aus einem Metall wird bei Erwärmung eine Bewegung der Enden gegeneinander zeigen, aber diese Bewegung ist viel kleiner als sie bei Doppel-Metall-Streifen (Bimetallen) ist. — Anwendung in Thermographen und aerologischen Meßgeräten, gelegentlich auch in Zimmerthermometern.

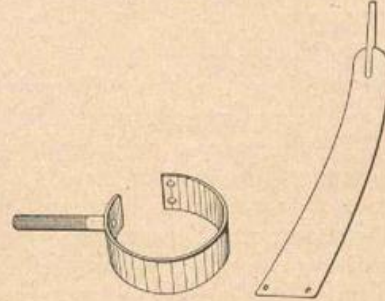


Abb. 13

9. *Widerstandsthermometer.*

Metalle zeigen bei verschiedenen Temperaturen wechselnde elektrische Widerstände. Die Messung geschieht durch Vergleich des Meßwiderstandes mit einem Normalwiderstand.

Verwendung vor allem in Fernanzeigeräten und in besonderen Feinmeßgeräten für Temperaturmessungen, z. B. in Pflanzenbeständen u. dgl.

10. *Thermoelemente.*

Beim Erwärmen der Lötstelle von zwei verschiedenen Metallen treten elektromotorische Kräfte auf, die in geschlossenen Stromkreisen mit der Temperatur veränderliche Ströme hervorrufen.

Verwendung vor allem in der Strahlungsmessung (Thermosäulen).

## C. DIE LUFTFEUCHTIGKEIT

1. Wir wissen, daß in der uns umgebenden Luft ständig eine bestimmte Menge Wasserdampf unsichtbar vorhanden ist. Im Augenblick, wo dieser Wasserdampf kondensiert, entstehen Wolken oder Nebel, sei es nun in der Form der mächtigen Gebilde, die wir am Himmel sehen, sei es in der Form der kleinen Wölkchen, die wir bei kaltem Wetter beim Ausatmen erkennen — um zwei extreme Fälle zu nennen. Gerade durch die Wolken und die aus ihnen fallenden Niederschläge haben wir aber die Bedeutung des Wasserdampfes klar umrissen. (S. auch „Aerologie“.)
2. Bei gleichem Luftdruck kann ein Raum je nach der Temperatur eine bestimmte Höchstmenge Wasserdampf aufnehmen, wir sprechen von der *maximalen Wasserdampfmenge* (Sättigung), die in einem Raum vorhanden sein kann. Im allgemeinen ist diese maximale Wasserdampfmenge in der uns umgebenden Luft nicht vorhanden. Enthält ein Raum mehr Wasserdampf als er bei seiner Temperatur enthalten kann, tritt Übersättigung und danach Kondensation ein — ein Vorgang, der im einzelnen in der „Aerologie“ behandelt wird.

3. Wir geben die Wasserdampfmenge, die in einer Luftmenge vorhanden ist, als *absolute Feuchtigkeit* in Gramm pro Kubikmeter Luft an.

Die vorhandene Wasserdampfmenge können wir z. B. durch Ausziehen des Wasserdampfs aus einer Luftmenge mit Hilfe stark Wasserdampf absorbierender Stoffe und Wägung der Stoffe vor und nach dem Ausziehen bestimmen.

4. Wir können die Wasserdampfmenge als *spezifische Feuchtigkeit* in Gramm pro Kilogramm Luft angeben.

5. Wir können die Feuchtigkeit angeben mit Hilfe des *Dampfdruckes*, den der Wasserdampf in einem gerade betrachteten Raumteil für sich allein ausübt: Wir können also aus einem bestimmten abgeschlossenen Luftvolumen den Wasserdampf ausziehen und feststellen, um wieviel der Druck in dem Luftvolumen abnimmt. So gewinnen wir den *Dampfdruck* des Wasserdampfes. Man kann die Wirkung des Dampfdruckes zeigen, indem man in das Vakuum eines Barometers Wasser hineinbringt. Dann sinkt der Barometerstand um einen bestimmten, von der Temperatur abhängigen Betrag.

6. In der Praxis messen wir in den meisten Fällen die *relative Feuchtigkeit*, die angegeben werden kann als das Verhältnis von:

- absolute Feuchtigkeit zu maximaler absoluter Feuchtigkeit,
- spezifische Feuchtigkeit zu maximaler spezifischer Feuchtigkeit,
- Dampfdruck zu maximalem Dampfdruck.

Als Meßgröße verwenden wir die oben genannten Verhältniszahlen in Prozenten.

7. Einen Überblick über die Maßzahlen der verschiedenen Größen gibt die folgende Tabelle, die für einen Luftdruck von 1000 mb berechnet wurde:

Relative Feuchte:		25%			
Temperatur:	-10°	0°	+10°	+20°	
absolute Feuchte:	0.5	1.2	2.3	4.3	gr/m <sup>3</sup> Luft
spezifische Feuchte:	0.4	0.9	1.9	3.6	gr/kg „
Dampfdruck: <sup>3)</sup>	0.5	1.2	2.3	4.4	mm Hg
„	0.7	1.5	3.1	5.8	mb

Relative Feuchte:		50%			
Temperatur:	-10°	0°	+10°	+20°	
absolute Feuchte:	1.1	2.4	4.7	8.7	gr/m <sup>3</sup> Luft
spezifische Feuchte:	0.9	1.9	3.8	7.2	gr/kg „
Dampfdruck: <sup>3)</sup>	1.0	2.3	4.6	8.7	mm Hg
„	1.3	3.1	6.2	11.7	mb

Relative Feuchte:		75%			
Temperatur:	-10°	0°	+10°	+20°	
absolute Feuchte:	1.6	3.6	7.1	13.0	gr/m <sup>3</sup> Luft
spezifische Feuchte:	1.3	2.9	5.7	10.9	gr/kg „
Dampfdruck: <sup>3)</sup>	1.5	3.5	6.9	13.1	mm Hg
„	2.0	4.6	9.3	17.5	mb

Relative Feuchte:		100%			
Temperatur:	-10°	0°	+10°	+20°	
absolute Feuchte:	2.1	4.8	9.4	17.3	gr/m <sup>3</sup> Luft
spezifische Feuchte:	1.1	3.8	7.6	14.5	gr/kg „
Dampfdruck: <sup>3)</sup>	2.0	4.6	9.2	17.5	mm Hg
„	2.6	6.1	12.3	23.4	mb

<sup>3)</sup> Diese Werte gelten auch für von 1000 mb verschiedene Luftdrucke. Dampfdruckwerte bei negativen Temperaturen bezogen auf Eis.

Schon aus dieser Tabelle wird auffällig klar, wie verschieden der Wasserdampfgehalt der Luft bei verschiedenen Temperaturen ist.

8. Zur Messung des Wasserdampfgehaltes einer Luftmasse dienen in erster Linie die *Hygrometer*, d. h. Geräte, die z. B. mit Hilfe von Haaren menschlicher Herkunft das Verhältnis der Wasserdampfmenge, die tatsächlich vorhanden ist, zu der, die im Maximum möglich wäre, festzustellen. Die Haare dehnen sich mit wachsender relativer Feuchtigkeit aus — werden länger.

Es ist bemerkenswert, daß die Haare die experimentelle Messung dieser Verhältniszahl gestatten und sogar Wasserdampfübersättigungen richtig angeben.

9. In der Praxis verwendet man fast ausschließlich *Haarhygrometer*, für deren Verwendung wichtig ist:

a) Haare sind organische, empfindliche Körper, die gegen mechanische Einwirkungen, vor allem gegen mechanische Ausdehnung sehr empfindlich sind. Man darf deshalb Haarhygrometer nie so behandeln, daß die Haare künstlich ausgedehnt werden.

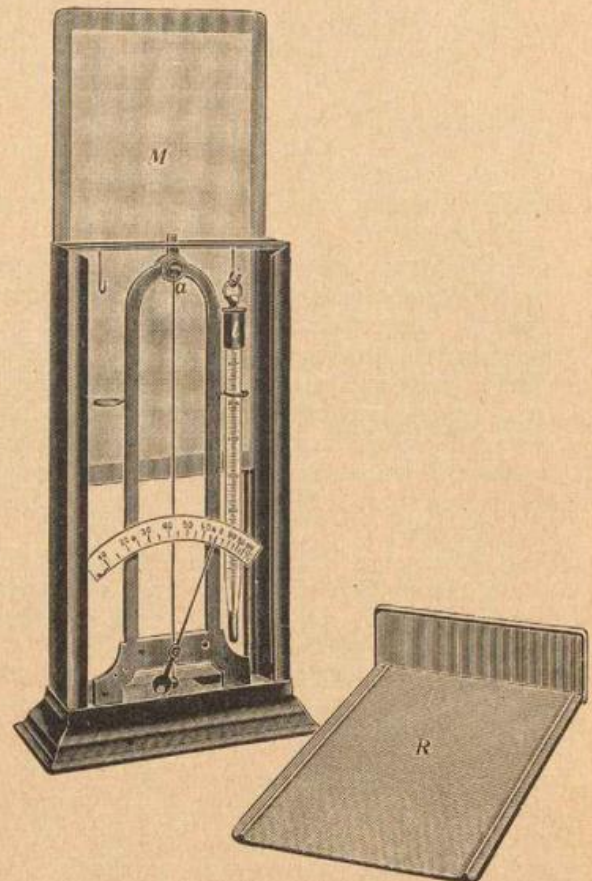


Abb. 14

b) Haarhygrometer arbeiten schlecht bei geringen Feuchtigkeiten, d. h. also z. B. auch bei niedrigen Temperaturen.

c) Sind Haare künstlich gedehnt worden (ohne daß sie gerissen sind), so kann man sie oft dadurch wieder brauchbar machen, daß man sie längere Zeit in feuchte Luft bringt. Ebenso können gänzlich ausgetrocknete Haare (die z. B.

längere Zeit in zentralgeheizten Büroräumen gelegen haben) oft wieder brauchbar gemacht werden, indem man die Haare längere Zeit in feuchte Luft bringt.

d) Haare dürfen nie mit den Fingern angefaßt werden, die immer Fettspuren tragen.

10. Als Meßgeräte für die relative Feuchtigkeit sind zu erwähnen: Die Hygrometer in der Form des Koppe'schen oder des Fuess'schen Haarhygrometers oder in Form von selbstschreibenden sogenannten Hygrographen. (Abb. 14 und 15)
11. Zur *Eichung* solcher Haarhygrometer, die regelmäßig vorgenommen werden muß, kann man einen Punkt leicht prüfen, nämlich den Punkt

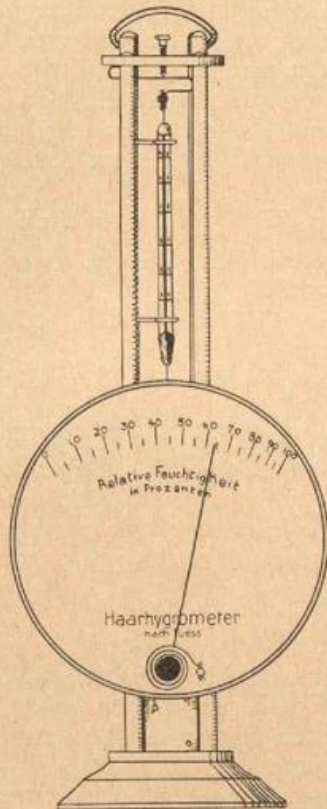


Abb. 15

Wasserdampf-gesättigter Luft (100%). Zu beachten ist dabei, daß es bei den normalen Hygrometern nicht gelingt, 100% zu erzeugen, sondern daß man praktisch nur bis zu 96% hinaufkommt.

