

# Obere Atmosphäre und Polarlicht

Baris Polat

Proseminar Physik Bielefeld, 2023

- 1 Die Erdatmosphäre
- 2 Obere Atmosphäre - Ionosphäre
- 3 Messung
- 4 Polarlicht
- 5 Quellen

# Die Erdatmosphäre

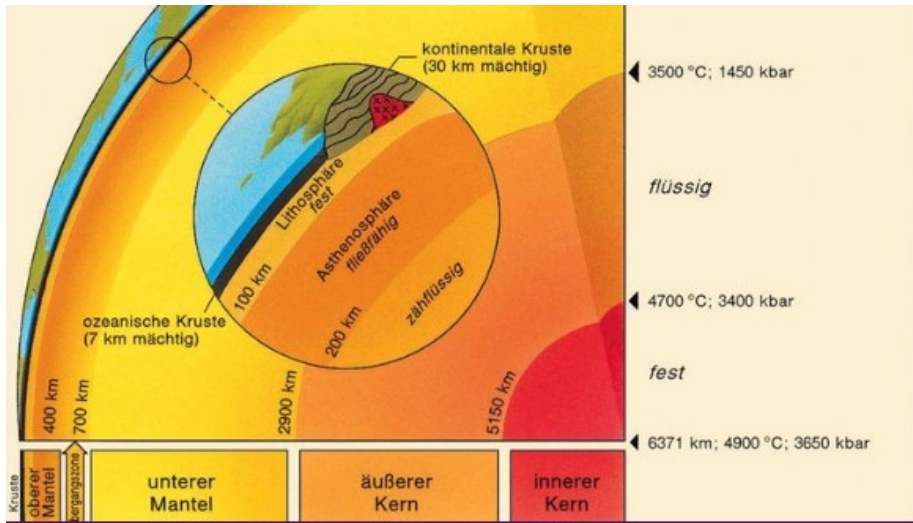
- wird als die gasförmige Hülle bezeichnet
- besteht hauptsächlich aus Stickstoff  $N_2$  (78%), Sauerstoff  $O_2$  (21%) und Edelgasen (1%)



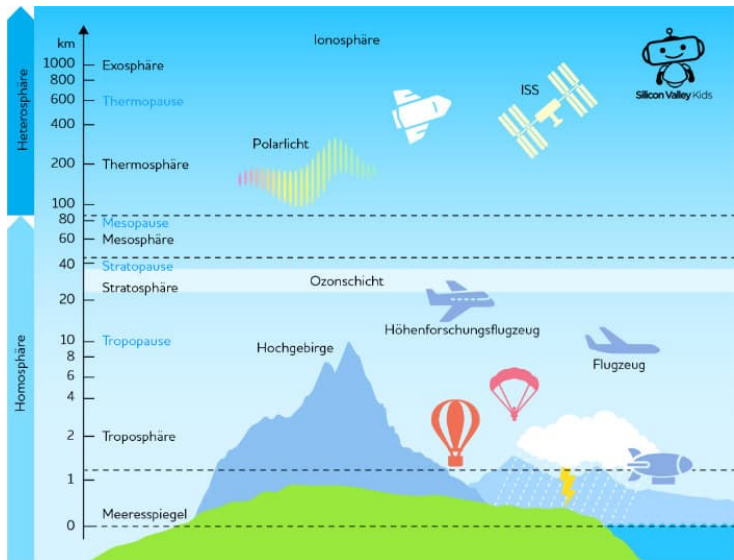
# Die Entstehung der Erdatmosphäre

- vor ca. 4,6 Milliarden Jahren entsteht die Erde aus einer kosmischen Wolke aus Gas und Staub
- Meteoriten fielen auf die Erde, es wurde sehr warm und es bildeten sich der heutige Schalenbau
- die Erde kühlt langsam ab und es entstehen Ozeane
- vor ca. 2,5 Milliarden Jahren kam es zur Photosynthese (Sauerstoff) durch Cyanobakterien
- heute: ausreichender Sauerstoffgehalt

# Schalenaufbau der Erde



# Erdatmosphäre-Aufbau



# Einleitung in die Ionosphäre

- Teil der oberen Atmosphäre, der große Mengen von Ionen und Elektronen enthält
- Ionisation von Gasmolekülen führt zur Elektrischen Leitfähigkeit der Luft
- Ströme fließen und Radiowellen werden reflektiert

