



## Kreislaufkomponente Niederschlag

Aus der Lufthülle ausgeschiedenes Wasser.  
Der atmosphärische Niederschlag tritt auf als

Regen, Schnee, Hagel (fallender Niederschlag),

Nebelniederschlag, Tau, Reif, Raufrost  
(abgesetzter Niederschlag).

### **Niederschlagshöhe $h_N$ :**

Wasserdargebot aus atmosphärischen Niederschlägen an einem bestimmten Ort, ausgedrückt als Wasserhöhe über einer horizontalen Fläche in mm. Bezogen auf  $1\text{m}^2 = 1\text{l}$ .



*Mittlere Niederschlagshöhen pro Jahr für unterschiedliche Gebiete:*

Gebiet der BR Deutschland

1891 - 1930:  $h_N = \underline{803 \text{ mm/a}}$

(offenbar wurde die für das Deutsche Reich geltende 40-Jahresreihe auf die kleinere BR Deutschland umgerechnet)

*Mittlerer Jahresniederschlag alte BRD:*

1931 - 1960:  $h_N = \underline{837 \text{ mm/a}}$

Trockengebiet Kassel  $h_N = 600 \text{ mm/a}$

Alpennordrand  $h_N = 1200 \text{ mm/a}$

Hohenpeißenberg  $h_N = 2000 \text{ mm/a}$

(südl. Rosenheim)

alte DDR  $h_N = \underline{662 \text{ mm/a}}$

Deutsches Reich (s.o.)  $h_N = 700 \text{ mm/a} (?)$

Europa  $h_N = 660 \text{ mm/a}$

Osnabrück  $h_N = 771 \text{ mm/a}$

Hannover Flughafen  $h_N = 641 \text{ mm/a}$



## Mittlerer Gebietsniederschlag:

$$h_N \cdot \Sigma A_i = \Sigma(h_{Ni} \cdot A_i)$$

Z.B. Gesamtgebiet BRD & DDR:

$$A_{(\text{BRD})} = 248.097 \text{ km}^2$$

$$A_{(\text{DDR})} = 107.775 \text{ km}^2$$

---

$$\Sigma A_i = 355.872 \text{ km}^2$$

$$h_N = \frac{837 \cdot 2,48 \cdot 10^5 + 662 \cdot 1,08 \cdot 10^5}{3,56 \cdot 10^5} = 758 \text{ mm/a}$$



## Hohe Werte:

Mt. Waialeale/Hawaii  $h_N = 11.680 \text{ mm/a.}$

Nimes 1988  $h_N = 311 \text{ mm/d}$

Nicaragua 1988  $h_N = 400 \text{ mm/d}$

Der Lago Maggiore soll 1993 kurzfristig (?) um  $4\text{m} = 4.000\text{mm}$  gestiegen sein. (Hier handelt es sich allerdings um Niederschlag eines weit größeren Gebietes !!)

Tropische Wirbelstürme:  $h_N$  bis zu  $1000\text{mm}$  in wenigen Stunden.

# Extreme Niederschlagsereignisse



Nieder- schlags- dauer	Nieder- schlags- höhe [mm]	Intensität [mm/h]	Ort	Datum
1 Min.	31,2	1872	Unionville, Md, USA	04.07.56
8 Min.	126	945	Füssen, Allgäu	25.05.20
42Min.	305	436	Holt, Mo, USA	22.06.47
1440 Min.	1870	78	Cilaos, La Réunion	15.03.52
15 Tage	4798	13,3	Tscherrapundschi, Indien	24.06.31
31 Tage *	9300	12,5	Tscherrapundschi, Indien	Juli 1861
1 Jahr *	26461	3,02	Tscherrapundschi, Indien	Aug. 1860
2 Jahre *	40768	2,33	Tscherrapundschi, Indien	Aug. 1860

\* Von Seiten der Messtechnik zu bezweifeln!



## Zyklon = Wirbel

Der sogenannte Zyklon ist ein tropischer Wirbelsturm, wie der Hurrikan oder der Taifun. Diesen Stürmen ist in den verschiedenen Regionen der Erde eines gemeinsam: Sie entstehen immer über großen, warmen Meeresflächen.

Ein tropischer Wirbelsturm hat Durchmesser von 500 bis 1000 km. Im Auge des Sturmes, das einen Durchmesser von 20 bis 40 km haben kann, herrscht Windstille. Der Grund: Im Zentrum sinken die Luftbewegungen ab, während sie sich im äußeren Ringbereich aufwärts bewegen. Dort werden Geschwindigkeiten von bis zu 400 km/h erreicht.



Zyklone kommen in einem Gürtel rund acht bis zwölf Grad nördlich oder südlich des Äquators vor. Dort ist die Erdrotation stark genug, um Wirbel auszubilden. Das Meerwasser muss zudem mindestens 27 Grad warm sein. Schwere Wolkengebilde steigen in einem Ring um das Auge in die Höhe, reißen von der Meeresoberfläche Luft und Wassertröpfchen nach oben. Aus dieser Wolkenwand stürzen in wenigen Stunden bis zu 1000 Liter Wasser auf den Quadratmeter, also mit Intensitäten von etwa 500mm/h.

Solange ein Zyklon, Taifun oder Hurrikan über das Meer zieht, ist seine Kraft ungebrochen. Trifft er auf Festland, ebbt er ab. Die größte Gefahr besteht in einer durch den Sturm verursachten Flutwelle, die zwischen 5 und 10 m Höhe betragen kann. (Tsunamis werden noch höher, vergl. Küsteningenieurwesen !)



Regentypus	Intensität	Mittl. Tropfen- durchmesser	Fallgeschwin- digkeit
	[mm/h]	[mm]	[m/s]
Nieseln	0,25	0,30	
Leichter Regen	1 bis 5	0,45	2,00
Starker Regen	15 bis 20	1,50	5,50
Gewitterregen	100	3,00	8,00

Extremer Tropfendurchmesser: 5mm.



## Verfahren für die Niederschlagsmessung:

- Hellmann-Regenmesser ( $T_N = 24\text{h}$ )  
Zylinder mit geeichtem Messglas (= Ombrometer, Pluviometer)  
und Schneekreuz  
Anzeige: -10%, im Gebirge viel kleiner.  
Verdunstungsverlust (BDR): 130-150mm.
- Totalisator ( $24\text{h} \leq T_N \leq 1 \text{ Mon.}$ )  
Zur Schneeschmelze: Chlorkalziumlösung  
gegen Verdunstung: Vaselineöl, Glycerin  
Anzeige: -20 bis - 100% !
- Niederschlagsschreiber ( $T_N \leq 1\text{a}$ )  
(Ombrograph, Pluviograph)  
nach dem Schwimmer-Heberprinzip

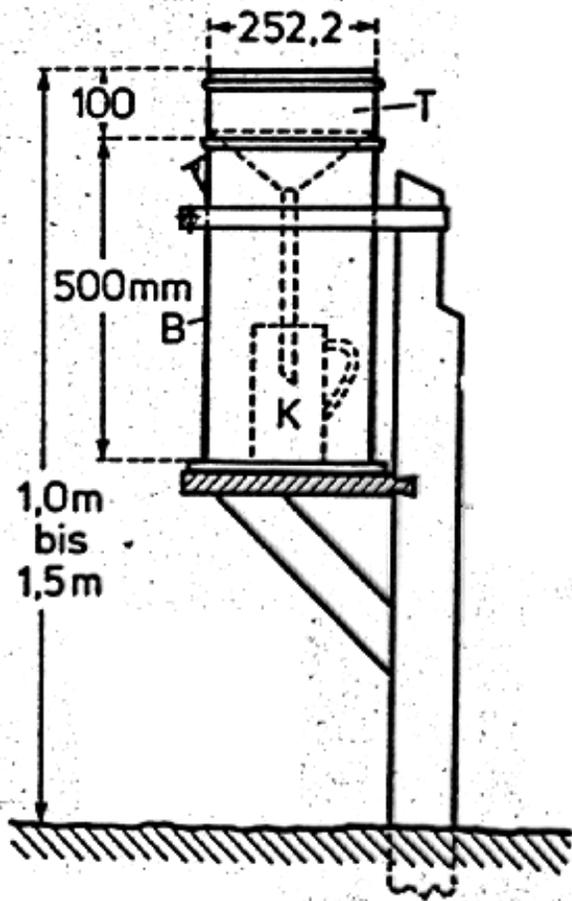


- Wägeprinzip (Hornersche Wippe (HW))
- Tropfenzähler (Ombrometer Hohenpeißenberg (HP))  
HW auch für Winterniederschläge
- Radar  
Reflexion von Radarwellen insbesondere zur Erfassung von Starkregenereignissen. In der Erprobung für HW-Vorhersage.
- Schneestecker = Zylinder für Altschnee
- Schneepegel
- Neuschneebrett für tägliche Messungen

