

Saharastaub



Bild: Karlsruhe im Februar 2004 Quelle:
www.wetter-foto.de

Vortrag von Fabian Rasch in der Lehrveranstaltung „Luftreinhaltung“ an
FU – Berlin im Wintersemester 2008/2009 2009

Gliederung

Quellen

1. Motivation – Warum beschäftigt uns überhaupt Staub aus der Sahara?
2. Was Staub ist & Einteilung der PM – Klassen
3. Die Sahara
4. **Saharastaub**
5. Sichtbare Auswirkungen & Anwendungen
6. Zusammenfassung

Quellen:

- www.trumpf.de
- www.gbe-bund.de
- www.londonair.org.uk
- www.wetter-foto.de
- <http://forecast.uoa.gr/index.php>
- Frank Erdnüss: Saharastaub verändert das Klima
- E. GANOR & Y. MAMANE: TRANSPORT OF SAHARAN DUST ACROSS THE EASTERN MEDITERRANEAN 1982: Pergamon Press Ltd
- Hans Häckel: Meteorologie – eine Einführung 4.Auflage von 1999
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Materialien zur Luftreinhaltung: Korngrößendifferenzierte Feinstaubbelastung in Straßennähe in Ballungsgebieten Juli 2005
- U. KAMINSKI, M.WELLER: Außergewöhnliches Saharastaub-Ereignis in West- und Mitteleuropa (Erklärung für eine fehlgeschlagene Sichtvorhersage) in promet 28 1/2

Motivation: Warum beschäftigt uns der Staub aus der Sahara?

- wichtig zu wissen, welche Bestandteile in unserer Luft sind
- Lufthygiene und Gesundheitswesen
- durch erhöhte Staubkonzentration in Luft erfolgen schlechtere Sichtverhältnisse (Sichtvorhersage)
- veränderter Strahlungshaushalt durch Streuung, Absorption und Reflexion (Wettervorhersage)
- Mehr Kondensationskerne in der Atmosphäre (Wolkenbildung, Niederschlag)
- Verständnis für großräumige Transporte in der Atmosphäre
- Unterscheidung von anthropogener Aerosol – Produktion und natürlichem Eintrag durch Geo-Emittenten (--> z. B. Sahara, Ozean)

2. Was ist Staub?



Ja, das ist auch Staub, aber nicht ganz der, über den wir hier sprechen....

Definition

Staub:

- feinste, in der Luft schwebende feste Teilchen, bis zu vielen Tausenden in 1 l enthalten
- liefert Kondensationskerne für die Wolkenbildung.

Feinstaub:

- Staub mit einer Partikelgröße kleiner $10\ \mu\text{m}$ (PM10).
- Seit 01.01.2005 einzuhaltender Tagesmittelwert $50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, Jahresmittelwert $40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Ab dem Jahr 2010 Jahresmittelwert $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Salzkristalle in der Meerluft oder Mineralstaub (--> Saharastaub) sind kein Feinstaub im Sinne des Gesetzes.

--> es gibt Staub natürlicher & anthropogener Herkunft

Entstehung von Staub – verschiedene Ursachen

Staub kann prinzipiell durch verschiedene Prozesse entstehen:

- 1) durch **mechanische** Bearbeitung von Feststoffen (Zerkleinern, Oberflächenbearbeitung, Abrieb, etc.)
- 2) durch **physikalische** Einflüsse auf Feststoffe (z.B. Erosion durch Wind und Wetter)
- 3) durch **chemische** Reaktionen in der Atmosphäre unter Partikelbildung (gastoparticle conversion)
- 4) durch **Aufwirbelung** von Partikeln
Staub hat kein definiertes Verhältnis von Partikellänge zu -durchmesser (vgl. Fasern, Asbest)

Hauptverursacher:

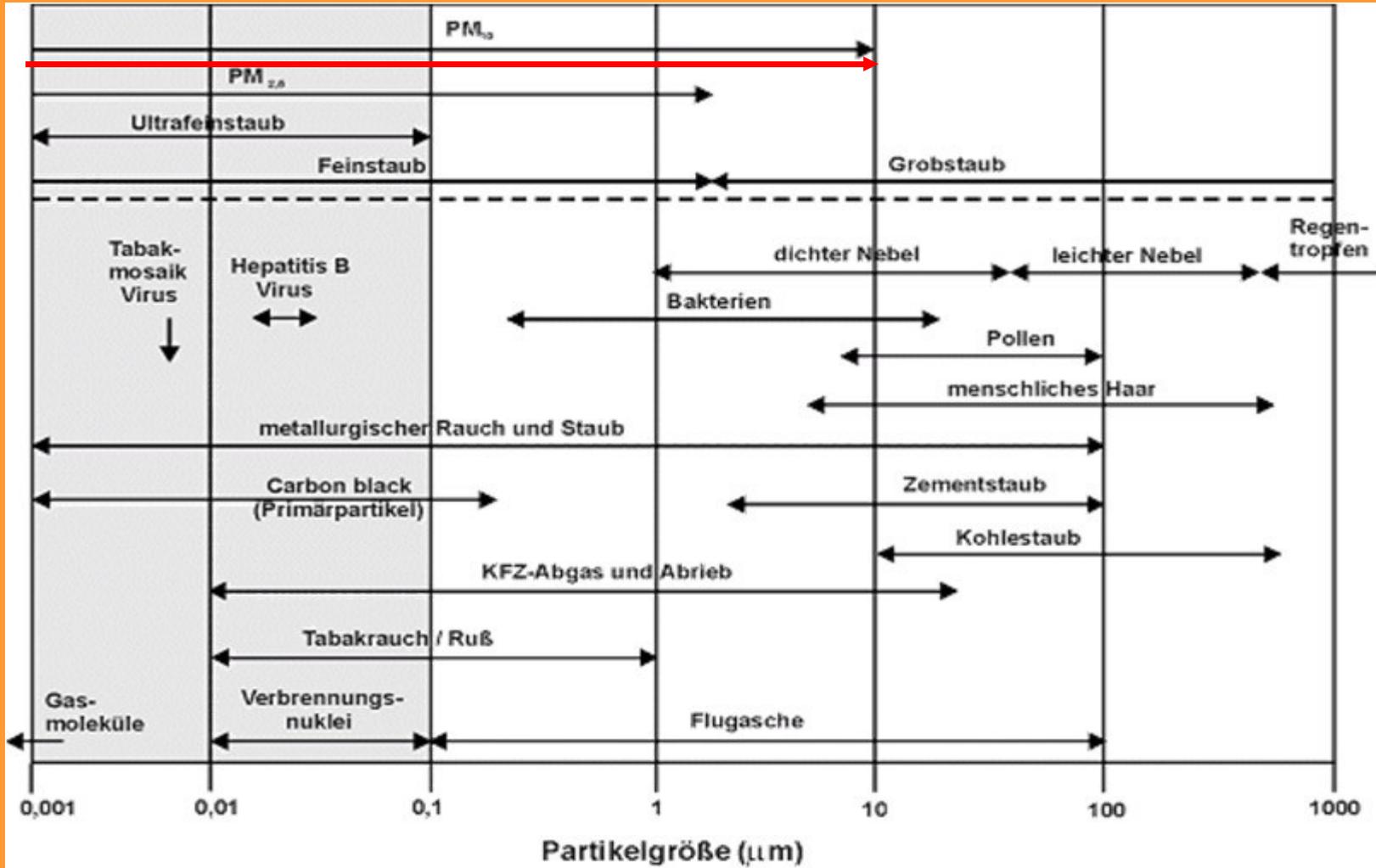
Anthropogene Staubquellen

- Industrie, Industriefeuerungen
- Straßenverkehr (Reifen-, Brems, Straßenabrieb, Dieselaabgase)
- Privathaushalte und Kleinverbraucher (Holzheizungen - Kamine, Tabakwaren)
- Kraftwerke (Elektrizitäts- und Fernheizwerke)

Natürliche Staubquellen:

- **(Sahara)Staub**, Boden (Wind-verbrachter Staub), Salzkristalle in der Meerluft
- Pollen
- Waldbrände

Einteilung der PM – Klassen



3. Die Sahara – die größte Wüste der Welt



idealisiertes Bild (Quelle: www.wetter-foto.de)

Die Sahara – ein paar Fakten

- Name vom arabischen Wort *ṣaḥrā*, = "Wüste".
- Die Sahara ist mit 9 Millionen Quadratkilometern die größte Trockenwüste der Erde
- 20% der Fläche nur von der Sandwüste bedeckt
- Sie erstreckt sich vom Atlantik bis zum Roten Meer über rund 5000 km in west-östlicher Richtung
- Nord-Süd – Ausdehnung 1500 – 2000 km.
- Klima ist trocken und heiß.
- Tagsüber 55 Grad Celsius. In der Nacht dagegen oft 30 Grad kälter
- Im Winter fällt die Temperatur nachts sogar bis auf –10 Grad Celsius.

4. Saharastaub

- täglich werden Tonnen von Sandstaub in der Sahara aufgewirbelt
- Im mittel- und nordeuropäischen Raum gelangt der Staub meistens durch den Vorstoß von Kaltluft bis in die Sahara
- Staubstürme können durch die hier stattfindende rasche Erwärmung und Labilisierung der Luft ausgelöst werden und die aufgewirbelten Staubpartikeln dann mit einer trogvorderseitigen Südströmung nach Mitteleuropa gelangen
- sie gelangen weit nach Norden (Schweden), ins östliche Mittelmeer, wie auch nach Brasilien
- Bestimmungen über Herkunft über die Methode der Rückwärts – Trajektorien

- „potentielle Nährstoffe“ und Tonminerale
- ca. 5 Milliarden Tonnen Aerosolpartikel (durch natürliche & anthropogene Prozesse) pro Jahr gelangen in die Atmosphäre
- etwa davon 0,9 Milliarden Tonnen aus der Sahara, nur 0,6 Milliarden Tonnen aus den übrigen Wüsten.
- Absorption der Mineralstäube meist in Wellenlängenbereichen (7 bis 15 μm), in denen Wasserdampf und Kohlendioxid nichts abfangen.
- --> wichtiger Effekt im Klimawandel noch nicht ganz geklärt

Ausbreitungsrichtungen des Staubtransportes

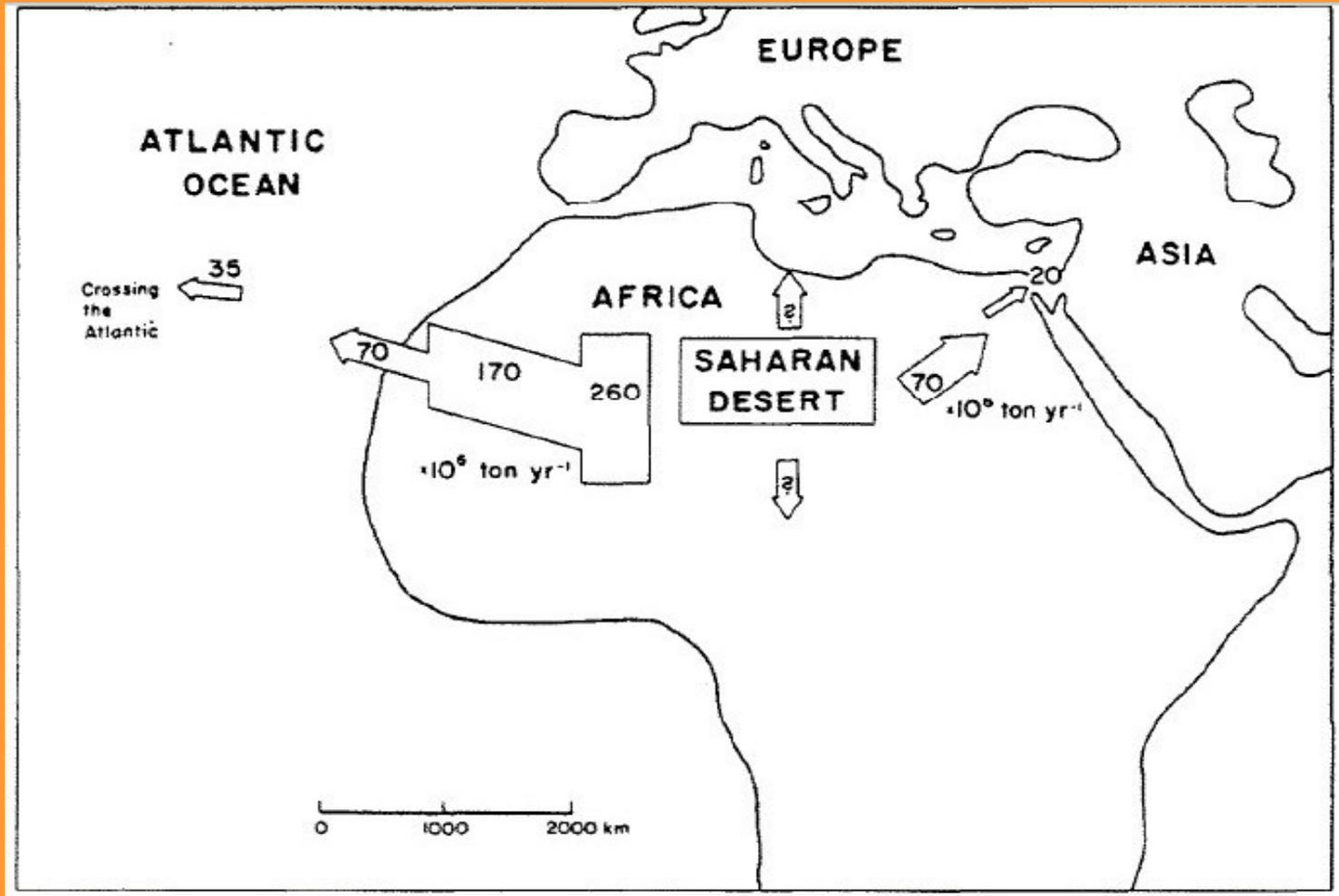


Fig. 4. A schematic diagram of the westward and eastward transport of Saharan dust