12. Man kann zur Feuchtigkeitsmessung ferner die Bestimmung des Taupunktes heranziehen, d. h. die Feststellung, bei welcher Temperatur aus einer gegebenen Luft eine Kondensation eintritt, (Taupunkt) bei welcher Temperatur also der Wasserdampf einer gegebenen Luftmasse übersättigt wird.

Hat man diese Feststellung gemacht, so weiß man nach Tabellen des maximalen Dampfdruckes

- a) den Dampfdruck beim Taupunkt,
- b) den für die betreffende Luft bei ihrer Temperatur maximalen Dampfdruck.

Die Verhältniszahl dieser beiden Größen in Prozent ergibt die relative Feuchtigkeit.

13. Zur Messung der relativen Feuchtigkeit kann man ferner das Prinzip des *Psychrometers* ver-

wenden, dessen wesentliche Grundlage darin besteht, daß ein feuchter Körper um so mehr Wasser verdunstet, je geringer die relative Feuchtigkeit seiner Umgebung ist, und daß die Verdunstung stets mit einer Abkühlung des verdunstenden Körpers verbunden ist. Messe ich also in einem Luftraum die Temperatur eines trockenen und eines feuchten Thermometers nebeneinander, so kann ich aus der Temperaturdifferenz einen Rückschluß auf die relative Feuchtigkeit ziehen.

14. Der Zusammenhang der beiden Größen: Temperaturdifferenz und Feuchtigkeit ist durch die sogenannte *Sprung'sche Formel* gegeben:

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

worin  $e$  der gesuchte Dampfdruck,  $E'$  der maximale Dampfdruck des Wasserdampfes bei der Temperatur  $t'$  des feuchten Thermometers in Millimetern Quecksilbersäule,  $t$  die Temperatur des trockenen Thermometers,  $b$  der Barometerstand in Millimetern Quecksilber ist.

15. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß der maximale *Dampfdruck des Wasserdampfes über Eis* kleiner ist als über Wasser. Je nachdem, ob sich am feuchten Thermometer Eis oder Wasser befinden, müssen also bei Temperaturen von  $0^\circ$  abwärts andere Werte von  $E'$  in die Sprung'sche Formel eingesetzt werden. Als Beispiel erwähnen wir:

	$-10^\circ$	$-5^\circ$	$0^\circ$	Temperatur
Maxim. Dampfdr. üb. Eis	1.96	3.02	4.58	mm Quecksilb.
" " " Wasser	2.16	3.17	4.58	" "

Trotz der Verschiedenheit des Dampfdrucks über Wasser und über Eis wird jedoch für die Berechnung der relativen Feuchtigkeit stets der *maximale Dampfdruck über Wasser* bei der betreffenden Temperatur angenommen. Diese Annahme beruht auf internationaler Vereinbarung. Temperaturgleichheit von trockenem und feuchtem Thermometer gibt bei Temperaturen unter  $0^\circ$  und über Eis am feuchten Thermometer deshalb nicht 100%, sondern geringere Werte.

In seltenen Ausnahmefällen (s. auch „Aerologie“) kann bei Temperaturen unter  $0^\circ$  einmal vom Psychrometer eine Übersättigung angezeigt werden (Übersättigung über Eis bezogen auf Wasser).

16. Im praktischen Dienst wird das *Psychrometer* vielfach in der Form des Assmann'schen Aspirationspsychrometers (Abb. 16) angewendet, dessen wesentlichste Grundlagen sind:

- a) Strahlungsschutz der Thermometer durch vernickelte Hüllrohre,
- b) Ventilation der Thermometer mit Hilfe eines auf dem Prinzip der Schleuderpumpen beruhenden Aspirators.

17. Für den *Gebrauch des Aspirationspsychrometers* sind folgende Punkte zu beachten:

- a) Der Aspirator muß genügend Luft fördern, muß also genügend schnell laufen. Prüfung: an der Umdrehungszeit des durch ein Fenster im Gehäuse sichtbaren Federhauses, das in 70 bis 80 Sekunden eine Umdrehung machen soll.

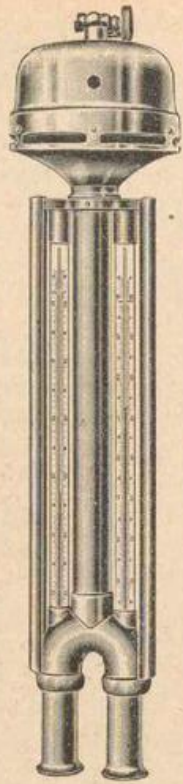


Abb. 16

Längere Umdrehungszeiten geben zu geringe Ventilation.

- b) Bei Temperaturen von 0° abwärts muß genau festgelegt werden, ob sich am feuchten Thermometer Eis oder Wasser befindet, z. B. mit der Bleistiftspitze.
  - c) Bei Temperaturen um 0° kann es vorkommen, daß das Wasser am feuchten Thermometer während der Ventilation gefriert. Dann steigt während dieser Zeit das feuchte Thermometer auf Null Grad bis der Gefriervorgang vollendet ist. Die Messung, die in diesen Fällen längere Zeit beansprucht, kann erst durchgeführt werden, wenn nach dem Gefrieren das feuchte Thermometer wieder einen festen Stand eingenommen hat.
  - d) Vor allen Dingen muß auf ausreichende Befuchtung geachtet werden. Daher zuerst befeuchten, dann Aspirator aufziehen und dann warten, bis Thermometer feste Einstellung zeigen.
  - e) Die Hülle (Musselin-Strumpf) darf nicht verschmutzen. Kalkhaltiges Wasser bewirkt starke Verunreinigung, bewirkt schlechtes Arbeiten des feuchten Thermometers, daher rechtzeitige Erneuerung der Strümpfe.
18. In der *Thermometer-Hütte* wird eine vereinfachte Form des aspirierten Psychrometers angewandt, bei der nur das feuchte Thermometer ventiliert wird. Eine Ansicht dieser Vorrichtung findet sich im Abschnitt J (S. 00).
  19. Die Werte der relativen Feuchtigkeit (und des Dampfdrucks) werden aus der *Psychrometer-Tafel* entnommen, die Eingänge für „trockene“ und „feuchte Temperatur“ enthält. Die Tafeln für Temperaturen unter 0° C sind geteilt für „über Eis“ und „über Wasser“, worauf genau zu achten ist.

Als Beispiel geben wir hier einige Werte der relativen Feuchtigkeit:

Trockenes Thermometer	Feuchtes Thermometer									
	-10° Wasser	-10° Eis	-5° Wasser	-5° Eis	0°	5°	10°	15°	20°	
-10°	100	91	—	—	—	—	—	—	—	
-7.5	35	28	—	—	—	—	—	—	—	
-5°	—	—	100	96	—	—	—	—	—	
-2.5	—	—	50	47	—	—	—	—	—	
0°	—	—	—	—	100	—	—	—	—	
2.5	—	—	—	—	61	—	—	—	—	
5°	—	—	—	—	32	100	—	—	—	
7.5	—	—	—	—	11	68	—	—	—	
10°	—	—	—	—	—	44	100	—	—	
15°	—	—	—	—	—	12	52	100	—	
20°	—	—	—	—	—	—	24	59	100	

20. Die Angaben der relativen Feuchtigkeit und des Dampfdrucks in der Psychrometertafel beziehen sich sämtlich auf den Barometerstand von 755 mm Quecksilber. Bei Luftdruckwerten, die wesentlich von diesem Druck abweichen, müssen entsprechende *Korrekturen* angebracht werden, die sich aus der Sprung'schen Formel

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

leicht ergeben. Als Beispiel nennen wir für  $(t - t') = 1°$ .

Luftdruck:	755	567	378	189 mm
Höhe rund:	0	2.3	5.2	11 km
Verbesserung:	0.0	+0.13	+0.25	+0.41

Zu den Werten der Psychrometer-Tafel für den Dampfdruck müssen diese Verbesserungen addiert werden, um die richtigen Werte zu gewinnen. Selbstverständlich geht diese Korrektur auch in die relative Feuchtigkeit ein und muß dort entsprechend berücksichtigt werden.

#### D. WIND

1. Wir bestimmen den *Wind* nach *Richtung* und *Geschwindigkeit* oder *Stärke*, beide Angaben zusammen geben erst ein geschlossenes Bild von der Luftbewegung.
2. Für die Bestimmung der *Windrichtung* haben wir nebeneinander die Einteilung des Kreises in 32 Teile oder 360 Grade, 32-teilige Kompaßrose der Seefahrer, 36 (je 10°)-teilige Skala der Luftfahrt. Anwendung der 32-teiligen Skala (im allgemeinen unter Benutzung nur der 16 geraden Ziffern) (Abb. 17) zur Angabe des *Bodenwindes*,

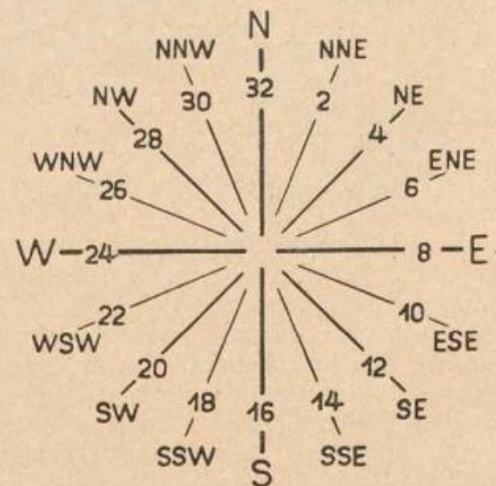


Abb. 17

der 36-teiligen Skala für Höhenwinde. Die Bergstationen melden den Wind nach der 32-teiligen Skala der Bodenbeobachtungsstellen.

3. Wichtig ist, daran festzuhalten, daß die Windrichtung stets nach der Richtung angegeben wird, aus welcher der Wind weht: ein Westwind ist ein Wind, der von Westen her bläst.

Im Gegensatz dazu werden z. B. Strömungen im Meer nach der Richtung angegeben, nach der sie strömen!

4. Zur Bestimmung der Windrichtung wird angewandt: a) die Rauchfahne benachbarter Schornsteine (Vorsicht wegen Fehlern, die durch die Perspektive entstehen können) (Abb. 18), b) Windfahnen (Wetterhahn, Windfahne) (Abb. 19), die geprüft werden müssen, ob sie

mechanisch brauchbar gebaut sind, und c) Windsäcke, Leinwandschlauch mit einer großen und einer kleinen Öffnung, die durch einen Reifen offen gehalten werden (Abb. 20).

Bei den Windfahnen werden heute aerodynamisch gute Formen bevorzugt. Um die Ablesung der Windfahne in Arbeitsräumen zu erleichtern, baut man elektrische Kontaktvorrichtungen ein, die auf Anzeigergeräte (Lampen-Anzeiger) oder Zählwerke arbeiten.

