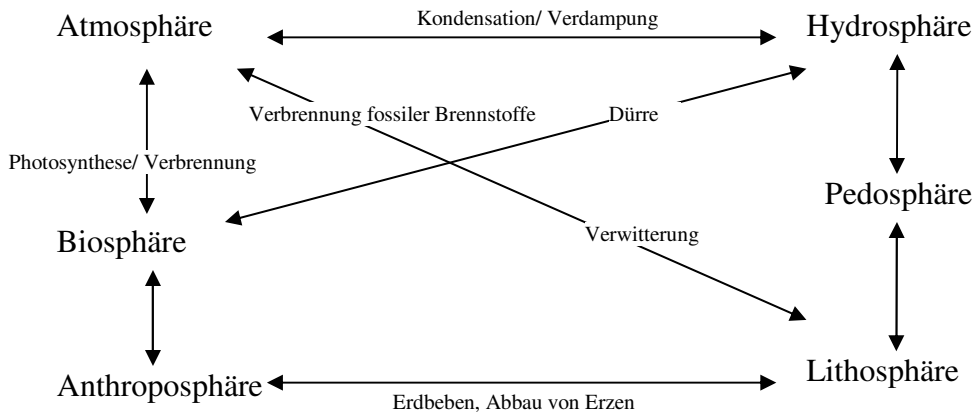


Lernkärtchen für Atmosphäre, Teil Peter

Prüfungen Sommer 2005

Erstellt durch
Roman Schenk

In welche Zonen oder Sphären lässt sich unser Planet aufteilen? Nenne Beispiele für die Wechselwirkungen zwischen diesen Sphären!



Wie ist das globale Wasservorkommen auf die verschiedenen Reservoirs verteilt? Warum spielt das äusserst kleine Reservoir der Atmosphäre trotzdem eine wichtige Rolle?

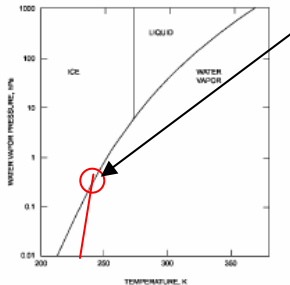
Ozeane: 97%; Gletscher/Schnee: 2.4%; Grundwasser: 0.6%; Flüsse/Seen: 0.02%; Atmosphäre: 0.001%;

Trotzdem, dass die Atmosphäre nur etwa 1/100'000 des globalen Wasservorkommens enthält ist dieses Wasser von Bedeutung, weil es etwa die Hälfte der lebenden Materie stellt, und für Transportprozesse der Biologie wichtig ist. Dieses Wasser generiert den Niederschlag, die Wolken, die ebenfalls den grössten Anteil am Treibhauseffekt darstellen, und bleibt etwa 10 Tage in der Atmosphäre.

Prüfungsaufgabe:

- a) was würde passieren wenn der Mars heute in der Lage wäre durch vulkanische Aktivität den Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre stark zu erhöhen? Könnte er ein warmes Klima erzeugen?
- b) Nehmen Sie an, dass dabei zusätzlich CO₂ emittiert würde, und sich bis auf 0.4 hPa anreichern könnte (etwa der Wert der Erde). Läge die Marstemperatur über oder unter 0°C?

a)

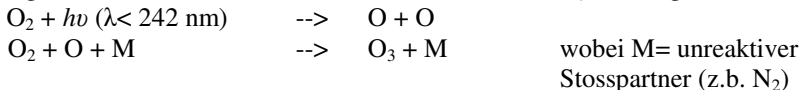


Die Temperatur kommt hier zum stehen, weil die Atmosphäre nicht mehr Wasserdampf aufnehmen kann.

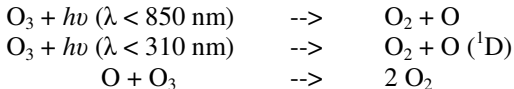
- b) Bei sehr viel mehr CO_2 wäre es möglich, eine Temperatur über 0°C zu erzeugen, dies schafft aber der Planet Mars nicht mehr.

Welche Prozesse sind für die Bildung von Ozon verantwortlich, wo finden sie statt?

Ozonbildung findet sowohl in der Stratosphäre als auch in der Troposphäre statt. In der oberen Atmosphäre (Strato-, Meso-, Thermosphäre) wird Ozon durch die Aufspaltung von O_2 , Bildung von O-Radikalen und deren Reaktion mit O_2 zu O_3 (Ozon) gebildet:

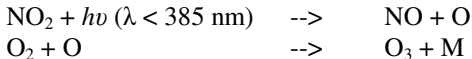


gleichzeitig wird aber auch Ozon durch Absorption von langwelligen Photonen abgebaut:



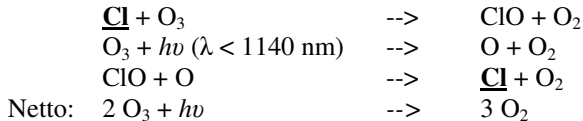
Im ungestörten System halten sich in Themo- und Mesosphäre Bildung und Abbau die Waage. In der Stratosphäre bildet sich auf etwa 23 km Höhe eine Schicht mit erhöhter Ozonkonzentration, die Ozonschicht.

In der Troposphäre ist die kurzwellige UV-Strahlung wegen der Absorption in den oberen Atmosphärenschichten nicht mehr vorhanden. Ist die Luft aber Stickoxid-belastet, kann langwellige UV-Strahlung die NO_2 Moleküle spalten, und O-Radikale bilden, die mit O_2 Ozon bilden:

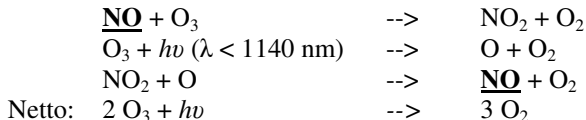


Wie wird Ozon in der Atmosphäre abgebaut? Welche Stoffe können diese Prozesse begünstigen, und warum sind sie schädlich?

Zum Abbau von Ozon werden Radikale der Form YO_x abgebaut. Wobei $Y = Cl, Br, N, H$. Quellgase dieser Radikale sind teilweise Anthropogenen Ursprungs (FCKW, Halone), haben auch Natürliche Quellen (Lachgas NO_2) oder sind sogar hauptsächlich aus natürlichen Prozessen entstanden (Methylchlorid CH_3Cl). FCKW's sind deshalb von Bedeutung, weil sie sich schnell in grosse Höhen ausbreiten, wo sie unter Aktivierung (Bildung von Chlorradikalen) durch intensive solare Strahlung als **Katalysatoren** für den Ozonabbau wirken:



In Bodennähe können FCKW's nicht gespalten werden, der Ozonabbau geht hier via NO vor sich:



Diese Reaktion läuft in Bodennähe nur Nachts und nahe der Emissionsquellen ab.