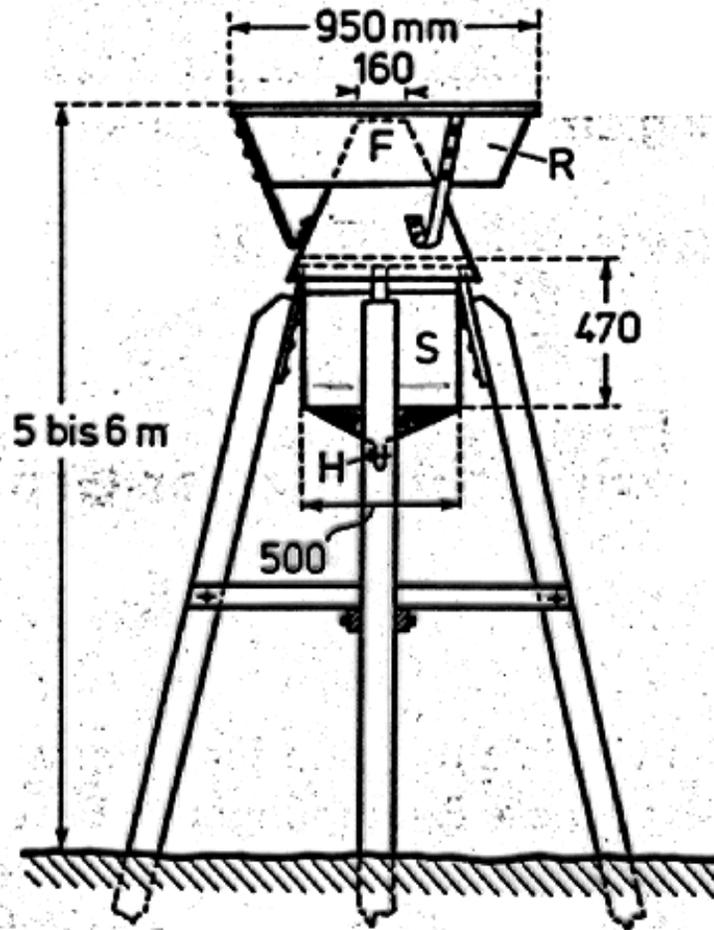
Wasseräquivalent von Schnee:

Altschnee :  $h_S/h_N = 5$  bis  $2$

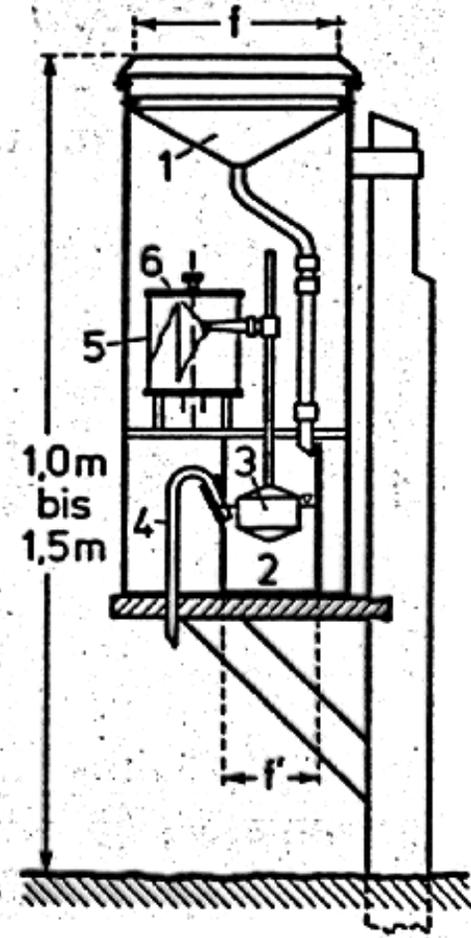
Neuschnee :  $h_S/h_N = 15$



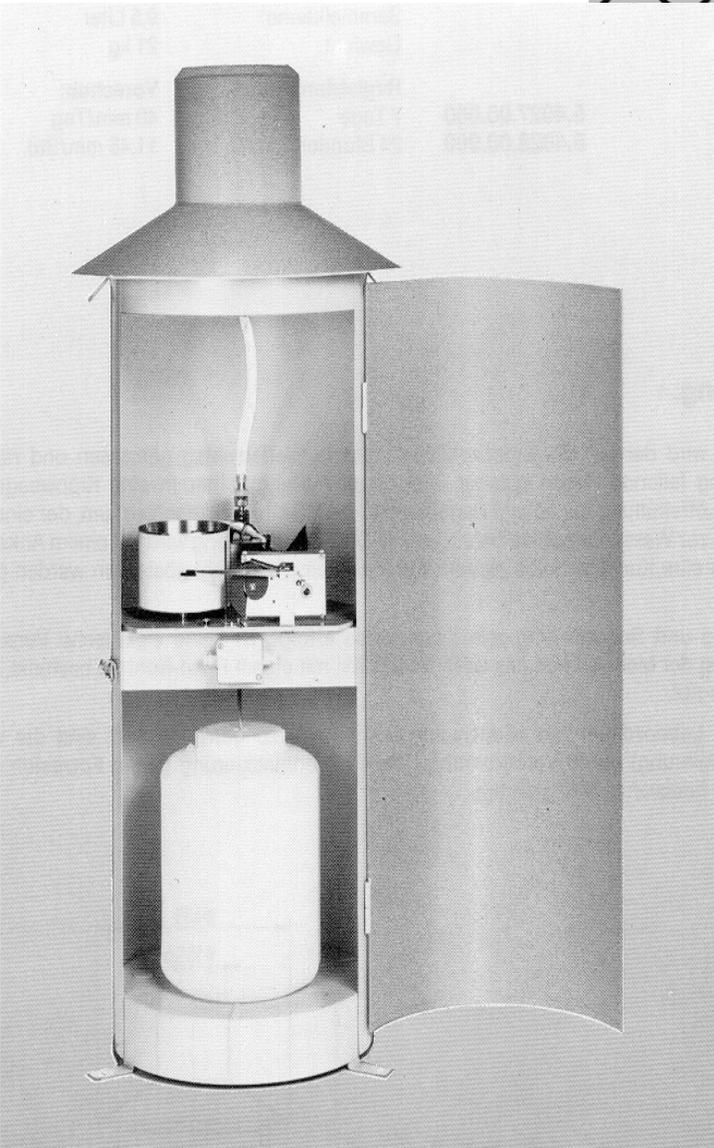
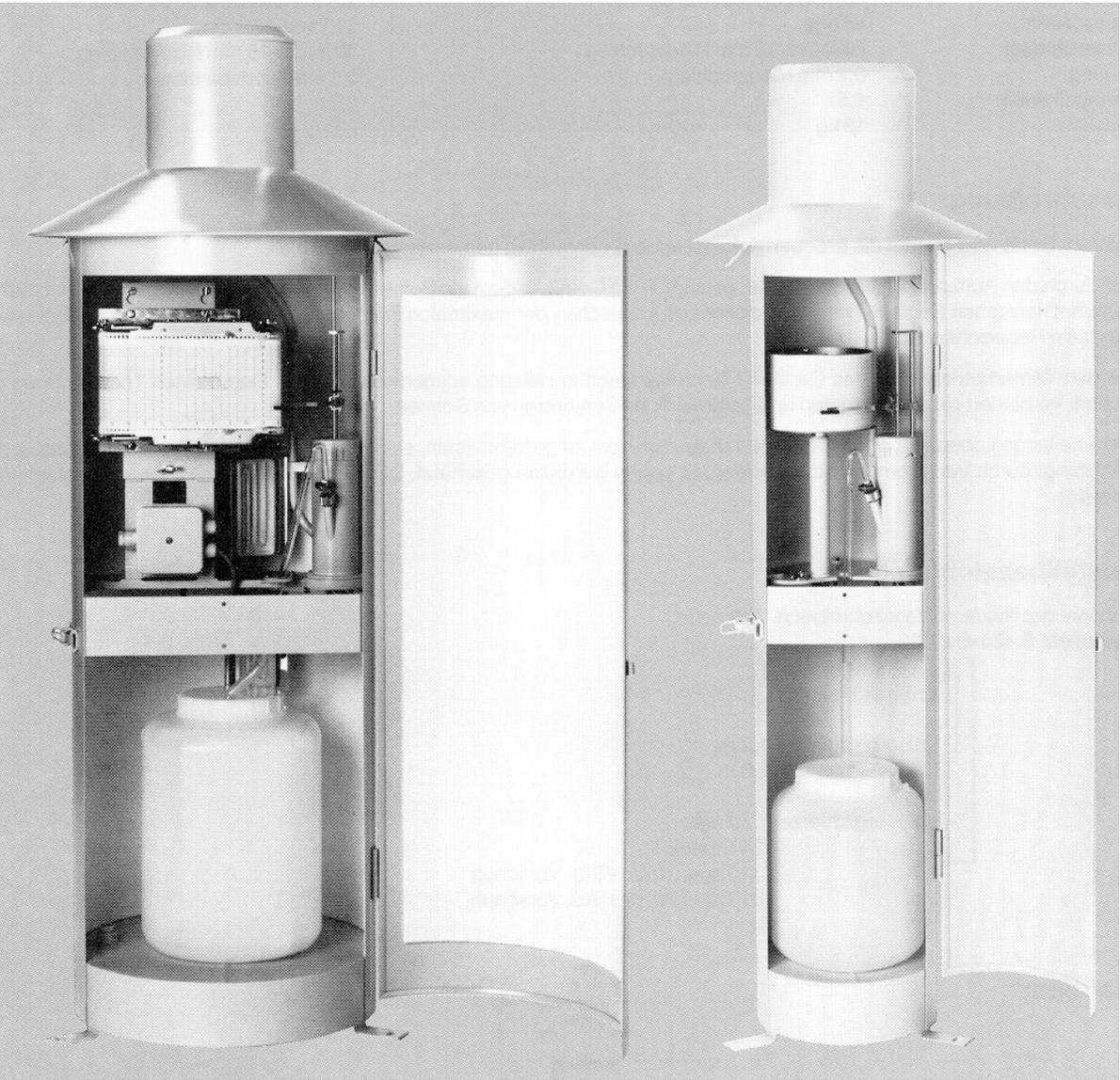
Hellmann Regen-  
messer  $T_N = 24h$