Deposition und Sinkgeschwindigkeit

- Körner < 80 µm, geraten in **Suspension** und können über viele Kilometer in der Luft verweilen --> Lufttransport der **Staubstürme** vor allem das sehr feine Material
- nachlassende Windströmung kann die grössten Teilchen nicht mehr in Schwebelage halten. Aufgrund der Schwerkraft sinken sie ab. Wird die Geschwindigkeit noch geringer, verliert sie auch kleinere Partikel. Kommt die Strömung schliesslich zum Stillstand, so sinken selbst die feinsten Teilchen zu Boden. Die Geschwindigkeit, bei der Partikel verschiedener Korngröße absinken, nennt man **Sinkgeschwindigkeit**. Sie ist proportional zur Dichte und Größe der Teilchen. Folglich werden die Teilchen beim Windtransport getrennt. Es findet - wie beim fluvialen Transport - eine **Sortierung** des Materials statt.

Sinkgeschwindigkeit des Partikels μS :

$$\mu S = \frac{(p_p - p_L) \cdot g \cdot D^2}{18 \mu}$$

für: p_p : Dichte des Partikels,
 p_L : Dichte der Luft
 μ : turbulente Viskosität der Luft
 D : Durchmesser des Partikels

wenn: $\mu S < v_S$
--> Sedimentation

für: v_S : Schubspannungsgeschwindigkeit des Windes

© PG-Net

Staubereignisse

- 1. Ereignis
- Vom 13. bis 18. Oktober 2001 wurden weite Teile Deutschlands durch Staubwolken aus der Sahara beeinflusst und sogar Schweden
- Maximum der Staubkonzentration registrierte die GAWGlobalstation Hohenpeißenberg zwischen dem 14.&15. Oktober 2001 mit Staubmassenkonzentrationen über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gewöhnlich liegen die Werte am Hohenpeißenberg in 985 m Höhe um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

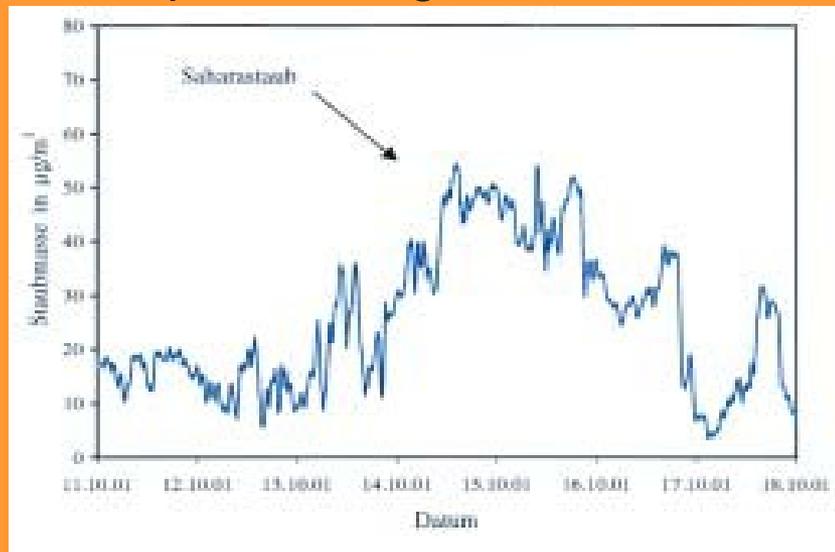


Bild: Zeitlicher Verlauf der Staubmassenkonzentration am Hohenpeißenberg. 11.-18. Okt. 2001.



Bild: SeaWiFS Satellitenbild vom 13.10.2001 mit Rückwärtstrajektorie ((rote gepunktete Linie); der Pfeil deutet auf die Saharastaubwolke.

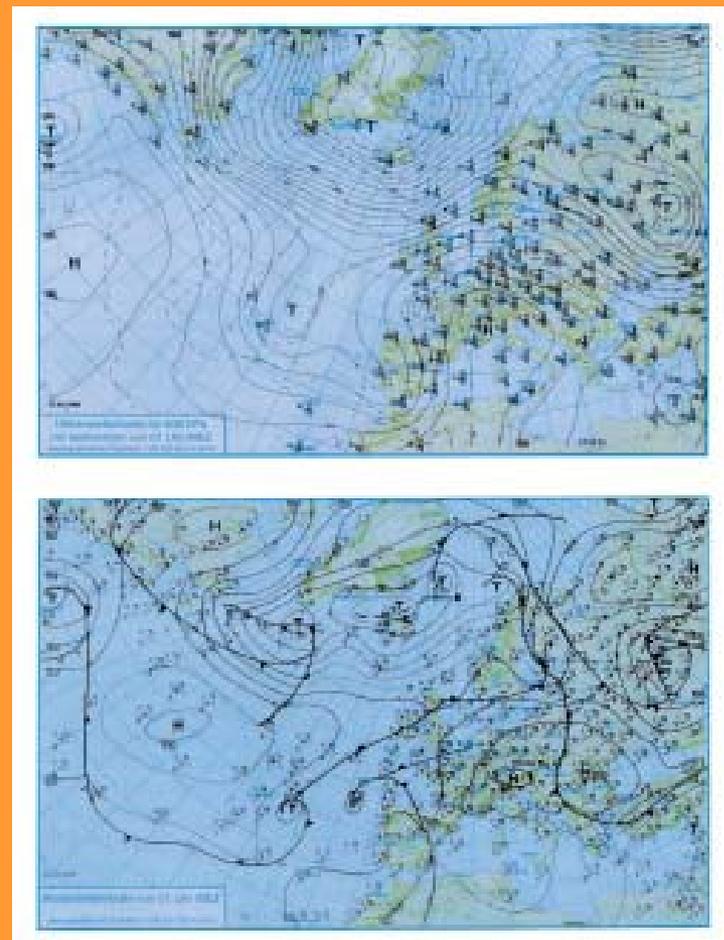


Bild: Boden- und 500 hPa-Höhenwetterkarte vom 13.10.2001.