Worin besteht das Problem, des Ozonabbaus in der Stratosphäre durch FCKW's und andere schädliche Gase?

Die Ozonschicht in der Stratosphäre sorgt mit ihrer UV-absorbierenden Eigenschaft für einen effizienten Schutz vor schädlicher Strahlung, die biologische Mutationen, Sonnenbrand, Hautkrebs und andere physiologische Effekte verursachen kann.

Wodurch entsteht das Ozonloch über dem Südpol, und warum ist diese Gefahr über dem Nordpol kleiner?

Chlorradikale können mit Stickstoffradikalen zu Chlornitrat reagieren, wodurch ihre Gefährlichkeit grösstenteils gebannt ist. Wenn im Winter aber über dem Südpol die Temperaturen der Stratosphäre genügend tief sinken, gefriert die Salpetersäure (die im flüssigen Zustand die Stickstoffradikale liefert) und entzieht der Luft damit die Stickstoffradikale, wodurch für die Chlorradikale nur noch die Reaktion mit Ozon in Frage kommt. Über dem Nordpol wird es im Winter weniger oft kalt genug, um die Salpetersäure gefrieren zu lassen. Der stabile Vortex (Tiefdruckgebiet) über dem Südpol im Winter, verhindert nahezu jede Durchmischung mit Luftmassen niederer Breiten und trägt damit zu den tieferen Temperaturen bei.

Umwandlungsprozesse
 H_2SO_4 , HNO_3 , Ozon

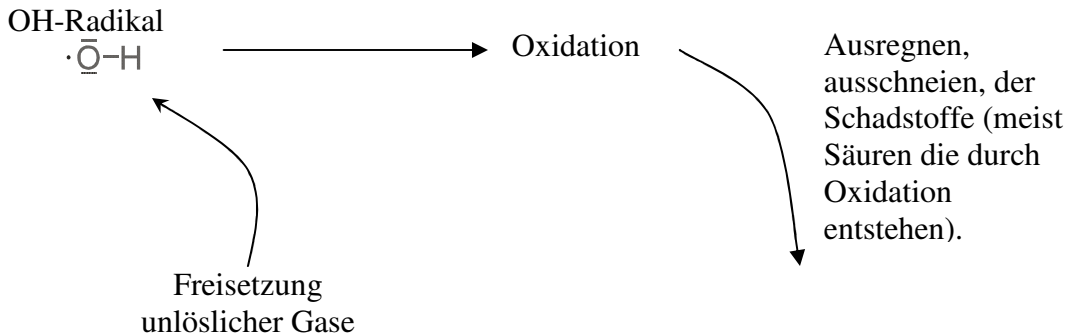
Stickstoffdioxid NO_2
 Ammoniak NH_3
 Schwefeltrioxid SO_3
 Salzsäure HCl

Luft
 Nebel
 saurer Regen
 saurer Regen

1. Direkte Aufnahme und Absorption von gasförmigen Luftschadstoffen (v.a. SO_2)
2. Regen transportiert gelöste Gase und suspendierte Aerosole zur Vegetation
3. Nebel bringt Schadstoffbelastete Wassertropfchen zu den Pflanzen, wo diese Kondensieren. Durch nachträgliche Verdunstung kann die Konzentration noch verstärkt werden.
4. Saurer Niederschlag kann in kalkarmen Böden den Boden versauern und die Auswaschung von Ca^{2+} und K^+ bewirken. Bei tiefem pH wird Aluminium frei, das die Baumwurzeln schädigen kann.
5. Niederschlag bringt grössere Mengen von Schadstoffen (Schwermetalle und org. Verunreinigungen) in die Gewässer.

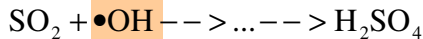
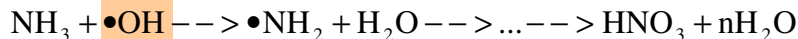
Wie werden Luftschadstoffe aus der Atmosphäre ausgewaschen? Wie lautet der Fachbegriff für das Ausmass dieser Fähigkeit?

Auswaschung von Luftschadstoffe: Self cleaning and oxidation capacity:

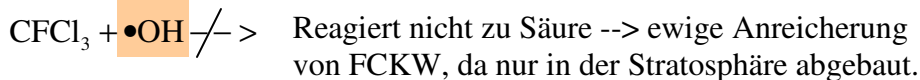


Was wird als „Waschmittel der Atmosphäre“ bezeichnet, warum?

Als „Waschmittel der Atmosphäre“ werden OH-Radikale bezeichnet. Weil sie mit den Luftschadstoffen zu Säuren reagieren, die mit dem Niederschlag ausgewaschen werden:



Gut lösliche Säure



Der Treibhauseffekt ist ein vieldiskutiertes Thema. Dabei gilt es aber zwischen einem natürlichen und einem Anthropogenen Treibhauseffekt zu unterscheiden. Welche Bedeutung hat der natürliche Treibhauseffekt, für unseren Planeten und wie kommt er zustande (Rechnung).

Allgemein: Die Sonne wird als Schwarzkörper behandelt und strahlt somit mit einem Strahlungsfluss $S = \sigma \cdot T^4$. Die Erde wird als absorbierende Kreisscheibe behandelt, und besitzt eine Albedo $A_E = 0.31$ (die Albedo ist der vom Körper reflektierte Anteil der Strahlung, die also nicht an der Erwärmung des absorbierenden Körpers beteiligt ist). Die Strahlung eines Schwarzkörpers nimmt mit dem Quadrat des Verhältnisses von Radius und Abstand ab. (linke Seite der Gleichung):

$$\underbrace{\pi \cdot r_E^2}_{\text{Kreisscheibe der Erde}} \cdot \underbrace{\sigma \cdot T_S^4}_{\text{Schwarzkörperstrahlung der Sonne}} \cdot \underbrace{\left(\frac{r_S}{R_{SE}}\right)^2}_{\text{Reduktion durch Abstand Erde-Sonne}} \cdot \underbrace{(1 - A_E)}_{\text{Absorbierter, erwärmender Anteil}} = \underbrace{4 \cdot \pi \cdot r_E^2 \cdot \sigma \cdot T_E^4}_{\text{Wärmestrahlung der Erde}}$$

