

Wintersemester 2023/2024

Physische Geographie 1

(Grundkursvorlesung PG 1 – Vorlesungsteil Klimatologie)

Prof. Dr. Christoph Beck

Lehrstuhl für Physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung

Institut für Geographie

Universität Augsburg

Wolken

← Ansammlung winziger, sichtbarer, schwebender Wasser- und Eisteilchen

Wolkenklassifikationen:

Erste morphologische Wolkenklassifikation (Cirrus, Cumulus, Stratus)

← L. Howard (1803)

- nach Wolkenstockwerken (tiefes, mittleres, hohes)
- nach der physikalischen Zusammensetzung (Wasser-, Eis-, Mischwolken)
- nach der Genese
 - Konvektionswolken (Quellwolken)
 - Aufgleitwolken (Schichtwolken)
 - Ausstrahlungswolken (Nebel, Hochnebel)

unter Berücksichtigung der Vertikalerstreckung: → **Wolkengattungen**

Wolken

Höhenlage der Wolkenstockwerke in km:

	Polargebiete	Mittelbreiten	Tropen
hohe Wolken	3-8	5-13	6-18
mittelhohe Wolken	2-4	2-7	2-8
tiefe Wolken	0-2	0-2	0-2

Wolken

Wolkenfamilien und Wolkengattungen:

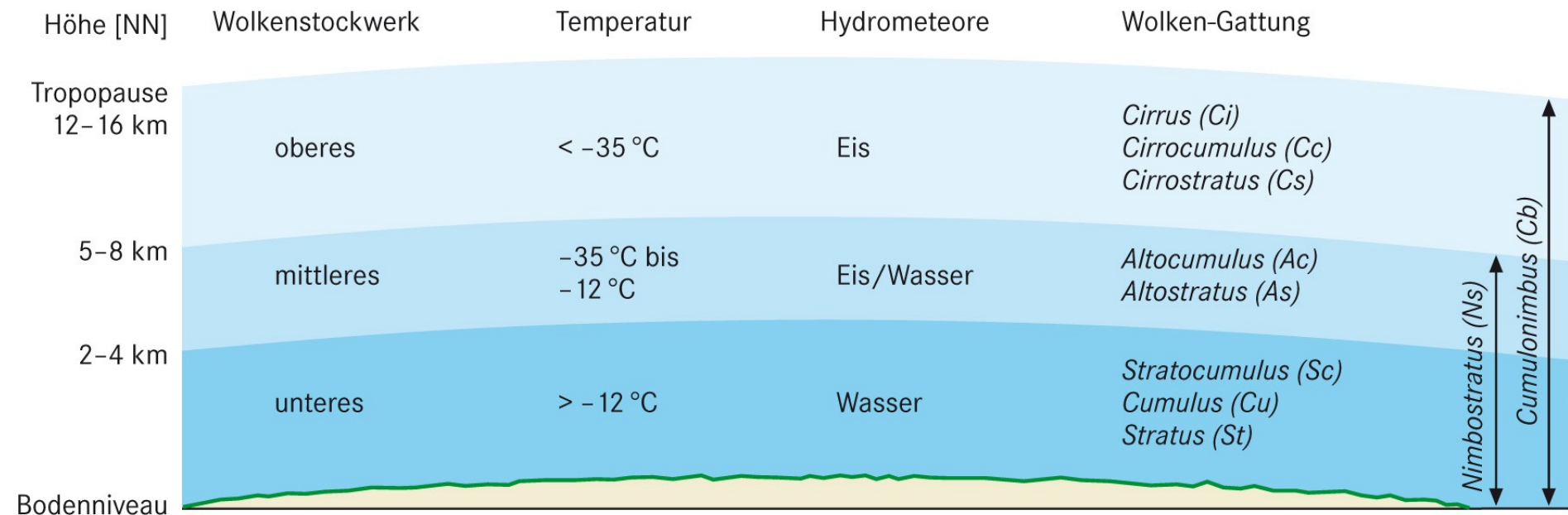
hohe Wolken (Cirro)	mittelhohe Wolken (Alto)	tiefe Wolken (Strato)	Wolken großer vert. Erstreckung
<u>Cirrus</u> <u>Cirrocumulus</u> <u>Cirrostratus</u>	<u>Alto cumulus</u> <u>Altostratus</u>	<u>Stratus</u> <u>Stratocumulus</u>	<u>Nimbostratus</u> <u>Cumulus</u> <u>Cumulonimbus</u>

