

## Gewitter als Spurenstoffgenerator

Ulrich Schumann, IPA, DLR

The diagram illustrates a thunderstorm with several key processes highlighted in text boxes:

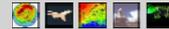
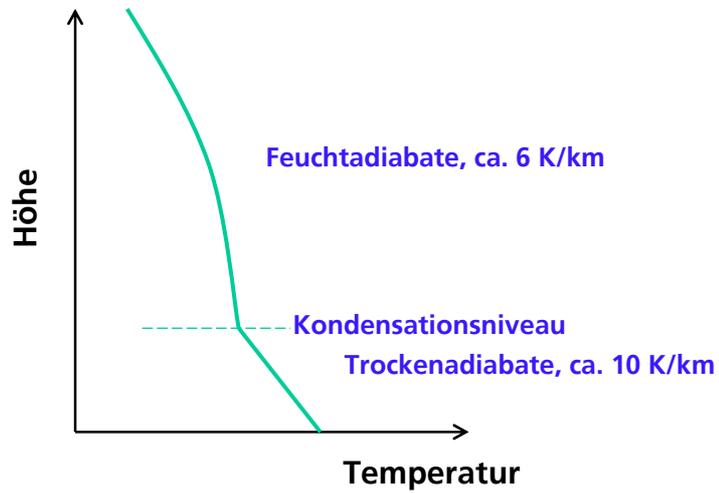
- bewirken vertikalen Austausch von Wasserdampf, Impuls, Spurenstoffe zwischen Grenzschicht und freier Troposphäre** (cause vertical exchange of water vapor, momentum, and trace substances between the boundary layer and the free troposphere)
- entstehen aufgrund von instabiler Schichtung in der Atmosphäre** (occur due to unstable layering in the atmosphere)
- verursachen Ladungstrennung und Blitze** (cause charge separation and lightning)
- Blitze induzieren Stickoxide** (lightning induces nitrogen oxides)

At the bottom of the slide, the following information is provided:

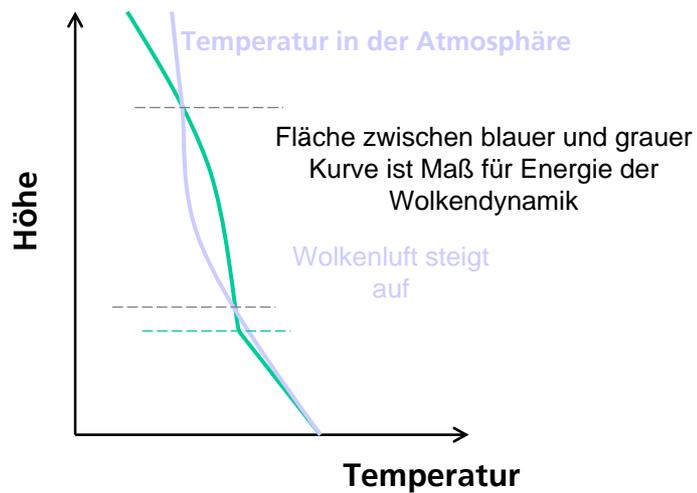
- Deutsches Zentrum DLR für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft
- Institut für Physik der Atmosphäre
- Small icons representing various atmospheric and space research topics.