= S

Die Erde wird erwärmt und strahlt somit

wieder (annäherungsweise) als Schwarzkörper Wärme ab: $S = \sigma \cdot T^4$. Diese Wärmestrahlung wird auf die gesamte Erdoberfläche verteilt: $(4 \cdot \pi \cdot r_E^2)$. Daraus ergibt sich für die Erde eine Temperatur ohne Atmosphäre von $T_E = 256 \text{ K} = -18^\circ \text{ C}$. (Snowball Earth)

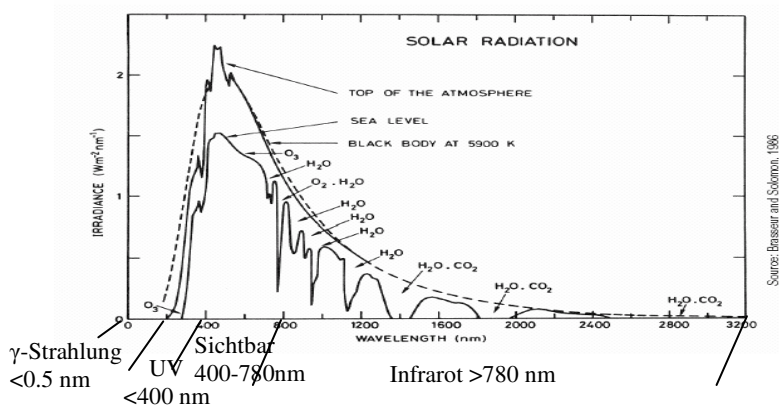
Durch die Atmosphäre wird sowohl ein Teil der einfallenden, als auch der reflektierten Strahlung zurückgeworfen: (Absorption Atm. = -0.2; refl. Atm. Aussen = -0.3; refl. Atm. innen = 0.95;)

$S \cdot (1 - A - 0.2 + 0.95 - 0.3) = \sigma \cdot T_E^4$ Es ergibt sich eine Temperatur von 289 K oder 15° C .
(Lebenermöglichende Temperatur)

Prüfungsaufgabe:

- a) Skizziere das Spektrum der von der Sonne ausgesendeten Strahlung!
- b) Identifiziere die folgenden Abschnitte des Strahlungsspektrums:
 - Harte kurzwellige Strahlung (γ – Strahlung, Röntgenstrahlung)
 - Ultraviolett
 - Sichtbares Licht
 - Infrarot
- c) Bei welcher Wellenlänge liegt das Strahlungsmaximum?
- d) Was lässt sich aus der Wellenlänge des Strahlungsmaximums über die Sonne sagen?
- e) Skizzieren Sie in das gleiche Bild wie unter a) die am Erdboden ankommende Sonnenstrahlung. Kommentieren sie die Unterschiede zwischen a) und e)

Spektrum der Sonnenstrahlung



c) Das Strahlungsmaximum liegt bei ca. 550 nm (gelb-grün)

d) Das Strahlungsmaximum liegt im für uns sichtbaren Bereich

e) von der schädlichen UV- und Infrarotstrahlung werden grosse Anteile durch die Atmosphäre absorbiert.

Worin bestehen die Leistungen des Ozons als Gas in der Atmosphäre?

- Ozon absorbiert Ultraviolettes Licht besser als Sauerstoff: während O_2 nur von kurzwelligem Licht gespalten wird, absorbiert O_3 auch langwelliges Licht.
- Von Ozon braucht es weniger Gas zur selben Absorptionsleistung als Wasser: 1mm Ozon bei Stratopause hat UV-Absorptionswirkung von 10m Wassersäule.

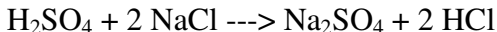
Was passiert mit in verschmutzter Luft enthaltenem Schwefeldioxid und Schwefelwasserstoff? Was wird bei gleichzeitigem Vorhandensein von NaCl? Welche Bedeutung haben diese Prozesse?

In verschmutzter Luft enthaltenes Schwefeldioxid oxidiert weiter zu SO_3 und löst sich im Wasser zu H_2SO_4 :



Die Bedeutung dieser Reaktion ist, dass H_2SO_4 Schwefelsäure ist, und mit dem Regen zu Boden fällt, wo sie die Gebäude, Boden und Pflanzen beschädigt. (saurer Regen)

Bei gleichzeitigem Vorhandensein von NaCl (Kochsalz) kann Sulfat und Salzsäure entstehen:



Schwefelkreislauf:

Woher kommt der in der Atmosphäre vorhandene Schwefel?

Was ist die Hauptursache für die Entfernung von Schwefel aus der Atmosphäre?

Knapp die Hälfte (45%) des atmosphärischen Schwefel kommt aus der Industrie und ist somit Anthropogen. Praktisch der gesamte Rest (53%) kommt aus der Verdunstung von Wasser (Gischt der Ozeane, Ufer von Gewässern).

Hauptursache für die Entfernung von Schwefel aus der Atmosphäre ist die Nasse Deposition (67%; Auswaschung durch Regen, Schnee, usw.), das restliche Drittel wird durch trockene Deposition entfernt.

Wie wird Schwefel in der Atmosphäre verteilt?

Die Verteilung des Schwefels in der Atmosphäre ist meist lokal: Die Schwefelhaltigen Verbindungen bleiben in der Nähe der Entstehungsorte. SO_2 ist nicht sehr gut löslich, ein Teil davon kann aber aufsteigen und weit verfrachtet werden.

Kohlenstoffkreislauf:

Wo liegen die Quellen für in der Atmosphäre enthaltenen Kohlenstoff?

Um welche Verbindungen handelt es sich?

Wo gibt es Senken, die den Kohlenstoff aus der Atmosphäre entfernen?

Die Verbindungen des in der Atmosphäre enthaltenen Kohlenstoffs sind CO_2 , CO , und CH_4 . Die wichtigsten CO_2 -Quellen sind Verbrennung von Biomasse und fossilen Brennstoffen (Jährl. +0.4%), CO -Quellen sind ebenfalls die Verbrennung von Biomasse. CH_4 entsteht beim zerfall organischer Materie und aus fossilen Brennstoffen (Jährl. +0.4%).