5. Die Windstärke wird geschätzt nach der Beaufort-Skala, deren Grundlage die Segelführung einer alten britischen Schiffsform war. Trotzdem seit langem niemand mehr die Möglichkeit gehabt hat, die Schätzungen mit der Segelführung solcher Schiffe zu vergleichen, haben neuere

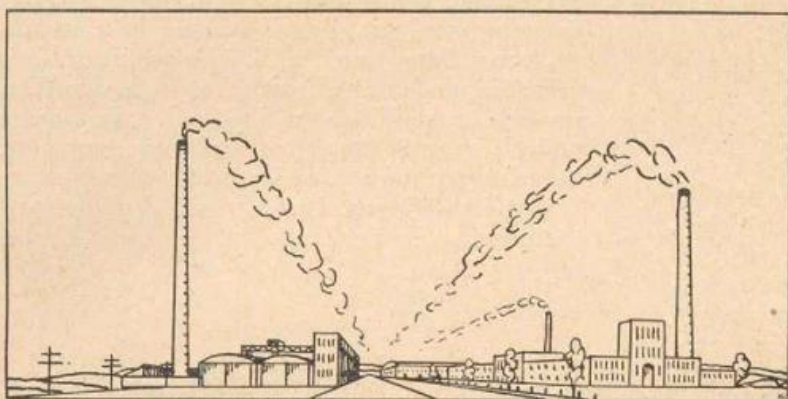


Abb. 18

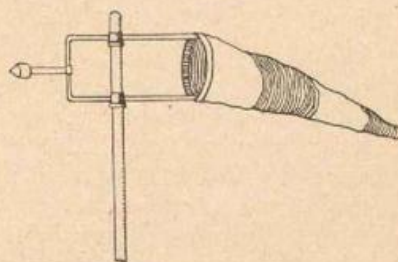


Abb. 20

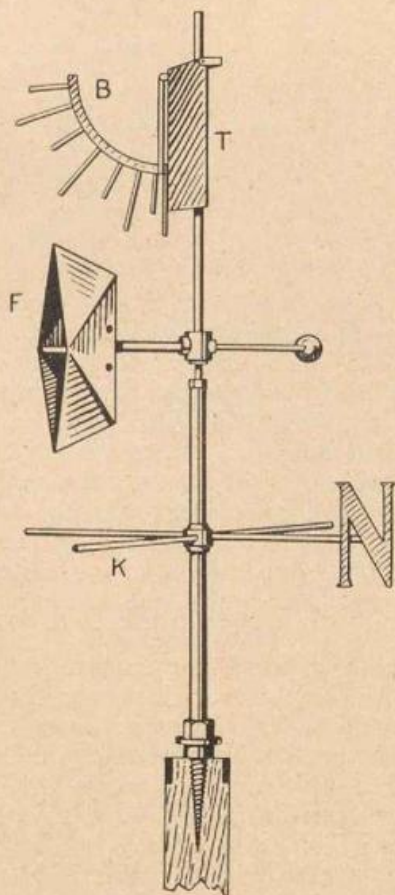


Abb. 19

Untersuchungen gezeigt, daß die Ergebnisse der Schätzung in allen Teilen der Erde vergleichbar sind.

6. Die Windgeschwindigkeit messen wir entweder in Metern pro Sekunde oder in Kilometern pro Stunde. Dabei ist als Umrechnungsgrundlage zu verwenden

$$a \text{ m/sec} = \left(4a - \frac{4a}{10}\right) \text{ km/Std} = (4a - 10 \text{ Proz.}) \text{ km/Std}$$

$$b \text{ km/Std} = \left(\frac{b}{4} + \frac{b}{40}\right) \text{ m/sec} = \left(\frac{b}{4} + 10 \text{ Proz.}\right) \text{ m/sec}$$

7. In den englisch-sprechenden Ländern tritt daneben noch die Meile/Stunde auf, deren Umrechnungszahl

$$1 \text{ mile/hour} = 0,447 \text{ m/sec} = 1,609 \text{ km/Std. ist.}$$

8. Die Angaben der Windstärke sind auf Grund internationaler Vereinbarung mit bestimmten Grenzwerten der Windgeschwindigkeit in Verbindung gesetzt, so daß wir heute aus jeder gemessenen Windgeschwindigkeit sofort die Windstärke angeben können.

9. Die Umrechnung von Beaufort-Windstärken in Windgeschwindigkeiten ist für die Windstärke 1 bis 7 einfach, es entspricht nämlich

$$\text{Windstärke } a \text{ der Windgeschwindigkeit } (2 \times a - 1) \text{ m/sec}$$

$$\text{z. B. Windstärke } 6 = \text{Windgeschwindigkeit } 11 \text{ m/sec.}$$

Über Windstärke 7 hinaus ist diese Rechnung nicht mehr richtig. Wir vermerken hier die Windstärken und die zugehörigen Windgeschwindigkeitsstufen:

Windstärke	Windgeschwindigkeit
0 Windstille	0— 0.5 m/sec
1 leiser Zug	0.6— 1.7 m/sec
2 leichte Brise	1.8— 3.3 m/sec
3 schwache Brise	3.4— 5.2 m/sec
4 mäßige Brise	5.3— 7.4 m/sec
5 frische Brise	7.5— 9.8 m/sec
6 starker Wind	9.9—12.4 m/sec
7 steifer Wind	12.5—15.2 m/sec
8 stürmischer Wind	15.3—18.2 m/sec
9 Sturm	18.3—21.5 m/sec
10 schwerer Sturm	21.6—25.1 m/sec
11 orkanartiger Sturm	25.2—29.0 m/sec
12 Orkan	über 29 m/sec

10. Zur Messung der Windgeschwindigkeit verwenden wir

- die Wild'sche Tafel
- das Schalenkreuz
- das Staurohr

11. Die *Wild'sche Tafel* (s. Abb. 19) ist das mechanisch einfachste Gerät, es besteht aus einer Blechtafel, die an einer waagerechten Achse beweglich aufgehängt ist. Je nach der Windgeschwindigkeit wird die Tafel mehr oder weniger angehoben. Auf einem Kreisbogenabschnitt sind die Anstellwinkel für verschiedene Windgeschwindigkeiten durch Marken festgelegt. Leider bestehen verschiedene Systeme dafür, in Deutschland z. B. mindestens 2, eines mit 5, eines mit 8 Marken (Stiften). Dabei gehören zusammen:

System mit 5 Marken:

Marke	1	2	3	4	5
m/sec	2	4	6	8	10
Beaufort	2	3	4	5	6

System mit 8 Stiften:

Stift	1	2	3	4	5	6	7	8
m/sec	0	2	4	6	8	11	14	20
Beaufort	0	2	3	4	5	6	7	9

Im Einzelfall muß also jeweils geprüft werden, welches System in Anwendung ist.

12. Sehr verbreitet sind ferner *Schalenkreuzanemometer* (Abb. 21), deren wichtigster Bestandteil

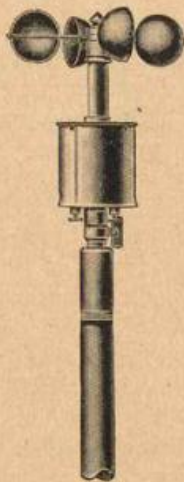


Abb. 21

löffelähnliche, an einem Drahtkreuz nur um eine senkrechte Achse drehbare Schalen sind, deren Öffnungen auf einem Kreise alle nach einer Richtung liegen. Dadurch laufen die Schalenkreuze an, von welcher Richtung auch immer der Wind weht. Bei den Schalenkreuzanemometern haben wir zu unterscheiden:

- Anemometer mit mechanischer Zählung der Umdrehungen (Taschenanemometer),
- Anemometer mit Dynamo, die einen mit der Umdrehungsgeschwindigkeit veränderlichen elektrischen Strom erzeugt, der auch fernabgelesen werden kann.

13. Schalenkreuze werden wegen der notwendigen Massen der Schalenkreuze stets mehr oder weniger ausgeglichene Werte der Windgeschwindigkeit geben. Schalenkreuzanemometer sind daher besonders geeignet, den *Windweg* in einer bestimmten Zeitspanne (z. B. in einer Stunde, in einem Tage oder dergl.) zu geben, d. h. den Weg, den ein Luftteilchen im Laufe der Zeitspanne tatsächlich zurücklegt. Schalenkreuzanemometer sind dagegen wenig geeignet zur Anzeige von Augenblicks-Werten. Dazu ist nur das Staurohr-Anemometer in der Lage.

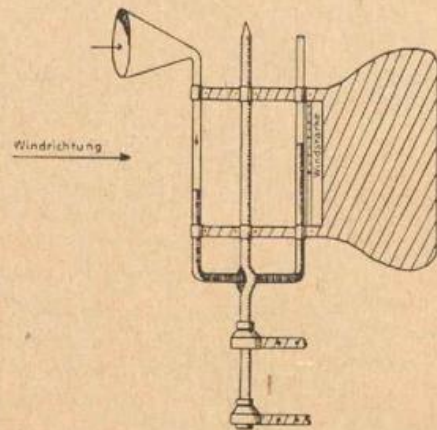


Abb. 22

14. Das Prinzip des *Staurohr-Anemometers* ist folgendes: an einem Manometer ist eine trichterförmige Röhre angebracht, die gegen den Wind gestellt wird (Abb. 22). Der Winddruck bewirkt einen Ausschlag des Manometers, der mit der Windgeschwindigkeit in Zusammenhang gebracht werden kann. Die praktische Ausführung eines derartigen Staurohr-Anemometers ist kompliziert, weil man möglichst vergleichbare Verhältnisse schaffen muß. daher arbeitet man z. B. mit Druck und Sog gleichzeitig.

Da man gleichmäßige Ausschläge für einen großen Meßbereich zu erzielen wünscht, muß man die Manometer-Einrichtung so bauen, daß Druckschwankungen im Anfang der Skala in großem, im Endteil der Skala mit kleinem Maßstab angegeben werden. Da der Winddruck mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit wächst, bekommt man sonst eine praktisch unbrauchbare Skala. Das führt zu Schwimmer-Körpern für das Manometer in besonderer Form (Abb. 23).