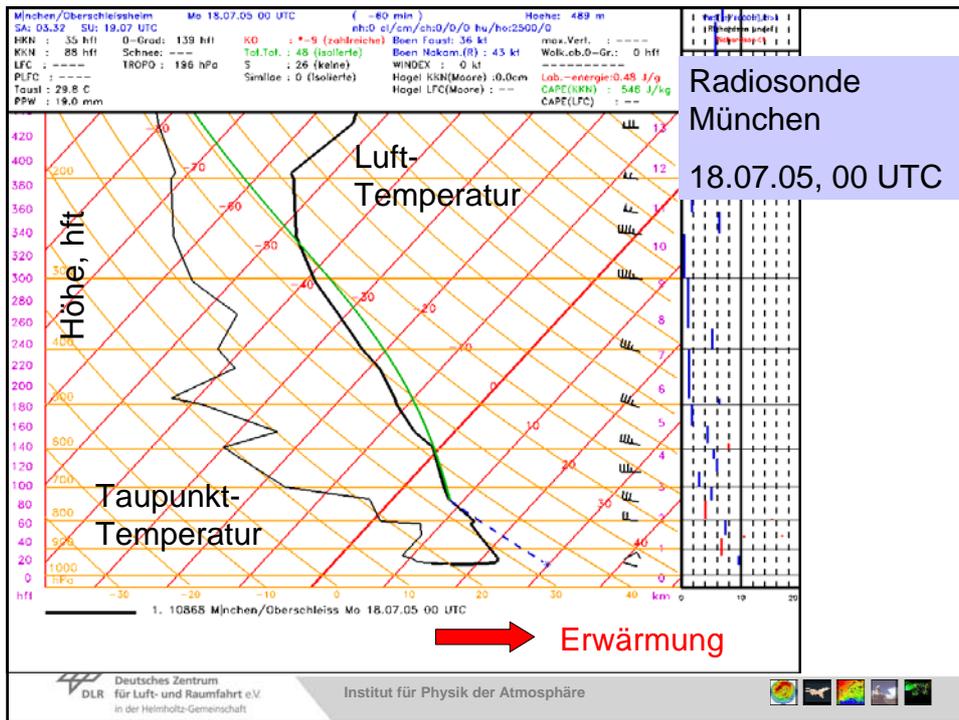


## Temperaturänderung in feuchter Luft bei Hebung eines abgeschlossenen (adiabaten) Luftpakets