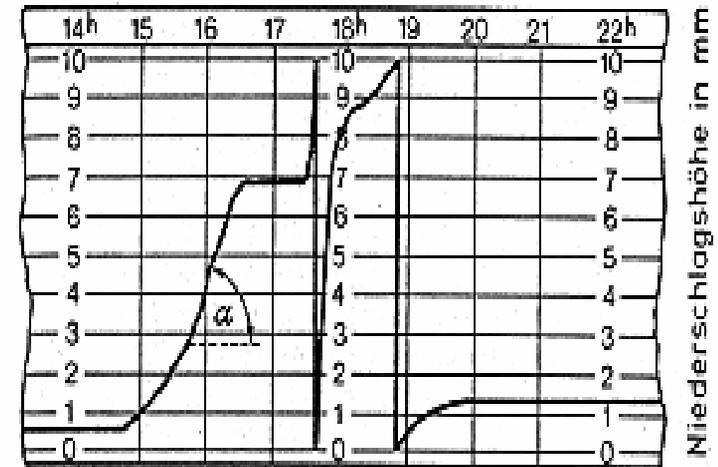
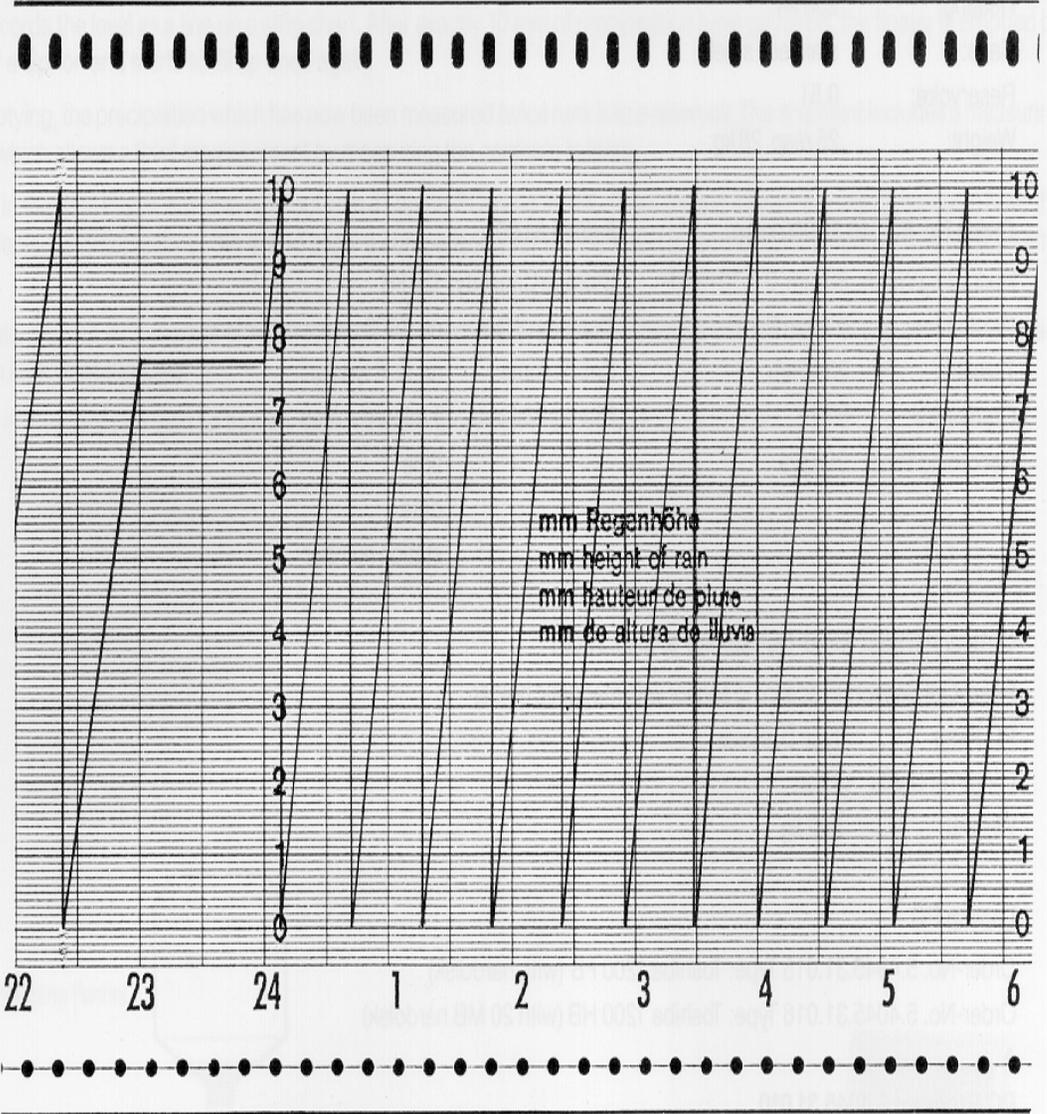
Totalisator  
 $T_N = 1\text{Mon.}$