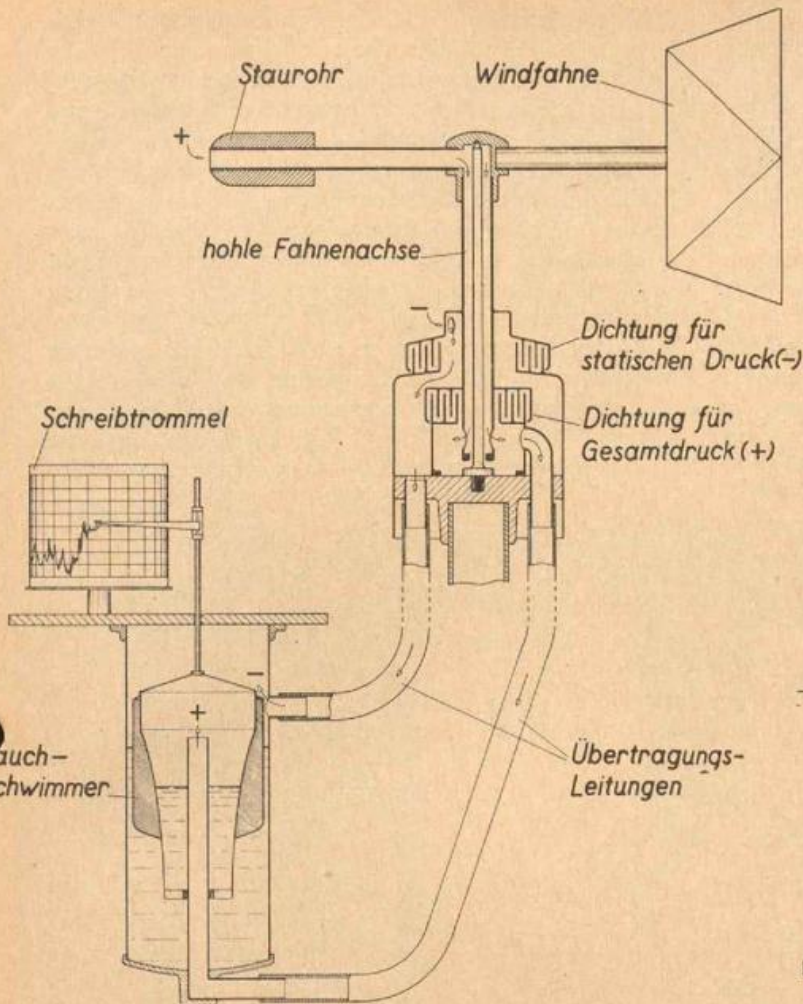


Abb. 23

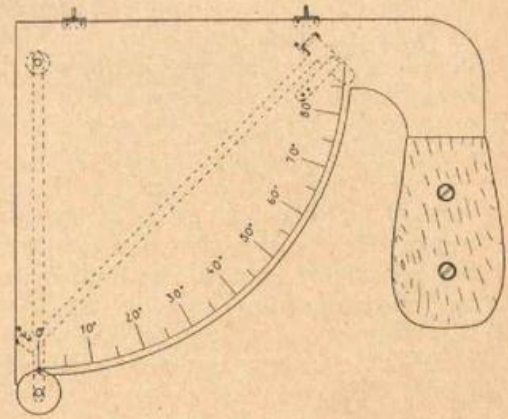


Abb. 25

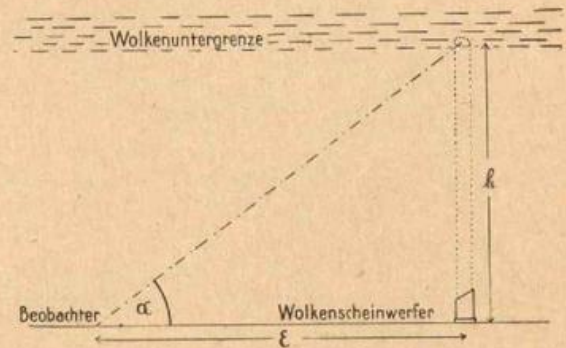


Abb. 24

15. Der Böenschreiber gibt besonders eindrucksvoll die fortwährend schwankende Windgeschwindigkeit, die *Windunruhe* wieder, die in verschiedenen Luftmassen verschieden, z. B. in subtropischer Luft geringer ist als in subpolarer Luft. Die Windunruhe wird aber vor allen Dingen durch die Reibung in der bodennahen Luftschicht stark beeinflusst, deshalb muß für Böenschreiber auch eine besonders sorgfältige, genügend hohe Aufstellung gefordert werden.
16. Als besonders wichtig werden die *Spitzenböen*, d. h. die größte Windgeschwindigkeit jedes Tages besonders ermittelt, weil diese Werte für praktische Zwecke ein besonderes Interesse haben.
17. Mit dem Staurohr-Anemometer werden dann im allgemeinen, z. B. im *Fuess-Universal* eine Windfahne, ein Schalenkreuz und verschiedene Registrierwerke verbunden.

## E. WOLKEN

1. Die *Wolken* werden im allgemeinen nach Art, Menge und Höhe geschätzt. Die instrumentelle Messung tritt nur in 2 Fällen auf:
  - a) im Wolkenscheinwerfer,
  - b) im Wolkenhöhen-Messen mit Pilotballon.
2. Der *Wolkenscheinwerfer* dient zur Bestimmung der Höhe der Unterseite von Wolken. Er ver-

wendet einen Scheinwerfer mit senkrecht nach oben gerichtetem Lichtstrahl, der einen hellen Lichtfleck auf die Wolkenunterseite wirft, der in einer bestimmten Entfernung  $E$  vom Scheinwerfer mit einem Winkelmeßgerät anvisiert wird (Abb. 24).

Man erhält dann aus

$$h = E \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

die Wolkenhöhe  $h$ .

3. Die *Entfernung* des Scheinwerfers vom Beobachtungsort wählt man zweckmäßig zu etwa 200 m.
4. Als *Winkelmeßgerät* kann man einen Theodoliten oder viel einfacher einen sogenannten Senkel-Quadranten verwenden (Abb. 25), bei dem über Kimme und Korn visiert wird, während ein herabhängendes Pendel den Winkel  $\alpha$  zu ermitteln gestattet. Die Auswertung der Messung geschieht mit dem Rechenschieber oder mit einer besonderen Kurventafel, die mit der von Ort zu Ort veränderlichen Größe  $E$  hergestellt wird.
5. Während die Messung mit dem Wolkenscheinwerfer nur während der Dunkelheit möglich ist, kann man mit dem *Pilotballon* gerade am Tage bequem Wolkenhöhen bestimmen. Dazu wird nur die gleichbleibende Steiggeschwindigkeit der Ballone ausgenutzt (s. „Höhenwindmessung“), indem man einen Ballon füllt und bestimmt, nach

wieviel Minuten der Ballon in die Wolke eintaucht. Aus der Minutenzahl multipliziert mit der Steiggeschwindigkeit ergibt sich die Wolkenhöhe über Grund.

- Bei dieser Methode ist zu beachten, daß vor allem in stark gegliederten Landschaften durch das Abtreiben des Ballons und durch die Vertikalbewegungen z. B. unterhalb einer Quellwolke u. U. nicht die Wolkenhöhe über dem Platz gewonnen wird. In solchen Fällen ist eine gewisse Vorsicht notwendig. Auch daraus, daß man zur Wolkenhöhenmessung gern kleine Ballone verwendet, bei denen der Einfluß von Vertikalströmungen besonders groß ist, können Fehler entstehen.
- Die *Wolkenuntergrenze* wird in den Fällen von an der Unterseite stark ausgefaserten Wolken stets auf die erste Trübung, nicht auf das völlige

- Zur Messung dient der *Hellmannsche Regenmesser* (Abb. 27), der ein Auffanggefäß von 200 cm<sup>2</sup> Auffangfläche (Durchmesser: 159.5 mm) besitzt. Der Niederschlag wird aufgefangen und durch einen Trichter in die im Unterteil befindliche Sammelkanne geleitet. Im Winter ist das Schneekreuz in das Auffanggefäß einzusetzen; der aufgefangene Schnee wird vor der Messung geschmolzen, wobei der Deckel aufgelegt wird. Der 2. Regenmesser wird dann zur Beobachtung draußen aufgehängt.

Der Regenmesser ist stets an einem nicht zu windigen Ort so aufzustellen, daß alle Gegenstände mindestens so weit entfernt sind, als sie selbst hoch sind. Die Höhe der Auffangfläche vom Boden beträgt 1.0 m, in schneereichen Gebieten bis 1.5 m (Abb. 28).

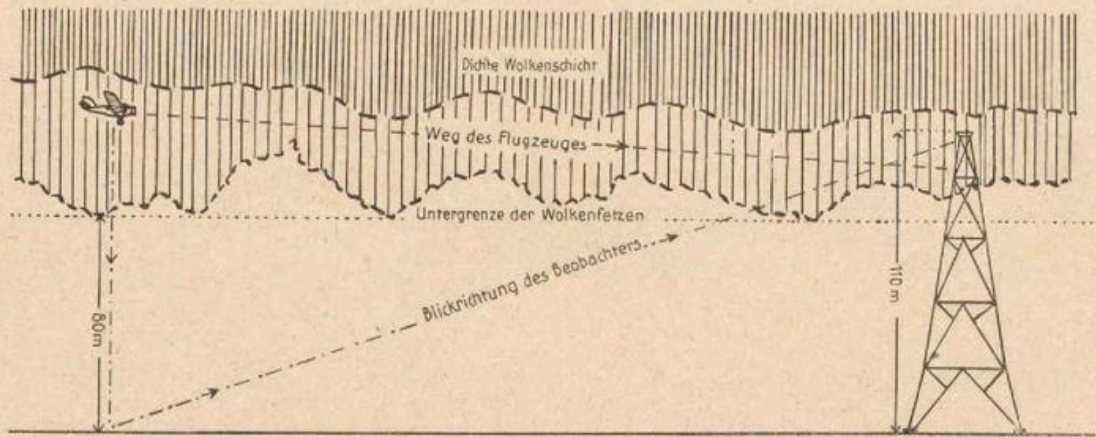


Abb. 26

Verschwinden des Ballons angesetzt. Der Grund dafür wird aus einer Zeichnung klar, die ein Flugzeug in den Fasern einer solchen Wolke darstellt und die Sichtweite Flugzeug — Erdboden und vom Flugzeug in horizontaler Richtung zeigt (Abb. 26).

## F. NIEDERSCHLAGSMESSUNG

- Alle Niederschläge werden nach der Höhe der Wasserschicht gemessen, in der sie den Boden

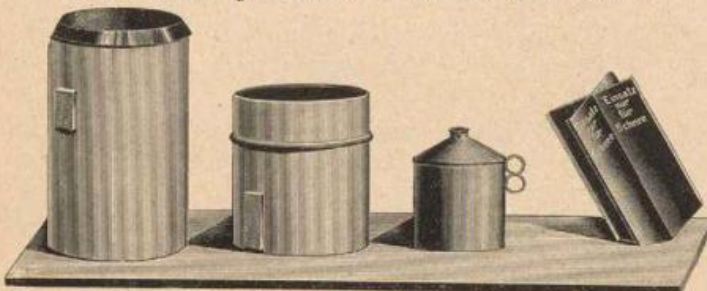


Abb. 27

bedecken, wenn nichts versickern oder verdunsten würde. Angabe der Niederschlagshöhe in Millimetern.

Aus der Tatsache, daß 1 mm Wasser pro Quadratmeter gerade 1 Liter ist, ergibt sich die Berechnung

1 mm Niederschlagshöhe gleich 1 Liter Wasser pro Quadratmeter.