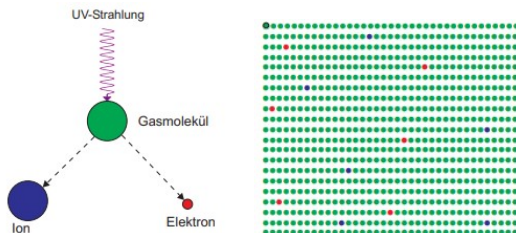
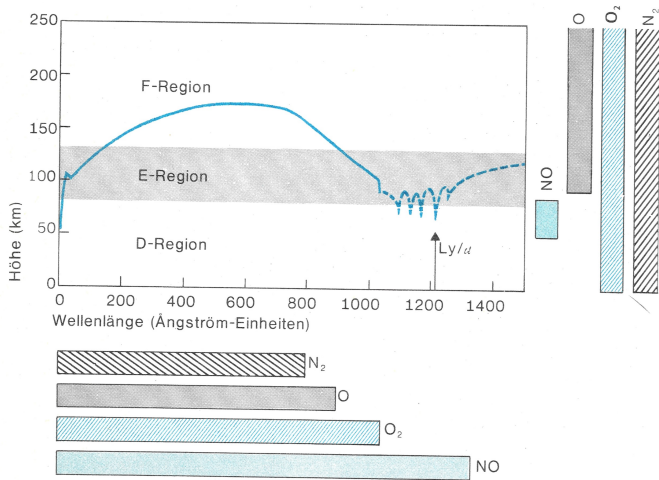


Abbildung: Schematische Darstellung des Plasmas.

# Ionosphäre-Aufbau

- in Schichten unterschiedlicher starker Ionisation unterteilt



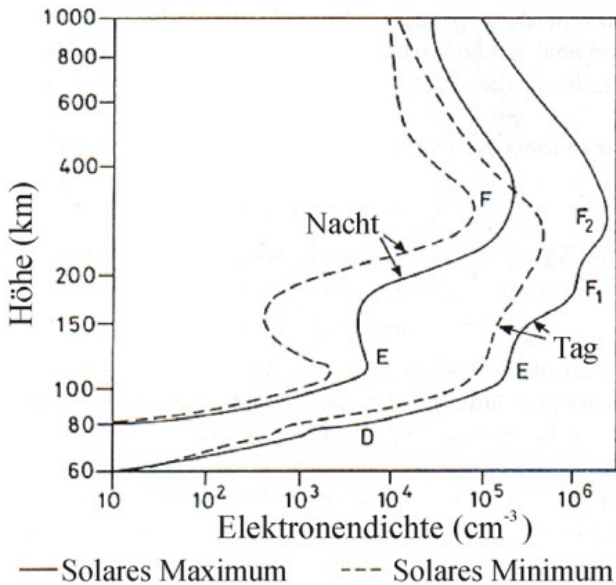


- Ionisation findet durch Strahlung der *Lyman –  $\alpha$  – Serie* bei 121,6 nm und der kosmischen Strahlung statt, die von Stickstoff (NO) absorbiert wird (70-90 km Höhe)
- Geschwindigkeit der Elektronenerzeugung proportional zu Konzentration der ionisierbaren Luftmoleküle
- Ionisation ändert sich im Verlauf des Tages und im Sonnenzyklus
- dies bedeutet für Radiowellen eine starke Dämpfung  $\Rightarrow$  Störung des Fernverkehrs

- auch Heavyside-Schicht genannt, nachgewiesen von Edward Victor Appleton (1924)
- Ionisation findet aufgrund weicher Röntgenstrahlung (Wellenlänge 1-10nm) und UV-Strahlung (80-102,7nm) an atomarem Sauerstoff sowie Stickstoff- und Sauerstoffmolekülen statt
- häufig starke Ionisationen im Bereich von 1000-2000km
- führt zu sporadischen E-Ionisation  $\Rightarrow$  Empfänger Störungen z.B bei TV-Sendern

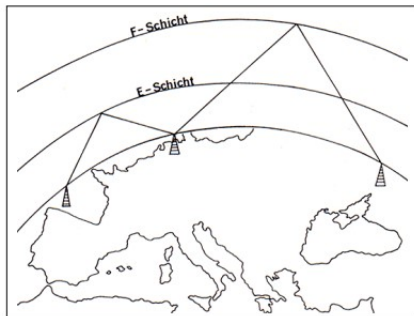


- ist die am stärksten ionisierte Schicht, UV-Strahlung (14-80nm)
- es finden Elektronenstöße elastisch mit positiven Ionen statt
- wird in zwei weitere Schichten geteilt, F1 und F2
- F1-Schicht ist der Ort größter Ionenproduktion
- F2-Schicht beinhaltet die stärkste Ionenkonzentration aufgrund der schwächeren Rekombination



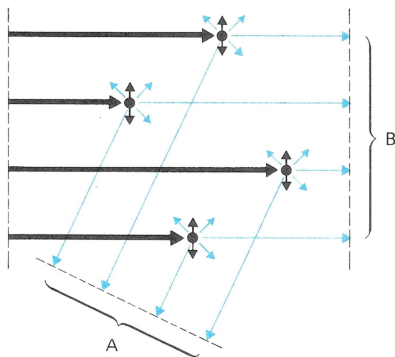
# Nutzung der Ionosphäre

- Satelliten korrigieren ihre Bahnen bei Radiowellen unter 10 GHz, weil diese zu Störung des Empfangs führen
- per Kurzwelle ist es der BBC möglich, ihr Programm weltweit zu übertragen
- Absorption kurzwelliger, energiereicher Strahlung (zellzerstörend für Lebewesen) der Ionosphäre schützt uns