- Lichtstreuung an den relativ großen Partikeln des Saharastaubs überwog z. B. am 13.10.2001 den blauen, von der Rayleigh-Streuung herrührenden Lichtanteil der gestreuten Sonnenstrahlung --> Himmel zunehmend weißlich.
- Zunahme der großen Staubpartikeln auch im Bodenniveau nachgewiesen.
- Direkte Messungen der Größenverteilung des bodennahen atmosphärischen Aerosols sind ein Routineprogramm der GAW-Globalstation
- Größere Aerosolpartikeln haben normalerweise aufgrund der Schwerkraft eine kurze Aufenthaltsdauer in der Atmosphäre
- Bei Ausbrüchen von Saharastaub können solche Partikeln aber über riesige Entfernungen transportiert werden und Teil des Hintergrundaerosols werden.

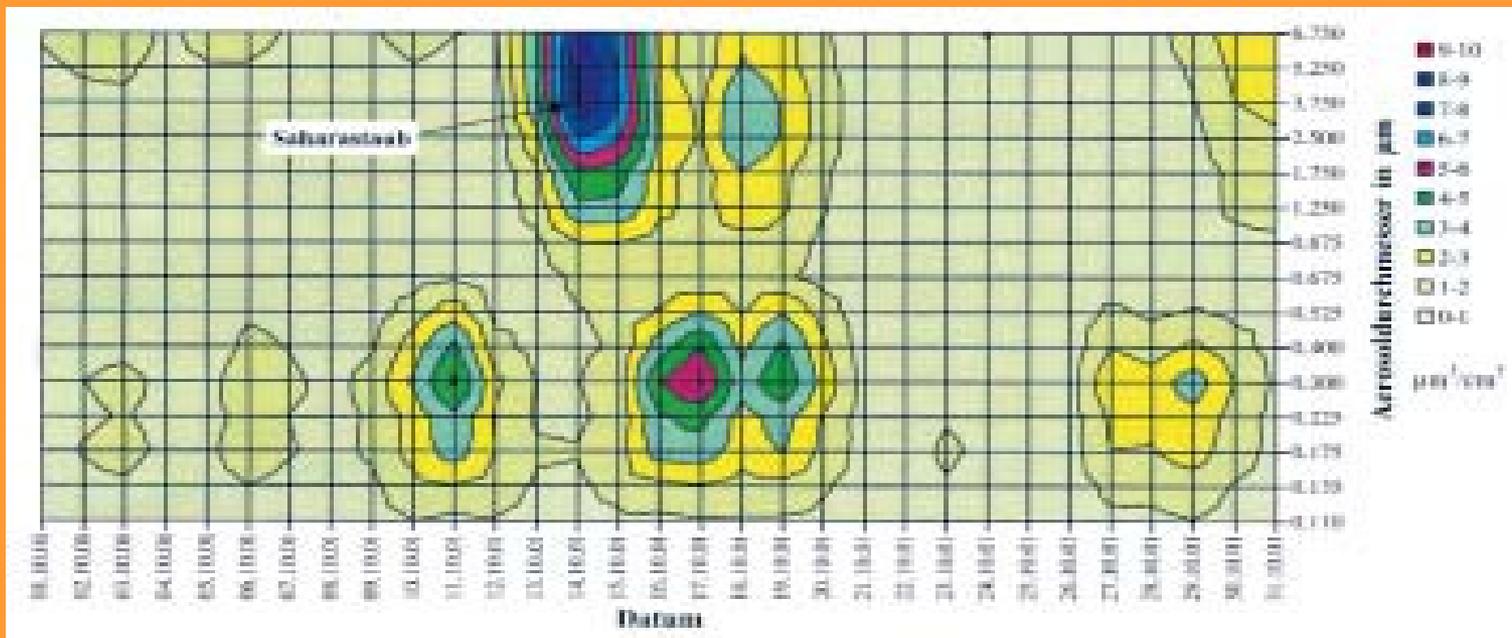


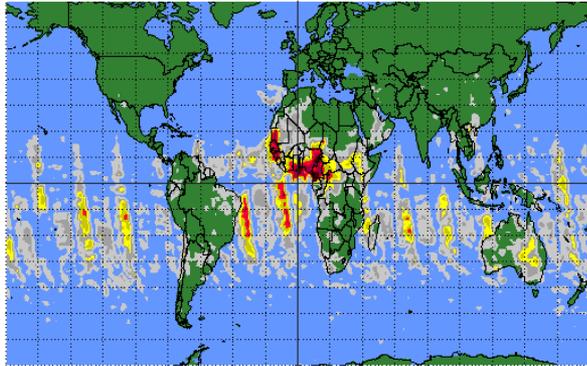
Bild: Zeitlicher Verlauf des Aerosolvolumens als Funktion des Aerosoldurchmessers am Hohenpeißenberg.

Staubereignisse

- 2.Saharastaubereignis am 22.2.04:
- hoher Grobstaubanteil (PM_{10-2,5}) von mehr als 40µg/m³ wurde gemessen
- Im Mittel wurden vom 24.1. – 16.3.2004 an der Grundbelastungsstation (B) ca. 8µg/m³ weniger PM₁₀ gemessen als an der Verkehrsstation.
- PM₁₀ stieg an einem Tag um 40µg/m³ an und sank danach mit 29µg/m³ fast auf den Ausgangswert von 32µg/m³ zurück.
- 2 Tage vor und 3 Tage nach diesem Termin fiel kein Regen

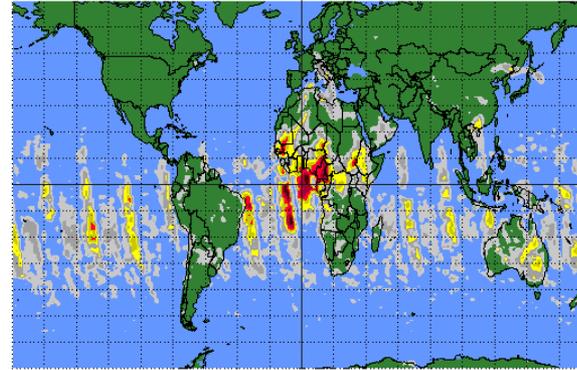
TOMS-Index (Total Ozone Mapping Spectrometer)

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index
on February 19, 2004



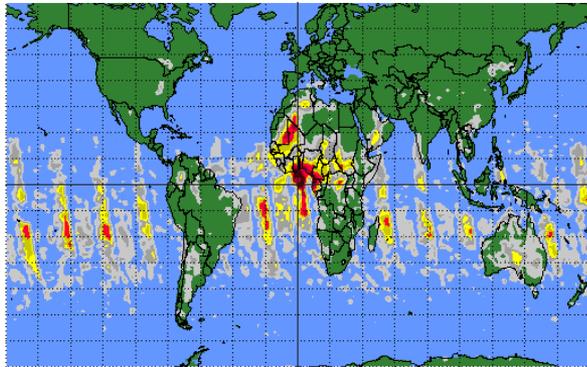
Goddard Space
Flight Center

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index
on February 21, 2004



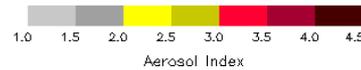
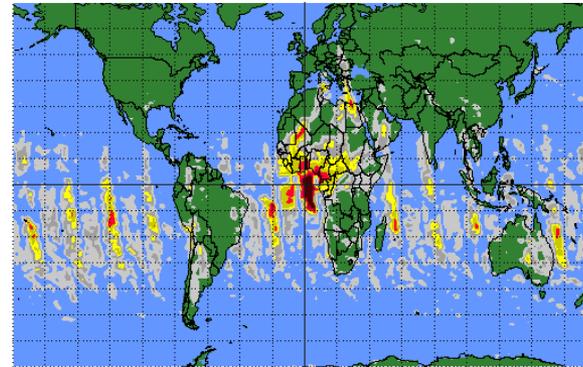
Goddard Space
Flight Center