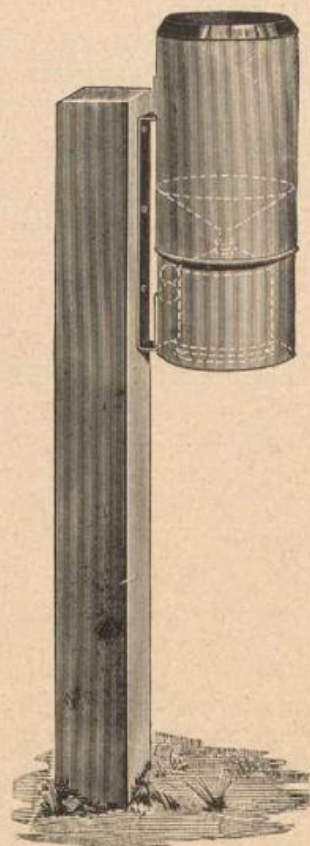


Abb. 28

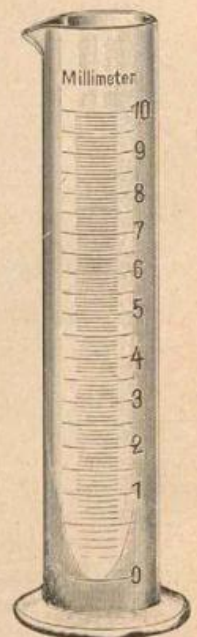


Abb. 29

Zur Messung dient das Meßglas (Abb. 29), das die Ablesung der Niederschlagshöhe gestattet. Diese wird in mm (Millimetern und Zehntelmmillimetern 3.4 mm; 0.8 mm; 2.0 mm) bestimmt. Unmeßbare Niederschläge werden mit 0.0 bezeichnet, ein Strich (—) kennzeichnet eine ausgefallene Beobachtung, ein Punkt (.) bedeutet, daß kein Niederschlag gefallen ist.

Es ist darauf zu achten, daß der Regenmesser unbedingt regelmäßig nachgesehen wird, nicht nur wenn der Beobachter Regen wahrgenommen hat.

3. Beim *Schreibregenmesser Hellmann-Fuess* (Abb. 30) wird der Niederschlag (Regen) in gleicher Weise aufgefangen wie beim Stationsregenmesser. Er gelangt in das Schwimmergefäß, in

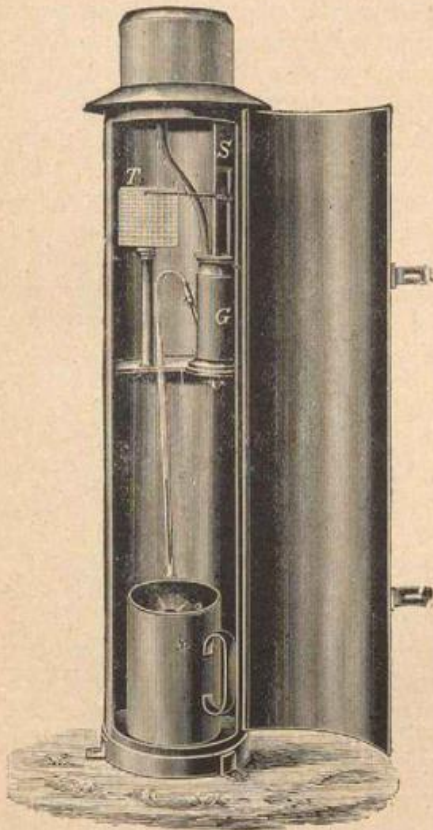


Abb. 30

dem der Schwimmer mit dem Wasserspiegel steigt; diese Bewegung wird mittels einer Feder auf dem Schreibstreifen verzeichnet. Um ein Überlaufen aus dem Gefäß zu verhindern, wird das Wasser nach 10 mm Niederschlag durch Abhebern selbsttätig abgelassen.

Im Winter kann durch eine Heizvorrichtung der Schnee geschmolzen und das Wasser im Schwimmer flüssig gehalten werden, jedoch ist damit leicht ein Verlust durch Verdunstung verbunden. Neben dem Schreibregenmesser muß also ständig ein Stationsregenmesser zur Kontrolle in Benutzung bleiben.

Die Einstellung des Regenmessers erfolgt durch Verschiebung der Registriervorrichtung längs der Achse des Schwimmers und durch Verstellen des Heberrohrs.

Es ist darauf zu achten, daß die Dichtung beim Abheberrohr stets vollkommen ist. Wenn das

Heberrohr verunreinigt ist, wird die Abheberung gestört. Reinigung des Rohres mit Spiritus.

Die Heizung kann durch Veränderung der Heizlampen (Metallfadenlampen, Kohlenfadenlampen) verändert werden. Neuerdings werden die Schreibregenmesser mit einer automatischen Einschaltvorrichtung für die Heizung ausgerüstet (Bimetallkontakt-Vorrichtung).

## G. SCHREIBGERÄTE IM ALLGEMEINEN

1. Im meteorologischen Dienst werden eine ganze Reihe von Schreibgeräten verwendet, die der fortlaufenden Aufzeichnung meteorologischer Daten dienen.

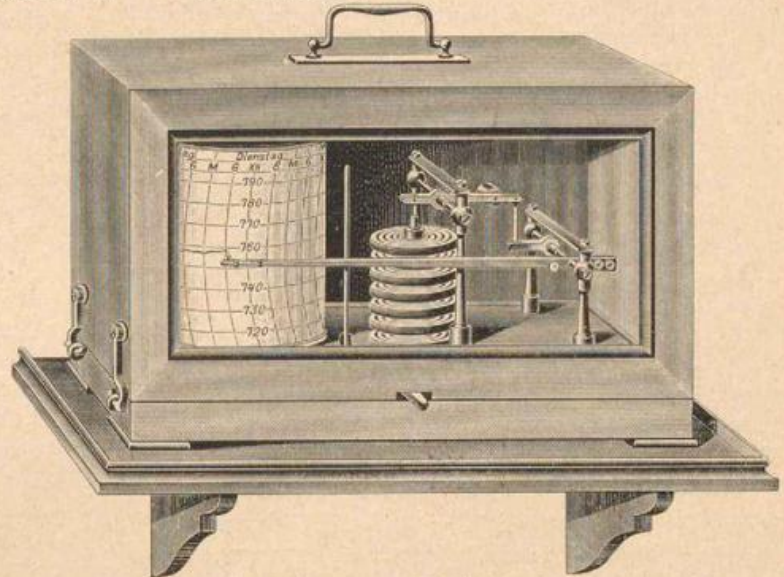


Abb. 31

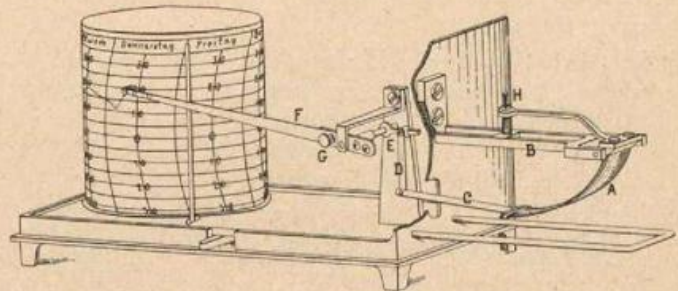


Abb. 32

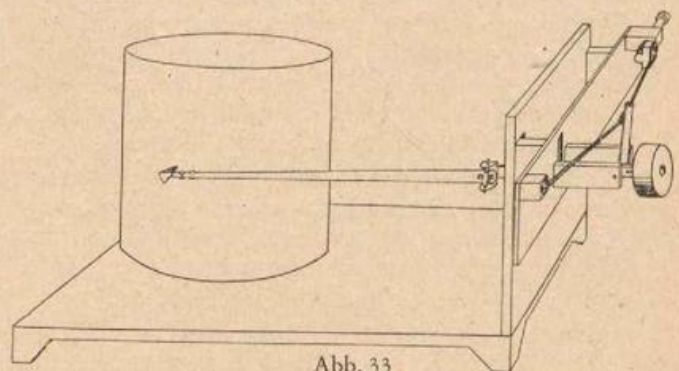


Abb. 33

Als solche Geräte sind vor allem zu nennen: Barographen, Luftdruckschreiber (Abb. 31), Thermographen, Temperaturschreiber (Abb. 32), Hygrographen, Feuchtigkeitschreiber (Abb. 33),

Ombrographen, Niederschlagsschreiber (Abb. 30), Anemographen, Windschreiber (Abb. 23).

2. Alle diese Schreibgeräte besitzen ein Uhrwerk mit einer Trommel, auf deren äußeren Mantel ein Papierstreifen, der Registrierstreifen, aufgelegt wird.

Die Uhrwerke sind so eingerichtet, daß sie der Trommel einen Umlauf in 24 Stunden, 4 Tagen, einer Woche oder auch in einem Vierteljahr geben.

3. Zur *Regulierung des Uhrganges* dient die von oben her zugängliche, durch eine Klappe verschlossene Vorrichtung.

Es bedeutet:

A (avance) bzw. F (fast): schneller („fixer“),  
R (retard) bzw. S (slow): langsamer („saumseliger“).

4. Alle Schreibgeräte bedürfen einer dauernden Kontrolle nach Zeitablauf und Stand. Diesem Zweck dienen die *Zeitmarken*, die etwa dreimal täglich gemacht werden sollen, möglichst zu festen Terminen, die dem Tagesmaximum und -minimum möglichst nahe kommen (z. B. 5 oder 8, 14 und 19 oder 21 Uhr) und an denen die Vergleichsinstrumente ohnehin abgelesen werden.
5. Zum *Streifenwechsel* wird eine Zeitmarke gemacht, die Feder abgestellt und die Trommel abgenommen. Der Streifen ist stets glatt so um die Trommel zu legen, daß er auf dem unteren Rand gleichmäßig aufsitzt. Vollständige Beschriftung (Ort, Geräte-Nr., Tag und Zeit von Abnahme und Auflegen) ist erforderlich.
6. Die Einstellung der Uhr auf die richtige Zeit erfolgt durch Drehen *gegen die Bewegungsrichtung* (Ausschalten des toten Ganges); alsdann wird die Feder angestellt und wieder eine Zeitmarke gemacht.
7. Reichliches Ölen der Uhr ist schädlich. Bei großer Kälte laufen viele Uhren wegen Erstarren des Öls nicht weiter, aber auch aus der Mischung des Öls mit dem immer vorhandenen Staub entsteht leicht eine Störung des Ganges.
8. Die Schreibfedern sind mit *Registriertinte* gefüllt zu halten. Reinigung der Metallfedern mittels des dreieckigen Blechs, mit dem auch der Schlitz der Feder regelmäßig zu säubern ist. Eintrocknete Tinte in Metall- und Glasfedern wird mit Wasser und Spiritus unter Benutzung eines Haarpinsels ausgewaschen. Registriertinte löst sich in Spiritus. Vorsicht, daß Registriertinte nicht auf Anzugstoffe kommt, da die Stofffarben vielfach spiritusempfindlicher sind als die Tinte!
9. Die *Übertragungseinrichtung* vom Meßgerät zur Schreibfeder besteht aus einem System von Hebeln, das die Vergrößerung von Bewegungen des Aufnahmeorgans und einen merkbaren Ausschlag des Schreibarmes mit der -feder herbeiführt.

Die Achsen dürfen nicht zu fest gelagert sein, da sonst die Reibung Fehler in die Aufzeichnungen bringt. Aber auch zu lose Lagerung bedingt Fehler (Stufen). Die Reibung der Schreibfeder auf dem Papier muß so klein wie möglich sein. Soweit eine Fallfeder nicht verwendet wird,

kann der Druck auf das Papier durch eine Stellschraube reguliert werden; wenn man das Gerät etwa 30° nach vorn neigt, muß die Feder vom Papier abstehen.

