

Vorlesung „Allgemeine Meteorologie“

Prof. Michael Kunz, Kathi Maurer, Dr. Jannick Fischer, Samuel Wyrowski

WS 2022/2023



Institut für Meteorologie und Klimaforschung



IMK-AAF



IMK-ASF
IMK-TRO

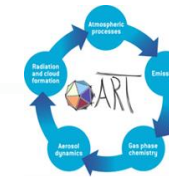


IMK-IFU

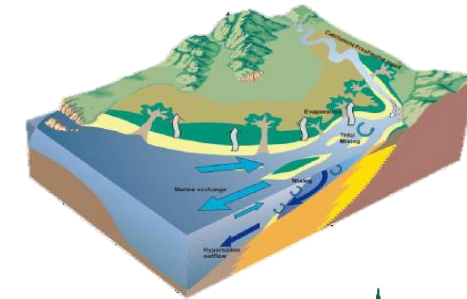
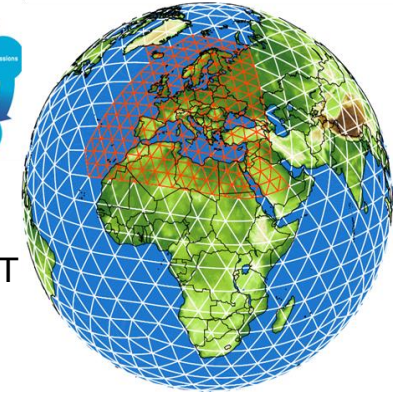


IMK-TRO

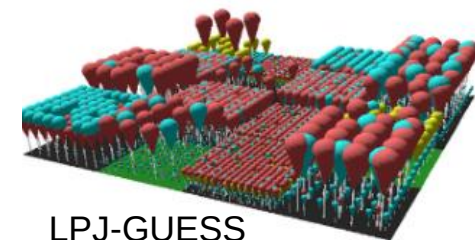
Großgeräte am IMK



ICON-ART



WRF-Hydro



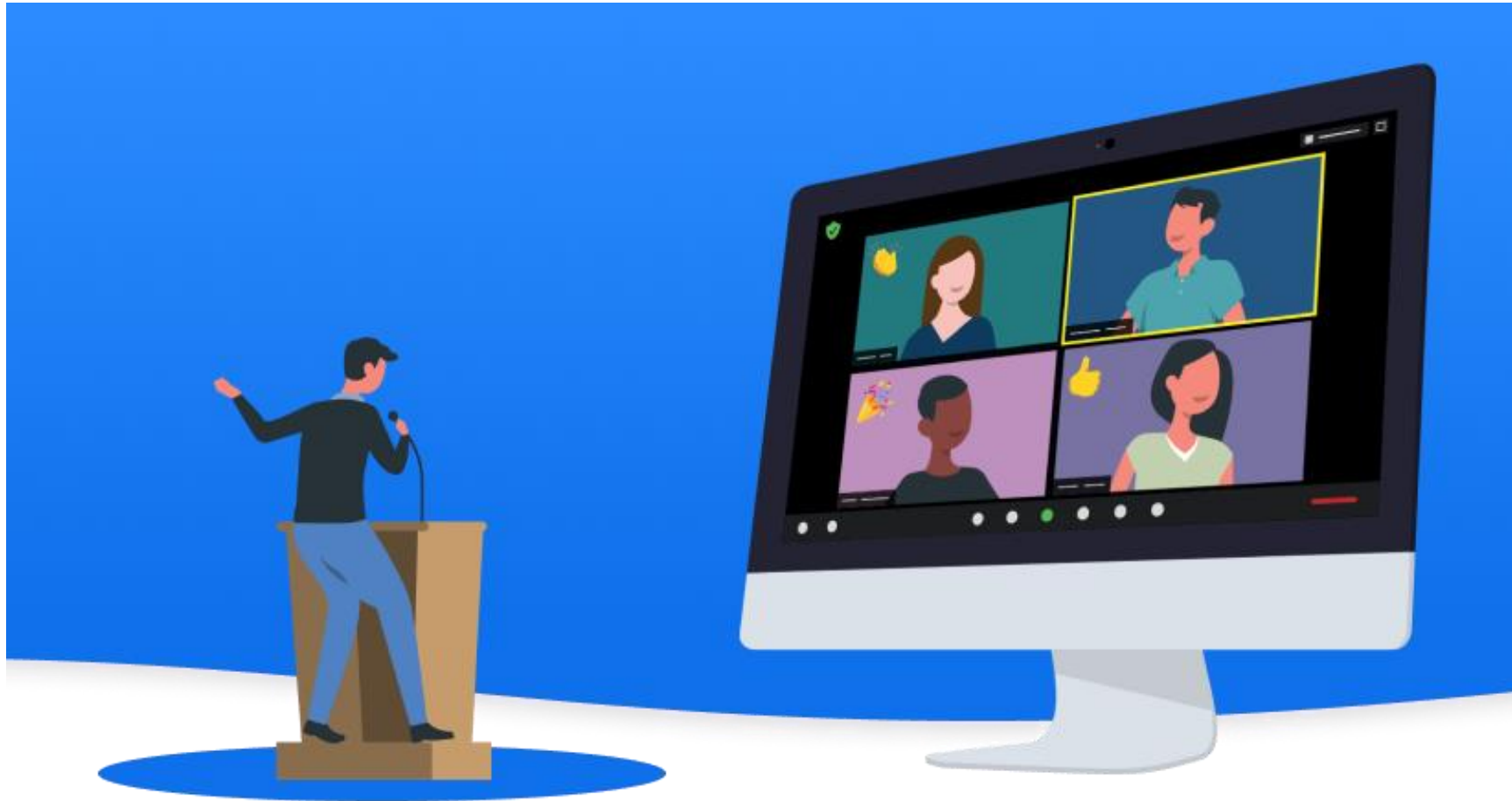
Termine

V	Montag ~14-tägig	11:30 – 13:00	Otto-Lehmann HS,
V	Donnerstag wöchentlich	14:00 – 15:30	Otto-Lehmann HS
Ü	Mittwoch	11:30 – 13:00	Physikhochhaus



Vorlesungsformat

Hybrides Angebot: Präsenz, Stream (zoom), Aufzeichnung (?)





...und die Sache mit dem



■ Ziele:

- Erster Einblick in die Anwendung des Wissens, Wissenstransfer
- Vereinfachte, nachvollziehbare Rechnungen
- Interaktion mit anderen Studierenden; Lerngruppen

■ Übungen ab 09. November

■ Einteilung der Übungsgruppen nach Studienfächern (siehe ILIAS)

- Besteht Interesse an einer Online-Übungsgruppe?

Kathi Maurer (auch:
Studienberatung
Meteos.
Pyhsikhochhaus
13. O.G., Zi 13.12a)



Corona....

■ (Derzeit) keine Corona-Regelungen, aber...

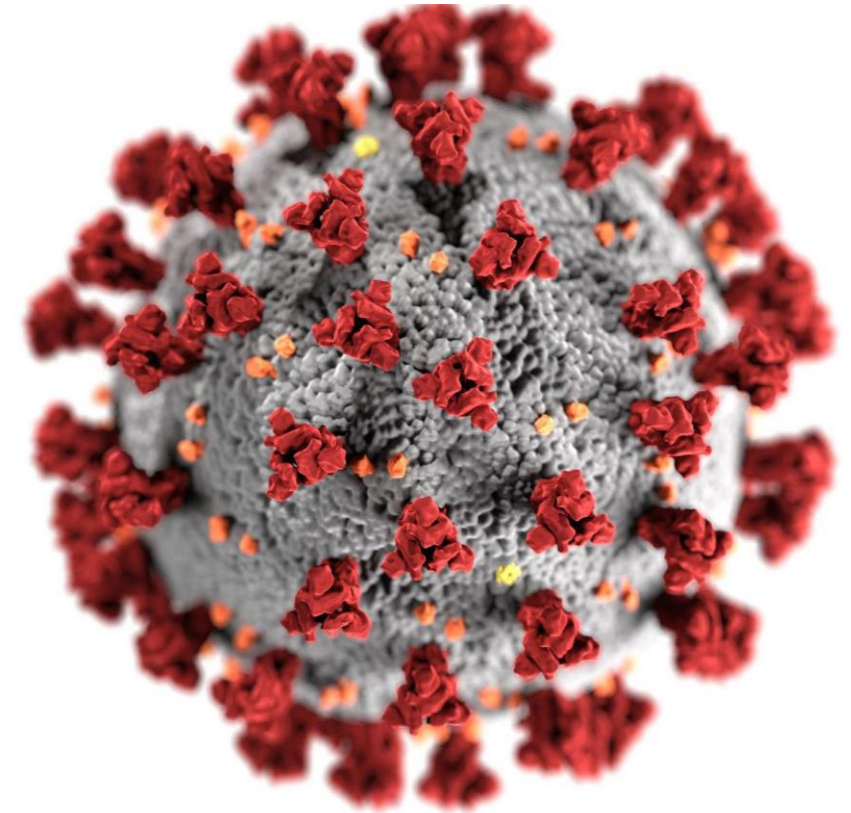
– Empfehlung zum Maske tragen



– Empfehlung Abstände von mehr als 1,5 m zu anderen Personen



– Generell: Hygieneregeln zum Infektionsschutz beachten



ILIAS Vortragsfolien + Aufzeichnungen



4051011 – Allgemeine Meteorologie WS 2022/23

Aktionen ▾

Anmeldung bitte mit Namen! Falls Sie nicht Meteorologie studieren, nennen Sie bitte Ihr Studienfach und ob Sie nur diese Veranstaltung besuchen oder ein ganzes Modul belegen wollen.

Inhalt Timeline Info Einstellungen Mitglieder Lernfortschritt Metadaten Export Rechte ... ▾

Zeigen Verwalten Sortieren

Neues Objekt hinzufügen ▾

Seite gestalten

Inhalt Allgemeine Meteorologie WS 2022/23:

1. Einführung und Überblick: Atmosphäre, Wetter und Klima
 2. Zusammensetzung der Luft
 3. Zustandsvariablen, Zustandsgleichung und meteorologische Größen
 4. Vertikaler Aufbau der Atmosphäre
 5. Der Wasserdampf in der Atmosphäre
 6. Strahlung
 7. Einführung in die Dynamik der Atmosphäre
 8. Thermodynamische Grundlagen
 9. Kondensationsprozesse und Niederschlagsbildung
- * Klimawandel - vor Weihnachten oder letzte VL :-)

Inhalt



Vorlesungsaufzeichnungen



Vorlesungsfolien



Übung



Kalender

< Okt 2022 >

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Abonnieren

Timeline

Neuigkeiten zur Vorlesung



4051011 – Allgemeine Meteorologie WS 2022/23

Aktionen ▾

Anmeldung bitte mit Namen! Falls Sie nicht Meteorologie studieren, nennen Sie bitte Ihr Studienfach und ob Sie nur diese Veranstaltung besuchen oder ein ganzes Modul belegen wollen.

Inhalt Timeline Info Einstellungen Mitglieder Lernfortschritt Metadaten Export Rechte ... ▾

Beitrag hinzufügen



Kunz, Michael [sh5409] - Heute, 17:06
Bearbeitet: Heute, 17:12



Vorlesungstermine

Bitte beachten Sie, dass die 1. Vorlesung am Donnerstag, 27. Oktober, 14:00 - 15:30 (Otto-Lehman HS) stattfindet.