Anthropogene CH_4 -Quellen sind:

1. Müllhalden
2. Viehzucht
3. Kohleabbau/ Ölgewinnung
4. Abwasserabbau
5. Reisanbau

Die wichtigsten CO_2 -Senken stellen die Ozeane und Wälder dar. CO_2 wird im Meerwasser gelöst und photosynthetisch in der Biosphäre fixiert. CO und CH_4 werden durch Oxidation abgebaut.

Welche Reaktionen spielen im Kohlenstoffkreislauf eine wesentliche Rolle und warum ist CO_2 eine viel diskutierte Verbindung?

CO und CH₄ reagieren mit Hydroxyl-Radikalen •OH zu CO₂. Dieses jedoch reagiert kaum mit anderen Stoffen in der Atmosphäre, wirkt aber ziemlich stark als Treibhausgas. Da es nicht abgebaut wird, erhält es eine sehr hohe Lebensdauer und somit ein hohes Treibhauspotential. Die einzige Reaktion von CO₂ ist die Lösung in Wasser (Kohlensäure, saurer Regen).

Wie wird atmosphärischer Kohlenstoff in der Atmosphäre verteilt?

Während CO_2 global gleichmässig verteilt wird, ist die Verteilung von CO Breiten- und Saisonabhängig. CH_4 ist im Süden zu etwa 6% weniger vorhanden als in der Nordhemisphäre.

CO und CH_4 werden nicht global verfrachtet.

Welchen Effekt hat die Atmosphäre auf das Leben auf der Erde?

Ohne Atmosphäre wäre das Leben auf der Erde gar nicht möglich, da die Temperatur etwa 255K (-18°C) betragen würde, und alles Wasser gefroren wäre. Mit Atmosphäre erwärmt sich die Erde auf etwa 289K ($+16^{\circ}\text{C}$).

Wie lauten:

- Planck'sches Strahlungsgesetz
- Wien'sches Verschiebungsgesetz
- Stefan-Boltzmann'sches Gesetz ?

Und was sagen sie aus?

Das **Plank'sche Strahlungsgesetz** gibt die Strahlungsenergie eines Schwarzen Körpers für bestimmte Wellenlängen an („Schwarzkörperstrahlung“):

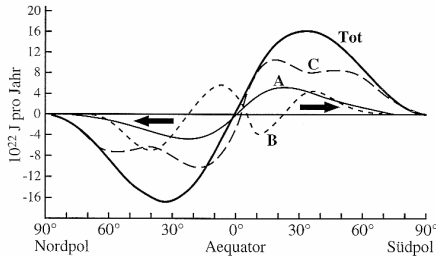
$$J(\lambda)d\lambda = 2\pi hc^2 \frac{d\lambda}{\lambda^5 (\exp(\frac{hc}{kT\lambda}) - 1)}$$

Das **Wien'sche Verschiebungsgesetz** gibt den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wellenlänge des Strahlungmaximums:

$$\lambda_{\max} T = \text{konst} = 2897 \mu\text{mK}$$

Das **Stefan-Boltzmann'sche Gesetz** sagt, dass die gesamte Strahlungsenergie eines Schwarzkörpers über alle Wellenlängen pro m^2 und Sekunde der vierten Potenz der Temperatur proportional ist:

$$J = \sigma T^4 \text{ mit } \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

Prüfungsaufgabe:

Diese Grafik kennen sie aus der Vorlesung. (Skript S.53) Sie stellt den globalen Wärmetransport auf der Erde dar, wobei A der Anteil der Ozeane und B (latente Wärme) und C (fühlbare Wärme) die Anteile der Atmosphäre sind.

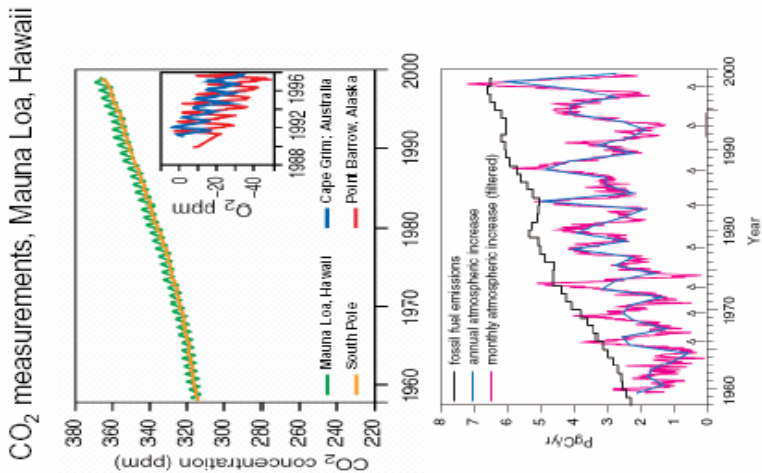
- Erkläre, wie Ozeane Wärme transportieren
- Erkläre die Begriffe latente und fühlbare Wärme
- Erkläre den sonderbaren Verlauf der Kurve B

- a) Ozeane transportieren Wärme durch Meeresströmungen (z.B. Golfstrom): kalte Wassermassen fließen Äquatorwärts, warme Polwärts
- b) fühlbare Wärme ist die Wärme, wie sie mit der Lufttemperatur gemessen werden kann.
- c) Latente Wärme ist die bei einem Phasenübergang (flüssig-gasförmig) aufgenommene Wärme, sie ist im Wasserdampf gespeichert. Latent heisst sie, weil beim Phasenübergang keine Temperaturänderung stattfindet, aber trotzdem sehr viel Energie drin steckt, die bei Kondensation wieder freigesetzt werden kann.

Was versteht man unter dem „Henne-Ei“ Problem in Bezug auf die Atmosphäre und das Klima? Und warum zeigt die CO₂-Konzentration der letzten 500'000 Jahre eine Sägezahnstruktur und ist nicht symmetrisch?

Bei der Untersuchung von Eisbohrkernen konnte man feststellen, dass zwischen Temperatur und CO₂-Konzentration eine starke Wechselwirkung besteht, wobei man nicht genau weiss, ob das CO₂ die Temperatur oder die Temperatur zuerst die CO₂-Konzentration beeinflusst hat. Der Verlauf der CO₂-Konzentration der letzten 500'000 Jahre zeigt eine „Sägezahnstruktur“ da die Deposition von Eis viel langsamer vor sich geht als das Schmelzen und Verdampfen: Grosse Eisschollen brechen in den Polregionen ab und treiben rasch in niedrigere Breiten mit höheren Temperaturen, wo sie rasch schmelzen. Dies kann an so genannten Heinrich-Ereignissen (wandernde und schmelzende Eisschollen hinterlassen Spuren von fallen gelassenen Gesteinsbrocken) erkannt werden.