Bei jedem Schreibgerät kann geändert werden:

- a) der absolute *Stand*. Wenn die Aufzeichnungen des Schreibgerätes durchweg zu hoch oder zu niedrig ausfallen, muß mittels der dafür vorgesehenen Stellschraube (mitunter durch Klemmschraube gesichert) eine Standänderung vorgenommen werden.
  - b) Die *Amplitude*. Die Amplitude ist das Maß des Ausschlags des Schreibhebels für eine Einheit Änderung des beobachteten Elements. Sie ändert sich mit der Verkürzung oder Verlängerung eines Hebelarms. Im allgemeinen sollen Änderungen an der Amplitude nicht oder nur auf Grund von zahlreichen sorgfältigen Vergleichsbeobachtungen mit Anweisung des Dienststellenleiters vorgenommen werden.
10. Die *Meßgeräte* sind je nach dem Zweck des Schreibers verschieden.

- a) Beim *Luftdruckschreiber* dienen die früher behandelten Barometerdosen (Vidi-Dosen) als Meßgerät.

In die Hebelübertragung ist in modernen Geräten eine Bimetall-Lamelle eingebaut, die die Temperaturfehler der Vidi-Dosen ausgleicht. Die Standkorrektionsschraube findet sich im Grundbrett am Dosensatz.

- b) Beim *Temperaturschreiber* dient als Meßgerät ein Bourdonrohr mit Flüssigkeitsfüllung oder ein Bimetallring. Das Bourdonrohr muß völlig mit Flüssigkeit gefüllt sein, weil es sonst auch auf Luftdruckänderungen anspricht.

Die Standkorrektionsschraube befindet sich am Meßkörper.

- c) Beim *Hygrographen* (Bauart Fuess) dient als Meßgerät ein Haarbündel, dessen Längeänderung laufend aufgezeichnet werden. Es ist von einem Schutzkorb umgeben. Die besondere Form der Verbindung zwischen Meßwerk und Übertragungswerk gewährleistet einen größeren Anschlag.

Besonderer Wert ist auf reibungslosen Übertragungsmechanismus zu legen, da dessen Verbindung mit dem Haar nicht starr ist und somit leicht Stufen auftreten können.

Die Stellschraube für den Stand befindet sich an einem Ende des Haarbündels. Bei Sättigung wird das Gerät auf 96% eingestellt.

Die Zeitmarken sind stets nach unten zu machen, damit das Haar nicht gezerrt wird.

- d) Über Regen- und Windschreiber sind keine besonderen Angaben zu machen.

## H. AEROLOGISCHE MESSGERÄTE

1. Aerologische Meßgeräte, sogenannte *Meteorographen* sind Instrumente, die aus der freien Atmosphäre Werte von Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit gewinnen.
2. Je nachdem, ob man *aerologische Aufstiege* mit Fesselballonen, Drachen (Fesselluftfahrzeuge),

Ballonen (bemannte oder Registrierballone) oder Flugzeugen macht, unterscheiden wir:

- Fesselballon-Meteorographen,
- Drachen-Meteorographen,
- Ballon-Meteorographen,
- Flugzeug-Meteorographen,

die sich im Prinzip nur durch den mehr oder weniger stabilen Aufbau und damit das verschiedene Gewicht unterscheiden. Allen Meteorographen gemeinsam ist ein Uhrwerk mit Registriertrommel und eine Serie von Meßgeräten für die Elemente Luftdruck (Vidi-Dosen), Temperatur (Bimetallring) und Feuchtigkeit (Haare), deren Wirkung durch Hebelwerke auf Schreibfedern übertragen wird.

3. Zur *Niederschrift* verwendet man bei aerologischen Meteorographen im allgemeinen nicht Papierblätter, sondern Metall-Folien, die beruht werden, um die Reibung der Federn möglichst klein zu halten und das Verspritzen von Tinte zu vermeiden.

4. Um die richtige Stellung der Blätter zu den Federn zu erreichen, verwendet man in den aerologischen Meteorographen besondere *Basisfedern*, die eine Grundlinie aufschreiben.

Daneben haben Flugzeugmeteorographen im allgemeinen auch noch eine Vorrichtung für die Anbringung von *Zeitmarken* mit einer Feder, die vom Beobachtersitz aus elektromagnetisch betätigt werden kann.

5. Eine besondere Stellung nehmen unter den aerologischen Meßgeräten die *Radiosonden* ein. In den Radiosonden werden zunächst die wichtig-

sten Elemente (Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit) ähnlich gemessen, wie es im Meteorographen geschieht. Anstelle der Schreibvorrichtung tritt jedoch ein Funksender. Die Übermittlung der Meßdaten erfolgt dabei zumeist nach dem sogen. Olland-Verfahren, dessen Prinzip folgendes ist:

Am Rande einer Scheibe (Abb. 34) laufen Zeiger von einem Barometer, Thermometer und Hygrometer. Außerdem sitzen am Rande der Scheibe drei feste Kontakte. Um den Mittelpunkt der Scheibe rotiert, getrieben durch ein Uhrwerk, ein Fühlhebel, der mit dem festen Kontakt und den Zeigern eine Reihe von 6 Stromschlüssen herstellt. Je nach dem Stande der Zeiger wird der Zwischenraum zwischen den einzelnen Kontakten verschieden, eine Bestimmung der zeitlichen Aufeinanderfolge gibt die Möglichkeit zur Rekonstruktion der gemessenen Werte.

Die Stromschlüsse werden durch den Sender zum Boden gemeldet. Daneben kann man auch die Meßwerte durch bestimmte Signale melden lassen oder die Wellenlängen ändern.

Die in Deutschland in Gebrauch befindliche *Lang-Sonde* ist nach einer Weiterentwicklung des Olland-Prinzips gebaut.

In jedem Falle gibt die Radiosonde die Möglichkeit, schnell Ergebnisse über den Zustand der freien Atmosphäre zu gewinnen, ohne daß man darauf angewiesen ist, das Instrument wieder zu suchen, wie beim Registrierballon. Deshalb geben Radiosonden z. B. auch die Möglichkeit zu aerologischen Aufstiegen auf dem Ozean, auf Inseln oder in unbewohnten Gebieten (Arktis, Wüste).



Abb. 35

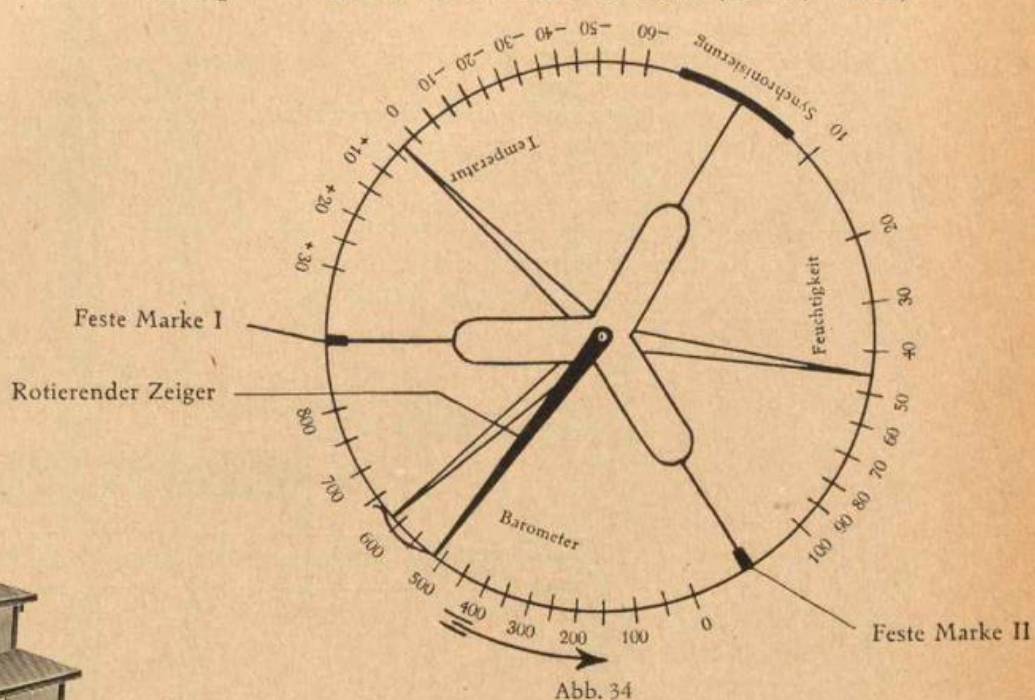


Abb. 34

## I. DIE THERMOMETERHÜTTE

1. In der *Thermometerhütte* (Abb. 35) werden die zur Messung von Temperatur und Feuchtigkeit benötigten Instrumente untergebracht. Die Hütte bezweckt eine vor Strahlung geschützte, genügend durchlüftete Aufstellung dieser Geräte.

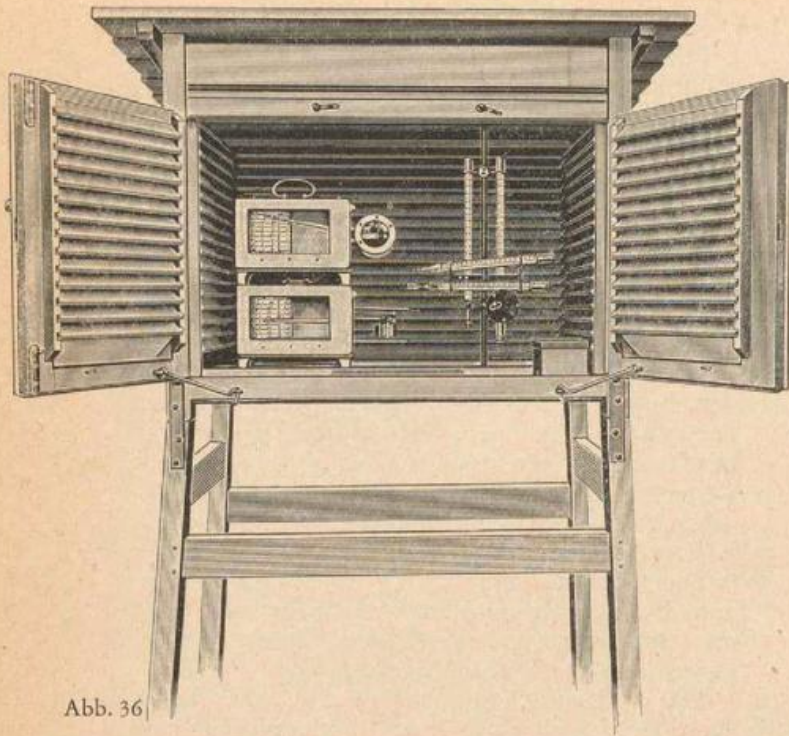


Abb. 36

2. Die *Hütte* (Abb. 36) weist ein doppeltes Dach auf, wobei der Zwischenboden durchlöchert ist. An den Seiten hat sie doppelte Jalousiewände, die keine direkte Sonnenstrahlung hindurchlassen dürfen. Der Boden ist in 2 Stufen voneinander abgesetzt. Auf guten, weißen Anstrich ist zu achten; Dachpappe darf nicht verwendet werden. Die Tür zeigt immer nach Norden. Das Gestell ist zusammenlegbar; es soll 1.80 m aus der Erde herausragen und der Hütte einen erschütterungsfreien Stand geben. Der Tritt darf das Gestell nicht berühren.
3. Die *Hütte* ist so *aufzustellen*, daß sie ununterbrochen, mindestens aber in der Zeit von 10 bis 16 Uhr von der Sonne beschienen werden kann. Sie soll an einem Platz stehen, zu dem die Luftbewegung ungehindert Zutritt hat. Mulden oder besonders feuchter Untergrund sind zu vermeiden, da sie die Temperatur und Feuchtigkeit örtlich beeinflussen.