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index
on February 20, 2004



Goddard Space
Flight Center

Earth Probe TOMS Version 8 Aerosol Index
on February 22, 2004



Goddard Space
Flight Center

*TOMS index Bilder für 19.-22.Februar 2004, die den Weg von
Luftstaub von West- über Nordafrika nach Deutschland zeigen.*

NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 15 UTC 22 Feb 04
 FNL Meteorological Data

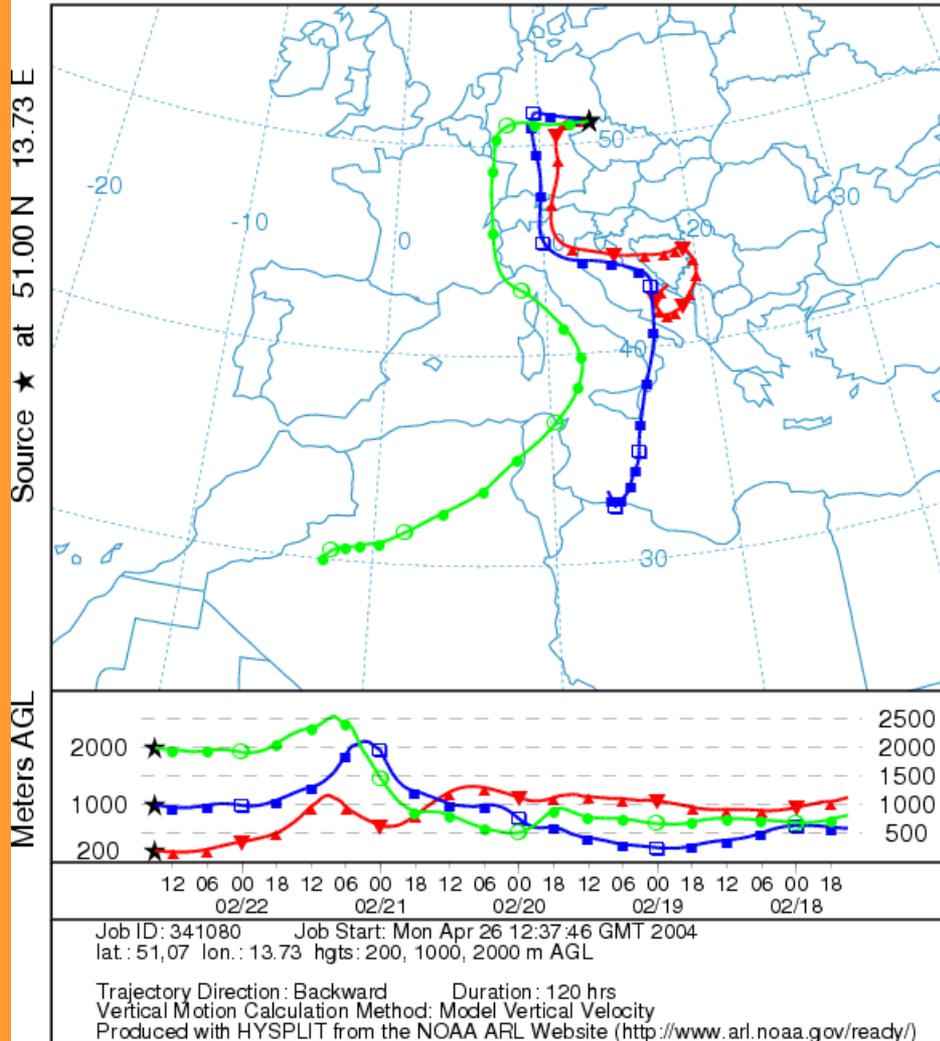


Bild: 120h Rückwärtstrajektorien nach DRAXLER et al.(2003), die in Dresden nach 5 Tagen am 22.2.2004 ankommen in einer Höhe von 2000, 1000 und 200 m. für den 22.2.2004 mit Zielpunkt Dresden

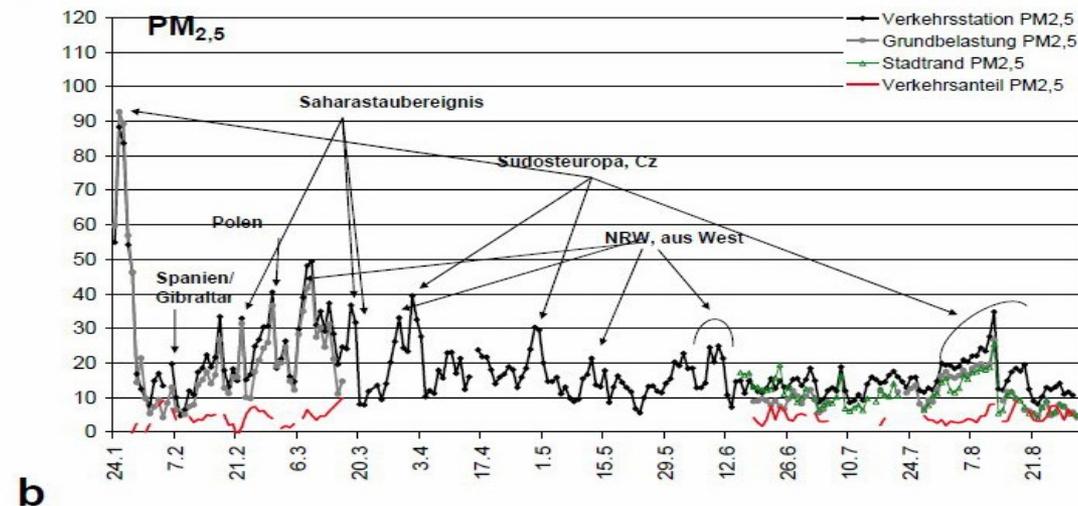
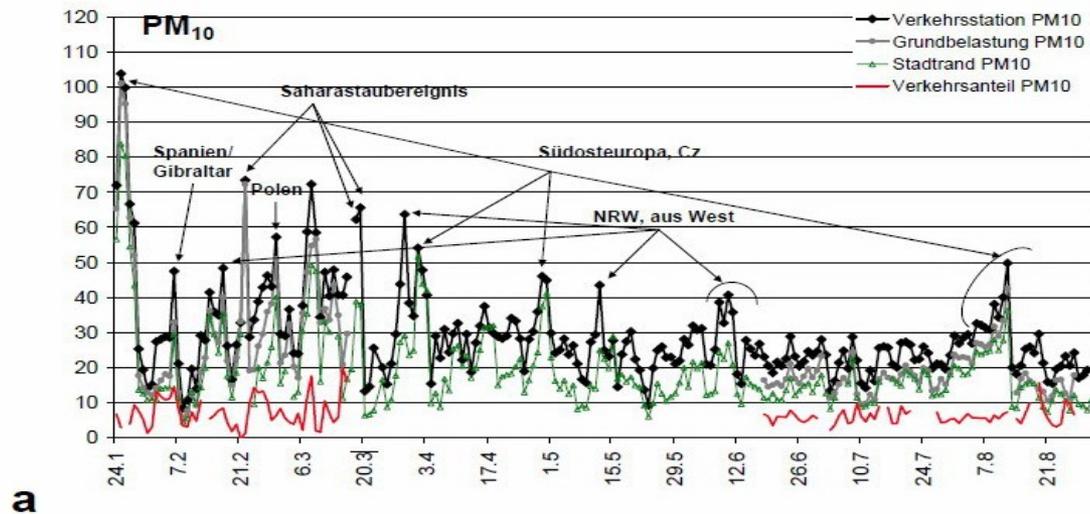