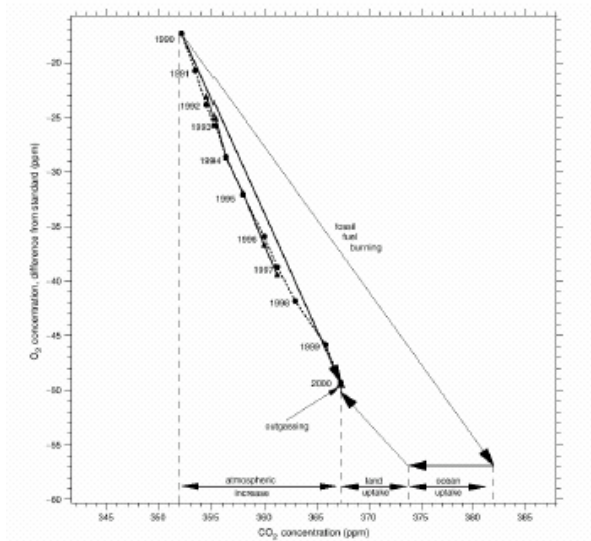
Kommentiere diese Grafiken!



Grafik1: Die CO_2 -Konzentration von Mauna Loa, Hawaii schwankt im Jahresverlauf, was mit der CO_2 -Netto-Fixierung im Sommer und einer Netto-Veratmung im Winter zu erklären ist. Am Südpol kann diese Schwankung nicht beobachtet werden. Seit 1960 ist die CO_2 -Konzentration aber von 315 ppm auf etwa 360 ppm im 2000 gestiegen. Gleichzeitig hat in der Zeit von 1988 die O_2 -Konzentration um etwa 30 ppm abgenommen. (Schwankungen ebenfalls aufgrund der O_2 -Nettoproduktion im Sommer und -veratmung im Winter.

Grafik2: Auf der Kurve ist ein ziemlich Konstanter Anstieg der Fossilen Brennstoffemissionen zu erkennen. Die Abschwächung zwischen 1970 und 1985 ist mit der Erdölkrise (1973) zu erklären. Die Schwankungen der Emissionen gründet auf der Tatsache, dass im Winter viel mehr geheizt und damit emittiert wird als im Sommer.

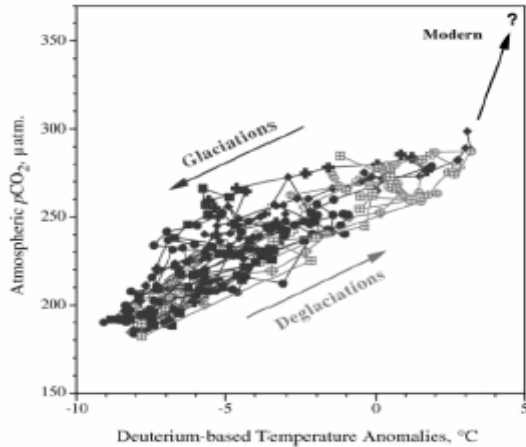
Erkläre die folgende Graphik!



Die Grafik zeigt die Reduktion der Sauerstoffkonzentration sowie die CO₂ Produktion zwischen 1990 und 2000 die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstanden ist. Der Pfeil auf der rechten Seite (fossil fuel burning) zeigt die Sauerstoffmenge, die durch Verbrennung der fossilen Brennstoffe verbraucht wurde. Die Pfeile nach links zeigen die CO₂-Senken durch Ozeane (ocean uptake) und Biosphäre (land uptake).

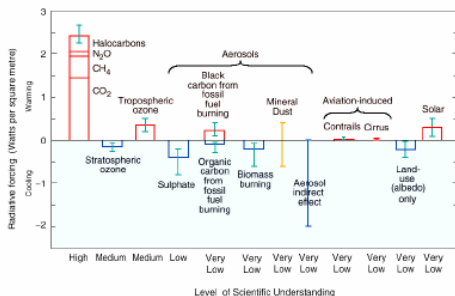
(Anmerkung des Autors: Bei dieser Deutung bin ich mir nicht ganz sicher!)

Was ist auf der folgenden Grafik sichtbar?



Keine Ahnung, was man da sehen sollte, meine Notizen sagen nichts dazu.

Welche Effekte haben heute im Vergleich zu früher zu oder abgenommen, was deren Einfluss auf den Strahlungsantrieb des Klimasystems heute betrifft?



Veränderte Effekte rel. zu 1750 (von links nach rechts):

1. Luftschadstoffe: sehr starke Zunahme der Effekte, hauptsächlich der Effekt hat CO₂.
2. der Effekt stratosphärischen Ozons hat eher leicht an Bedeutung verloren.
3. Troposphärisches Ozon hat hingegen leicht zugelegt
4. Sulfate, Russpartikel (black carbon from fossil burning), org. Kohlenstoff, Verbrannte Biomasse und Staub sowie indirekte Effekte von Aerosolen sind allgemein unter Aerosole zusammenzufassen.
5. Auch die erhöhte Sonnenaktivität scheint einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Strahlungsintensität auf der Erde zu haben.
6. Die Effekte 4 und 5 sind noch sehr schlecht verstanden, während die Einflüsse der Effekte von Luftschadstoffen bzw. Treibhausgasen sehr gut untersucht sind.

Wie können verschiedene Treibhausgase mit einander verglichen werden?

Verschiedene Treibhausgase werden untereinander verglichen, in dem deren durchschnittliche Aufenthaltszeit in der Atmosphäre mit ihrem Reaktionspotential mit anderen Atmosphärischen Gasen kombiniert und relativ zum Treibhausgas Nr. 1 (CO_2) angegeben wird. Dabei können wiederum verschiedene Zeithorizonte betrachtet werden. So erhalten Treibhausgase wie Methan, Lachgas Methylbromid, ähnliche Werte, während FCKW's, und Schwefelhexafluoride vor allem wegen ihrer hoher Lebensdauer und schlechten Abbaubarkeit sehr hohe Werte. Aus der Aufenthaltszeit und der Aktivität in der Atmosphäre ergibt sich das global warming potential, das wiederum relativ zu CO_2 angegeben wird.