4. Die *Hütte* ist stets *verschlossen* zu halten. Sie wird nur zu der Beobachtung selbst geöffnet. Auch während der Aspirator läuft, ist die Hütte zu schließen.
5. In der *Hütte* sind *untergebracht* (Abb. 37):
  - a) ein trockenes und ein feuchtes Thermometer,
  - b) eine Ventilationseinrichtung für das feuchte Thermometer, der sogen. Aspirator,
  - c) ein Maximum- und
  - d) ein Minimum-Thermometer.
 Alle diese Geräte sind an dem Thermometer-Halter befestigt. Das Minimum-Thermometer soll waagrecht, das Maximum-Thermometer mit der Kugel nach unten leicht geneigt aufgestellt werden. Der Halter für Maximum- und Minimum-Thermometer soll im Sommer unten, im Winter oben an dem Thermometer-Halter angebracht werden.
6. Über die *Funktion* der Thermometer ist nichts weiter zu sagen, für die Ventilationseinrichtung gilt das früher über den Aspirator Gesagte (s. S. 11 Abschn. 17).

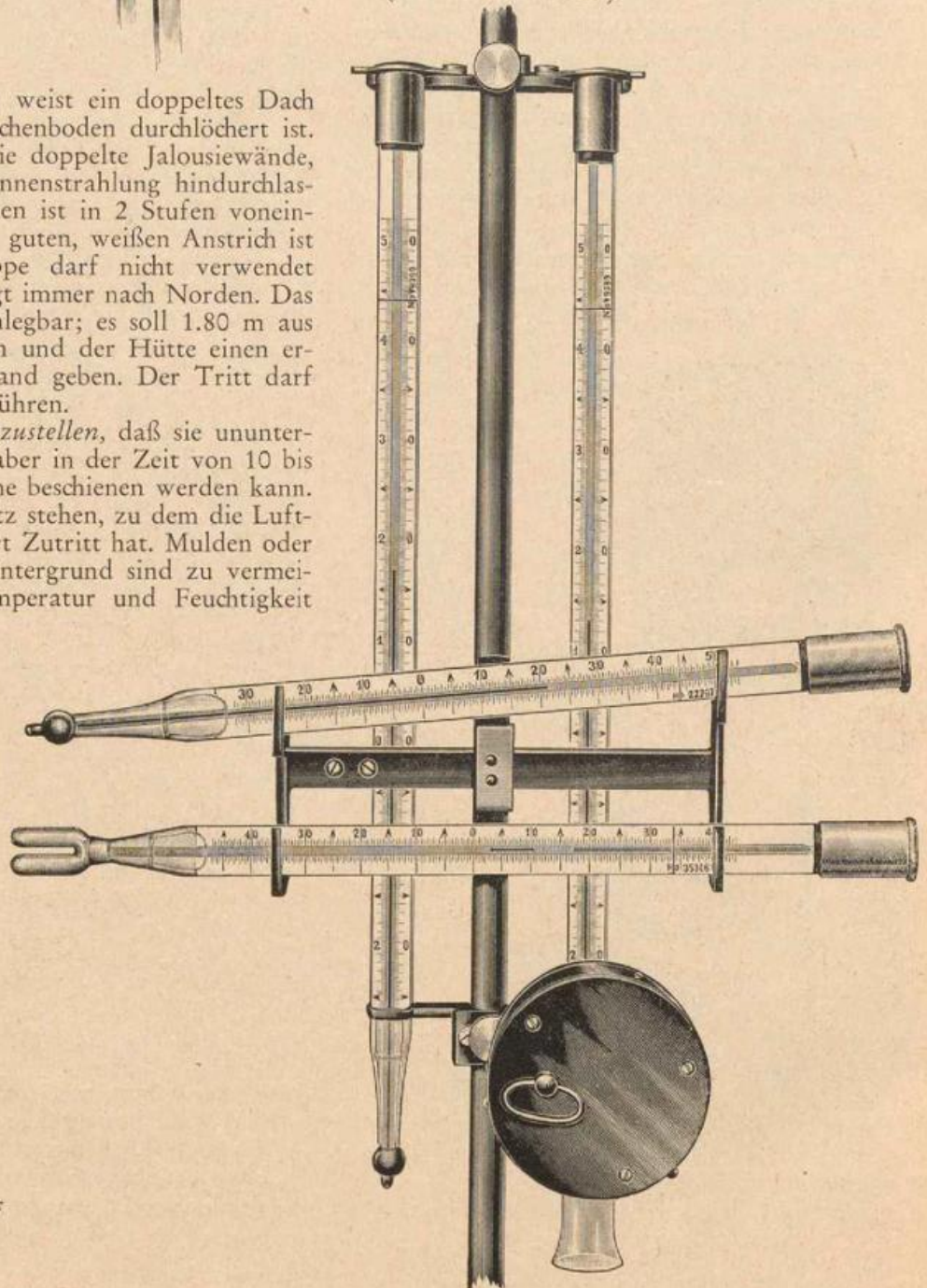


Abb. 37

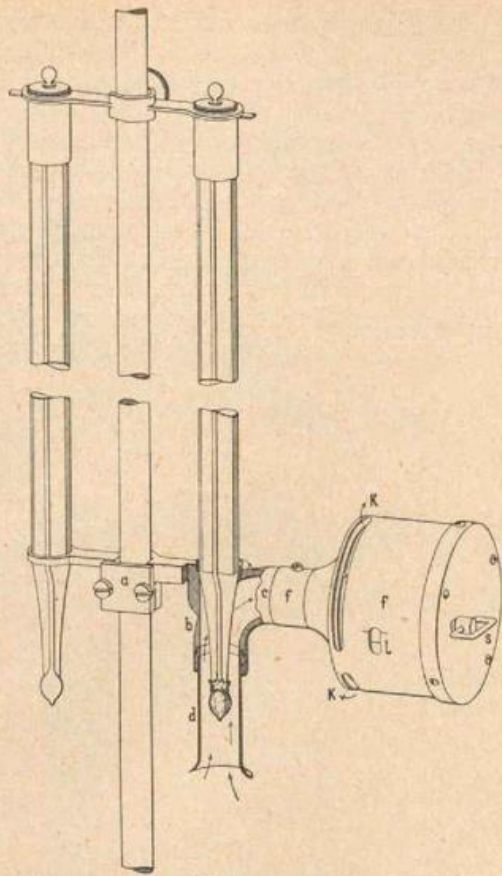


Abb. 38

7. Das *feuchte Thermometer* (Abb. 38 und 39) soll fest im unteren Halter stecken, der durch einen Lederring nach oben dicht abgeschlossen ist. Das Glasansatz-Rohr gestattet die Beobachtung der Thermometerkugel (Eis oder Wasser!). Zwei Korke verschließen die Öffnungen des Halters.

8. Vor dem *Termin* werden die Korke entfernt und der aufgezo- gene Aspirator angesetzt. Die Ablesung ist nach 3—5 Minuten gleichzeitig mit der des trockenen Thermometers vorzunehmen: auf

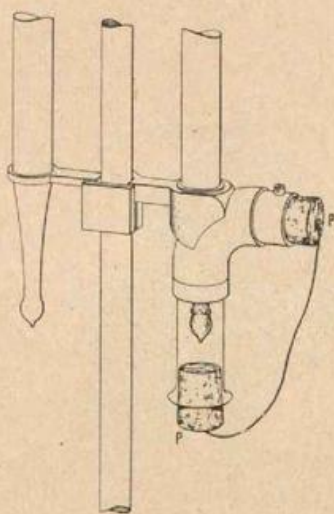


Abb. 39

Eis und Wasser am feuchten Thermometer ist zu achten, denn der Sättigungsdruck über Eis ist kleiner als über Wasser (s. S. 11). Alsdann wird befeuchtet (Gläschen!) und fest verschlossen.

9. Zu *achten* ist u. a. auf dichten Abschluß durch Lederring und Korke, gleichmäßigen, erschütterungsfreien Lauf des Aspirators (Min.-Thermometer!) und Sauberkeit des Musselins.

10. Außer den im 5. Abschnitt genannten Geräten können noch Thermograph und Hygrograph und ein Hygrometer in der Thermometerhütte untergebracht werden.

## J. SONDERMESSGERÄTE

### 1. Erdbodenthermometer.

Zur Messung der Temperatur an der Erdoberfläche und in verschiedenen Tiefen des Erdbodens werden drei verschiedene Thermometer-Arten verwendet, nämlich:

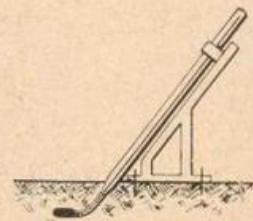


Abb. 40

a) Extremthermometer für die Temperatur am Erdboden (Gras-Minimum), ein normales Minimumthermometer, das ohne Strahlungsschutz etwa 5 cm über dem Boden angebracht

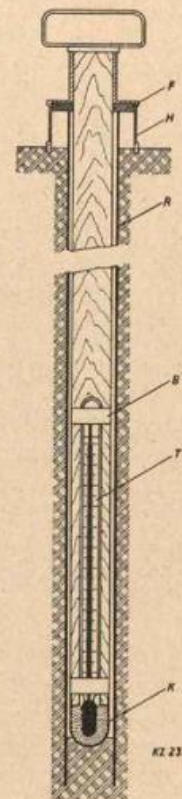


Abb. 41

wird. Bei Schneedecke soll das Thermometer auf die Schneedecke gelegt werden.

b) Geknickte Flüssigkeitsthermometer für geringe Tiefen (bis etwa  $\frac{1}{4}$  m) (Abb. 40). Die Thermometer sind geknickt, um die Ablesung zu

erleichtern. Anbringung an besonderen Gestellen.

- c) Thermometer für Tiefen über  $\frac{1}{4}$  m. Diese Thermometer werden an Holzstangen befestigt (Abb. 41), die in Ton- oder Neusilberrohren in den Boden eingelassen werden. Die Löcher für die Rohre werden mit besonderen Bohrern nur so weit gebohrt, daß die Rohre gerade eingelassen werden können.

Die Thermometer bekommen besondere Packungen (Kupferkappe mit Asbestfüllung um das Thermometergefäß), um die Ablesung

Häufig setzt man neben das Schwarz-Kugel-Thermometer ein zweites Thermometer mit weißer Kugel in einer ähnlichen Glashülle (Abb. 42).

3. Im *Aktinographen* nach Robitzsch (Abb. 43) wird dieses Prinzip zur Registrierung der Einstrahlung ausgenutzt. Als Meßinstrument dienen drei gleiche Bimetall-Thermometer, von denen zwei weiß und eines schwarz gefärbt sind und die gegeneinander arbeiten. Der Ausschlag des Zeigers gibt Strahlungsmengen an. Das Instrument muß durch Versuch geeicht werden.