Bild: Verlauf der PM₁₀ (a) und PM_{2,5} (b)-Konzentrationen an der Verkehrsstation, der Station der Grundbelastung dem Stadtrand und dem Verkehrsanteil (rote Linie). DRESDEN

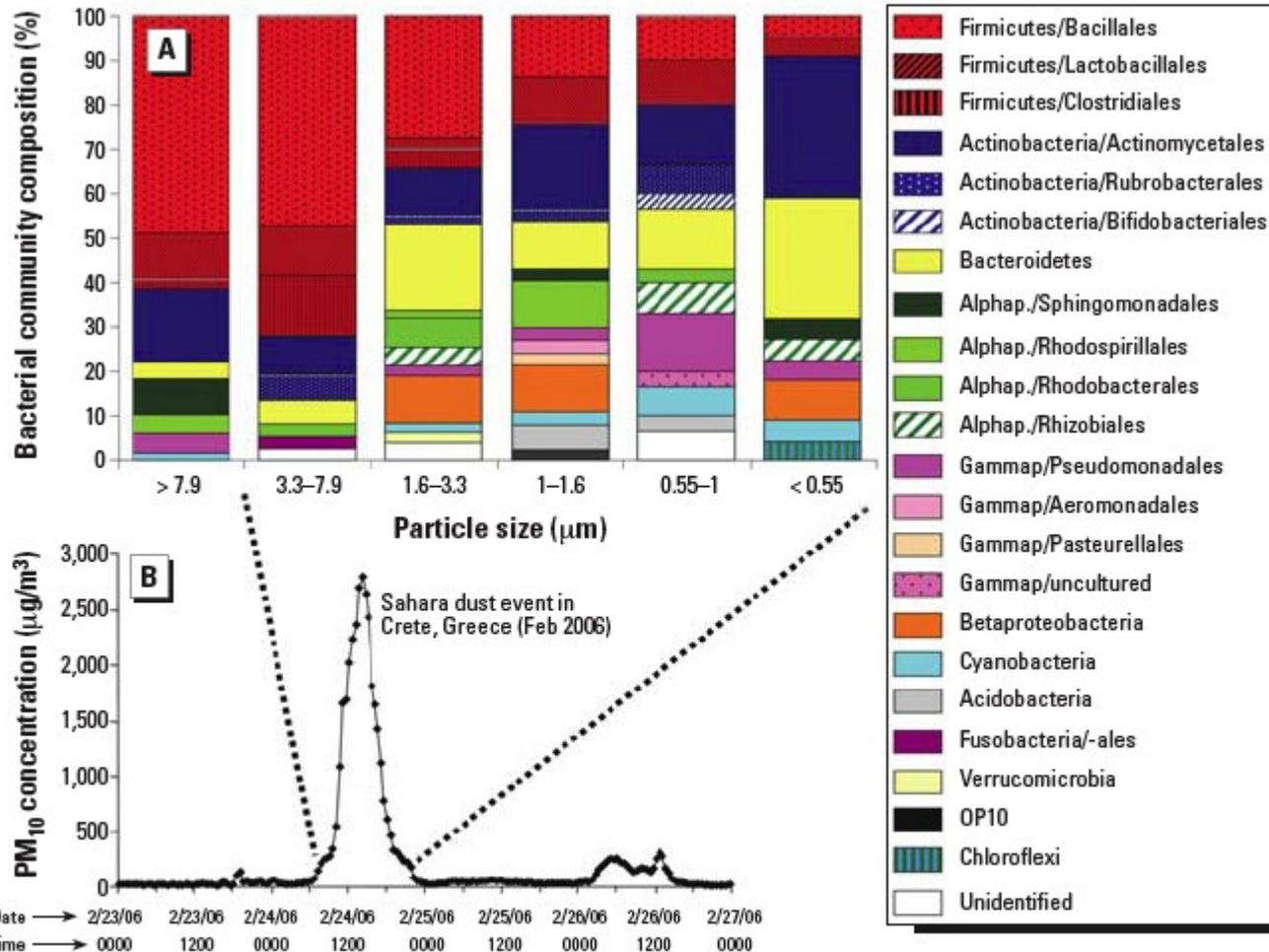


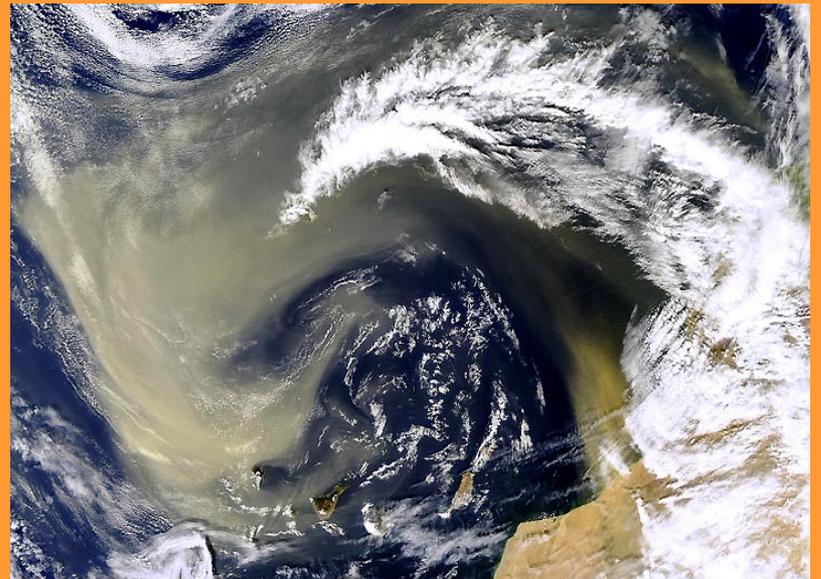
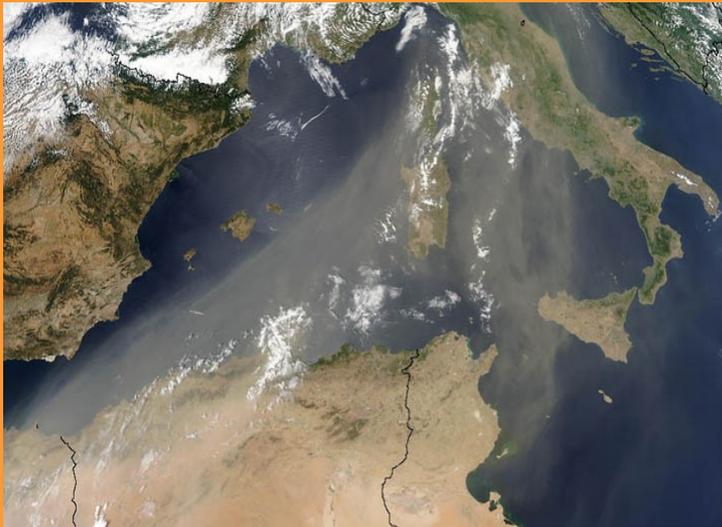
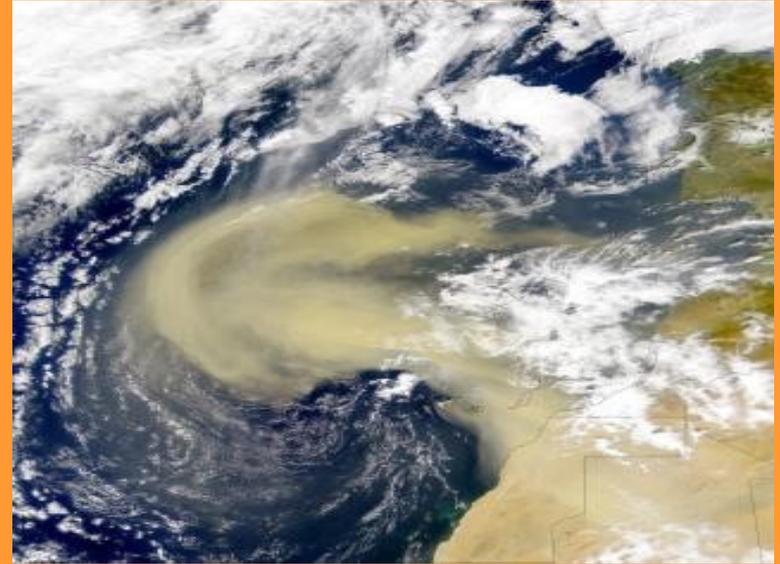
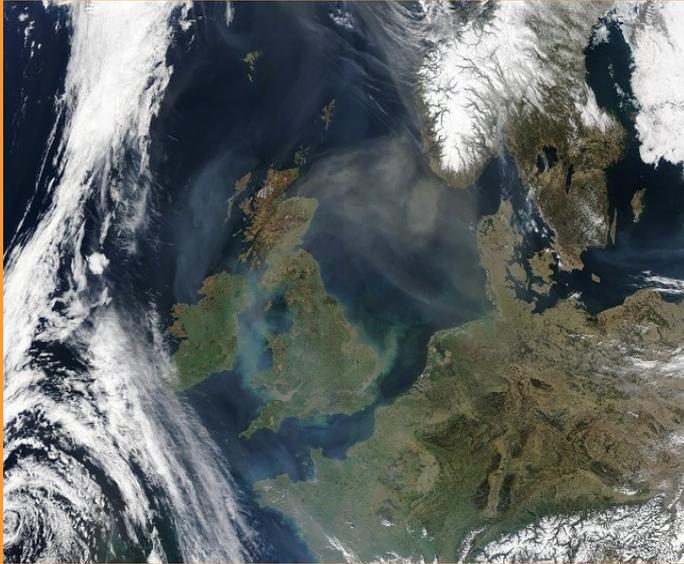