Weitere Vorlesungstermine (die im **elektronischen Vorlesungsverzeichnis** aufgeführten Termine sind **nicht korrekt**)

Montag 31. Oktober

Donnerstag 3. November

Donnerstag 10. November

Montag 14. November

Montag 21. November

Donnerstag 24. November

Show more



Kunz, Michael [sh5409] - Heute, 17:00



Zoom-Link für online-Vorlesungen

Wenn Sie der Vorlesung **online** folgen möchten, verwenden Sie bitte diesen zoom-Link (bleibt **unverändert** während des Semesters):

<https://kit-lecture.zoom.us/j/61663526754>

Like

Kommentar hinzufügen/editieren

Prüfungen

Meteorolog*innen + Physiker*innen: mündliche (schriftliche?)
Modulprüfung zusammen mit „Klimatologie“ und „Einführung in die
Synoptik“ (12 ECTS): Ende SoSe 2023

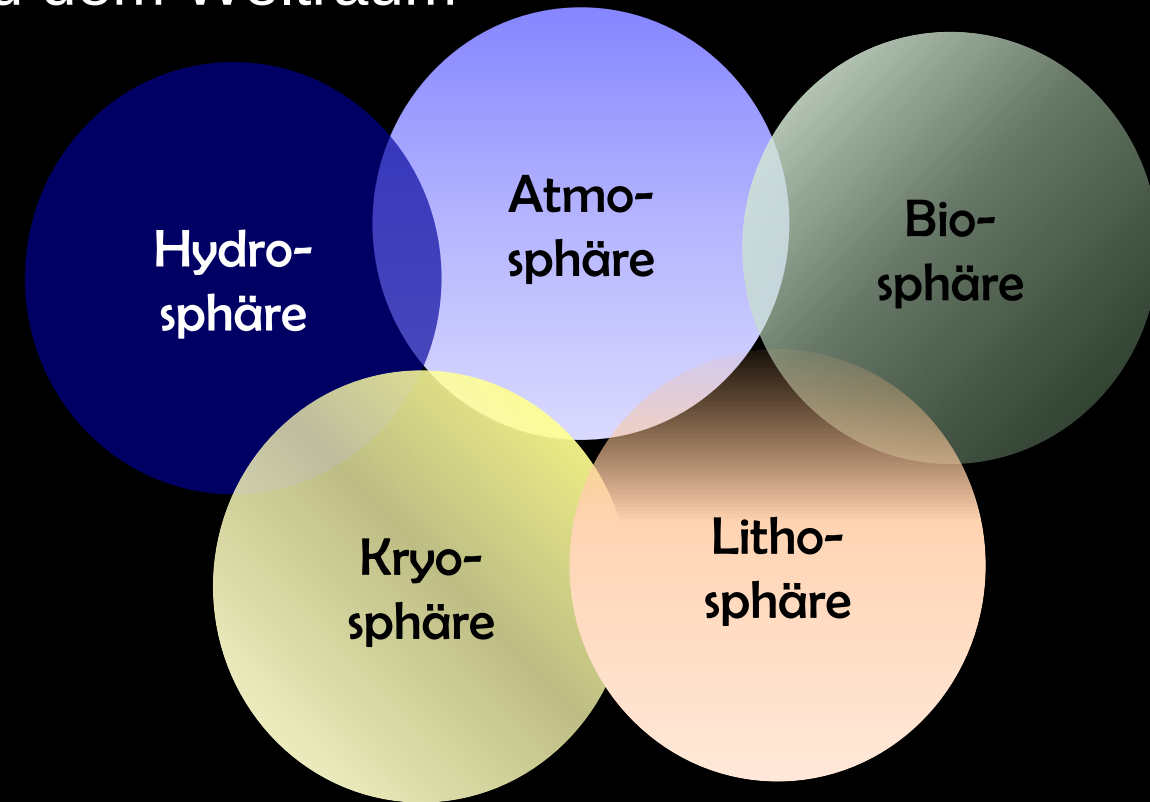
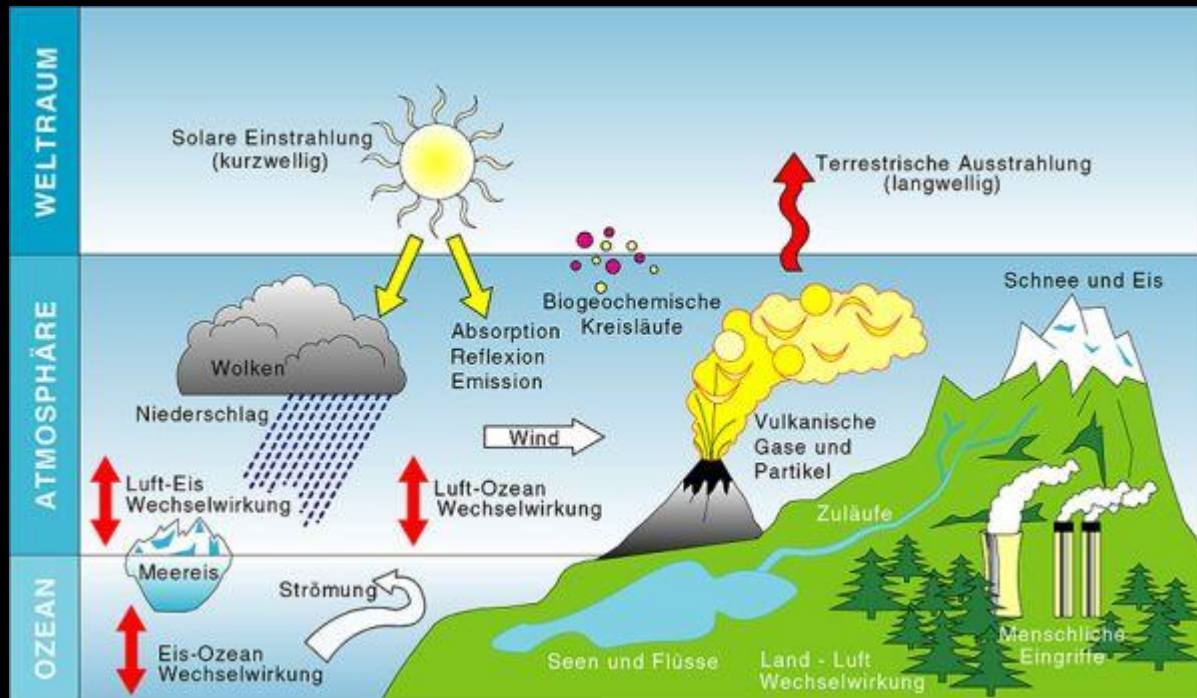
Alle Anderen: Prüfungen am Ende Vorlesungszeit
(bin da recht flexibel)...

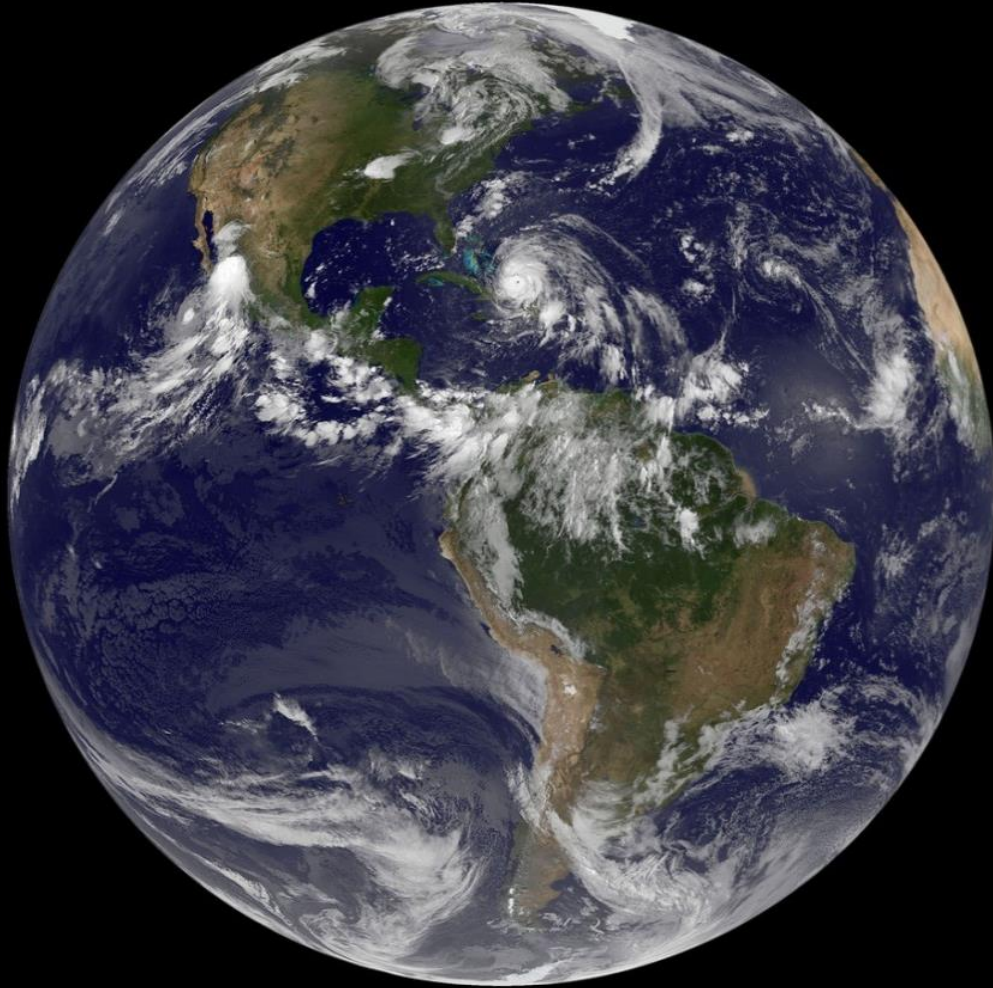
Alle Regeln festgelegt durch *Studien- und
Prüfungsordnung* und *Studienplan*
https://www.sle.kit.edu/vorstudium/amtlicheBekanntmachungen_12643.php



Meteorologie ist...

- ...die Lehre von den physikalischen und chemischen **Vorgängen in der Atmosphäre**
- ...sowie ihren **Wechselwirkungen** mit den anderen **Kompartimenten des Klimasystems** und dem Weltraum

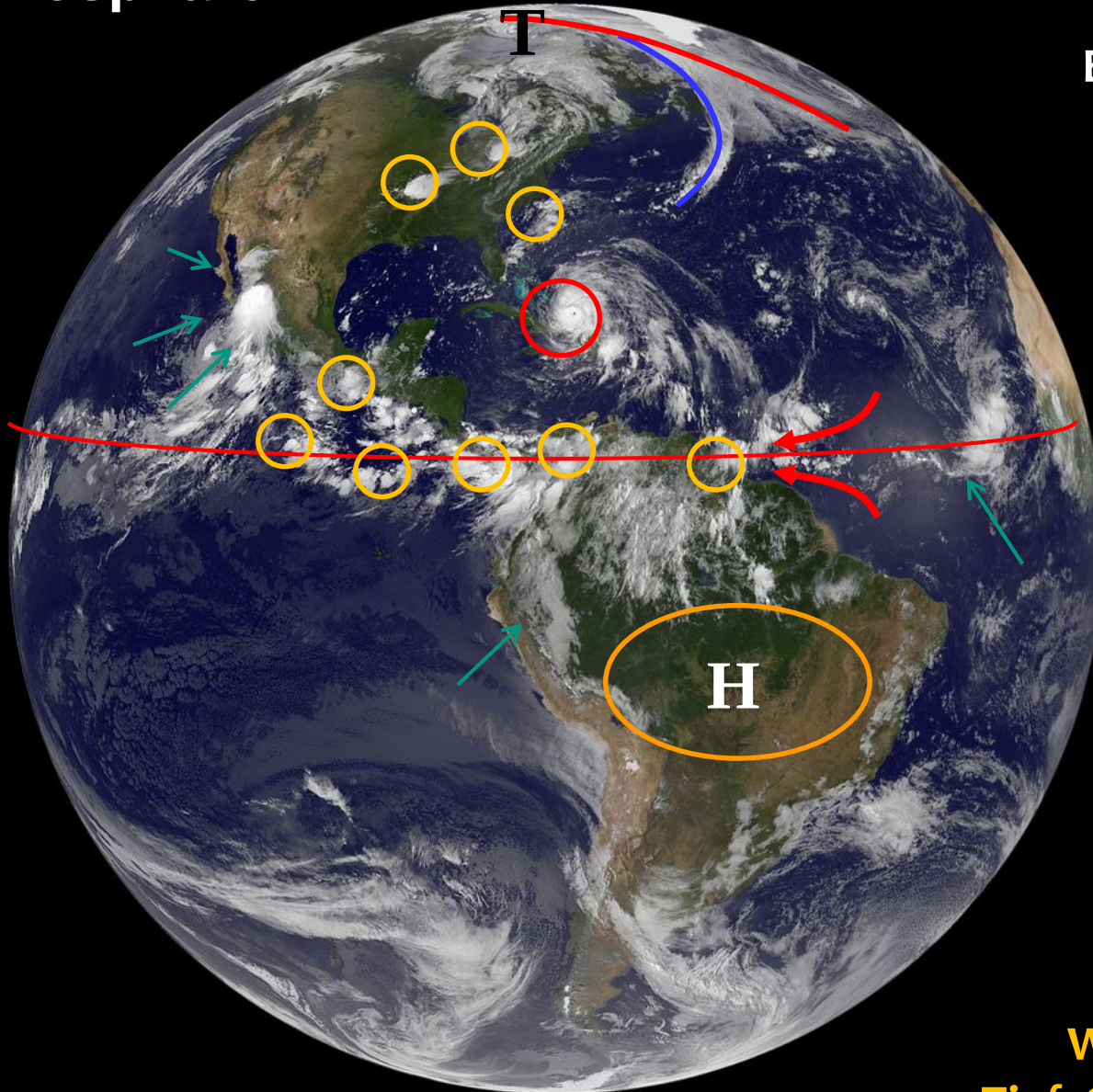




Ziel: Vorgänge in der Atmosphäre (= unser Labor):