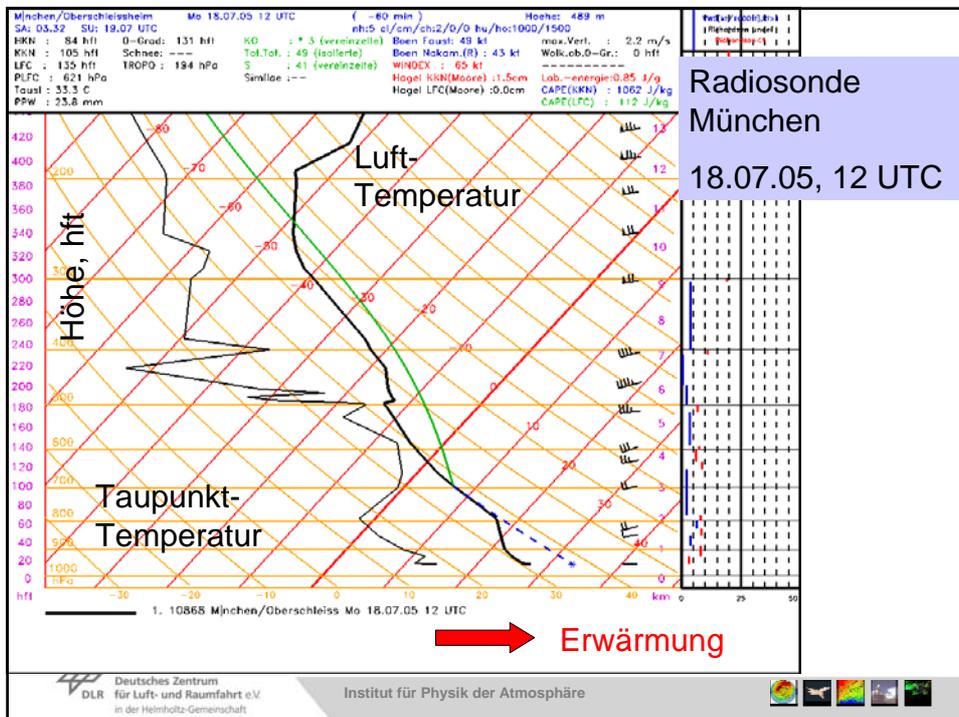


## Temperaturänderung bei adiabater Hebung

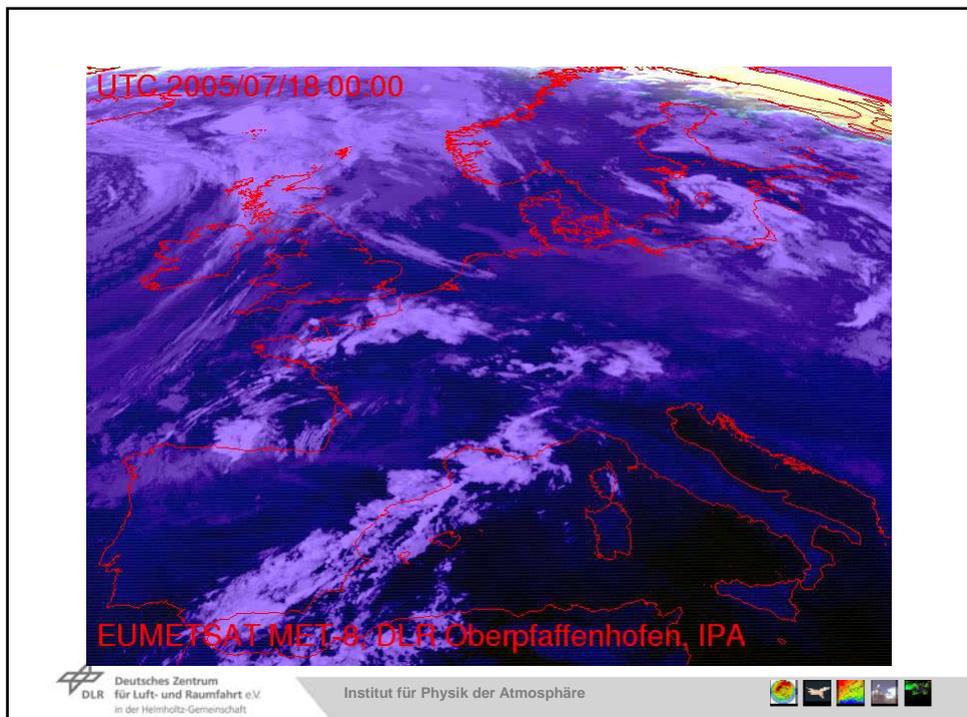
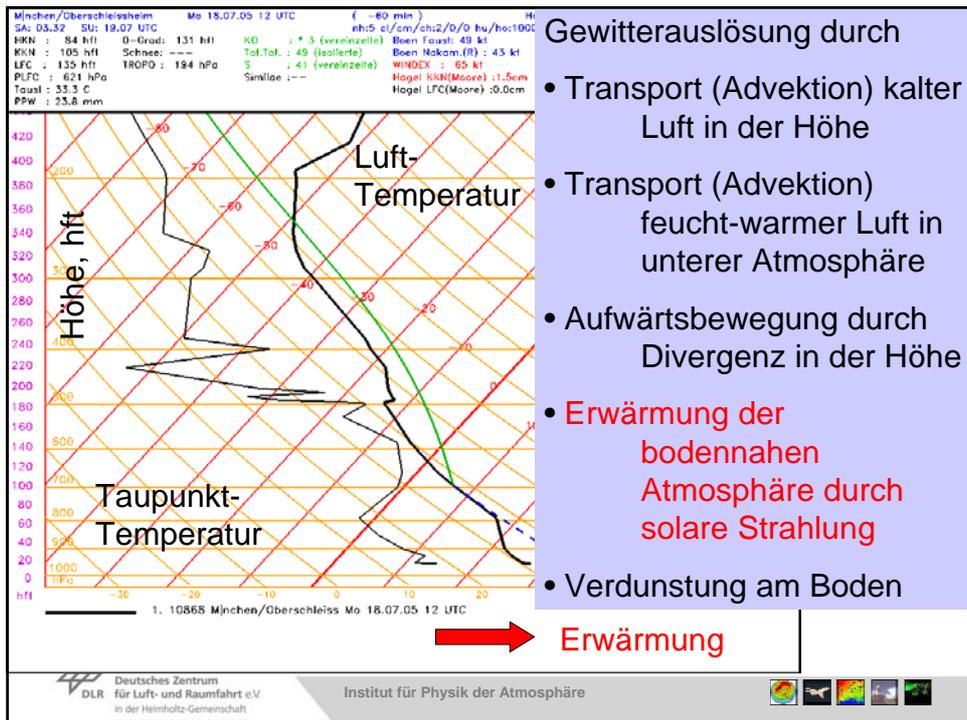