Abb. 42

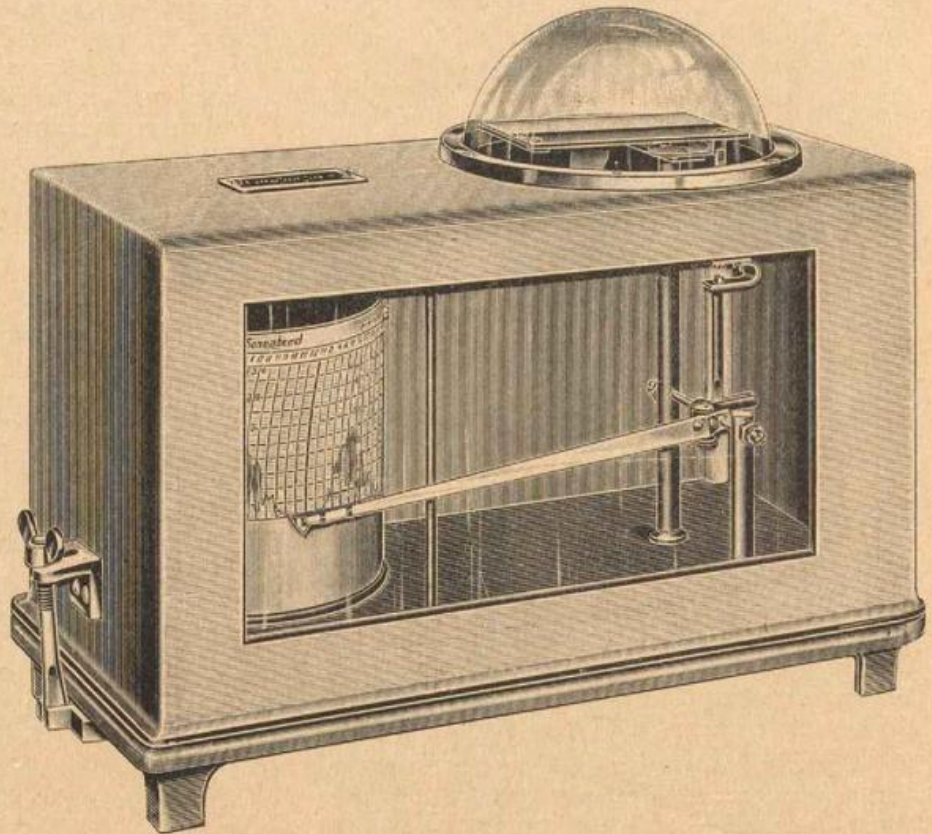


Abb. 43

des Thermometers nach dem Herausziehen aus dem Rohr zu ermöglichen. Die Tiefe der Löcher darf nur genau so groß sein wie die Meßtiefe, damit die Kupferkappe sicher am Boden anliegt.

Vor Grundwasser sollen die Erdboden-Thermometer geschützt sein.

## 2. Schwarz-Kugel-Thermometer.

Ein Thermometer mit berußter Kugel mißt in der Sonne nicht die Lufttemperatur, sondern einen gewissen Anteil der Einstrahlung. Welcher Anteil gemessen wird, hängt a) von dem Zustand der Schwärzung der Kugel und b) von der Ventilation des Thermometers ab.

Setzt man das Schwarz-Kugel-Thermometer in eine teilweise luftleer gemachte Glaskugel, so kann man sich von dem Faktor b) größtenteils frei machen und gleichzeitig a) vor Änderungen schützen, d. h. Strahlungsmessungen mit einem Thermometer machen.

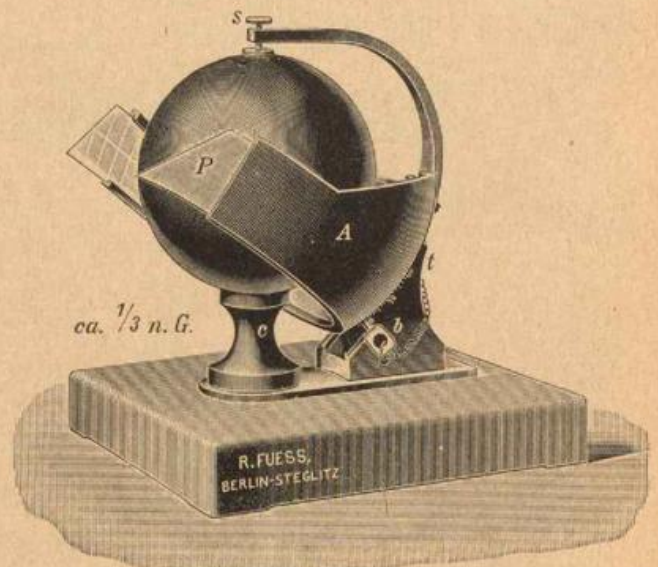


Abb. 44

4. Der *Sonnenscheinautograph* nach Campbell-Stockes (Abb. 44). Durch die Wirkung einer Glaskugel werden die Sonnenstrahlen in einem Brennfleck gesammelt, der auf einem Kartonstreifen Brennschmelzen hinterläßt. Die Brennschmelzen geben eine Aufzeichnung der Sonnenscheindauer.

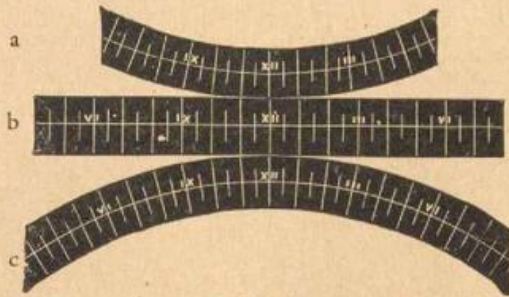


Abb. 45

Da die Sonnenhöhe im Laufe des Jahres wechselt, hat man (Abb. 45) im Sommer (c), Winter (a) und im Herbst und Frühjahr (b) drei verschiedene Arten von Streifen zu verwenden, die an verschiedenen Stellen des Autographen eingeschoben werden.

Zur richtigen Funktion des Apparats sind wichtig:

- genau waagerechte Aufstellung,
- Einstellung des Streifenhalters nach der richtigen geographischen Breite,
- genaue Einstellung in die Nord-Süd-Richtung.

## K. TERMINE FÜR DIE ABLESUNG DER VERSCHIEDENEN INSTRUMENTE

### 1. Ablesetermine.

	Klimadienst	Synoptischer Dienst
Luftdruck (Barometer)	7, 14, 21 Uhr O. Z.	2, 5, 8, 11, 14, 17, 19, 23 Uhr M. E. Z. <sup>4)</sup>
Temperatur		
Stations- thermometer	7, 14, 21 <sup>h</sup> O. Z.	2, 5, 8, 11, 14, 17, 19, 23 Uhr M. E. Z. <sup>5)</sup>
Maximum- thermometer	21 Uhr O. Z.	8 u. 19 <sup>h</sup> nur Ablesung Einstellg. 21 <sup>h</sup> O. Z. <sup>6)</sup>
Minimum- thermometer	21 Uhr O. Z.	8 u. 19 <sup>h</sup> M. E. Z. nur Ablesung, Einstellung 21 Uhr O. Z. <sup>6)</sup>
Erdboden- minimum- thermometer	7 <sup>h</sup> Ablesung 21 <sup>h</sup> Ablesung u. Einstellung	
Luftfeuchtigkeit (Psychrometer u. Hygrometer)	7, 14, 21 <sup>h</sup> O. Z.	2, 5, 8, 11, 14, 17, 19, 23 Uhr M. E. Z. <sup>6)</sup>
Niederschlag (Regenmesser)	7, 14, 21 <sup>h</sup> O. Z.	8 u. 19 <sup>h</sup> M. E. Z. <sup>7)</sup>

Schneedecke		
Höhe	7 <sup>h</sup> O. Z., wenn Schneedecke vorhanden	8 u. 19 <sup>h</sup> M. E. Z. <sup>8)</sup>
Wassergehalt	7 <sup>h</sup> O. Z. Mon- tags, Donner- tags, Sonnabends	8 u. 19 <sup>h</sup> M. E. Z. <sup>8)</sup>

### 2. Zeitmarken für Registrierinstrumente.

Bei jedem Termin sind die Registrierinstrumente auf einwandfreien Lauf zu prüfen (Anliegen der Feder, ausreichende Tintenmenge!). Im Klimadienst werden Zeitmarken um 7, 14 und 21 Uhr O. Z. gemacht, im synoptischen Dienst nach besonderer Anweisung.

### 3. Streifenwechsel.

für Instrumente mit Tagesumlauf der Registriertrommel:	täglich anschl. an 7 <sup>h</sup> (8 <sup>h</sup> ) Termin <sup>8)</sup>
für Instrumente mit Wochenumlauf der Registriertrommel:	Montags anschl. an 7 <sup>h</sup> (8 <sup>h</sup> ) Termin
Sonnenschein-Autograph:	tägl. 21 <sup>h</sup> auch wenn die Sonne nicht ge- schienen hat

### 4. Zeitangaben.

O. Z. = mittlere Ortszeit des Beobachtungs-ortes. Die Ortszeit ist gleich der Mitteleuropäischen Zeit auf dem 15° östlich von Greenwich. Westlich davon ist die O. Z. pro Längengrad 4 Minuten später, östlich davon pro Längengrad 4 Minuten früher. Ein Ort auf 20° östl. Länge hat z. B. eine O. Z., die  $5 \times 4 = 20$  Minuten früher liegt, als die M. E. Z., d. h. dort ist es um 6 Uhr 40 Min. M. E. Z. bereits 7 Uhr O. Z.

M. E. Z. = Mitteleuropäische Zeit, die O. Z. des 15° östlich von Greenwich.

Die Angaben der O. Z. gehen mit der Einführung der Sommerzeit, d. h. 7 Uhr O. Z. Winterzeit wird 7 Uhr O. Z. Sommerzeit.

Die Angaben in M. E. Z. dagegen werden mit der Einführung der Sommerzeit um 1 Stunde später gelegt.

8 Uhr M. E. Z. Winterzeit wird 9 Uhr Sommerzeit.

<sup>4)</sup> außerdem nach besonderer Anforderung und besonderer Anweisung (qfe, qff)

<sup>5)</sup> außerdem zu Sondermeldungen und nach besonderer Anweisung

<sup>6)</sup> Falls die synoptische Station nicht gleichzeitig Klimastation ist, erfolgt das Einstellen der Extremthermometer um 19 Uhr M. E. Z.

<sup>7)</sup> bei den Wetterwarten der Flughafenleitungen außerdem um 2 und 14 Uhr

<sup>8)</sup> Die Böenschreiber müssen aus technischen Gründen nach 8 Uhr bedient werden.

## L. LITERATUR

1. *Kleinschmidt*, Handbuch der meteorologischen Instrumente, Berlin, J. Springer, 1934
2. *Habermehl*, Handbuch der Fliegerwetterkunde, Band III: Die Meßgeräte des Wetterdienstes, Berlin, Gebr. Radetzki, 1939
3. Aspirationspsychrometer-Tafeln, Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1939
4. Anleitung für die Beobachter an den Wetterbeobachtungsstellen des deutschen Reichswetterdienstes, Ausgabe für den Klimadienst. Allgemeiner Teil für die Stationen I.-III. Ordnung, Berlin, Reichsamt für Wetterdienst
5. *Keil*, Über Meteorographen für aerologische Zwecke, Berlin, J. Springer, 1938
6. Über Radiosonde-Konstruktionen, Berlin, J. Springer, 1938 und 1939
7. *Robitzsch*, Ausführliche barometrische Reduktions- und Höhentafeln, Leipzig, Keller, 1939
8. *Bongards*, Feuchtigkeitsmessung, München, Oldenbourg, 1926

