

Vorbemerkung

Die extraterrestrische Meteorologie besteht aus mehr Fragezeichen als Fakten

Wir wissen noch Wenig, und das ergibt oft keinen rechten Sinn

Aurorae

- Keine auf Venus und Mars?
- Erde
- Jupiter (starkes Magnetfeld!)
- Io : Äquatorregion (Interaktion mit Magnetfeld des Jupiter!)
- Saturn, (Uranus), (Neptun)

Einfluss der Berge

- Bannerwolken auf Erde und Mars (Nix Olympica!)
- Mars: Konvektion durch Erwärmung der Berghänge (Tharsis-Region!)

Blitze:

- Venus (Indirekt nachgewiesen - Whistler)
- Jupiter (fotografiert) (stärker aber seltener als auf der Erde)
- Titan: könnten möglich sein, wurden noch nicht beobachtet

Chemische Zusammensetzung der Atmosphäre

- **Terrestrische Planeten:** Kohlendioxid und Stickstoff
- **Venus und Erde** sollen ursprünglich gleich viel CO₂ in der Atmosphäre gehabt haben
- **Gasplaneten:** Wasserstoff und Helium
- **Io:** Schwefeldioxid (Vulkanismus)
 - Kochsalz (!)
- **Callisto:** Kohlendioxid-Atmosphäre durch Sublimation der Oberfläche
- **Erde:** Sonderstellung:
 - Kohlendioxid (Sedimentation, Biosphäre)
 - Sauerstoff (Biosphäre)

Dichte der Atmosphären

- Große Streuung
- **Merkur, Mond**
 - Interessante "Atmosphären" mit exotischen "Gasen" (Magnesium, Natrium)
- **Io**: Atmosphäre fast nur auf der Tagseite
- **Mars**: Dünn aber vorhanden
- **Erde**: Gerade recht ;-)
- **Titan** (1.45 bar) - woher? wieso?
- **Venus, Jupiter, Saturn** etc. - eher schon flüssig

Die drei Geschwister:

- Venus, Erde und Mars haben viel gemeinsam
- Erde und Venus:
 - Zone mit 1000 hpa und 20°C (Bei Venus in den Wolken)
 - Ähnlicher ursprünglicher CO₂-Gehalt der Atmosphäre
 - Regen (Venus: Schwefelsäure)
- Erde und Mars:
 - Klare Atmosphäre mit gelegentlichen Wolken (Cirrus filusus, Cirrostratus)
 - Schnee (Mars: Kohlendioxid, Wasser)
 - Polkappen
 - Staubteufel und -stürme
 - Ausgeprägte Jahreszeiten
 - Flüssiges Wasser (Auf Mars im Hellas-Becken zumindest möglich)

Himmelsfarbe

- Gelblich, braun, orange (Venus, Titan, Jupiter, Saturn)
- Blau: Erde, Uranus, Neptun
- Rosa: Mars

Jahreszeiten

- Wichtig auf Erde und Mars (Druck!)
- Venus: Achse steht fast senkrecht auf die Bahnebene, dichte Atmosphäre
- Mars: Druckschwankungen, Staubstürme
- Saturn: Photochemischer Zyklus (Photolyse von Methan und nachfolgende Reaktionen)
- Titan: Methanregen im Winter --> Seen, die im Sommer wieder verdampfen?
 - Wechsel des Konvektionsmusters (??)
 - Wechsel der Wolkensysteme
- Uranus! (Dauern lange: Noch wenig erforscht)
- Pluto: Ausfrieren der gesamten Atmosphäre
 - Im Moment: Stickstoff sublimiert am Südpol und gefriert am Nordpol
- Kometen: Wie bei Pluto, nur extremer, weil sie ins innere Planetensystem reisen

Klimawandel

- Anzeichen für zunehmendes Abschmelzen der südlichen Polkappe auf Mars (??)

Konvektion:

- **Venus**: Luft spiralisiert vom Äquator zu den Polen. Zwei globale Zellen.
- Zonen (Aufsteigend) und Bänder (absinkend) auf **Jupiter** (??)
 - Fehlen einer festen Oberfläche: tiefreichende Konvektion?
- **Titan**: Aufsteigen in einer Hemisphäre, Absinken auf der anderen? Eine globale Zelle (?)
- **Pluto**: Verdampfen, Gefrieren

Möglichkeit von Leben

- **Venus**: In den Wolken (?)
- **Mars**: im Boden?
- **Europa**: im Ozean (heißer Tipp!)
- **Ganymed, Kallisto**: weniger heiße Tipps
- **Titan**: Methanbasiertes Leben?