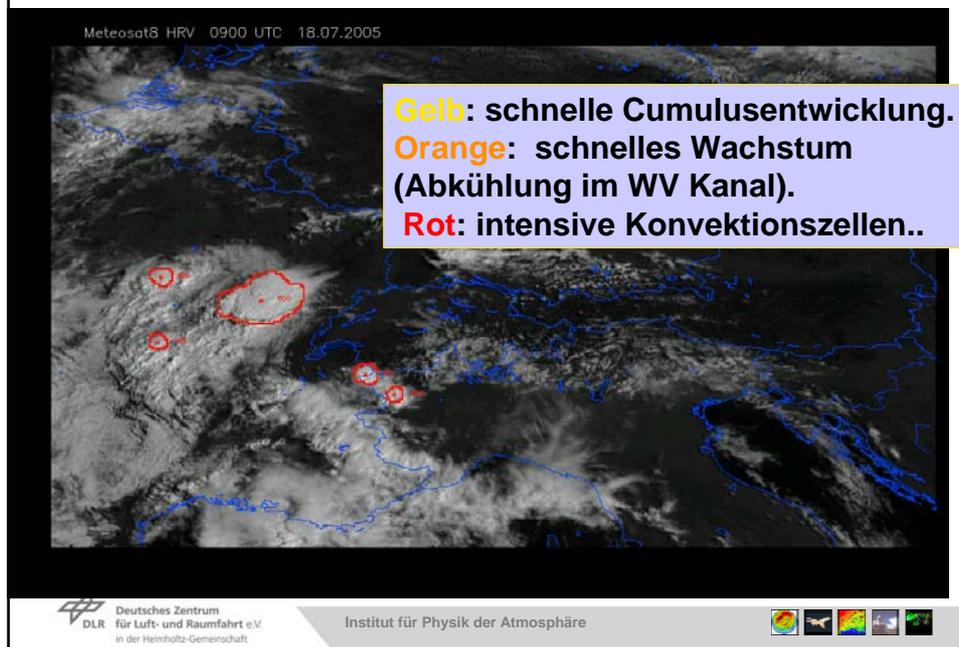
Radiosonde  
München  
18.07.05, 00 UTC



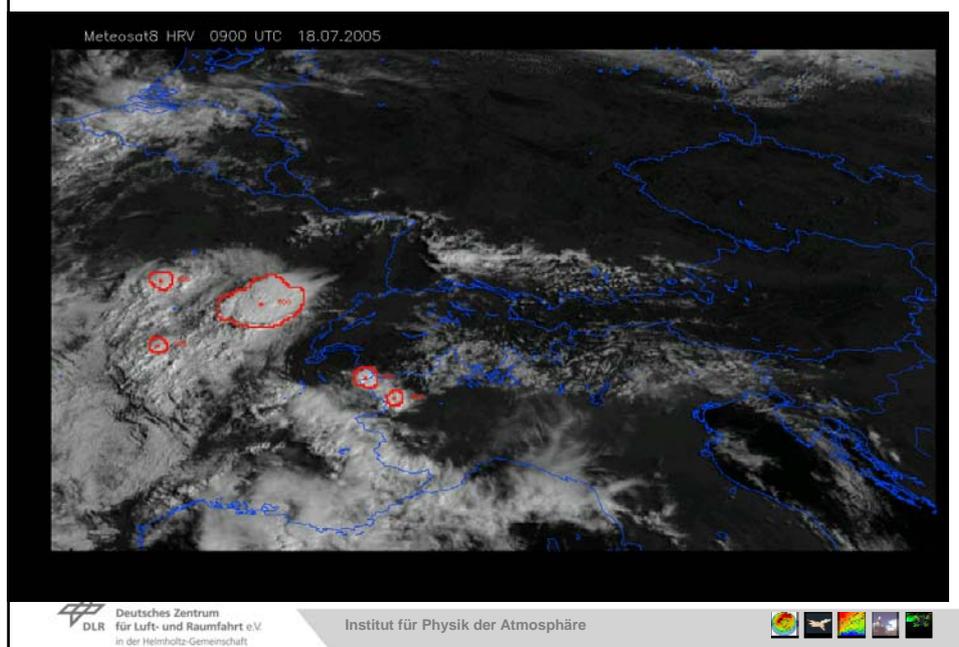
Radiosonde  
München  
18.07.05, 12 UTC



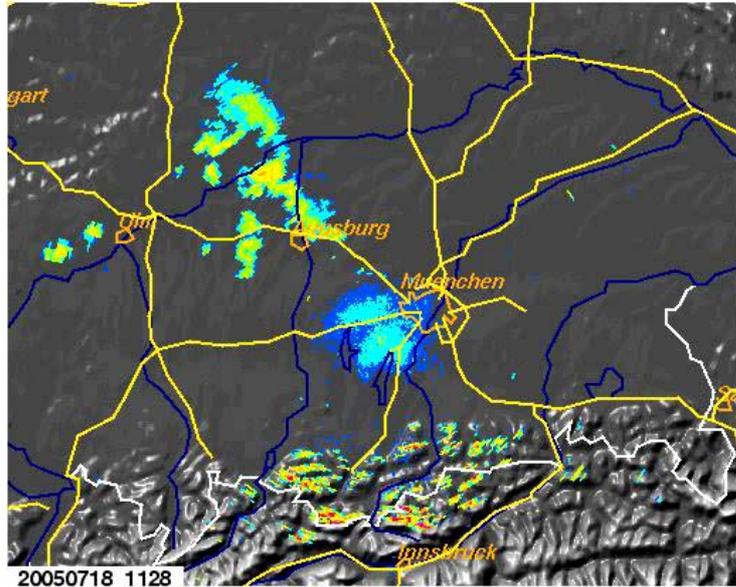
## Verfolgung einzelner Gewitterzellen (T. Zinner)



## Verfolgung einzelner Gewitterzellen (T. Zinner)

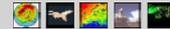


### DLR Radar-Komposit für 18.07.05



20050718 1128  
Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Physik der Atmosphäre



### Blitz und Donner



(photo taken from Jim Dodge, 2006)

Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

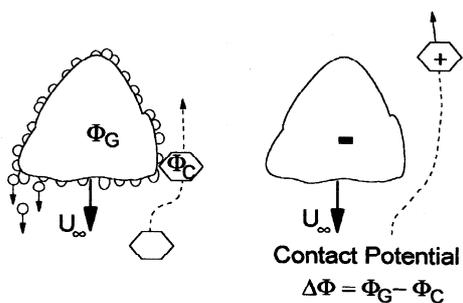
Institut für Physik der Atmosphäre



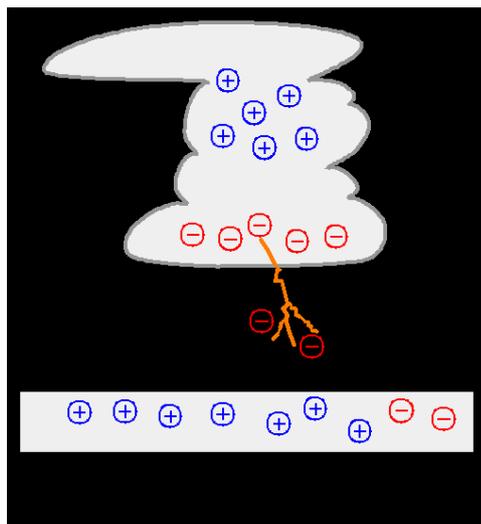
## Ladungsverteilung in Gewittern

- Bereifende Graupel und Eispartikel tauschen bei Kollisionen Ladungen aus infolge unterschiedlichen Oberflächenpotential