Regenschrei-  
ber  $T_N < 1a$



# Registrierstreifen von Regenschreibern : Hyetogramm = Ombrogramm



Niederschlagsintensität

$$i_N = \frac{\Delta h_N}{\Delta t} = \tan \alpha$$



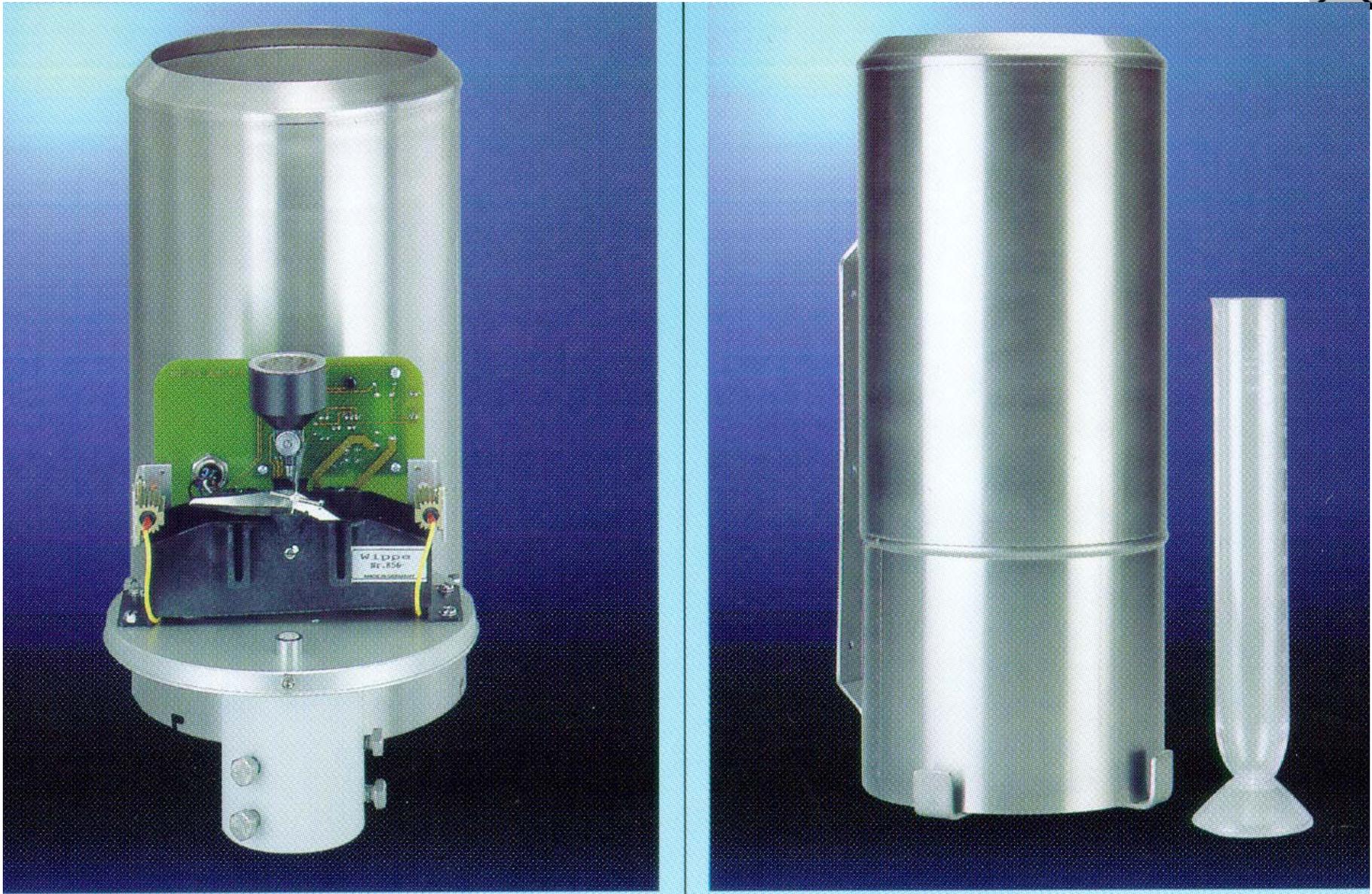
Im Gegensatz zum einfachen Hellmann-Zylinder und dem sog. Totalisator, die beide für vorgegebene Zeiträume (24h bzw. 1 Monat) nur die Niederschlagssummen liefern, stellt der Niederschlagsschreiber = Ombrograph = Pluviometer ein kontinuierlich aufzeichnendes Gerät dar, das die „Niederschlagsintensität“ liefert:

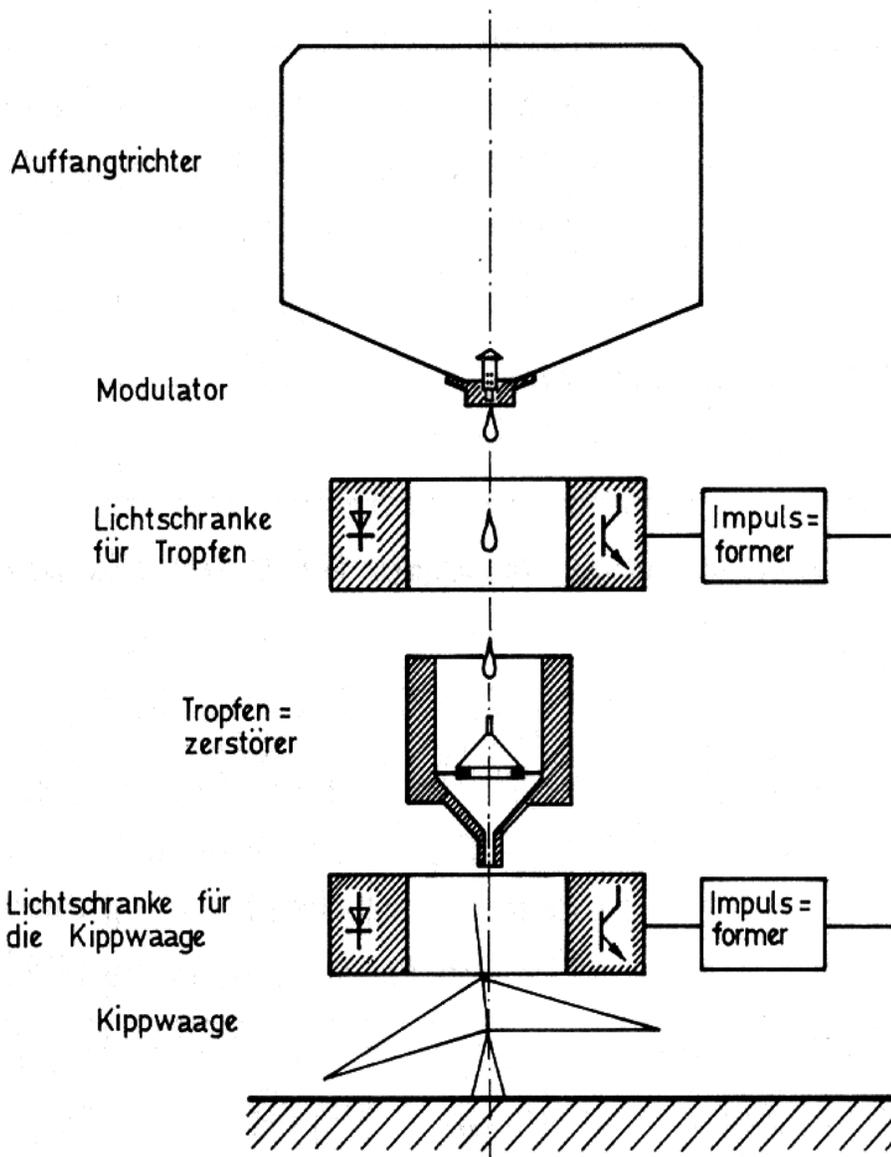
$$i_N = \frac{\Delta h_N}{\Delta t} = \frac{\text{Niederschlagshöhe}}{\text{Messzeit}} \quad [\text{mm/h}]$$

Diese ist aus dem *Hyetogramm* direkt als Kurvenneigung  $\tan\alpha$  zu entnehmen. Die Auflösung liegt bei 0,1 mm.