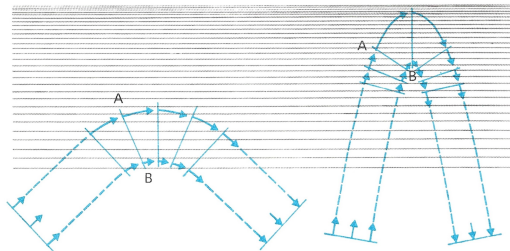
# Reflexion der Radiowellen

- Radiowelle wird nach oben gesendet, wo sie auf geladene Teilchen trifft
- Hauptwelle (schwarz) setzt die geladene Teilchen in Schwingungen, sodass sich eine zweite Sekundärwelle (blau) ausbreitet



# Reflexion der Radiowellen

- bei der schrägen Welle kommt es zur Reflexion, da die Konzentration der Geladenen Teilchen nach oben hin zunimmt
- somit wandert der obere Teil (A) schneller als der Teil (B)





# Messung-Ionosonde

- Radar-Anlage, welche die Höhe und die Frequenzen der Ionosphärenschichten überwacht
- kurzer Radiowellenimpuls wird mit einer Ionoson senkrecht nach oben gesendet und am selben Ort nach Reflexion an der Ionosphäre empfangen
- Frequenz der Welle wird für einige Minuten lang stetig geändert  $\Rightarrow$  Laufzeit und Höhe messbar



# Messung-Ionosonde

- nach Durchdringung der E-Schicht und Entdeckung der F-Schicht war die nächste Aufgabe die Messung der Elektronenkonzentration
- Ionosphärensonde liefert eine fotografische Aufzeichnung

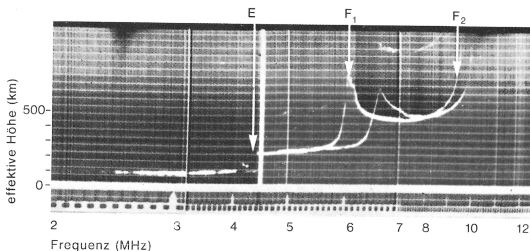
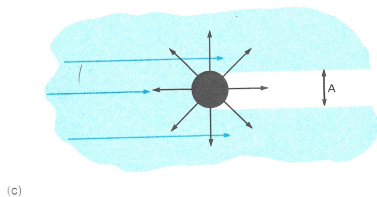
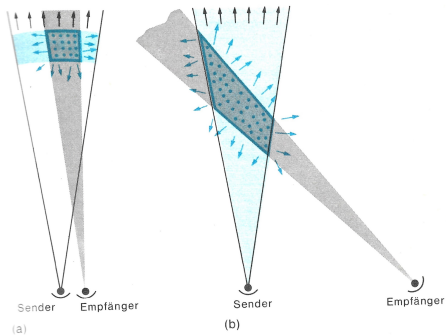


Abbildung: Ionogramm

# Die Thomsonsche Streusondierung



79

- Sonde in einem Satelliten wirft Welle nach unten, während es auf einer Umlaufbahn bewegt
- Laufzeit dieser Wellen können nach der Reflexion von der Oberseite der Schicht bis zur Rückkehr zum Satelliten gemessen werden
- somit kann man die Elektronenverteilung messen

# Heutige Forschung

- EISCAT ) ist eine multinationale Großforschungseinrichtung, die 5 Radarstationen in Nordskandinavien betreibt
- liefern Elektronendichte, Elektronentemperatur, Ionentemperatur und Plasmageschwindigkeit in einem Höhenbereich zwischen 90 km und etwa 2000 km



- Leuchterscheinungen am Himmel die hauptsächlich in polaren Gegenden beobachtet werden
- Polarlichter entstehen durch elektrisch geladene Teilchen des Sonnenwindes, welche durch das Erdmagnetfeld zu den Polen hin abgelenkt werden
- dringen in die Erdatmosphäre ein und regen Atome/Moleküle an welche Licht emittieren
- Grüne Polarlichter werden üblicherweise durch Sauerstoff in einer Höhe von circa 80 bis 150 Kilometern hervorgerufen
- In einer Höhe zwischen 150 bis 600 Kilometern entstehen durch Stickstoffatome rote und blaue Farben

# Polarlicht



- Literatur: Die Erforschung der Ionosphäre von John A. Ratcliffe
- <https://www.planet-wissen.de/natur/klima/erdatmosphaere>
- <https://www.planet-wissen.de/natur/klima/erdatmosphaere/pwiedieevolution>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Ionosphäre>
- <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/diss/2003/fu-berlin/2002/273/kap2.pdf>
- <https://www.planet-wissen.de/natur/polarregionen/polarlicht/index.html>