4 Wolkenfamilien → 10 Wolkengattungen

→ Wolkenarten, -unterarten, Sonderformen

Wolken

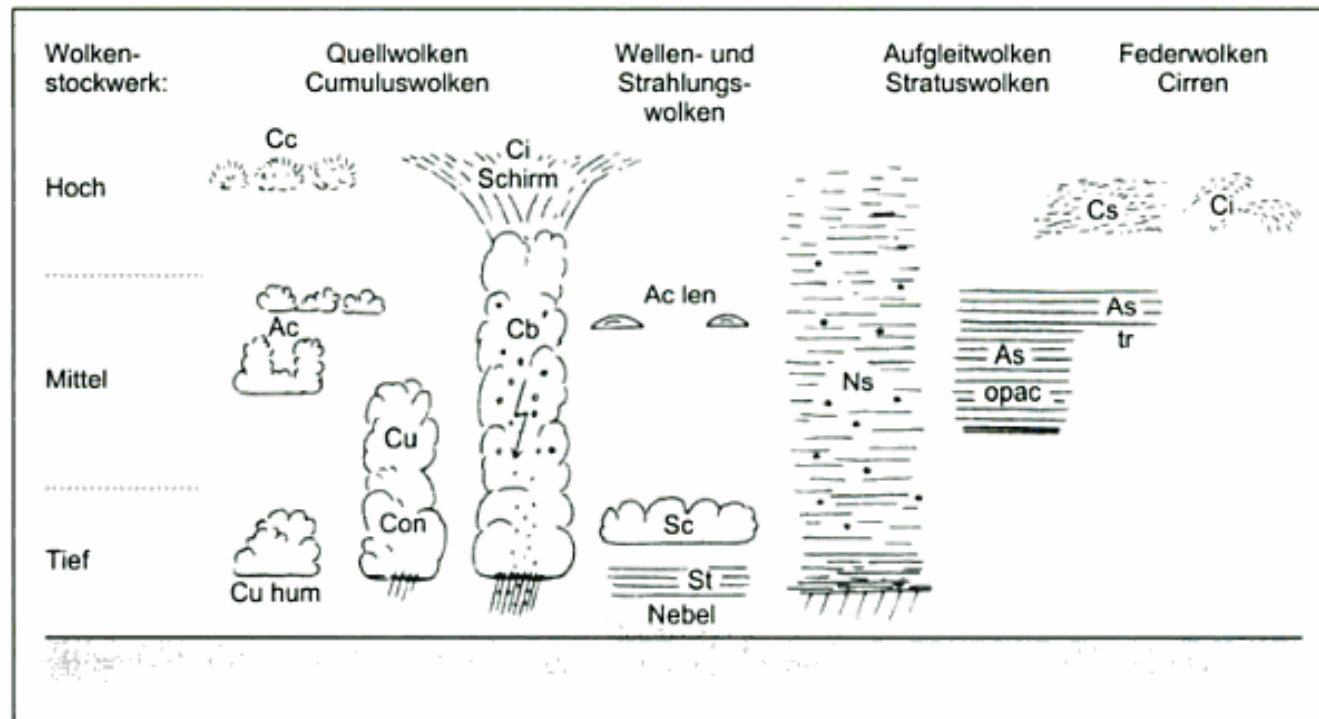
Wolkenfamilien und Wolkengattungen:



Aus Gebhardt/Glaser/Radtke/Reuber: *Geographie*. 1. Aufl., © 2007 Elsevier GmbH

Wolken

Wolkenfamilien und Wolkengattungen:



Wolken

Wolkenfamilien und Wolkengattungen und Wolken(unter)arten:

Karlsruher Wolkenatlas



<http://www.wolkenatlas.de/wolken/class.htm>

Wolken

NubiScope ist ein Messsystem zur Bestimmung des Wolkenbedeckungsgrades und der Wolkenbasishöhe

Erfassung:

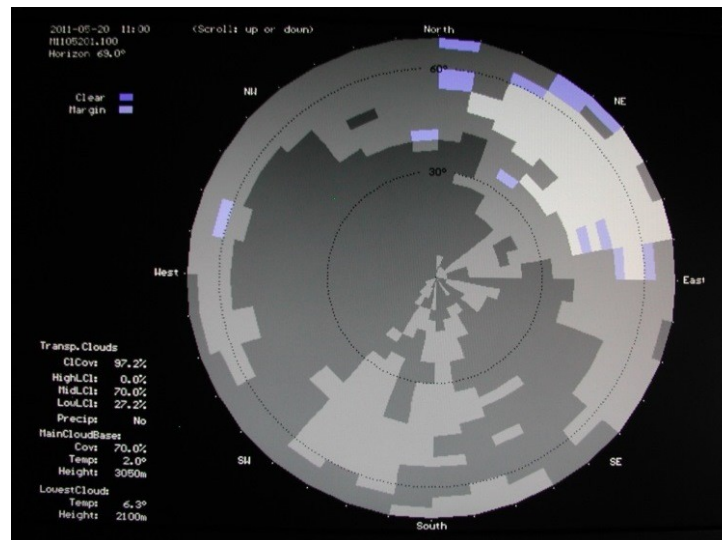
- **Bedeckungsgrad (in Achteln)**
 - “Augenbeobachtung“
 - Wolkenkameras
 - NubiScope
- **Angabe der Wolkengattungen**
- **Schätzung der Wolkenuntergrenze**
- **Sichtweite (insbes. bei Nebel)**

Wolken

NubiScope ist ein Messsystem zur Bestimmung des Wolkenbedeckungsgrades und der Wolkenbasishöhe

Erfassung:

- **Bedeckungsgrad (in Achteln)**
 - "Augenbeobachtung"
 - Wolkenkameras
 - NubiScope
- **Angabe der Wolkengattungen**
- **Schätzung der Wolkenuntergrenze**
- **Sichtweite (insbes. bei Nebel)**



(www.dwd.de)

Niederschlag

Niederschlagsbildende Prozesse:

1) Niederschlagsbildung in Wasserwolken:

Warmregenprozess, Bowen-Lundlam-Prozess,

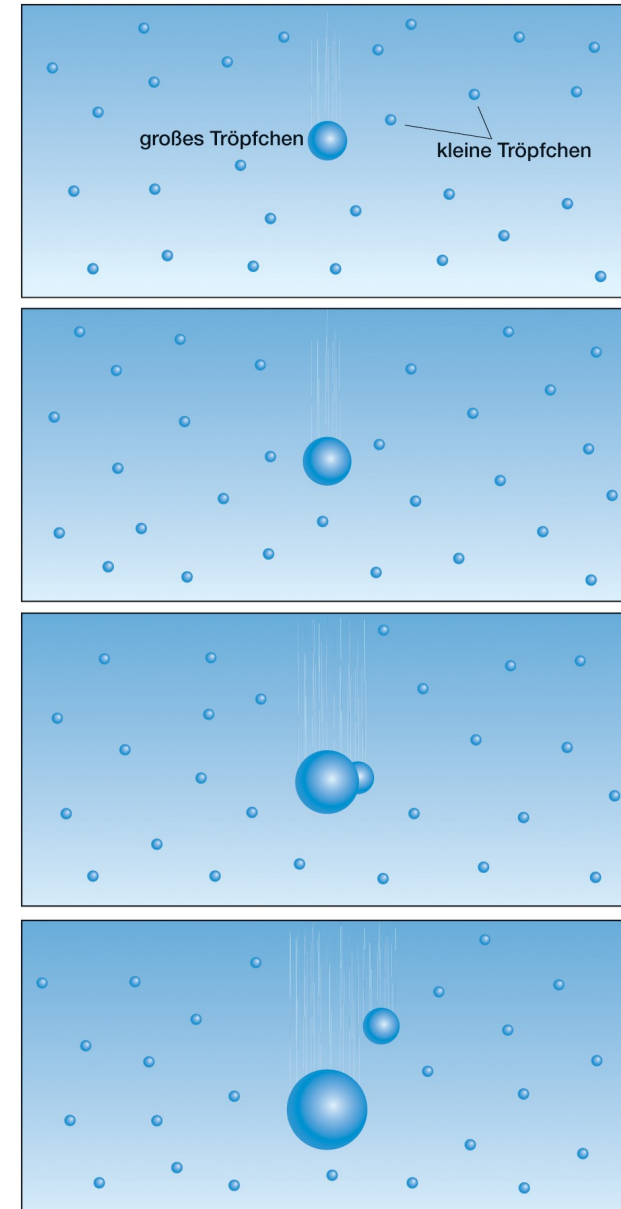
„Koaleszenztheorie“

← Anwachsen von Wassertropfen durch
Koagulationsvorgänge

Niederschlag bei Überwindung der vertikalen

Aufwärtsbewegung der Wolkenluft

(nur in Tropen relevant)



(McKnight & Hess 2009)

Niederschlag

Niederschlagsbildende Prozesse:

2) Niederschlagsbildung in Mischwolken

Bergeron-Findeisen-Prozess

← über Sublimationswachstum

- Verdunsten unterkühlter Wassertröpfchen und (Re)Sublimation an Eiskristallen

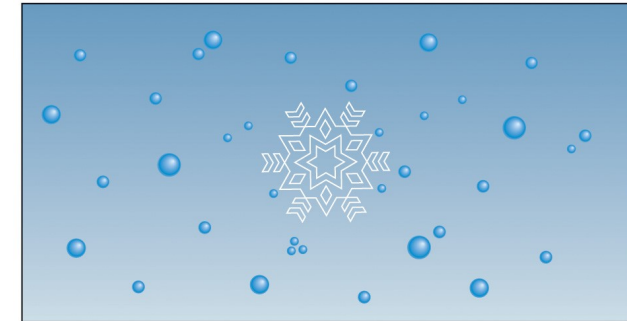
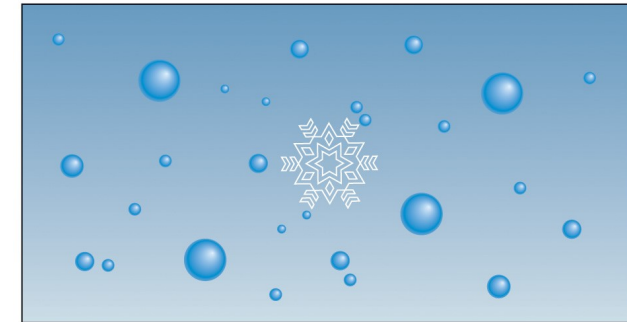
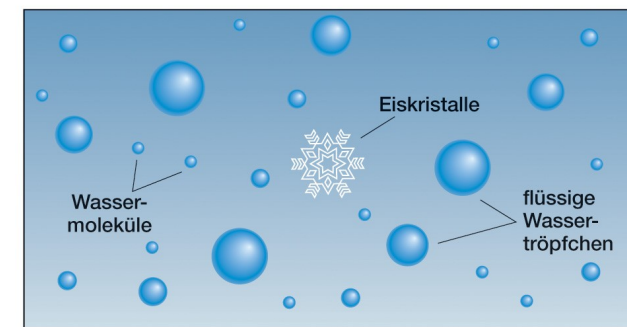
(← **Dampfdruckerniedrigung über Eis!**)

- ab bestimmter Größenordnung der Eiskristalle

(ca. 1mm) Übergang zu:

- **Vergraupelung:** Zusammenstoß und Gefrieren von unterkühlten Wassertröpfchen an Eiskristallen
- **Schneeflockenbildung:** Aneinanderkopplung von Eiskristallen durch unterkühlte Wassertröpfchen

Beim Ausfallen eventuell noch Schmelzen und Zerstäuben



(McKnight & Hess 2009)

Niederschlag

Niederschlagsbildende Prozesse:

3) Niederschlagsbildung in Eiswolken

← ausschließlich rasches Wachstum von Eiskristallen durch Resublimation von Wasserdampf (Diffusionswachstum) und Koagulation der Eiskristalle

- Häufig Verdunstung des Niederschlags vor Erreichen der EOF **Virgae** (Fallstreifen)
- “Seeding“-Effekt für tiefere Wolken

Niederschlag

Charakteristika versch. Niederschlagsarten:

	Intensität mm/h	Durchmesser mm	Fall- geschwindigkeit m / s	Kinetische Energie kJ / (m ² ·h)
Nebel	0,1	0,01	0,003	10 ⁻⁶
Sprühregen	0,2	0,10	0,200	10 ⁻³
Nieselregen	0,5	1,00	4,200	10 ⁰
Leichter Regen	1,0	1,20	4,900	10 ¹
Mittlerer Regen	4,0	1,60	5,800	10 ²
Starker Regen	15,0	2,10	6,900	10 ³
Gewitterregen	100,0	3,00	8,400	10 ⁴

Intensität, Tropfendurchmesser, mittlere Fallgeschwindigkeit und kinetische Energie bei unterschiedlichen Arten des Niederschlags.

(nach: Auerswald, 1998)

Niederschlag

Hauptniederschlagstypen:

(Land-) Regen:

- **gebunden an großräumige Aufgleitvorgänge**
- **fällt aus Schichtwolken**
- **gekennzeichnet durch**
 - flächenhafte Erstreckung
 - lange Andauerzeit
 - Gleichmäßigkeit
 - geringe Intensität

Niederschlag

Hauptniederschlagstypen:

Schauer(niederschlag):

- **gebunden an labile Schichtung und konvektive Bewegungen**
- **fällt aus Quellwolken**
- **gekennzeichnet durch**
 - **begrenzte räumliche Ausdehnung**
 - **kurze Andauerzeit**
 - **kurzfristige Schwankungen**
 - **relativ große Intensität**

Niederschlag

Niederschlagserfassung:

Maßeinheit: mm

Messung:

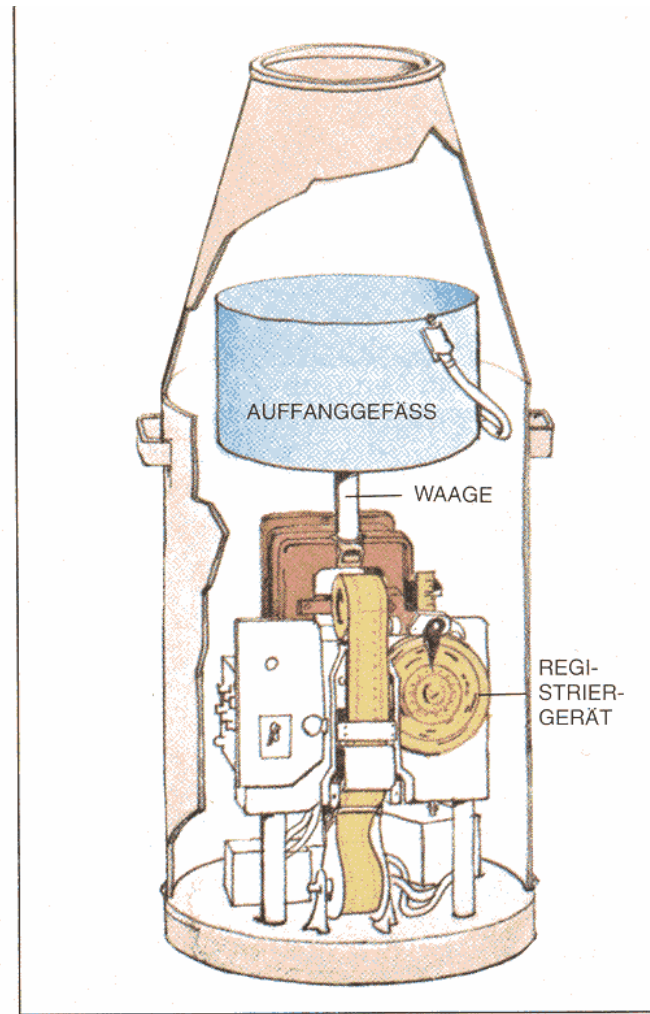
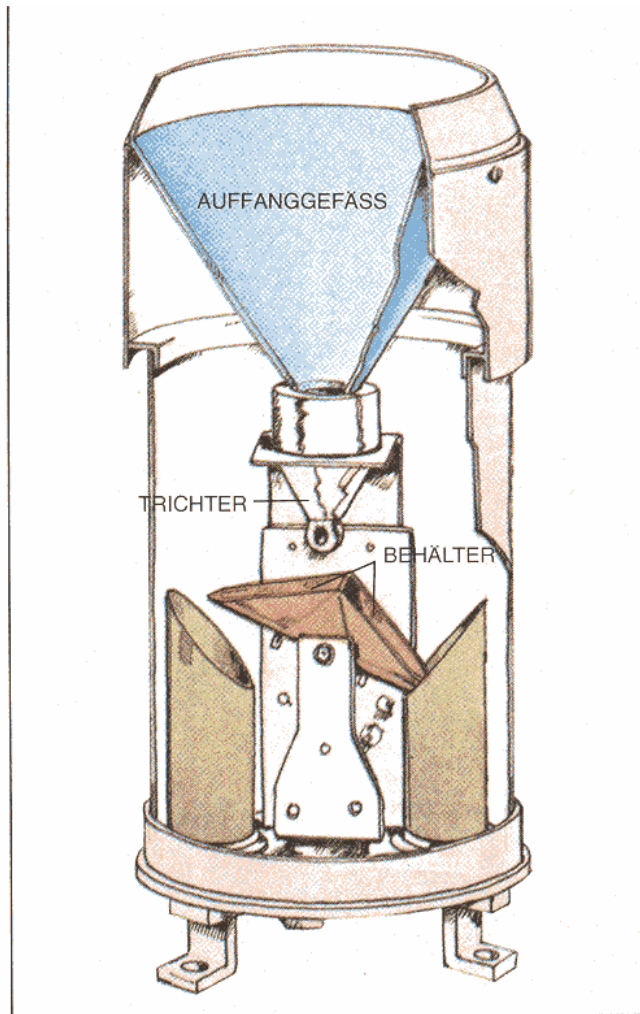
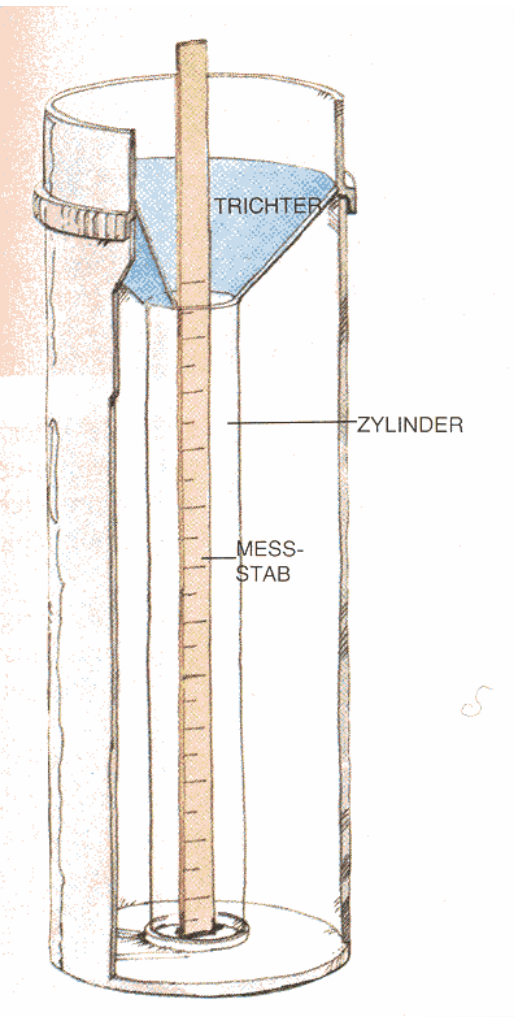
- Niederschlagsmesser nach Hellmann
- Ott Pluvio
- Optische Niederschlagsmessung
- Abschätzung mittels Fernerkundungsverfahren (Radar, Radolan, ...)