Mit neueren Geräten

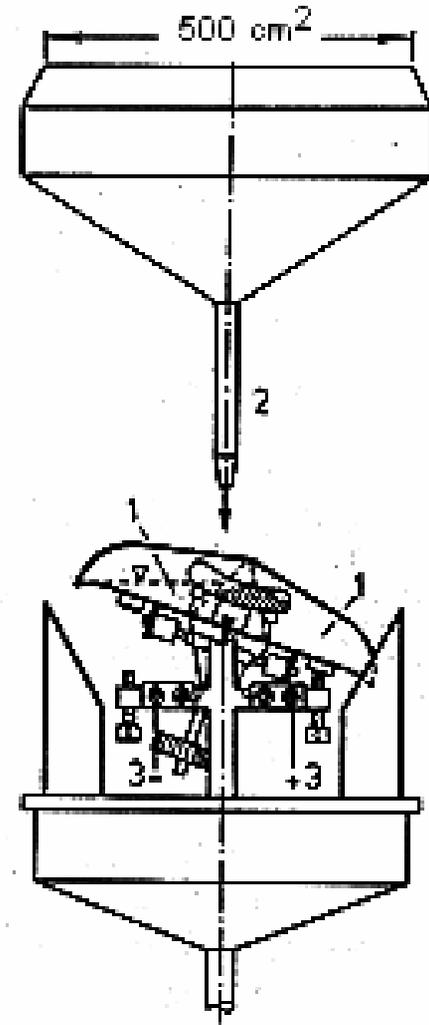
- a. nach dem Waagebalkenprinzip: Hornersche Wippe und
  - b. nach dem Tropfprinzip: Ombrometer Hohenpeißenberg (HP)
- ist die Fernübertragung von Intensitätsdaten möglich, vergl. nachfolgend. Auflösung 0,005mm.





Prinzip Ombrometer HP

© Büsching, F.: Hydrologie



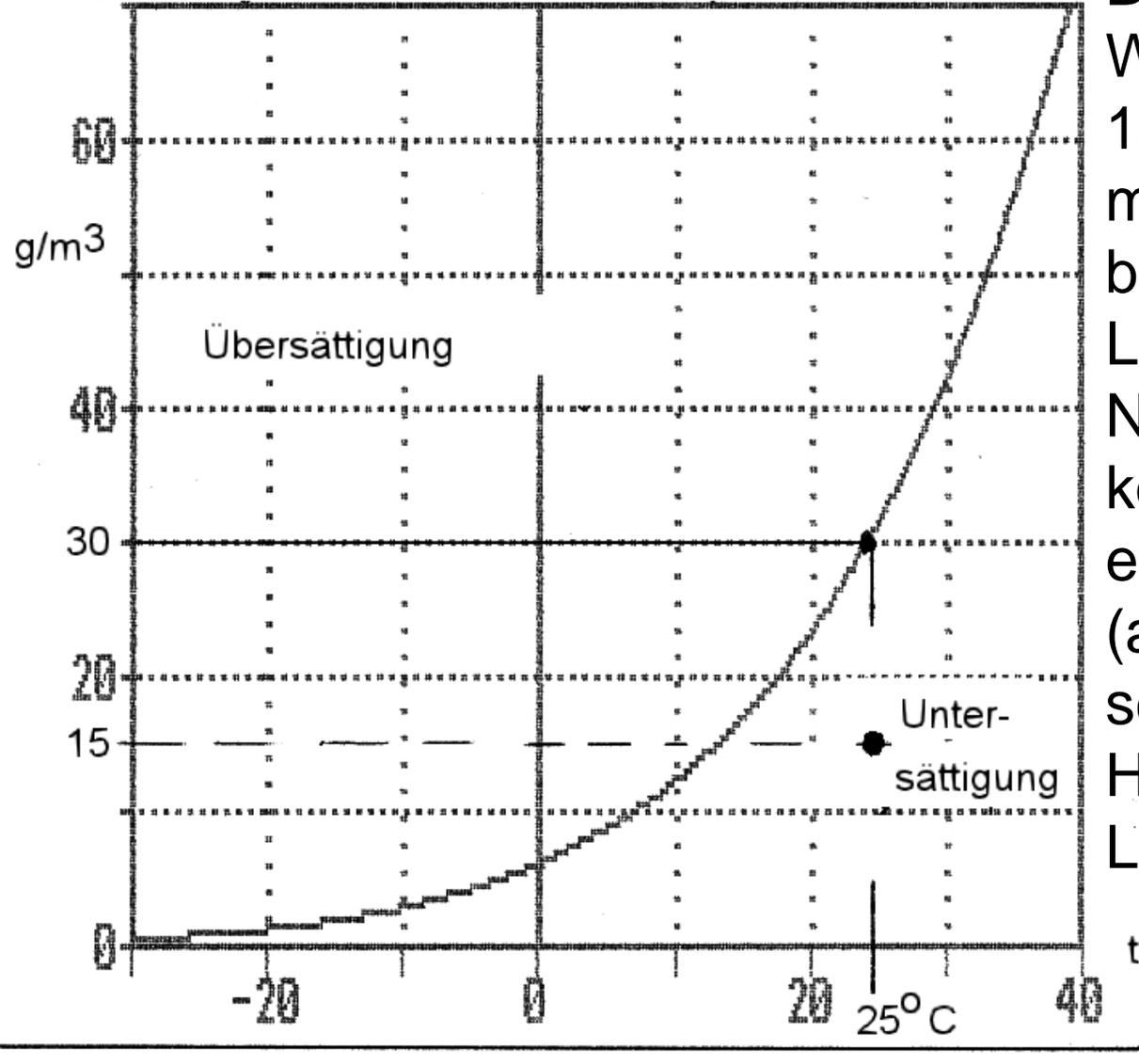
$$\Delta h_N = 0,005 \text{ mm}$$

Horner'sche Wippe

2000/02.16



## Sättigungswasserdampfmenge



## Beispiel:

Wenn bei  $t_1 = 25^\circ\text{C}$  15 Gramm Wasser im  $\text{m}^3$  Luft enthalten sind, beträgt die relative Luftfeuchte 50%. Nimmt die Temperatur kontinuierlich ab, wird etwa bei  $t_2 = 13^\circ\text{C}$  (am Taupunkt) Niederschlag ausgeschieden. Hier ist die relative Luftfeuchte 100%.



**Niederschlagsbildung** ist ein komplizierter Prozess und kann hier nicht erschöpfend behandelt werden.

Wasser ist als echtes Gas unsichtbar in der Atmosphäre vorhanden (0,001%). Die maximal von der Luft aufnehmbare Menge ist begrenzt und hängt von der Temperatur ab.

### **Relative Luftfeuchtigkeit (Luftfeuchte) in %:**

*Verhältnis* der aktuell in der Luft enthaltenen Wasserdampfmenge bezogen auf die *Sättigungsmenge*, i.e. bei gegebener Temperatur maximal mögliche Menge in  $\text{g/m}^3$  = Absolute Luftfeuchtigkeit.  
Niederschlagsbildung s. Funktion Sättigungswasserdampfmenge.