- durch Messungen zu erfassen
- durch theoretische Ansätze
nachzubilden (belastbare
Evidenzen zu finden)
- in numerische Modelle zu
implementieren / vorherzusagen
- (komplexe) Zusammenhänge zu
verstehen

Die Atmosphäre



Erdradius: 6371 km

Troposphäre (Wettersysteme): ~ 10 km

Höhe Atmosphäre $\rightarrow \infty$

50% Masse bei ca. 5.5 km

Gase: v.a. N_2 , O_2 , H_2O , Ar

Spuren: CO_2 , CH_4 , N_2O

Kugel: Differenzen in solarer Einstrahlung

deterministisches Chaos

Innertrop. Konvergenz

Wellen / Wirbel (Wolken)

Wettersysteme (tropische Stürme, Hoch/
Tief, Gewitter,...)

Ziele der Vorlesung...

■ Überblick über das Fach Meteorologie

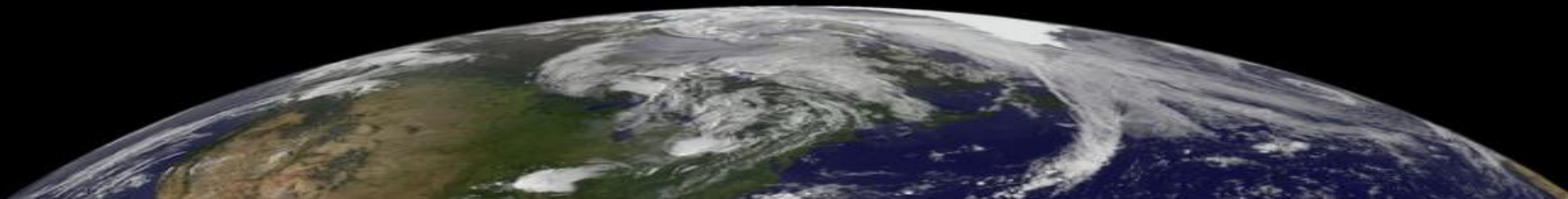
- Wissen für Modulprüfung (zus. mit Klimatologie, Einführung Synoptik)
- Grundlage für weiterführende Vorlesungen

■ Naturwissenschaftliche Problemlösung

- Verständnis der Prozesse, Mechanismen, Systeme
- Arbeitsmethoden Naturwissenschaften
- Erlernen der Fachsprache

■ Interesse und Neugier wecken

- „Die Neugier steht immer an erster Stelle des Problems, das gelöst werden will“
(Galileo Galilei, 1564 - 1642)

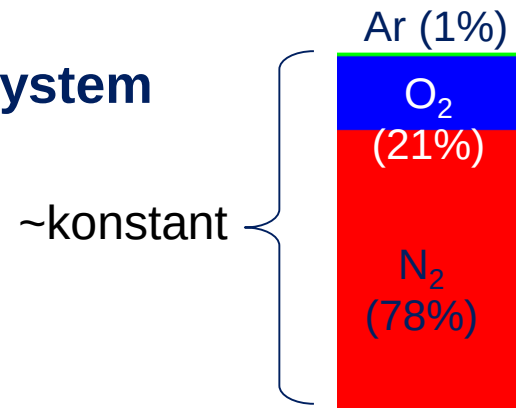


Inhalt der Vorlesung

- 1. Einführung und Überblick; Grundzüge der Wettervorhersage**
2. Zusammensetzung der Luft
3. Zustandsvariablen, Zustandsgleichungen und meteorologische Größen
4. Vertikaler Aufbau der Atmosphäre
5. Der Wasserdampf in der Atmosphäre
6. Strahlung
7. Einführung in die Dynamik der Atmosphäre
8. Thermodynamische Grundlagen
9. Kondensationsprozesse und Niederschlagsbildung
- * Klimawandel

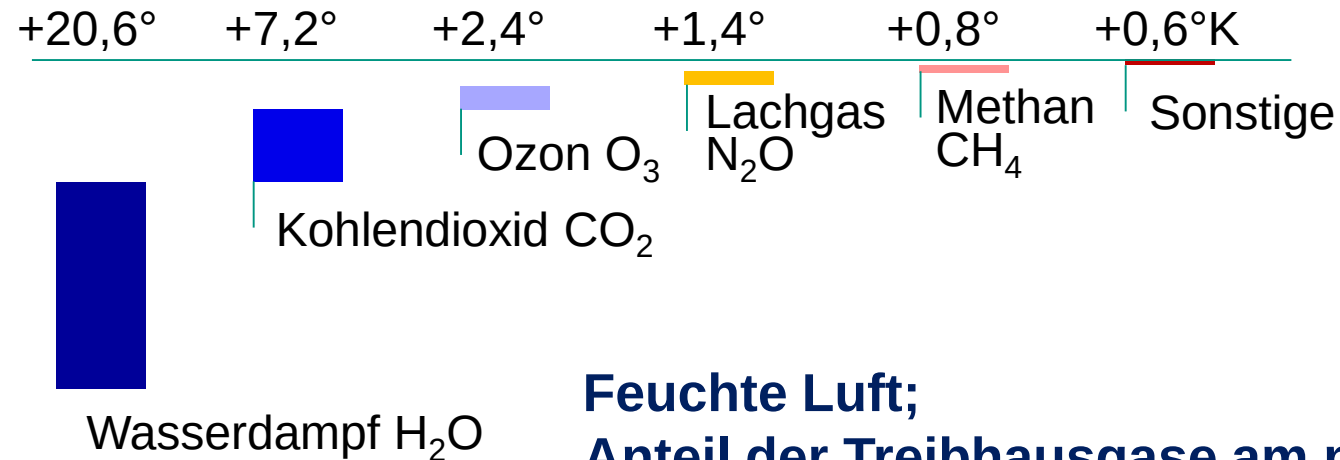
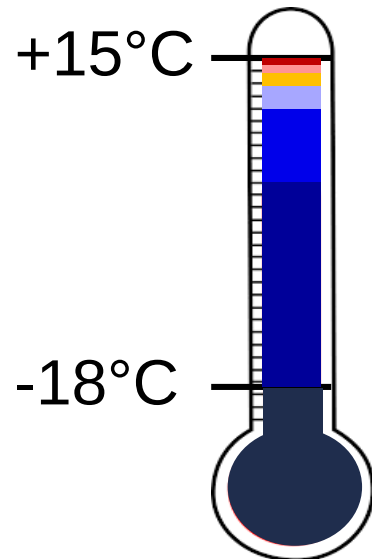
2. Zusammensetzung der Luft

Trockene Luft: Einkomponentensystem



Spurengase

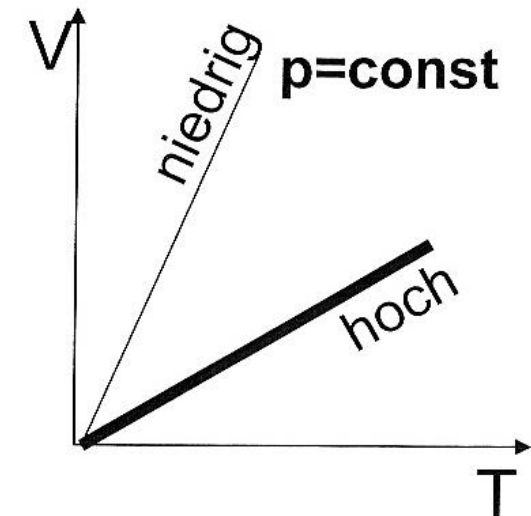
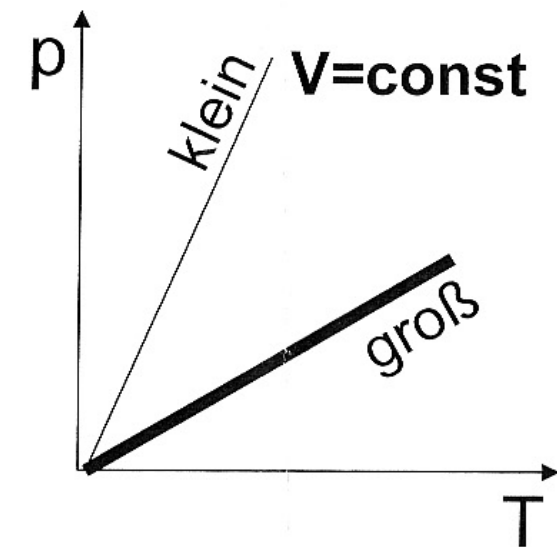
Kohlendioxyd, Neon, Helium, Methan, Krypton, Wasserstoff, Lachgas, Kohlenmonoxid, Xenon, Ozon