Worin liegen die Bedeutung von $\bullet\text{OH}$ und O_3 für die Atmosphäre?

- OH ist das „Waschmittel“ der Atmosphäre, d.h. es bindet viele Schadstoffe und löst sie in Wasser. (= Hydroxyl-Radikal).

O₃ wirkt in der Troposphäre als Zellgift und wird allgemein als „schlechtes O₃“ bezeichnet. Es brennt in den Augen und bei hoher Konzentration im Sommer (Photosmog-Episoden) treten häufig Probleme auf.

In der Stratosphäre wird O₃ als „gutes O₃“ bezeichnet: es absorbiert UV-Strahlung. Aus diesem Grund bildet das herbstliche (Oktober/ November) Ozonloch über der Antarktis ein grosses Problem.

Ozon in der Troposphäre wird als „schlechtes“ Ozon bezeichnet, warum braucht es denn in der Troposphäre trotzdem eine geringe O₃-Konzentration?

Ozon reagiert unter Lichtabsorption zu Sauerstoff und einem angeregten Sauerstoffradikal:



Das angeregte Sauerstoffradikal reagiert weiter mit Wasser zu 2 Hydroxyl-Radikalen ($\bullet\text{OH}$).

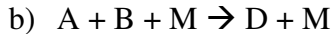
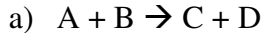
Wie verhält sich die Lebensdauer der Produkte, die beim Abbau von Methan durch $\bullet\text{OH}$ entstehen, zur Lebensdauer des Ausgangsstoffes?

Methan (CH_4) hat eine Lebensdauer von $\tau \approx 9\text{a}$. Mit $\bullet\text{OH}$ reagiert es zu CH_2O und mit $\bullet\text{OH}$ weiter zu CO und anschliessend zu CO_2 .

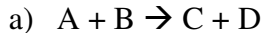
Während Formaldehyd (CH_2O) eine Lebensdauer von $\tau \approx 4\text{ h}$ hat, weist Kohlenmonoxid (CO) schon wieder eine Lebensdauer von 2 Monaten, und CO_2 eine von 100 a auf.

Chemische Kinetik:

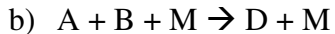
Um welche Typen handelt es sich bei den folgenden Reaktionen?



Welche Rolle nimmt der Stoff „M“ in der Reaktion b) ein?



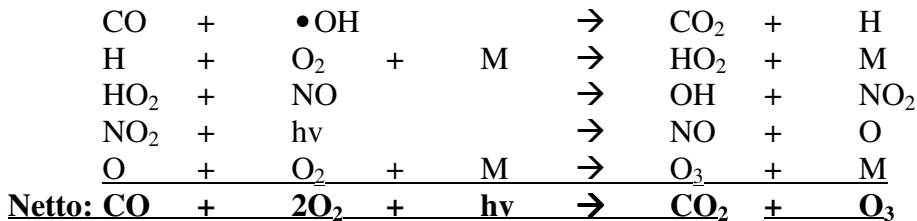
bimolekulare Reaktion



termolekulare Reaktion

M nimmt die Rolle des Stosspartners oder eines Katalysators ein.

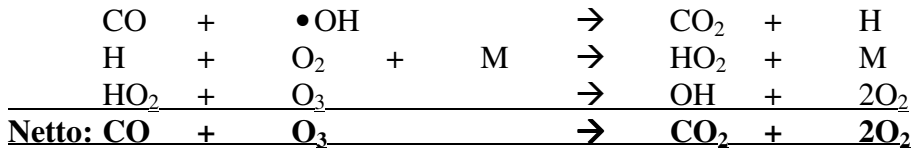
Wie erfolgt die Oxidation von Kohlenmonoxid im Detail, und welche Rolle nimmt dabei die Familie der NO_x ein?



Damit sich aus Kohlenmonoxid (oder auch Kohlenwasserstoffen, CH₂O, CH₄) im Sommer Photosmog (Ozon) bilden kann, werden NO_x (NO, NO₂) als Katalysatoren benötigt.

Wenn im Sommer Kohlenmonoxid zu Ozon (Photosmog) reagieren soll, wird NO_x benötigt – was passiert wenn solches nicht oder nur sehr wenig vorhanden ist?

In extrem NO_x armer Luft reagiert CO mit Ozon zu CO_2 und Sauerstoff:



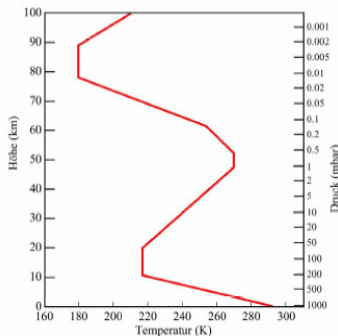
Beim Abbau von Kohlenmonoxid kann je nach Vorhandensein von NO_x Ozon gebildet oder sogar abgebaut werden. Wo liegt schliesslich die Verzweigung, die entscheidet, ob Ozon gebildet oder abgebaut wird? Welches Molekül ist für die Aktivierung der Photosmogchemie verantwortlich?

Die ersten beiden Reaktionen der zwei möglichen CO-Abbau-Arten sind gleich. Je nach vorhanden sein von NO_x reagiert aber das entstandene Wasserstoffperoxyradikal mit NO zu OH + NO_2 (O_3 -Produktion) Oder mit O_3 zu OH + 2O_2 (O_3 -Abbau).

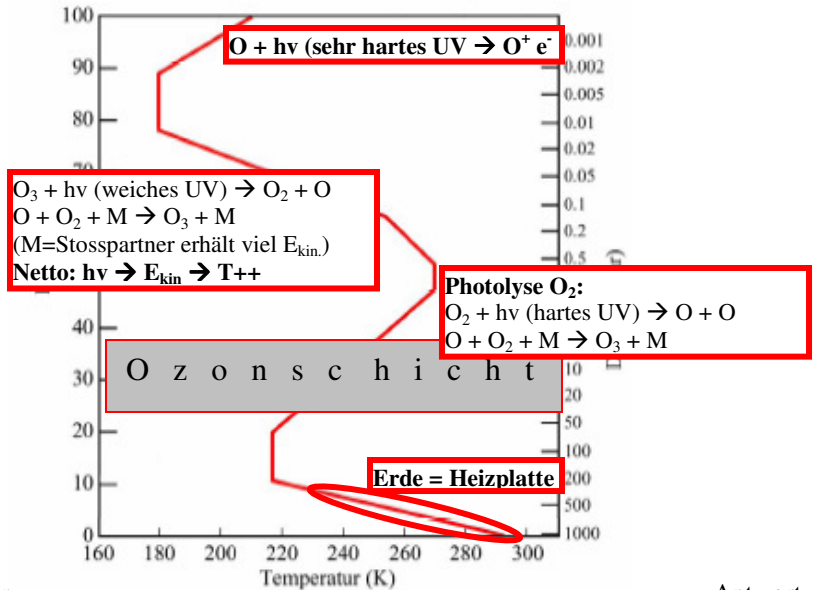
Für die Aktivierung der gesamten Photosmogchemie ist das HO_x ($\bullet\text{OH}$ und HO_2) verantwortlich.