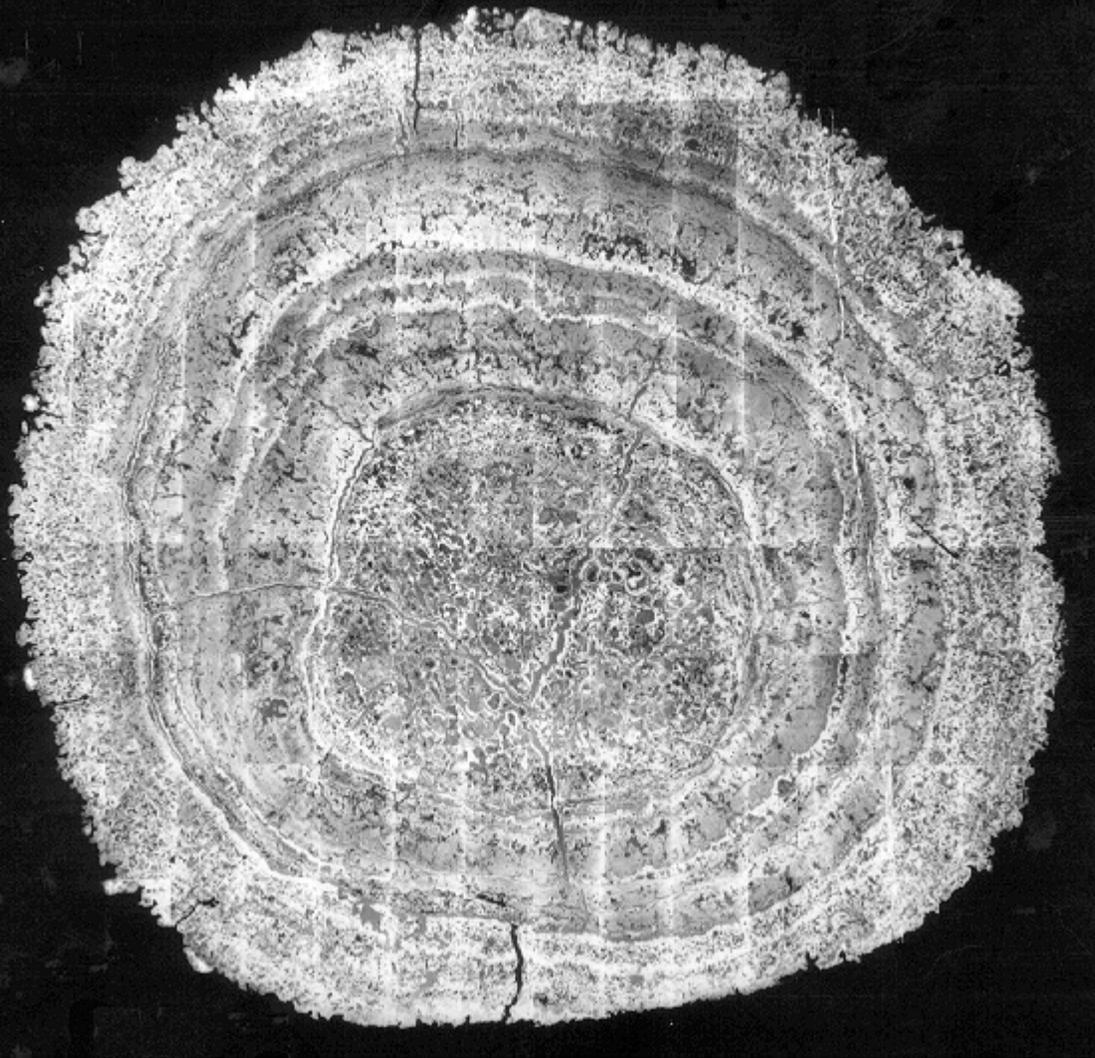
### **Kondensation:**

Sinkt Lufttemperatur unter den Taupunkt, bilden sich an Kondensationskernen Wassertropfen (Regen, Tau, Nebel). Bei niedrigen Temperaturen erfolgt *Sublimation* (=Übergang vom gasförmigen in den festen Aggregatzustand (Schnee, Reif, Hagel, Graupel).  
(reversibel !)

## Drei atmosphärische Bedingungen für Niederschlagsbildung:



- *Aufgleiten* warmer und kalter Luft in Tiefdruckgebieten: Zyklonaler Niederschlag m. großer Flächenausdehnung und Dauer.
- Thermisch aufsteigende Warmluft gelangt in kältere Bereiche: *Konvektiver Schauerniederschlag*; kleine Dauer u. Ausdehnung. Hohe Intensität in mm/h.
- *Steigungsniederschlag* (Regen): Luftabkühlung an der Luvseite von Gebirgen bewirkt mit der Höhe zunehmenden Dauerniederschlag.



Analogie  
Regentropfen - Manganknolle

Mikroskopischer  
Anschliff einer Manganknolle aus dem Zentralpazifik.

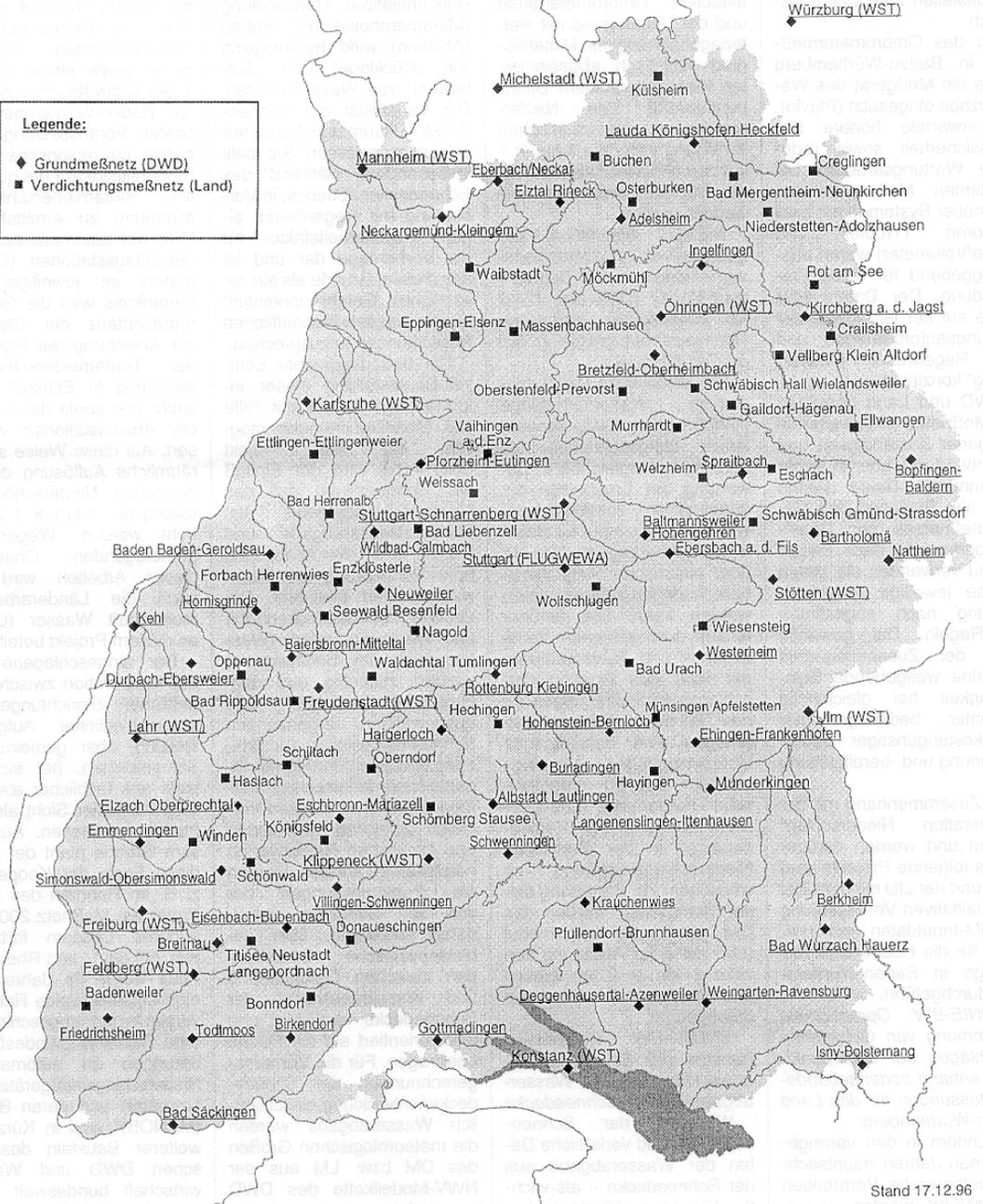
Wassertiefe 5100m.