Metalle

- **Venus**: Metallwolke in 12 - 18 km Höhe (?)
 - Raumsonden spielen dort verrückt
- Metallischer Wasserstoff im Inneren **Jupiters**
- Eisenwolken auf extrasolaren **heißen Jupitern** (?)
- Metallatome/moleküle auf ballistischen Bahnen auf **Mond, Merkur, etc.**

Meteorologische Optik

- **Erde**: Großes Spektrum an Erscheinungen
- **Titan**: es könnte Regenbogen geben
- **Jupiter**: Haloerscheinungen in den Ammoniakwolken (??)
- Blaue Sonnenauf- und Untergänge auf **Mars**
- **Mars**: "Obersonnen" - Cirrostratus beleuchtet Gebiete auf der Nachtseite

Methan

- **Erde:** (Spuren-) Treibhausgas
- **Mars:** Existenz umstritten, drei diskrete Quellgebiete
- **Titan:** Rolle des Wassers bei uns, gasförmig, fest und Flüssig
- **Saturn:** photochemischer Zyklus
- **Uranus, Neptun:** für die Farbe des Planeten verantwortlich!

Niederschläge

- Schwefelsäureregen auf **Venus**
 - Niederschlag verdampft nicht, er wird chemisch zerlegt
- Schneefall auf **Mars**, erreicht den Boden nicht
- Heliumregen im Inneren **Jupiters** (??)
(Wärmequelle!)
- Ammoniakschnee auf **Io** (Aus Vulkaneruptionen)
- Methanregen (-schnee?) auf **Titan**

Einfluss des Orbits

- **Erde:** Der nördliche Sommer ist um 4 Tage länger als der Winter
- **Mars:** Exzentrischeres Orbit: Ein Teil der Atmosphäre friert im südlichen Winter aus (25% Druckschwankung!!)
 - Südlicher Sommer ist um 25 (Erd-)Tage kürzer als der Winter
- **Pluto, Kometen:** Atmosphäre friert fern der Sonne komplett aus

Polkappen

- Erde und Mars
- Auf Titan polare Seen aus Methan
- Auf Pluto Ausfrieren der Atmosphäre

Einfluss der Rotation (Achslage)

- Jahreszeiten
- Größe der Polarkappen auf **Mars** (Verkippen der Achse)
- **Venus**: kein Einfluss auf die Dynamik (Fliehkraft wichtiger als Corioliskraft)
- Extreme Jahreszeiten auf **Uranus** (?)

Schweife etc.

- Kometen
- Io: Neutrale Gaswolke, Plasmatorus
- Atmosphäreverlust
- Exoplaneten (!)

Einfluss der Schwerkraft

- Wechselspiel mit der Temperatur
- Dicke Atmosphäre auf **Jupiter** etc.
- Fast Vakuum auf **Mond** und **Merkur**
- Ephemere Atmosphäre auf **Kometen**
(kondensiert nicht wie auf Pluto, sondern verfliegt in den Raum)
- Atmosphäre des **Titan**
 - Extrem ausgedehnt

Wasser

- Ist auf **Venus** Bestandteil der Wolken, sonst ist sie knochentrocken
- **Mars**: Cirrus Wolken (Aphel), Permafrost
- **Gasriesen**: Wasserwolken in tieferen Schichten

Flüssiges Wasser

- **Venus**: Könnte es einmal gegeben haben (?)
- **Mars**: Spuren in der Landschaft
- **Europa**: Ziemlich sicher dicker Ozean unter der Eisschicht (?)
- **Callisto, Ganymed**: Ozeane im Inneren möglich

Winde

- Superrotation auf **Venus** und **Titan**
- Staubstürme (Perihel!), Jetstreams auf **Mars**
- Jetstreams auf **Jupiter** (Definieren die grenzen zwischen Bändern und Zonen)
 - Reichen bis tief ins Innere (gemessen bis 22 Bar Druck)
- Differentielle Rotation der **Gasriesen**
- Starke zonale Winde auf **Uranus** (!)
- **Neptun**: Die schnellsten Winde im Sonnensystem
- **Pluto**: Winde beobachtet

Wirbelwinde/-stürme

- Staubteufel auf Erde und Mars
- Hurricans auf der Erde
- Polarer Vortex auf der Venus
- Große weiße, rote, dunkle Flecken auf Jupiter, Uranus, Neptun
- Saturn: Warmer polarer Wirbel (!!?)
- Titan: Polare Wirbel
- Neptun: Großer dunkler Fleck u.a.

Wolken

- **Erde** und **Mars**: Teilweise klare Atmosphäre
- **Venus** und **Titan**: Permanente, vollständige Bedeckung
- **Venus**: Mehrere Wolkendecks mit klaren Zwischenräumen
- **Jupiter, Saturn**: Konvektive Bänder (?)
- **Gasplaneten**: Komplexe Wolkenstruktur
 - Verschiedene Substanzen in verschiedenen Höhen
 - Wassereis oder flüssiges Wasser in tieferen Schichten
- **Titan**: Methancirren über der Dunstschicht