Feuchte Luft; Anteil der Treibhausgase am natürlichen Treibhauseffekt

3. Zustandsvariablen, Zustandsgleichungen und meteorologische Größen

- Thermodynamische Zustandsvariablen: Druck, Volumen (Dichte), Temperatur



4. Vertikaler Aufbau der Atmosphäre



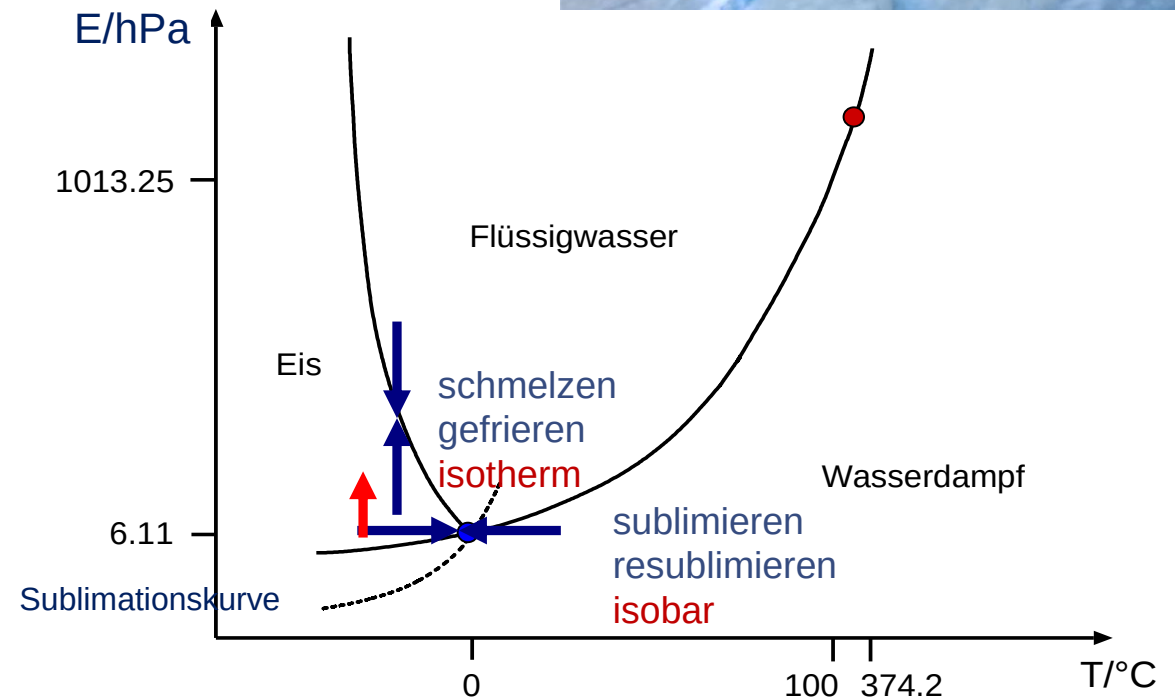
5. Der Wasserdampf in der Atmosphäre



Nebel



Wolken

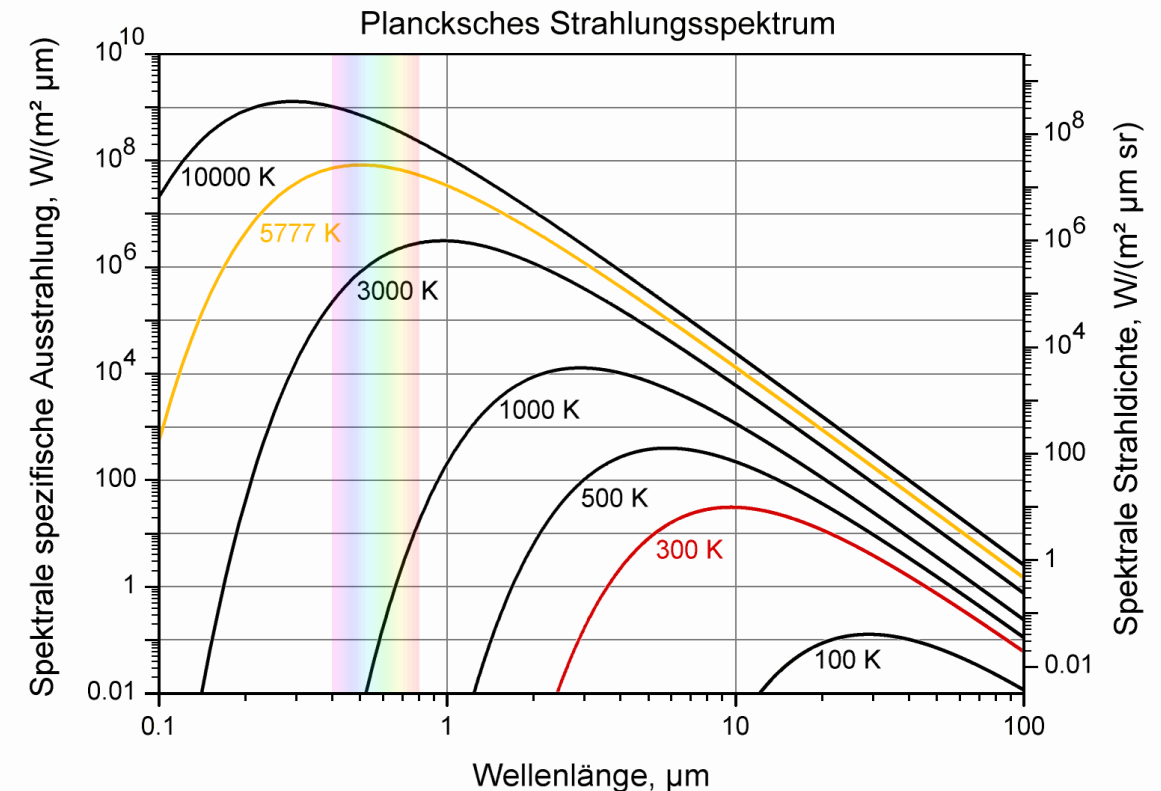


6. Strahlung

- Absorption, Emission, Extinktion
- Globalstrahlung, Reflexstrahlung, Albedo
- Schwarzkörperstrahlung
- Strahlungsbilanz, Energiebilanz, Treibhauseffekt



$$B_\nu(T) = \frac{dB}{d\nu} = \frac{2h\nu^3}{c^2(e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1)}$$



6. Strahlung

...und optische
Erscheinungen



7. Einführung in die Dynamik der Atmosphäre

„Es gibt kein Wetter ohne Wind“



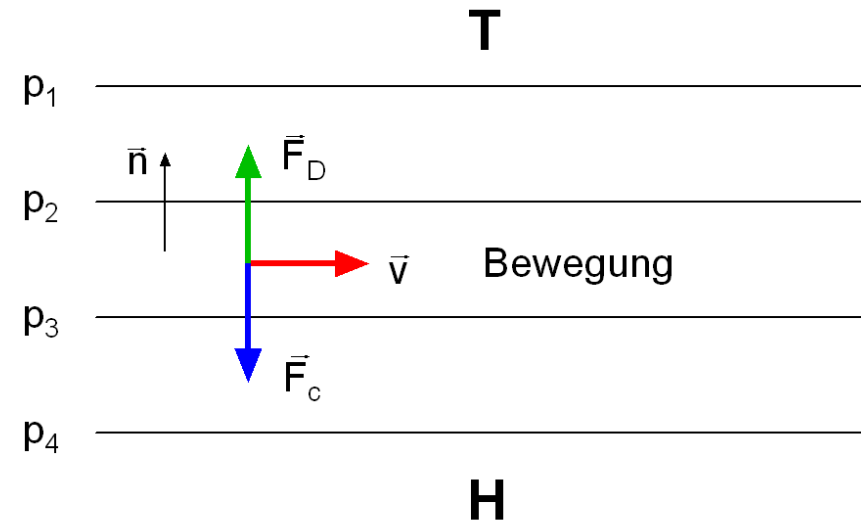
7. Einführung in die Dynamik der Atmosphäre

Bilanzgleichung für Beschleunigung: **Navier-Stokes Gleichungen**

$$\cancel{\frac{d\vec{v}}{dt}} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p - \cancel{g\vec{k}} - 2\vec{\Omega} \times \vec{v} + \cancel{\frac{\mu}{\rho} \vec{\nabla}^2 \vec{v}}$$