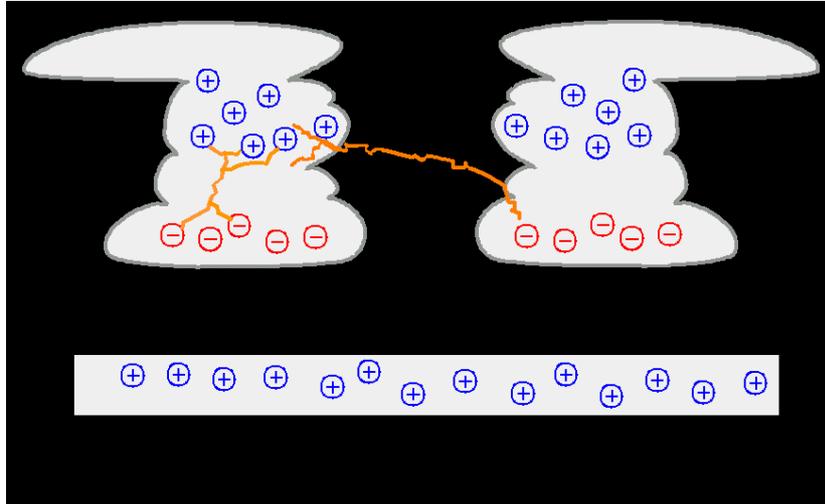
- Kleine Partikeln schweben mit den Aufwinden nach oben, große fallen herunter, dadurch Ladungstrennung in der Wolke



## Wolke-Boden-Blitze

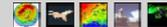


### Wolken-Wolken-Blitze

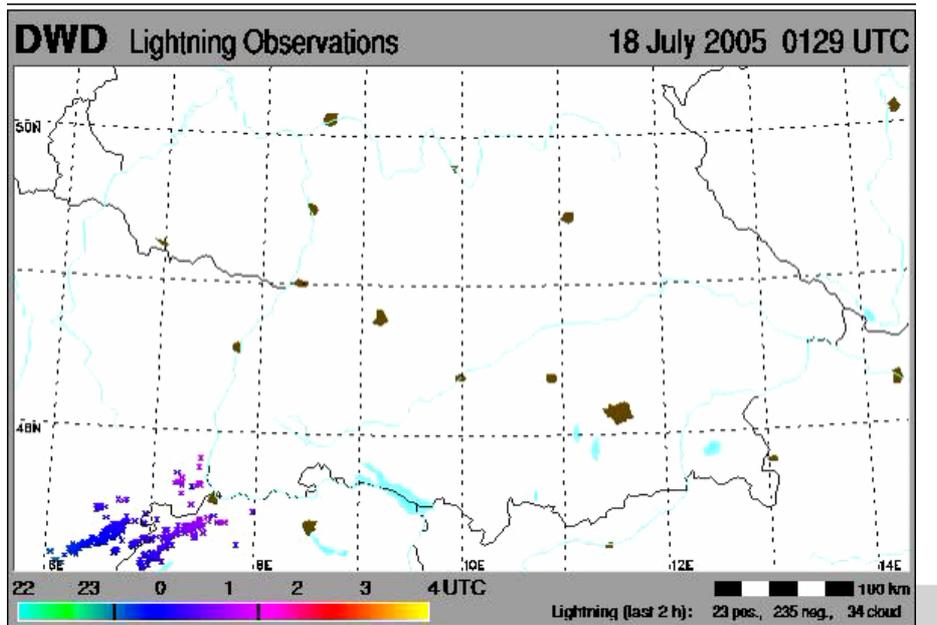


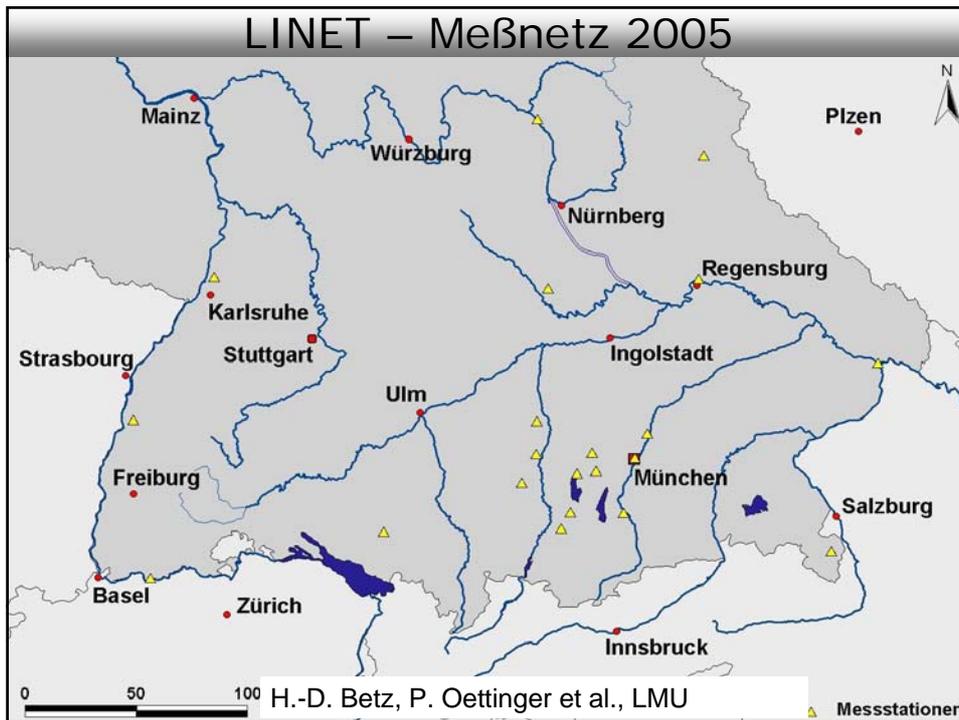
DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Physik der Atmosphäre