Zeichne in der untenstehenden Grafik die Reaktionen die Bildung und Abbau von Ozon beeinflussen dort ein, wo sie hingehören! (wie erklärst du dir den seltsamen Temperaturverlauf?)

Temperaturstruktur und Chemie der Atmosphäre



Temperaturstruktur und Chemie der Atmosphäre



Welche Bedeutung hat Ozon biologisch gesehen?

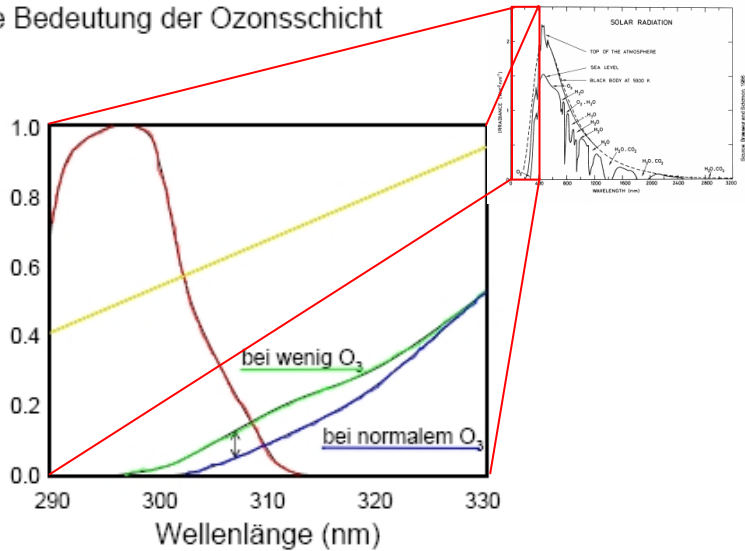
Biologische Bedeutung der Ozonsschicht

Empfindlichkeit gegen
Sonnenbrand

Sonnenstrahlung ausser-
halb der Atmosphäre

Globalstrahlung am
Boden

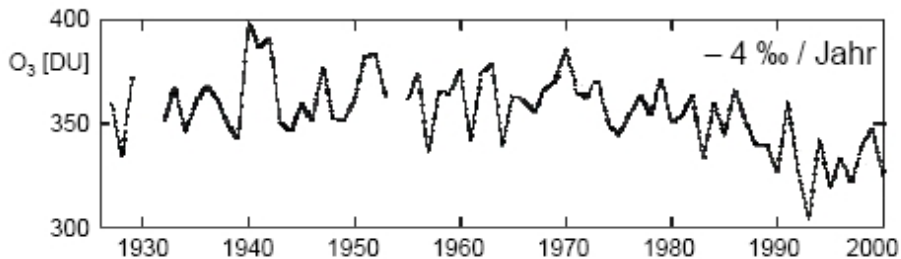
1 % weniger O_3
bedeutet etwa 1.5 %
mehr UV am Boden



Was sagt dir die folgende Grafik?

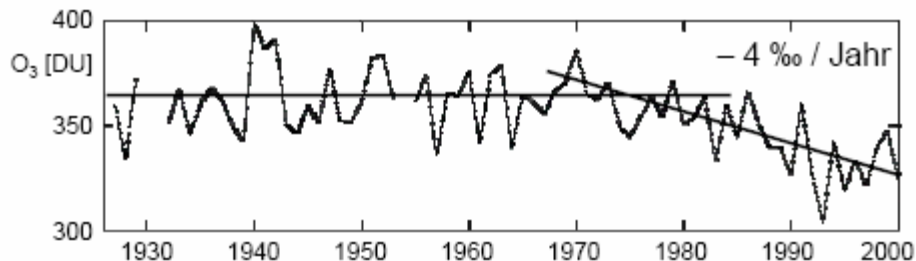
Arosa
längste Ozon-Messreihe der Welt

hier: Messwerte Januar-April



Arosa
längste Ozon-Messreihe der Welt

hier: Messwerte Januar-April



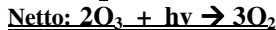
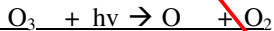
Seit 1975 ist eine klare tendenzielle Abnahme der O₃Konzentration zu verzeichnen. Dafür verantwortlich ist im wesentlichen der ClO₃-Zyklus!

Was versteht man unter dem katalytischen NO_x -Zyklus, der von Paul Crutzen entdeckt wurde?

Wie funktioniert der ClO_x -Zyklus, der von Mario Molina und Sherwood Rowland entdeckt wurde?

Wie wirken sie zusammen, und worin besteht die Ursache für das Ozonloch, das in polarer Winterstratosphäre trotzdem entsteht?

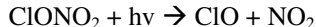
Katalytischer NO_x -Zyklus:



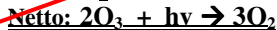
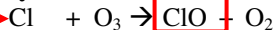
NO_x wirkt katalytisch

Die Reaktion der Katalysatoren
miteinander deaktiviert sie.

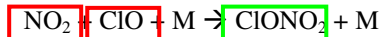
In mittleren Breiten kommt es vor
dass ClONO_2 zerfällt:



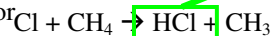
ClO_x -Zyklus



ClO wirkt katalytisch



relativ stabil, greift
 O_3 nicht an

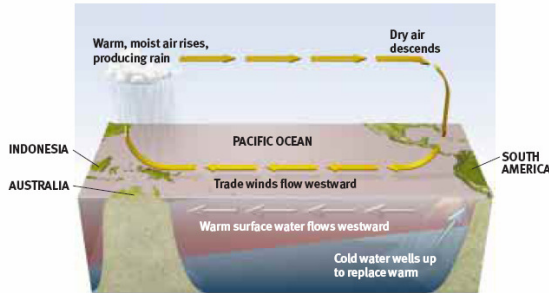


In der polaren Winterstratosphäre kann sich auf Eisteilchen in Wolken
Salpetersäure und Chlor bilden:



Da dieses Chlor nicht mehr deaktiviert werden kann (NO_x -Zyklus ist aus)
reagiert es mit Ozon.