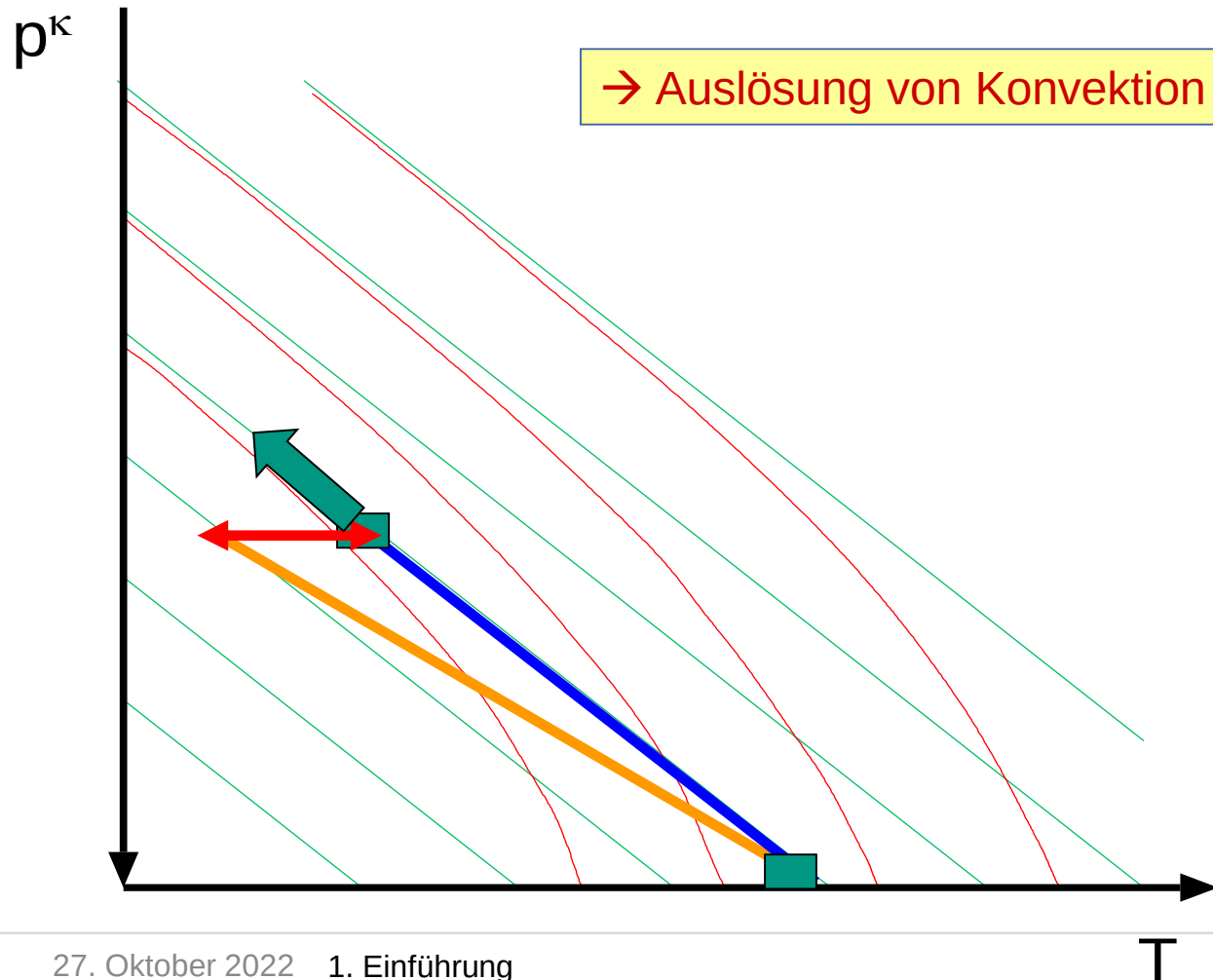
Skalenanalyse: **geostrophischer Wind**

$$\Rightarrow \vec{v}_g = \frac{1}{\rho f} \vec{k} \times \vec{\nabla}_h p$$



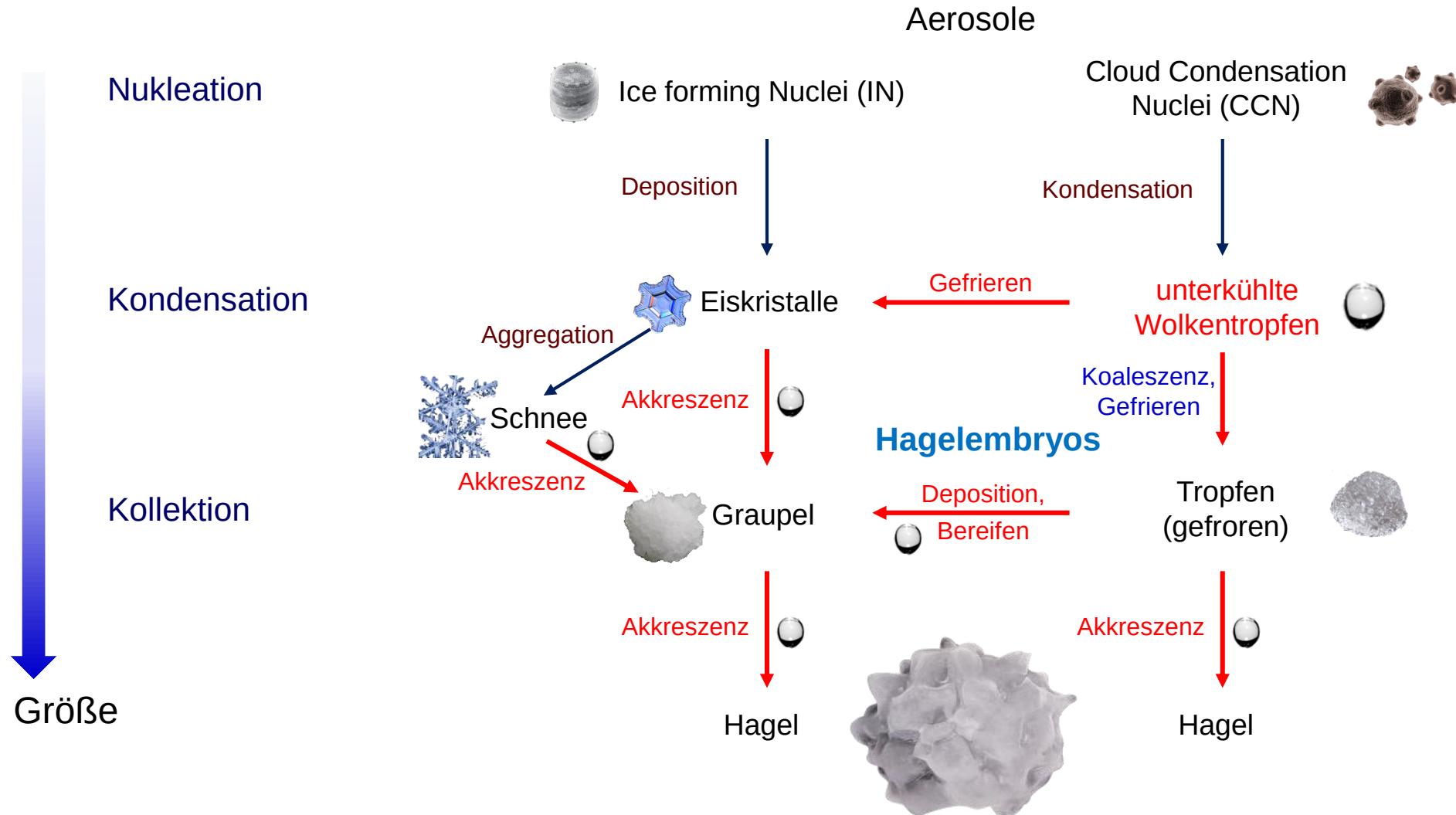
8. Thermodynamische Grundlagen

- Energieerhaltung: 1. Hauptsatz
- Vertikale Temperaturgradienten, adiabatisch



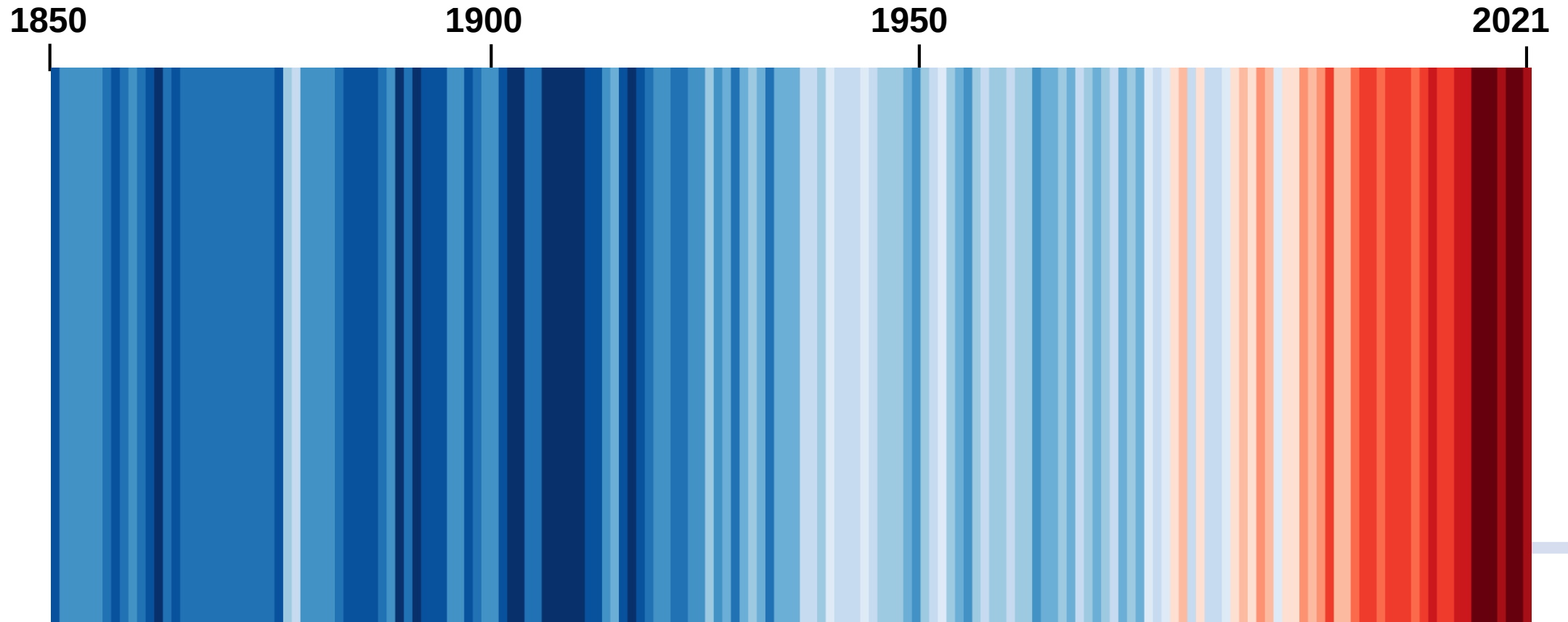
9. Kondensation und Niederschlagsbildung

■ Bsp: Hagelbildung



* Klimawandel

Global



Jahresmitteltemperatur

Trend: 1,1 K je röter desto wärmer (Grafik ©Ed Hawkins, 2019)

<https://showyourstripes.info> Daten: UKMO



...ergänzt durch
aktuelle Themen /
Personen aus der
Forschung



Tipp I: Lehrbücher

**Hakim, G., Patoux, J., 2021: Weather – A concise introduction (2nd Edit.).
Cambridge Univ. Press, 350 S.**

Häckel, H., 2016: Meteorologie. utb, 473 S.

**Kraus, H., 2014: Die Atmosphäre der Erde – Eine Einführung in die Meteorologie.
Springer Verlag, 444 S.**

Roedel, W., Wagner, T., 2018: Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre. Springer-Verlag, 597 S.

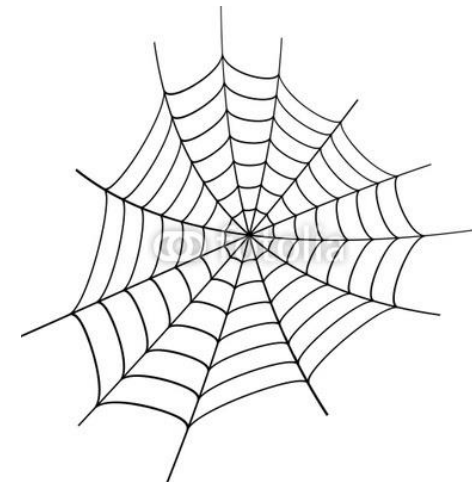
Salby, M.L., 2012: Physics of the Atmosphere and Climate. Cambridge University Press, 666 S.

Stull, R.B., 2000: Meteorology for Scientists and Engineers. Cengage Learning Emea, 528 S.

**Wallace, J.M. und P.V. Hobbs, 2006: Atmospheric Science: An Introductory Survey
Academic Press, 504 S.**

Tipp II: Internet

- Vielfältig, manche Seiten sehr gut, aber auch viel Schrott (z.B. youtube Thema Klimawandel oft von Klimaleugnern)!
- Adressaten oftmals Öffentlichkeit, Schulen, ... aber nicht Studierende
- Verfasser sollte angegeben und qualifiziert sein, möglichst aus bekannter Forschungseinrichtung / Universität
- Gut + seriös: Wetterdienste oder wiss. Organisationen (DWD, NOAA, UKMO, MeteoSwiss, AMS, Roy. Met. Soc.,...)



Tipp III: Von der Schule an die Uni...

- Lernen wie zu lernen; Trennen Wichtiges von Nicht-Wichtigem
- Vorlesung hören, aufnehmen, verstehen, Stoff reflektieren, ...
- Stoff vertiefen, Verwendung anderer Quellen
- Übungsaufgaben rechnen!
- **Lerngruppen** bilden, v.a. vor Prüfungen



Das Wetter

Kurze Wetteranalysen zu Beginn jeder VL



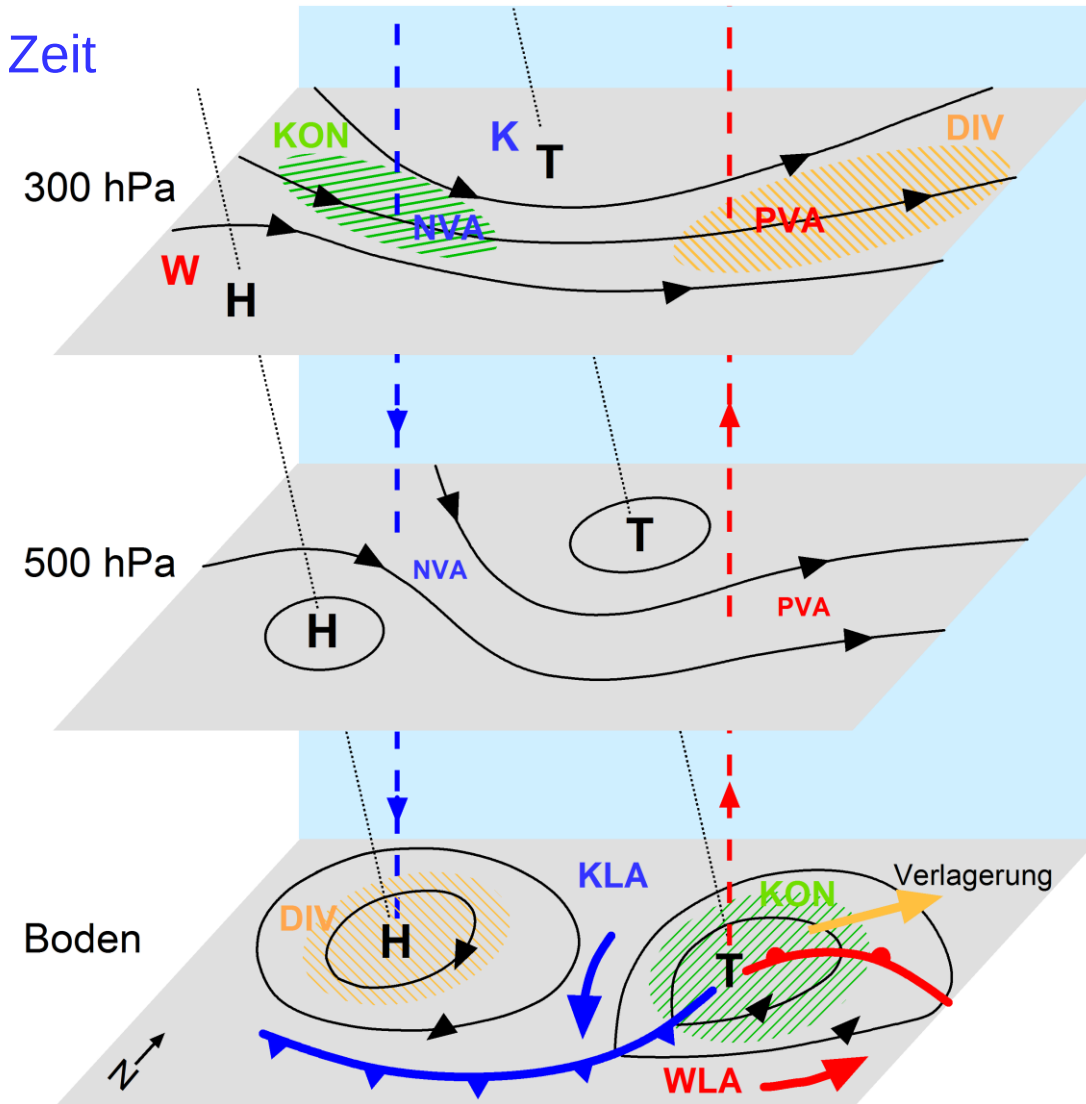
Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