### Blitz-Beobachtungen auf der Basis von Siemens-System, vom DWD für 18.07.05





### Stickoxide aus Blitzen

In den heißen Blitzkanälen entstehen Stickoxide ( $\text{NO}_x$ )

Schätzung:  
5 (1 - 20) Tg(N)/a

Zunahme von Stickoxiden bewirken:

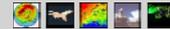
- Zunahme von Ozon -> mehr Treibhausgase
- Abnahme von Methan -> weniger Treibhausgase

## Messungen in Gewittern, zunächst Europa

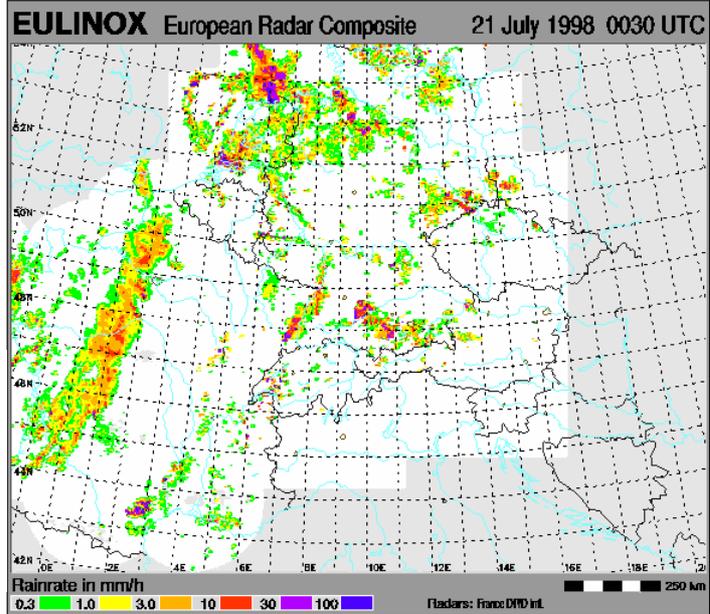


 Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Physik der Atmosphäre

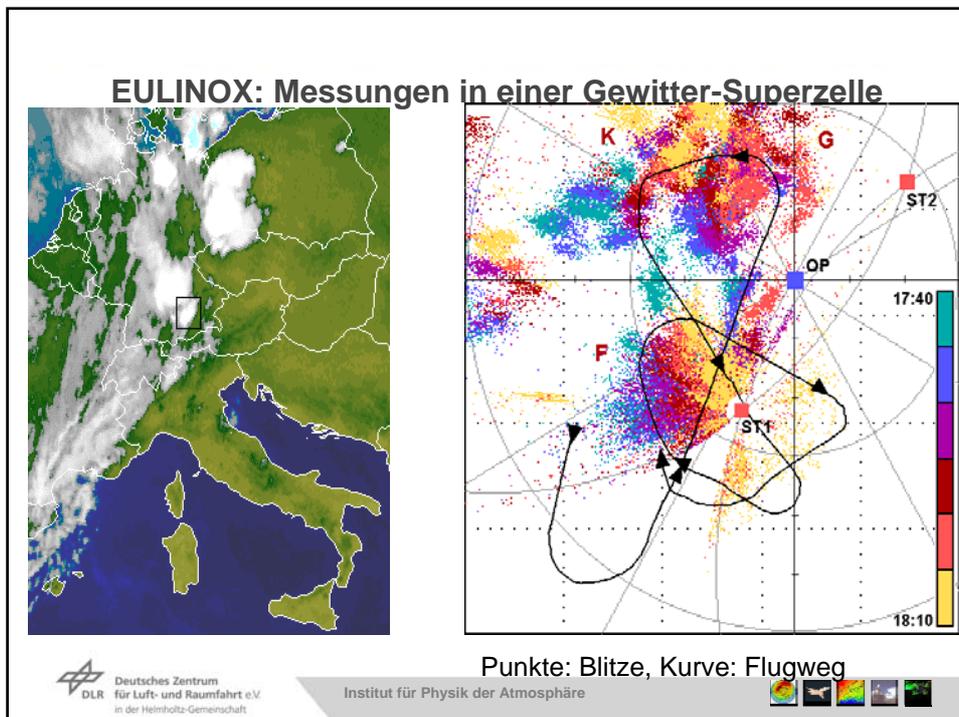
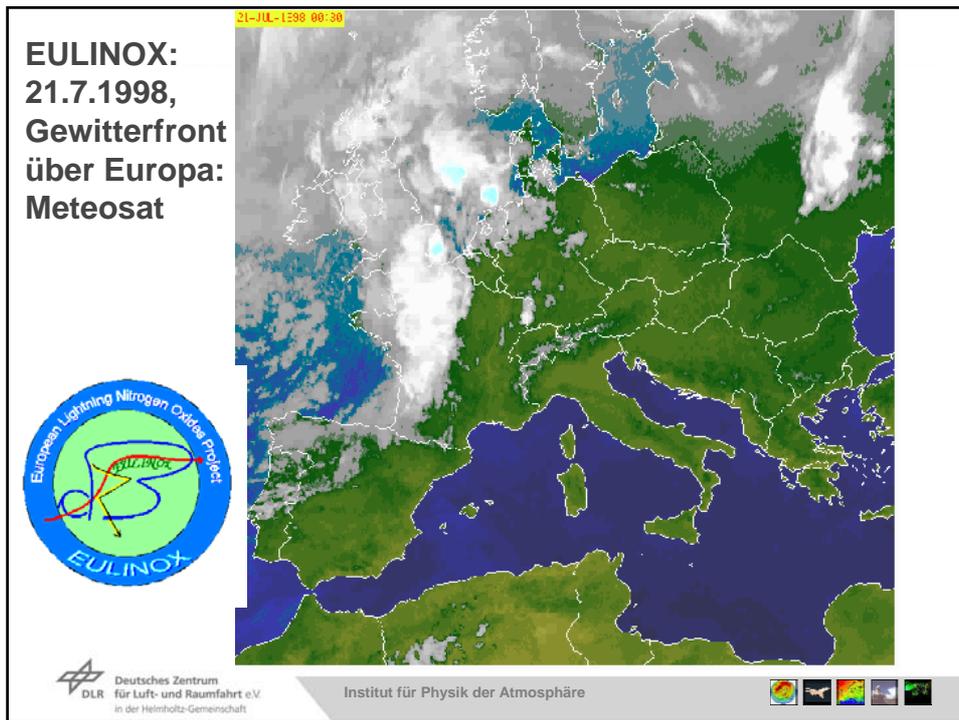