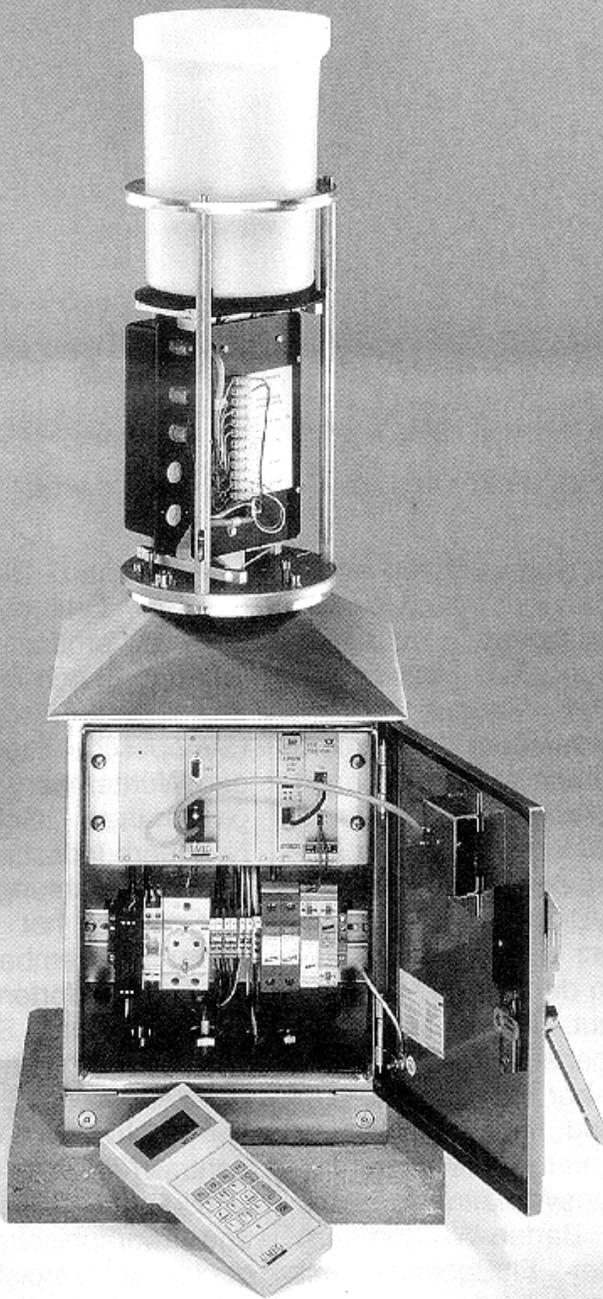
Deutsches Forschungsschiff „Valdivia“ ca. 1982.

Eintrag von Mangan, Kupfer, Zink etc. aus untermeerischen Vulkanen in das Meerwasser. Vom Pol stammendes Wasser bewirkt Abkühlung.



In Baden-Württemberg  
Zusammenarbeit zwischen  
Bund und Land beim Be-  
trieb eines automatischen  
Niederschlagsmessnetzes  
für *Hydrometeorologie* und  
*Wasserwirtschaft*.  
Betreiber: DWD & LfUBW.  
Rd. 100 neuartige Ombro-  
meter-Geräte (Wägeprinzip)  
mit Datenfernübertragung /  
online-Auswertung. Auch  
zur RADAR-Aneichung.  
Bereits in der Vergangen-  
heit rd. 1000 herkömmliche  
Niederschlagsschreiber.





## Ombrometer n. d. Wägeprinzip



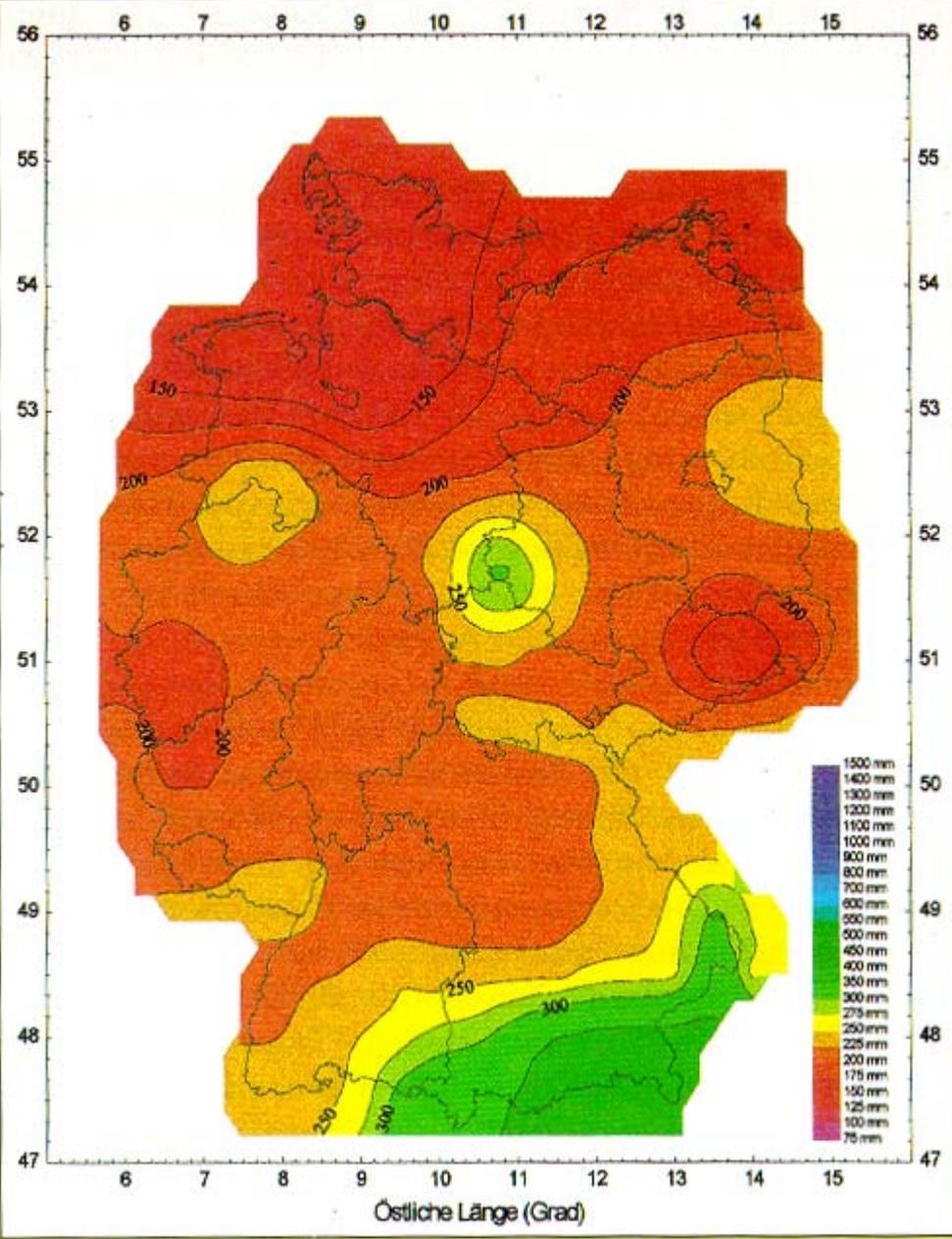
## **Aufstellung von Messgeräten:**

Da insbesondere *aerodynamische* Störursachen selten vollständig zu vermeiden sind, sollten bei besonderen Fragestellungen Messgeräte generell *dichter* als bisher gesetzt werden. Ein Gerät pro 40 - 50 km<sup>2</sup> (ca 7 x 7 km) wird für die HW-Vorhersage weiterhin als ausreichend angesehen,- erscheint aber eine zu geringe Flächendeckung zu ergeben, da die Intensitätsunterschiede des Niederschlages nicht hinreichend aufgelöst werden, vergl. Nimes. Unter Einsatz von RADAR (Frankfurt) kann die Auflösung der bodennahen Niederschlagsverteilung auf 1 x 1km erhöht werden. (Flughafen).

## Örtliche Bedingungen:

Entfernung der Geräte von Gebäuden, Mauern, Bäumen etc. mindestens gleich der Höhe der Störursache anordnen.

*Verdunstungsverluste* durch Erwärmung der Auffangbehälter sowie andere Verluste (z.B. Austrag von Schnee aus dem Behälter) müssen je nach Örtlichkeit abgeschätzt werden.



Maximierte Gebietsniederschlagshöhe der Dauerstufe 12h.  
Gebietsgrößenstufe: 100km<sup>2</sup>  
(Isohyetenkarte)

Zeitraum: März - Mai

DVWK-Mitteilungen, H. 29.