Wettergeschehen: 4-dimensional; 3 Raumvariablen + Zeit

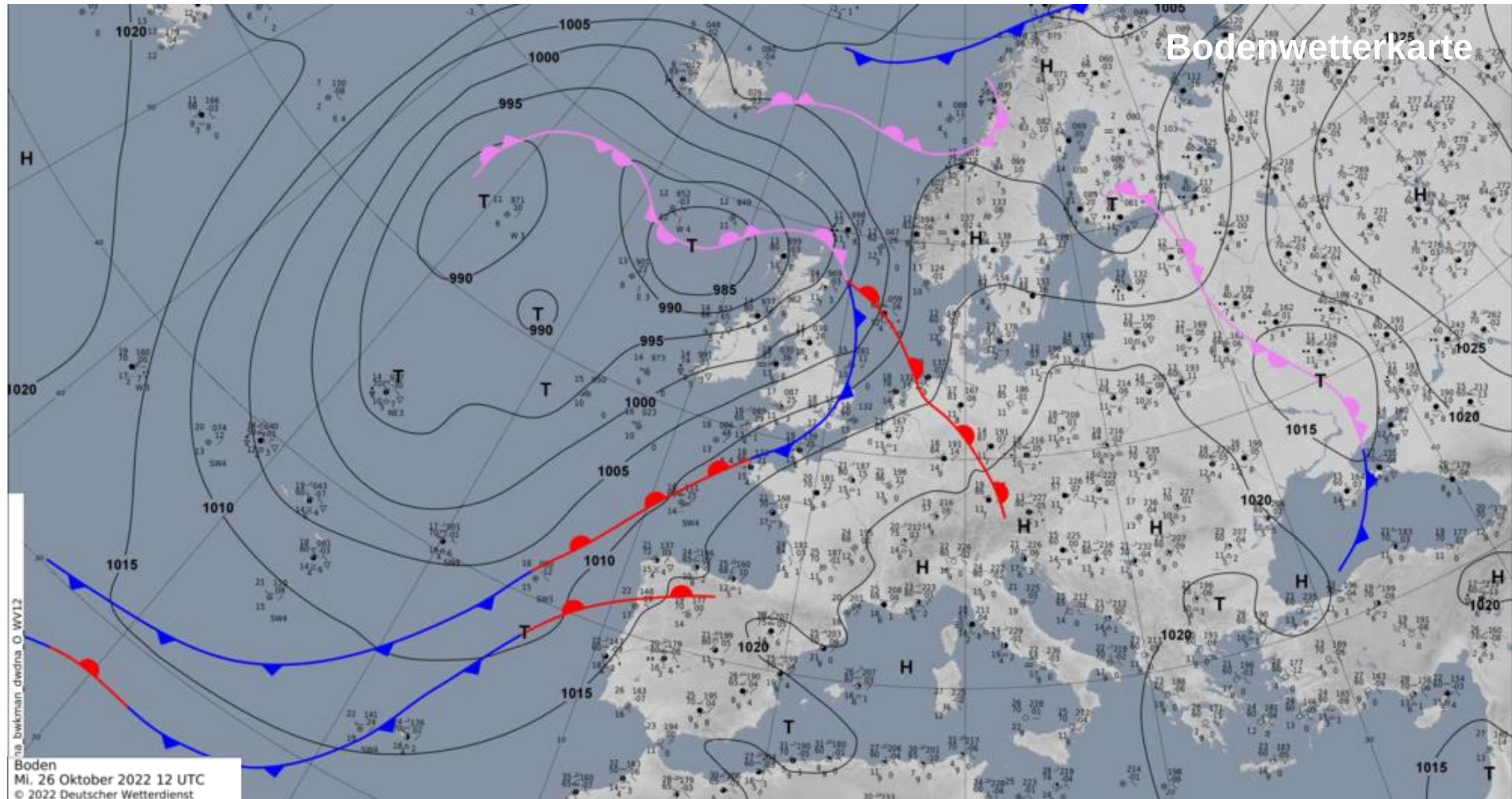
■ Hebungsantrieb in 300 hPa (~ 9 km)

■ Lage Höhenhoch / Tiefs in 500 hPa (~ 5.5 km)

■ Frontensysteme, Temperaturadvektion in Bodennähe, Konvektion, Tagesgang Temperatur, ...



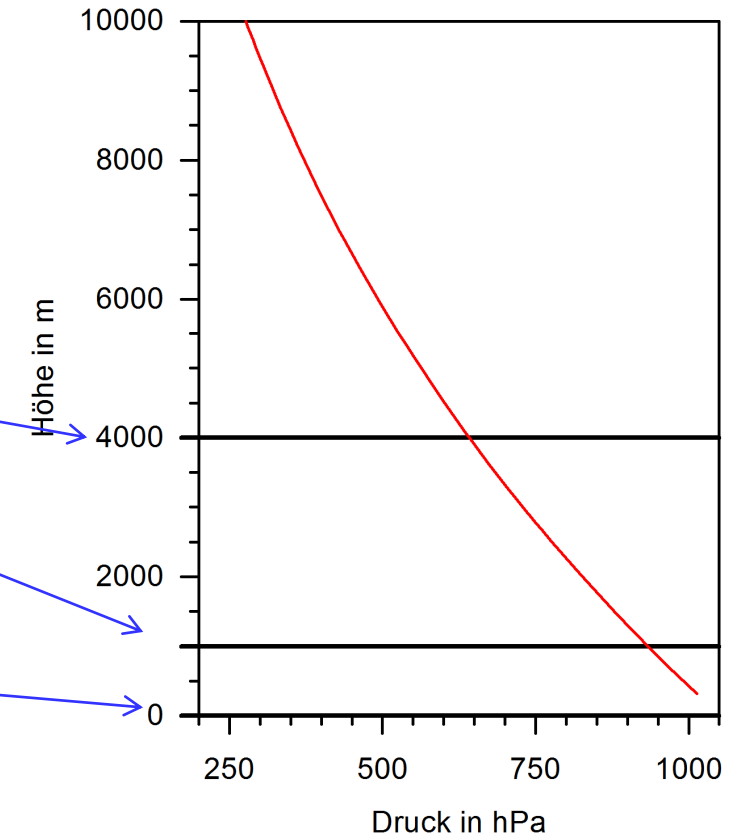
Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters



Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

Bodenwetterkarte

- Ausgangspunkt: Messungen Luftdruck in verschiedenen Höhenniveaus



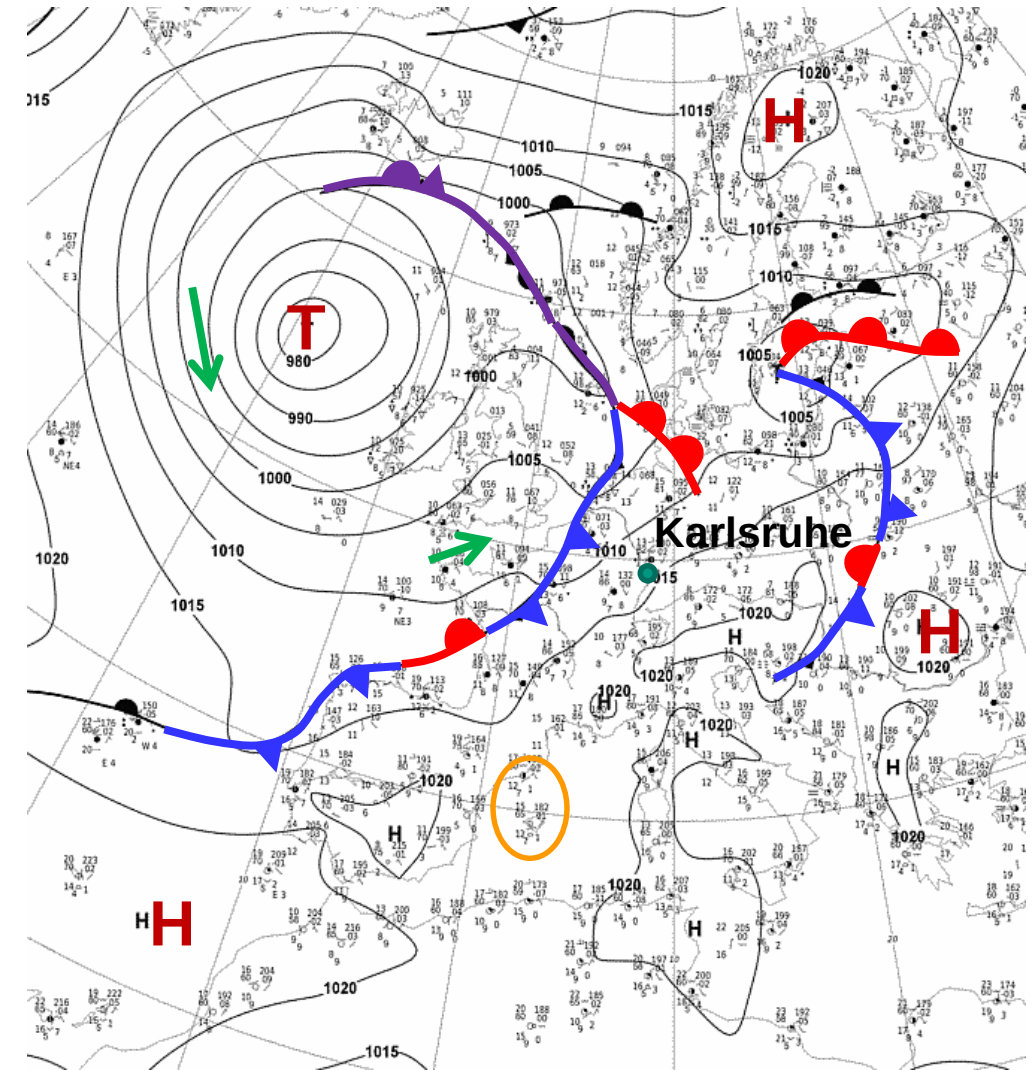
- Reduktion Luftdruck auf Normalnull (NN): → einheitliche Höhe (0 m ü.M)

barometrische Höhenformel
$$p = p_0 \exp \left(-\frac{g(z - z_0)}{R_l T} \right)$$

p_0 : Bodendruck
 g : Schwerebeschleunigung
 T : Temperatur (K)
 R_l : Gaskonstante für Luft

Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

- Interpretation Wetterkarten:
Bodenwetterkarte
- Lage Hoch / Tief
- Strömung in Bodennähe, Windstärke und -richtung
- Art und Lage der Fronten
- Aktuelles Wettergeschehen



Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

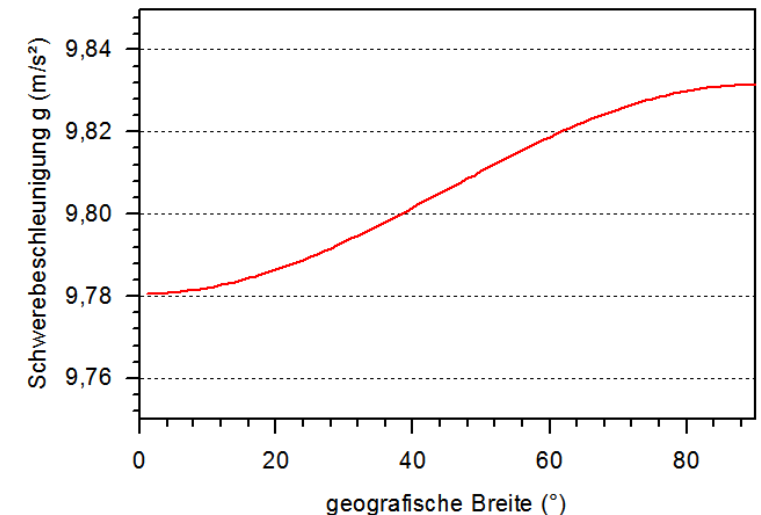
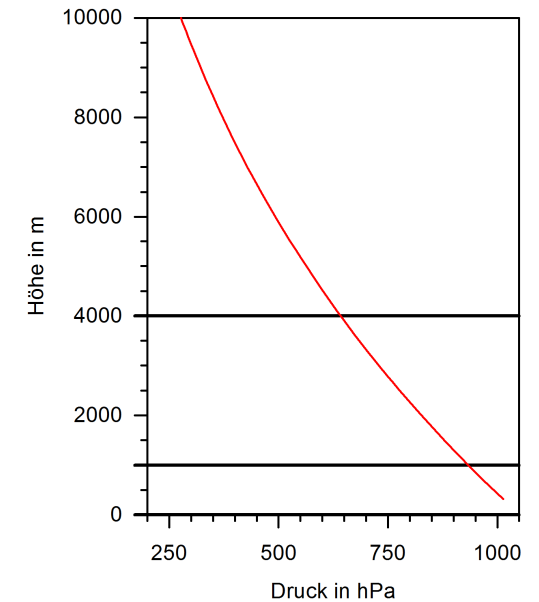
Höhenwetterkarte

- Konstruktion analog zur Bodenwetterkarte, aber nun Berechnung der (*geometrischen*) Höhe eines bestimmten Luftdrucks

$$z - z_0 = \frac{R_l T}{g} \ln \frac{p_0}{p}$$

- Wegen Abhängigkeit Gravitation von geografischer Breite:
→ Berechnung geopotentielle Höhe h :

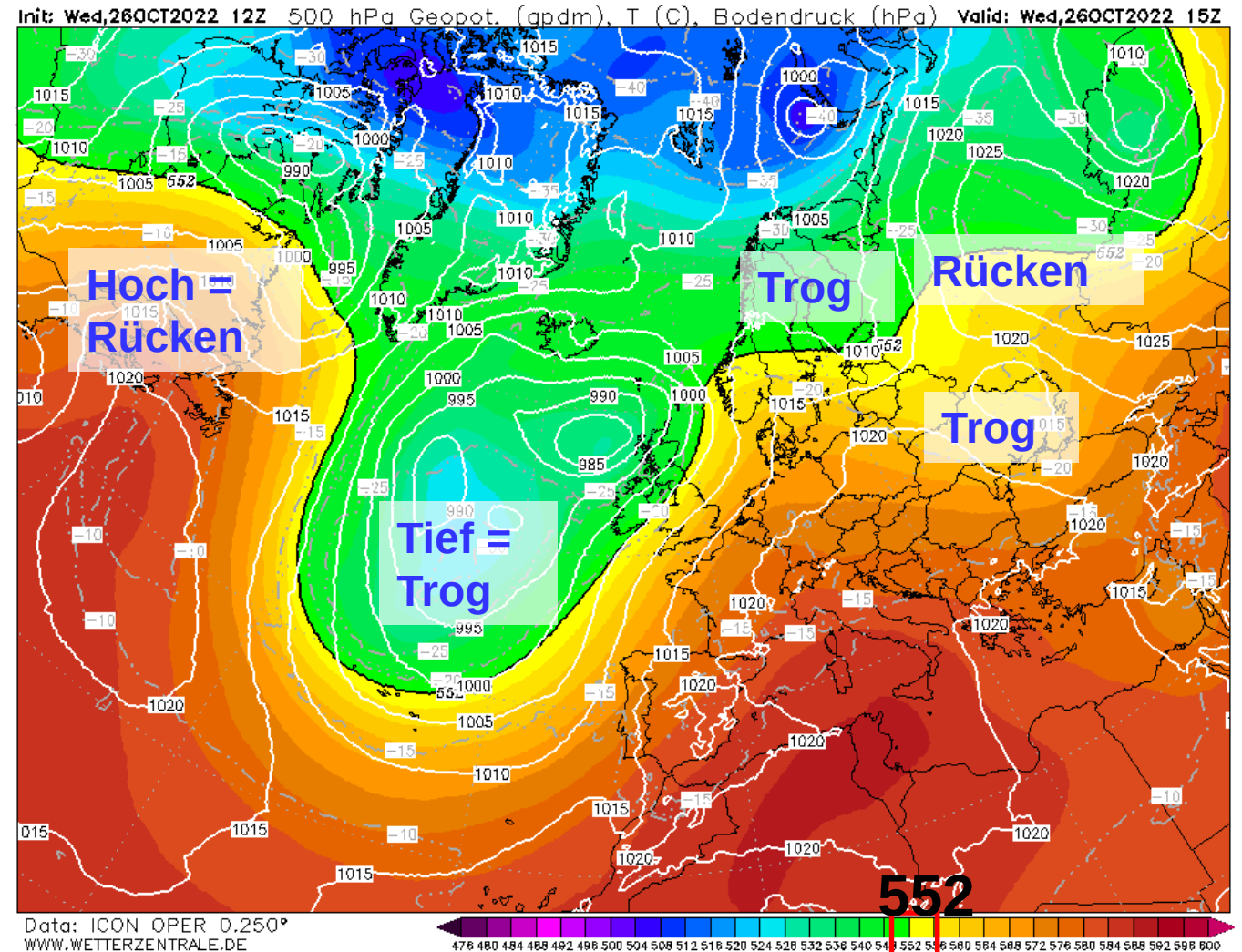
$$h \approx \frac{g(\varphi, z)}{g_{45^\circ}} z \quad g_{45^\circ} = 9,806 \text{ m s}^{-2}$$



Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

Höhenwetterkarte

- **Geopotential** in 500 hPa: Angabe der geopotentiellen Höhe (m, dam)
Bsp: 552 gpdam
= 5520 gpm (45°N)
≈ 5520 m NN
- Höhentief: **Trog**
Hohenhoch: **Rücken**



Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

■ Interpretation Wetterkarten: Höhenwetterkarte 500 hPa

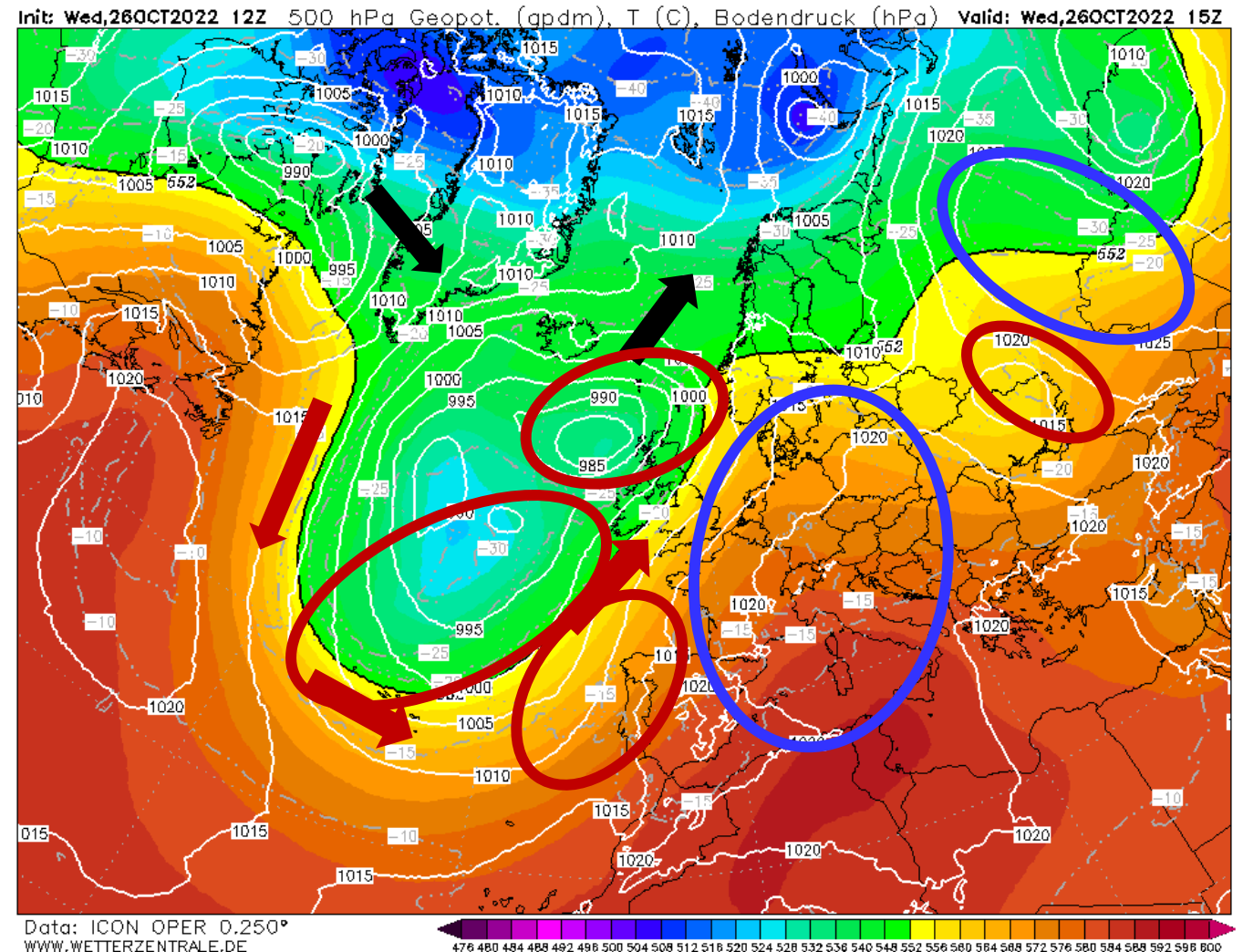
■ Strömung:

- Richtung
- Windgeschwind.
- Transport Eigenschaften, z.B. Temperatur

■ Verlagerungsrichtung/-geschw. Tiefs / Hochs

■ großräumige Vertikalbewegung:

- Hebung Trogvorderseite / im abgeschlossenen Höhenhoch/ Fronten
- Absinken Trogrückseite / im Hoch



Analyse des aktuellen und zukünftigen Wetters

■ Interpretation Wetterkarten: **Höhenwetterkarte 500 hPa**

■ Strömung:

- Richtung
- Windgeschwind.
- Transport Eigenschaften, z.B. Temperatur

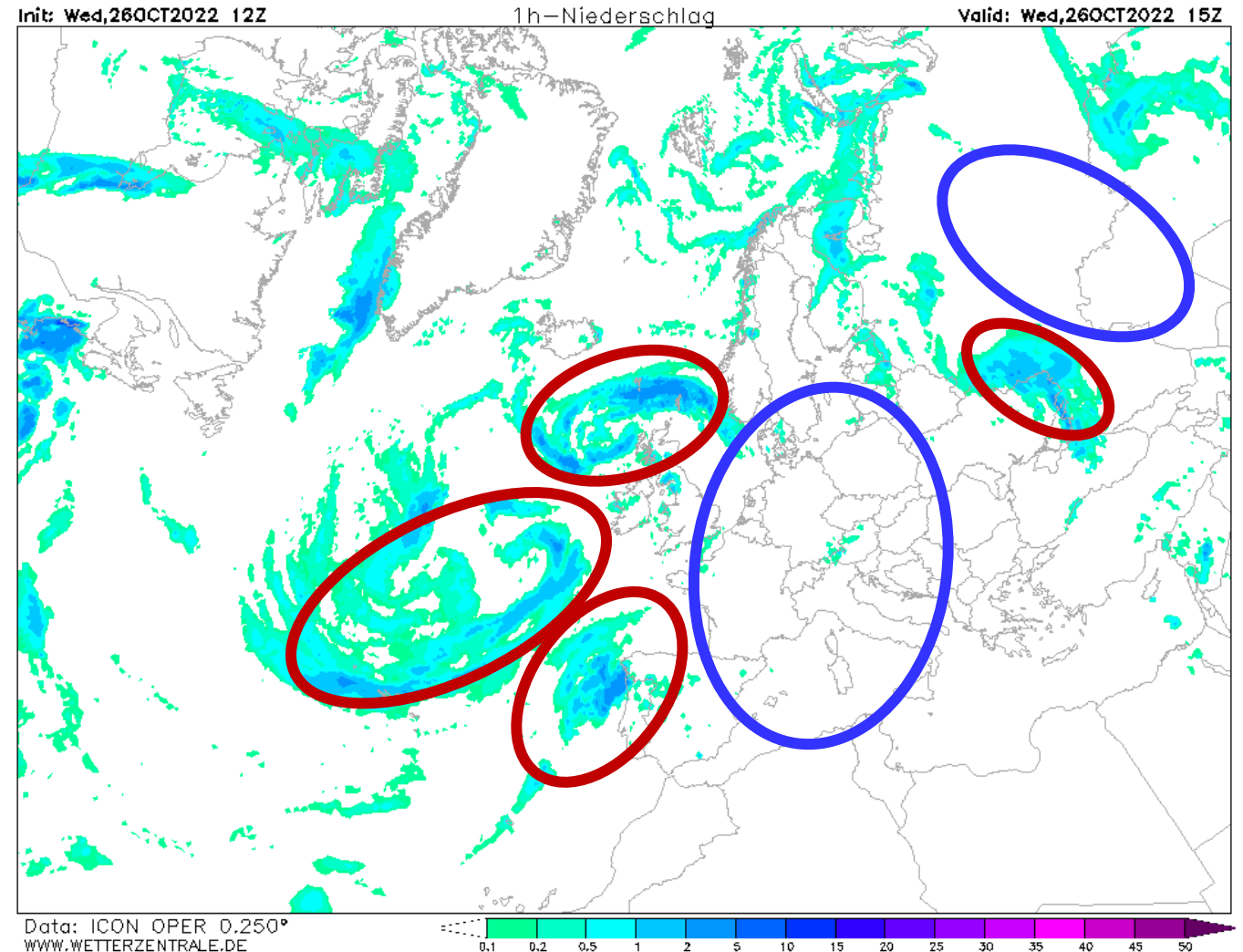


■ Verlagerungsrichtung/-geschw. Tiefs / Hochs



■ großräumige Vertikalbewegung:

- Hebung Trogvorderseite / im abgeschlossenen Höhenhoch/ Fronten
- Absinken Trogrückseite / im Hoch

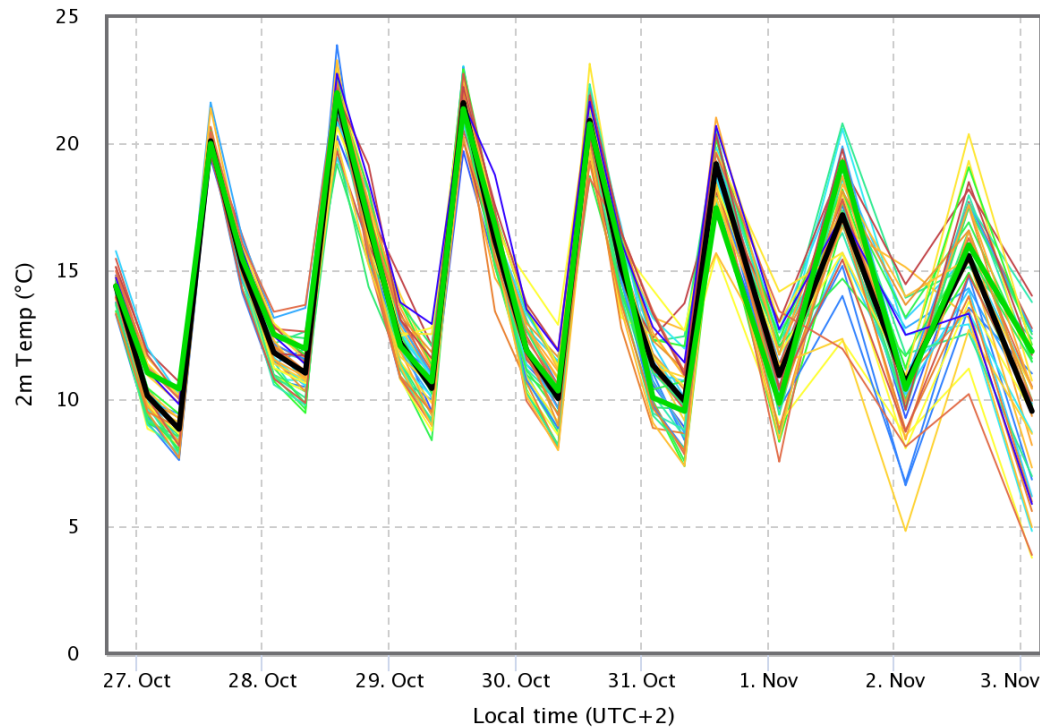


Ensembles

Modell ICON des Deutschen Wetterdienstes; Gitterpunkt Karlsruhe

ICON Karlsruhe 76131 (DE) 49N, 8.5E

Init: Wed, 26Oct2022 12Z

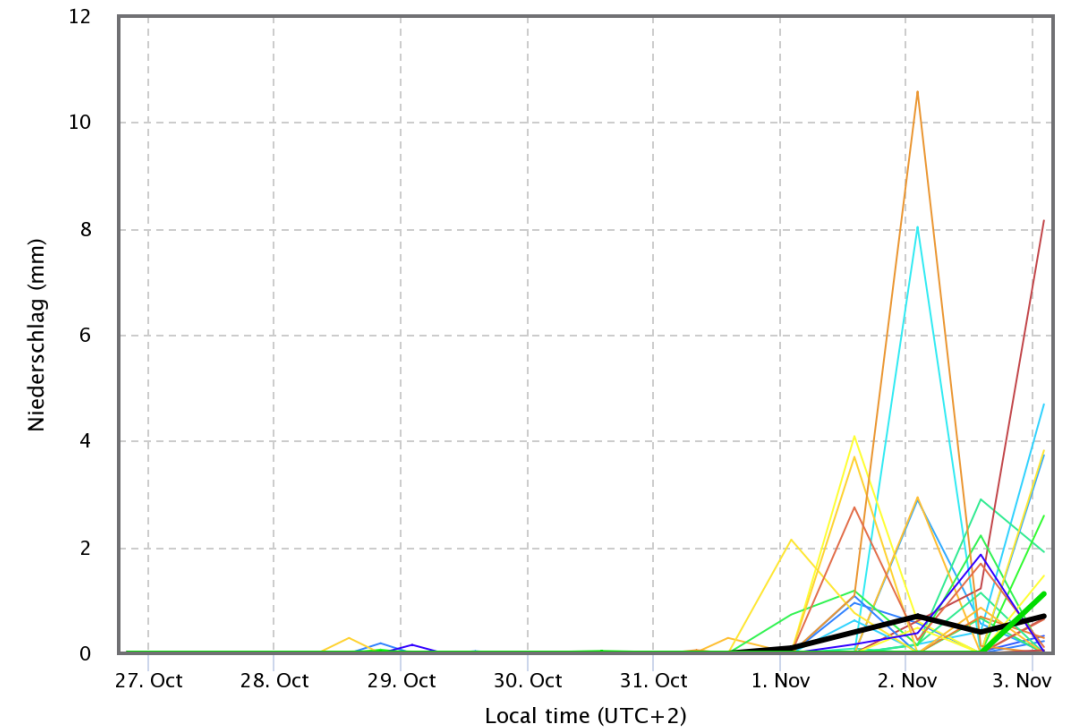


P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08
P09 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16
P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24
P25 P26 P27 P28 P29 P30 P31 P32
P33 P34 P35 P36 P37 P38 P39 P00
— AVG — OPER

wetterzentrale.de

ICON Karlsruhe 76131 (DE) 49N, 8.5E

Init: Wed, 26Oct2022 12Z

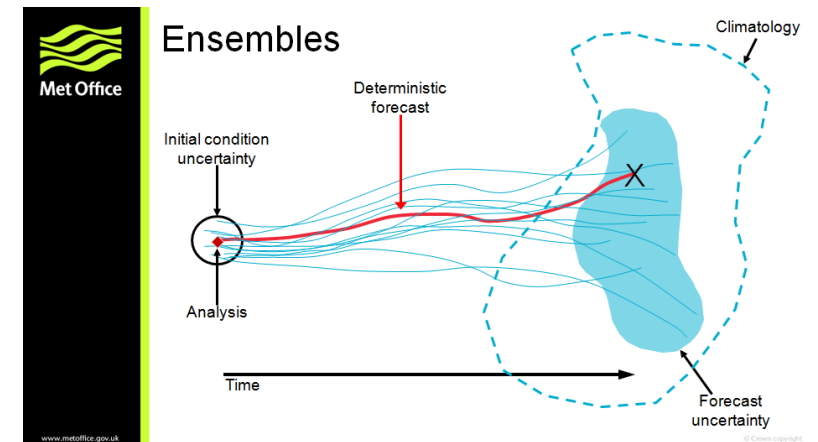
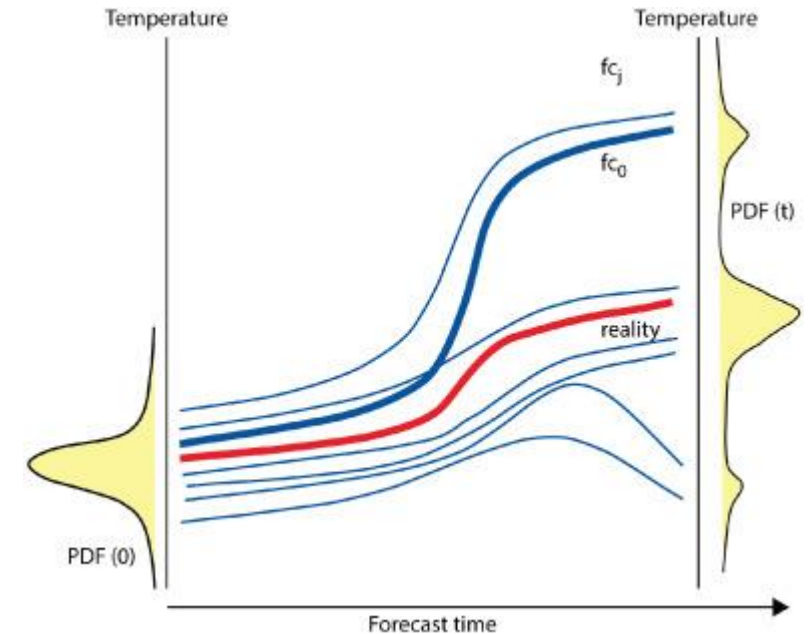


P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08
P09 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16
P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24
P25 P26 P27 P28 P29 P30 P31 P32
P33 P34 P35 P36 P37 P38 P39 P00
— AVG — OPER

wetterzentrale.de

Ensembles

- Geringfügige Störungen Anfangszustand (met. Variablen); wo und wie die Modellfelder gestört werden, hängt von der jeweiligen synoptischen Situation ab
- Für jeden geänderten Anfangszustand / geänderte Parametrisierung wird eine Modellvorhersage gerechnet
 - jede Vorhersage hat die gleiche Wahrscheinlichkeit
- Abschätzung
 - Bandbreite möglicher Wetterzustände in der Zukunft
 - Bestimmung der Wahrscheinlichkeit
 - Grenze der Vorhersagbarkeit



Ensembles: 500 hPa Geopotential

Init: Thu,26NOV2020 00Z00 hPa Geopotential (Isohypsens: 516 552 576 gpdanValid: Fri,04DEC2020 00Z



Data: GFS ENS
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de