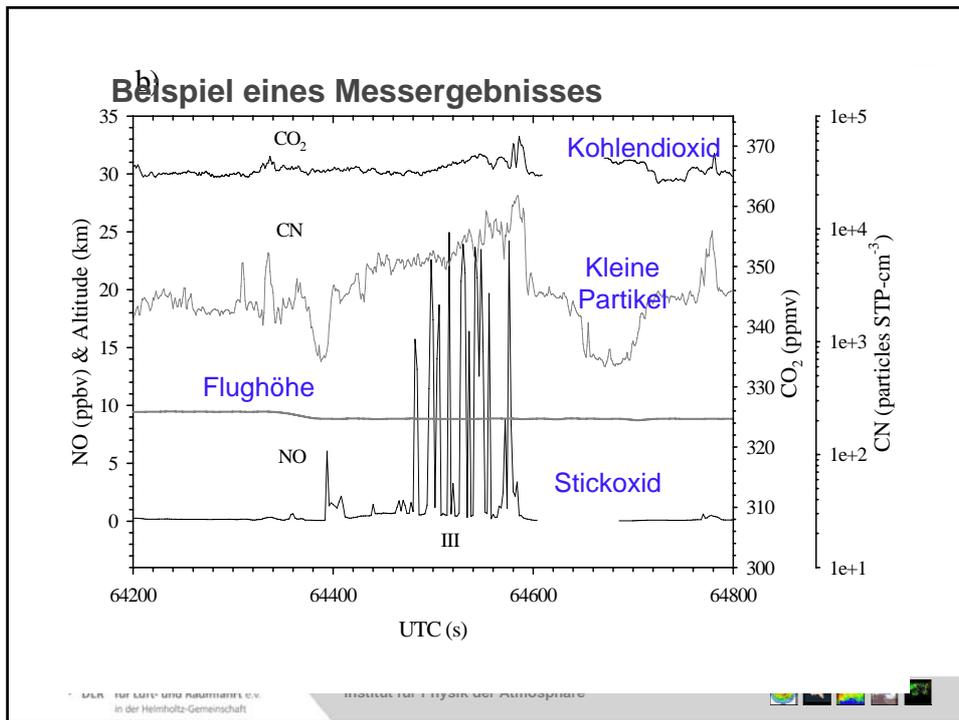
**EULINOX:  
21.7.1998,  
Gewitterfront  
über Europa:  
Radar**