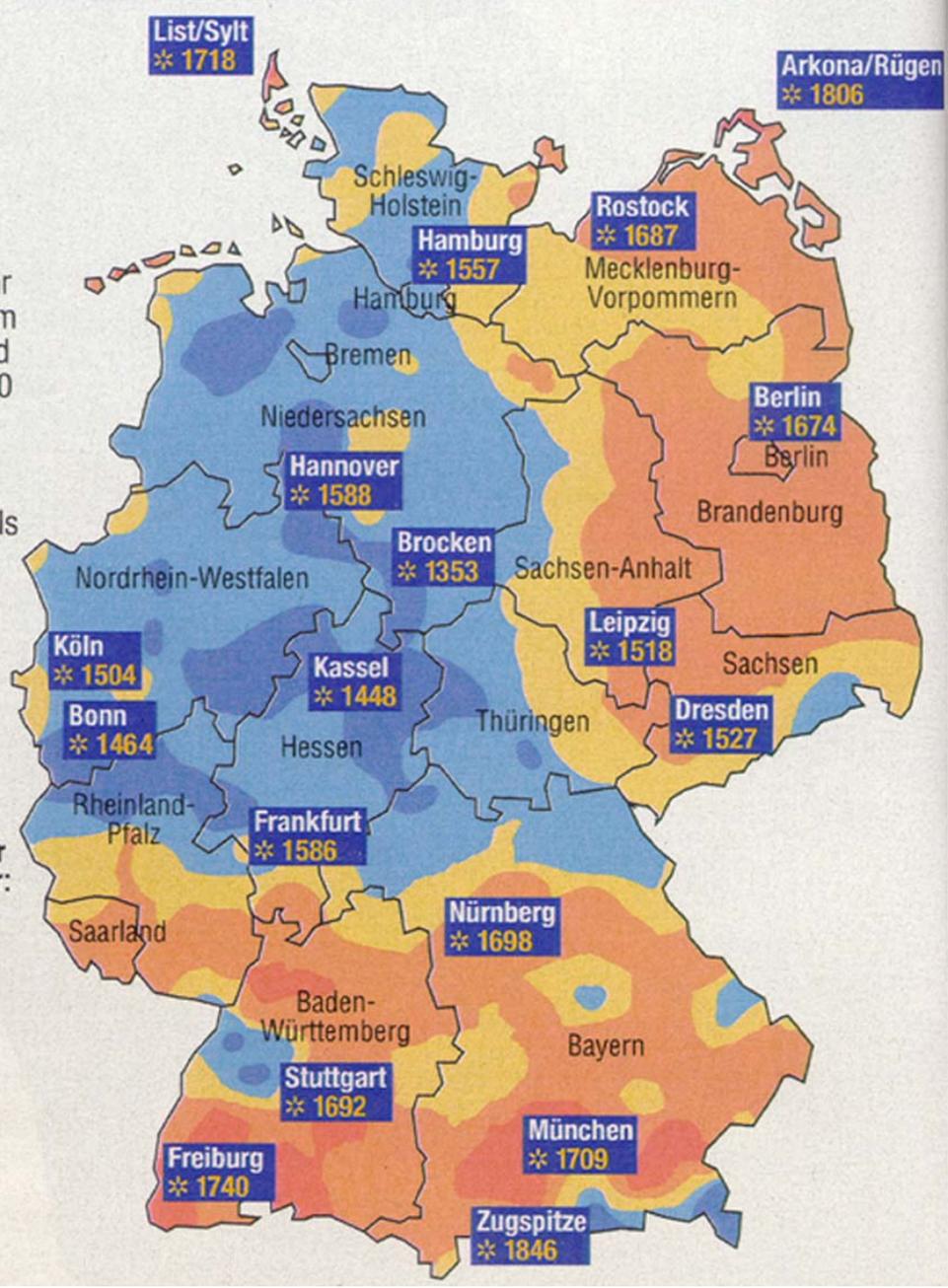


# Das wahre Wetter in Deutschland:

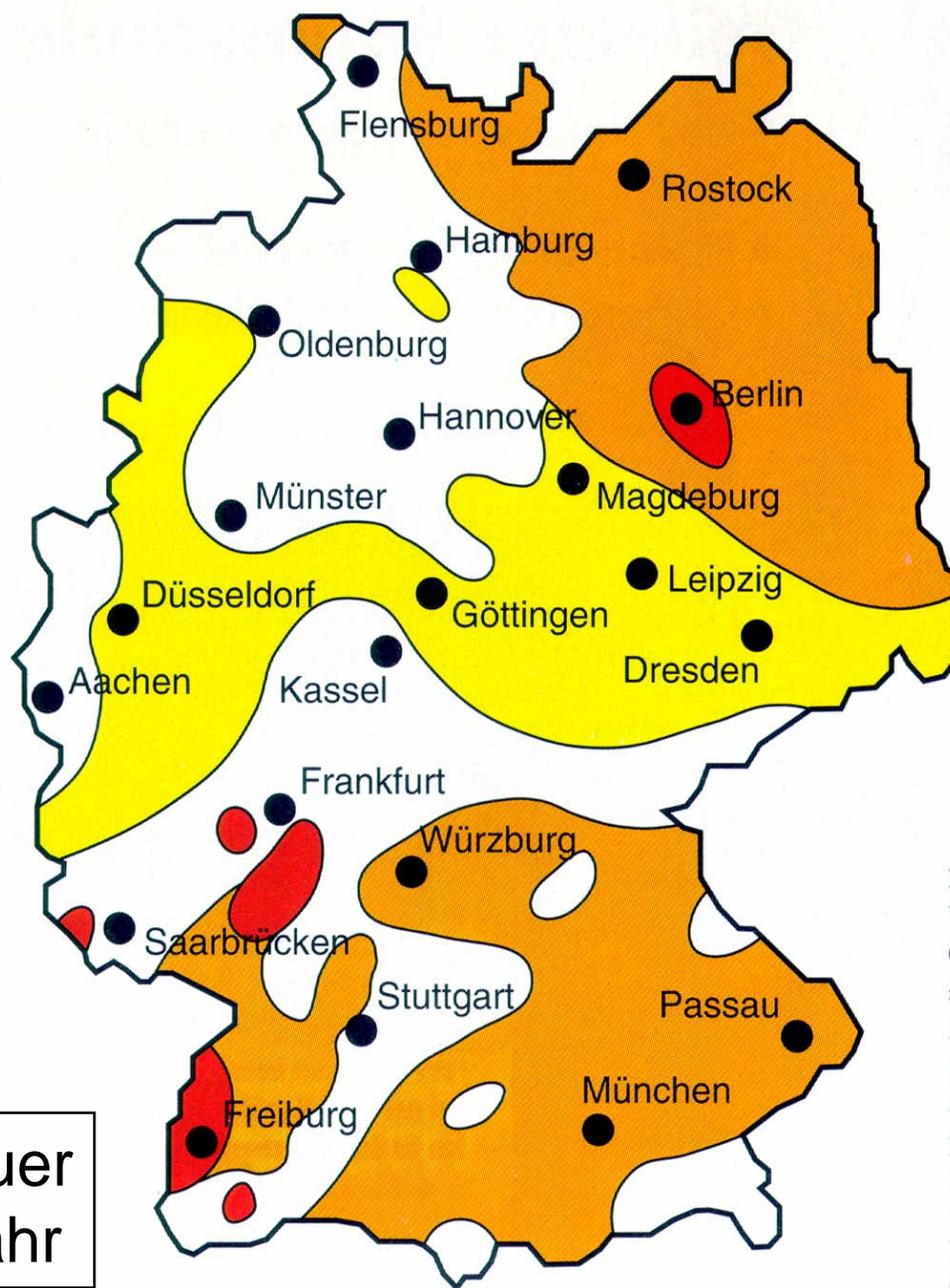
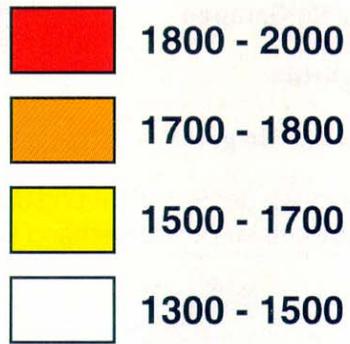
Die Karte zeigt die Wetterwerte der letzten 30 Jahre: Je kräftiger das Orange, desto mehr Sonnenstunden. Im gelben Bereich sind es schon bis zu 350 Stunden weniger. Auf dem Brocken (blau) sogar 493 Stunden weniger als auf der Zugspitze.

## Sonnenscheindauer in Stunden pro Jahr:

- 1900 – 1700
- 1699 – 1600
- 1599 – 1500
- 1499 – 1300
- 1299 – 1200



Sonnenscheindauer in Stunden pro Jahr



Sonnenscheindauer  
in Stunden pro Jahr

Buderus Heiztechnik GmbH