Beschreibe den Normalzustand der Wetterverhältnisse im südlichen Pazifik wenn kein El-Niño auftritt!

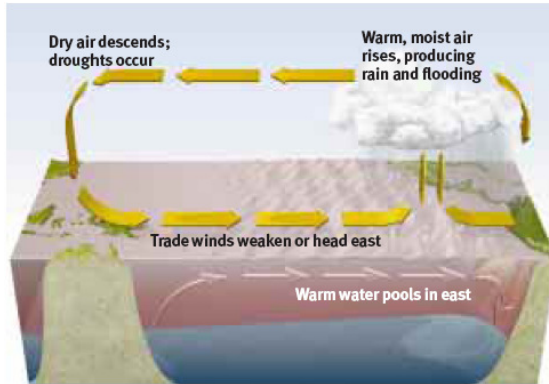


Der Normalzustand der wetterverhältnisse im südlichen Pazifik ist eine stabile Zirkulation: vom Meer aufgewärmte Luft über Australien steigt auf und sorgt somit für heftige Niederschläge Südostasien.

Die aufgestiegene Luft hinterlässt ein Tiefdruckgebiet, das die Passatwinde, die von Südamerika

über den Pazifik nach Südostasien wehen, verursacht. Die aufgestiegene Luft wiederum wird von hohen Westwindströmungen nach Osten verfrachtet, wo sie im Hochdruckgebiet absinkt. Diese Luftzirkulation ist von einer entgegengesetzten Wasserzirkulation begleitet: Die Passatwinde bringen viel warmes Oberflächenwasser von Südamerika nach Südostasien. Dadurch steigt der Wasserspiegel vor Australien bis 60cm gegenüber Südamerika an. Das vor Südamerika verdrängte warme Oberflächenwasser wird durch kaltes, Nährstoffreiches Tiefenwasser ersetzt, was als Humboldtstrom bezeichnet wird, und den Fischern von Kuba jährliche Grossfänge beschert. Resultat des Normalzustandes sind schwere Regenfälle in Südostasien und Dürren in Südamerika.

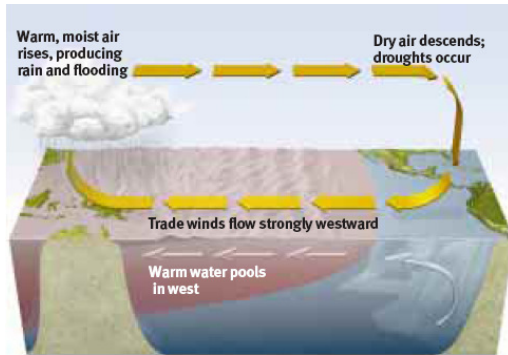
Was ändert sich an der Wettersituation, wenn El-Niño auftritt? Was ist letztendlich der Auslöser für dieses Phänomen?



Es beginnt damit, dass die Passatwinde nachlassen und damit die aufgestauten Wassermassen von Südostasien nach Südamerika zurückströmen können. Dies wiederum schwächt die Passatwinde weiter ab. Es wird eine sich aufwiegelnde Kettenreaktion ausgelöst, die im wesentlichen die übliche Wetterlage umkehrt: Grosse Dürren in Südostasien lösen Waldbrände mit verheerenden Schäden aus, starke Niederschläge

und Stürme tun dies in Südamerika, und die warmen Oberflächenwasser werden statt nach Westen nach Osten verfrachtet.

Was ist La Niña? Und was geschieht dabei?



La Niña ist die „kleine Schwester“ von El Niño. Sie tritt auf, wenn (meist nach einem El Niño Ereignis) die Wassertemperaturen nicht auf ihren normalen niedrigen Wert zurückgehen, sondern weiter absinken, und damit im wesentlichen genau die gegenteilige Wetterlage auslösen: Die Passatwinde werden übermässig angetrieben, und grosse Warmwassermassen werden nach Westen verfrachtet. Es folgen stärkere Niederschläge als normal im Westen des

Pazifiks, und starke Dürren in Südamerika. Neben den positiven Ereignissen wie die langersehnten Niederschläge in Südostasien und dem Abtrocknen in Südamerika, gehören auch negative wie vermehrtes Hurricane-Vorkommen in Nordamerika zu El Niña. Alles in allem verursacht aber El Niña weniger Naturkatastrophen wie El Niño, was zur Bezeichnung der „kleinen Schwester“ geführt hat.

El Niño und El Niña haben verwandte in anderen geographischen Gebieten. Einer davon ist NAO. Wo befindet sich sein Einflussgebiet und wie wirkt er?

NAO ist die **Nordatlantikoszillation** und befindet sich über **Island** und den **Azoren**. Im **positiven Modus** liegt über Island ein Tief- und über den Azoren ein Hochdruckgebiet. Während das Tief die Winde gegen den Uhrzeigersinn um sich herumlenkt, verursacht das Hochdruckgebiet eine Windzirkulation im Uhrzeigersinn. Im Winter sinken die Temperaturen im Norden und der **Luftdruckgegensatz nimmt zu**: die Winde verstärken sich und schaufeln Nordluft (kalt) nach Süden durch Kanada und die USA, und **verursachen so kalte Winter**. Auf ihrem weiteren Weg nehmen sie Wärme und Feuchtigkeit auf, und verursachen **milde Winter in Europa**.

Im **negativen Modus** wandert das Tiefdruckgebiet nach Süden zu den Azoren. Die feuchtwarmen Winde wehen nach Süden und bringen **Regen und Wärme über das ganze Mittelmeer bis in den nahen Osten**. In Europa und der südöstlichen USA werden die **Winter kälter**, dafür im Osten der **USA und in Kanada milder**. **Die NAO wechselt innert Tagen, Wochen oder Monaten vom positiven in den negativen Zustand und umgekehrt**. Im langjährigen Mittel aber überwiegt der positive Zustand.