Figure 2. Analysis of dust particles from the Sahara dust event by bacterial community composition and by PM₁₀ concentration at different time points. (A) Bacterial community composition in particles of different sizes. (B) PM₁₀ concentrations during the Sahara dust event. Abbreviations: Alphap., Alphaproteobacteria; Gammap, Gammaproteobacteria.

5. Sichtbare Auswirkungen



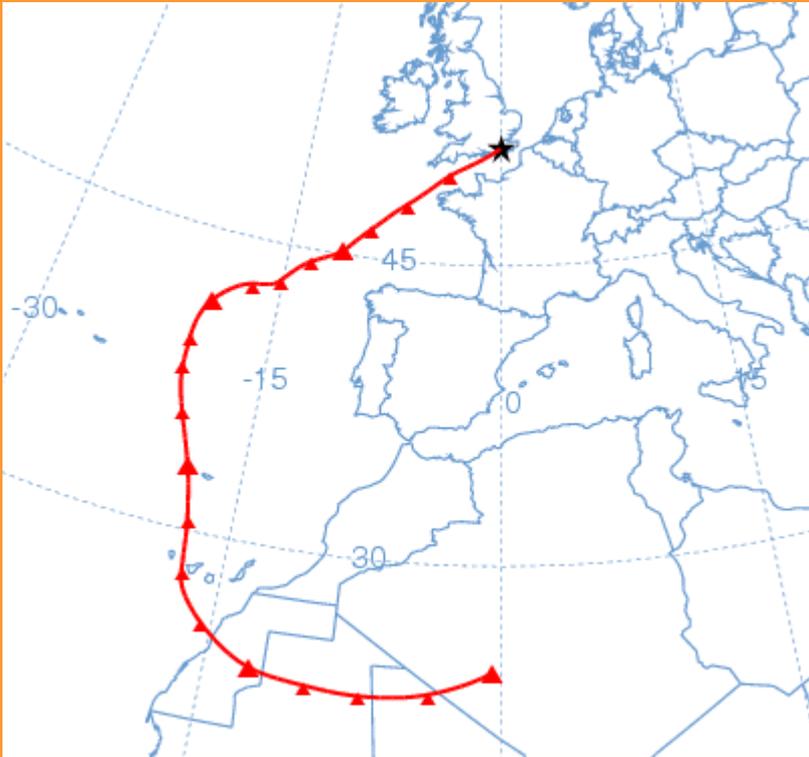
Bilder: Auto nach Sahararegen
in Nordrhein-Westfalen