(www.lfu.bayern.de)

Niederschlag

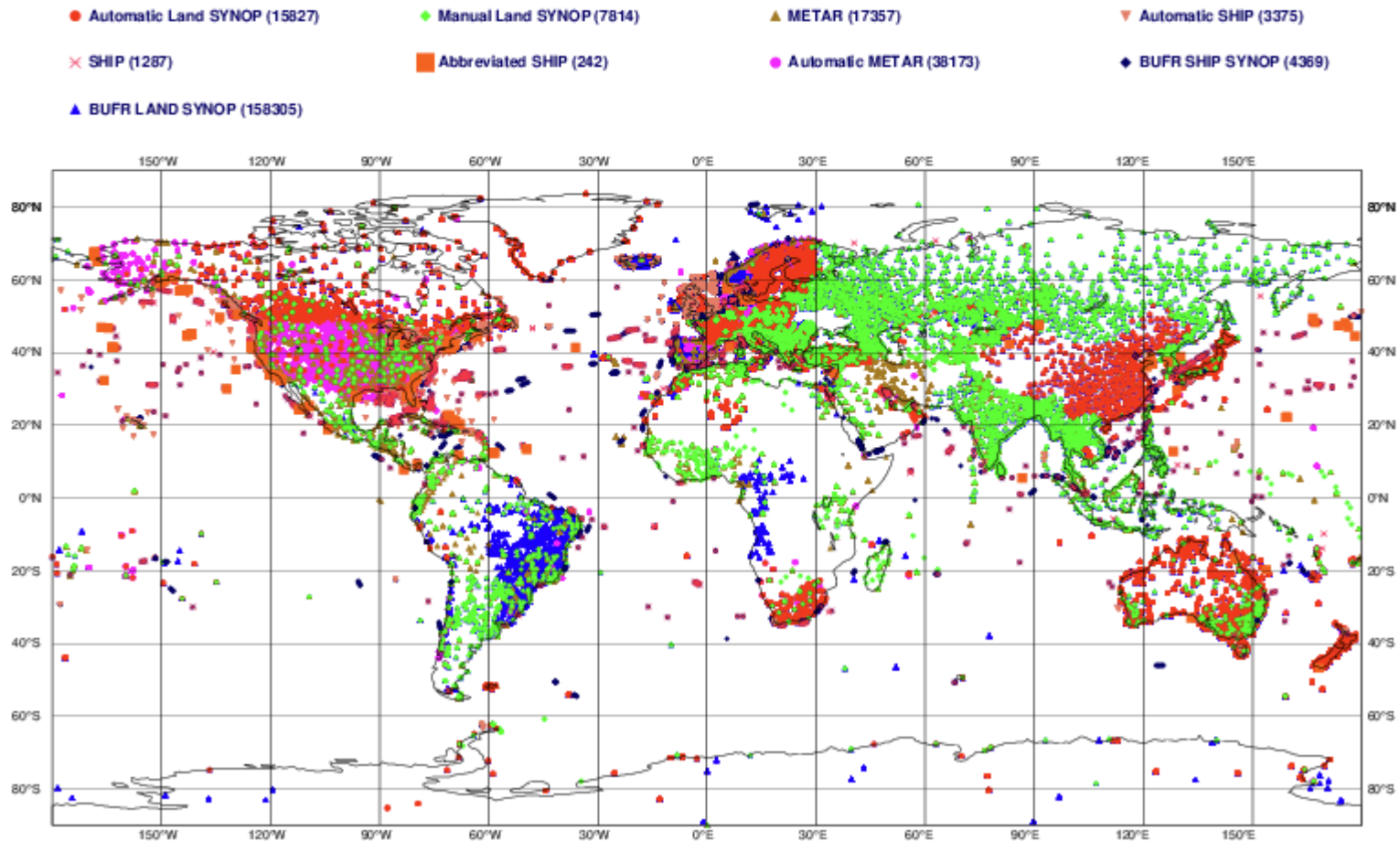
Niederschlagserfassung:



Klimaelemente allg.

Das globale Messnetz:

ECMWF data coverage (all observations) - SYNOP-SHIP-METAR
 2022110121 to 2022110203
 Total number of obs = 246749



Klimaelemente allg.

zusätzliche Datenquellen:

Radiosonden-Aufstiege

Ermittlung von Lufttemperatur, Luftfeuchte,
Luftdruck und Höhenwind

Wettersatelliten (geostationär und polarumlaufend)

Erfassung von Wolken, Temperatur- u. Wasserdampfverteilungen,
Strahlungs- und Wärmehaushaltsgrößen,
zahlreichen Spurengasen in der Atmosphäre,
Temperatur, Salzgehalt und Strömungen
an der Meeresoberfläche u.a.m.

Weitere luftgestützte und bodengebundene Fernerkundungsverfahren

Radar, Lidar, Sodar, RASS, ...