02/2006

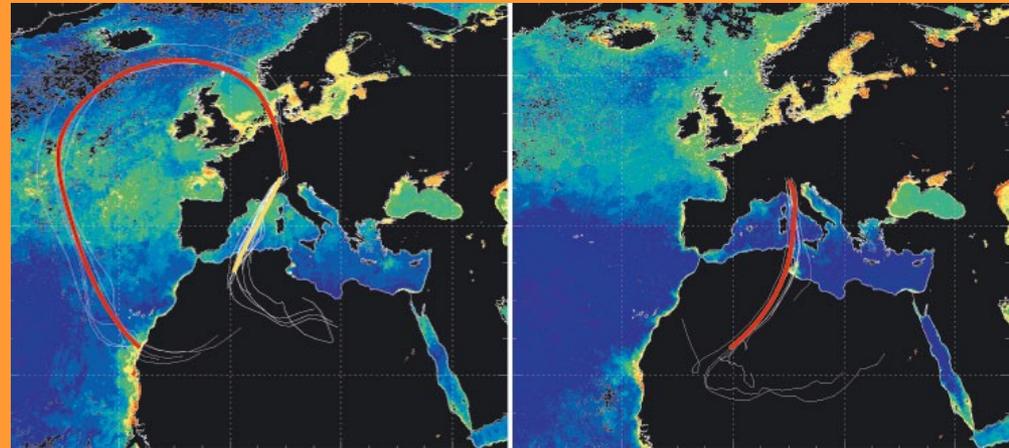


Bilderquelle: NASA

Anwendungen

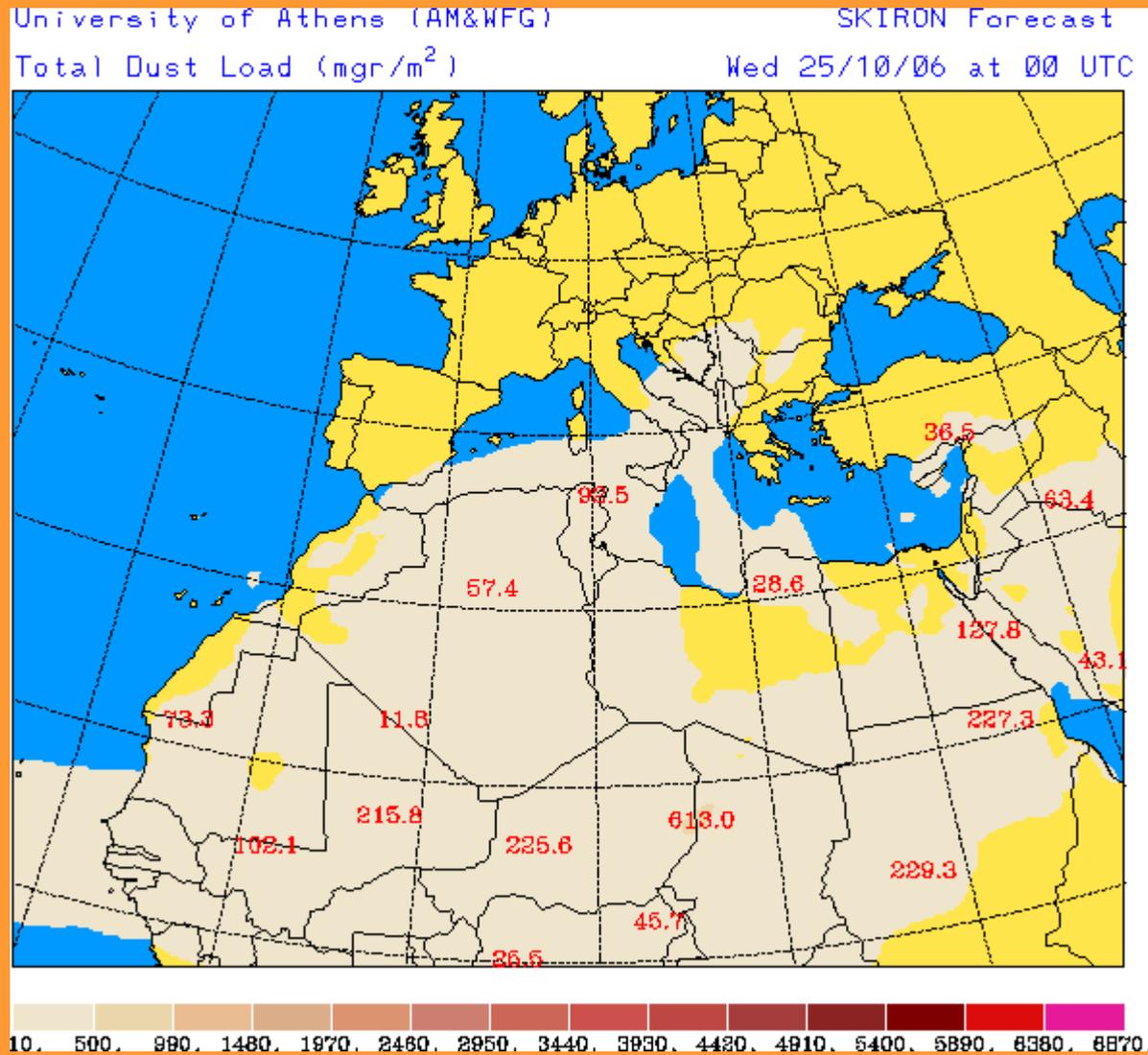


Rückwärtstrajektorien im britischen Wettersdienst



Rückwärtstrajektorien des schweizer Wetterdienstes

Vorhersage der Staubkonzentration der Universität Athen



Hier geht's zur aktuellen Situation:

- <http://forecast.uoa.gr/index.php>

Ein Videobeispiel:

Quelle: Deutscher Wetterdienst

Ort: Hohenpeißenberg



Zusammenfassung

- Saharastaub wird immer und zu jeder Zeit aufgewirbelt und verweht
- durch hinreichendes Aufsteigen gelangen Staubpartikel in höhere „wetterrelevante Schichten (bis in 5km Höhe)
- passende Wetterlagen transportieren das Material in höhere Breiten
- Auswaschung durch Niederschlagsprozesse oder Absinken
- Wichtig für Sichtweite – Voraussagen
- Kenntnis von anthropogener & natürlicher Staubkonzentration
- höhere Luftbelastung ist die Folge
 - → Menschen mit Asthma oder anderen Atemwegserkrankungen stark belastet
 - → Vorhersage sehr wichtig, um rechtzeitig Warnungen und Meldungen zu garantieren
- gute Methoden mit Windfeld und Anwendung von (Rückwärts -) Trajektorien



Bild: Luxushaus auf Teneriffa im Jahr 2004 (Quelle: www.wetter-foto.de)

Danke für Eure Aufmerksamkeit!!