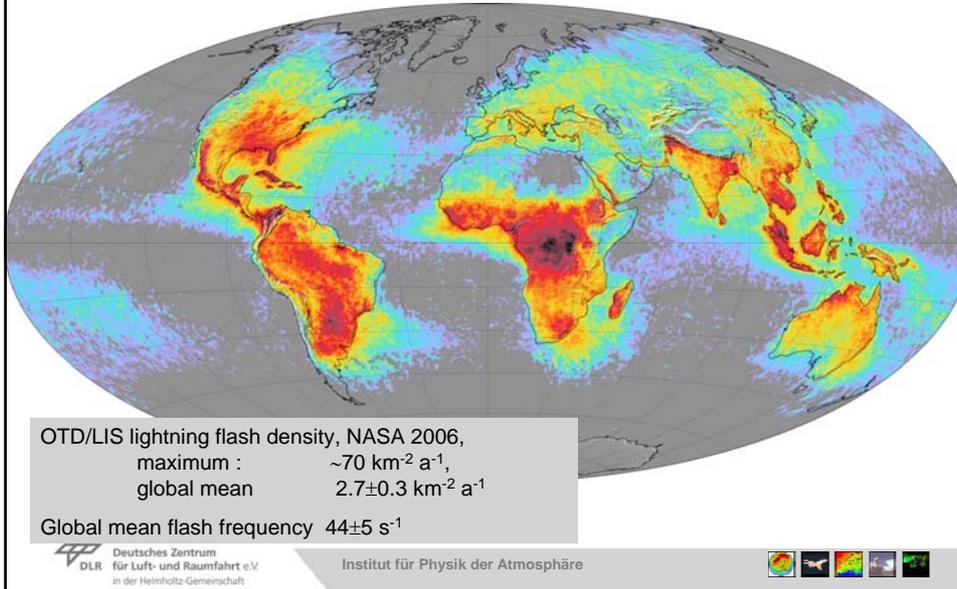
 Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Martin Hagen; siehe auch Peter Lang

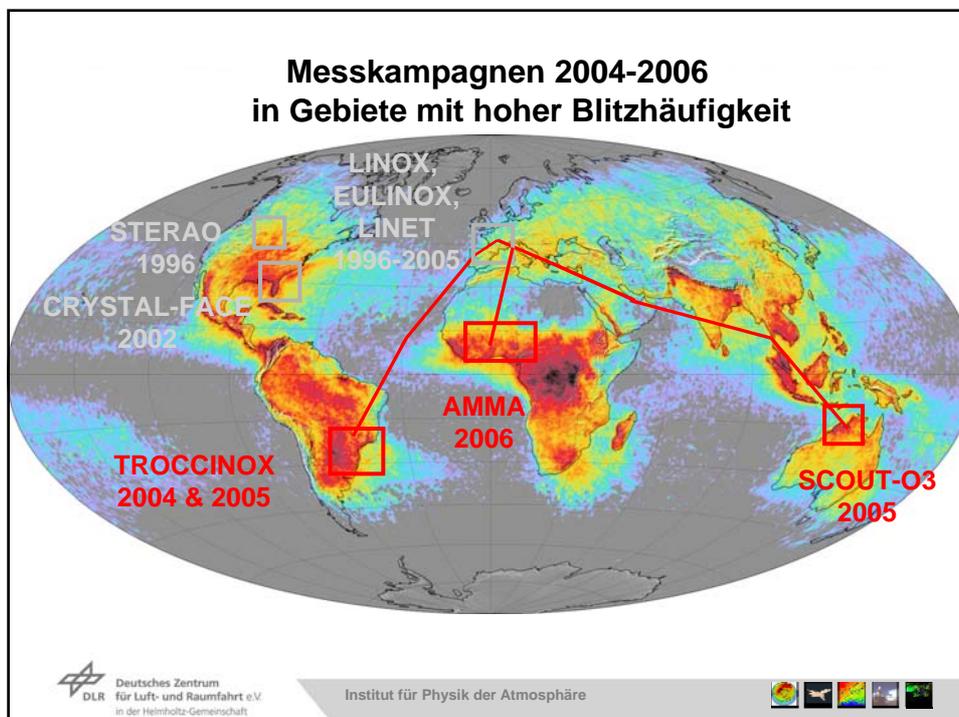




## Blitzhäufigkeit aus Satellitendaten (11 Jahre OTD + LIS)



## Messkampagnen 2004-2006 in Gebiete mit hoher Blitzhäufigkeit

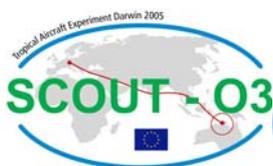


## Messkampagnen 2004-2006 in Gebiete mit hoher Blitzhäufigkeit



2004 / 2005

Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



2005

Institut für Physik der Atmosphäre

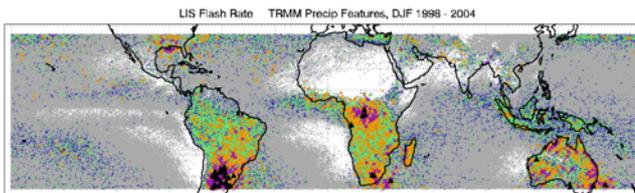


2006

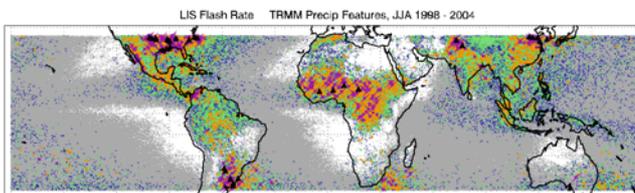


## Gewitter mit hoher Blitzrate (TRMM-Daten)

DJF:



JJA



Gewitter mit  
maximaler  
Blitzfrequenz über  
Argentinien &  
Paraguay:  
(Mesoscale  
convective  
complexes, MCS)

Diverse Farbsymbole repräsentieren Gewitter mit unterschiedlicher  
Blitzfrequenz (Cecil et al., 2005).

Schwarze Dreiecke: top 0.001 % aller ca. 13 Mill

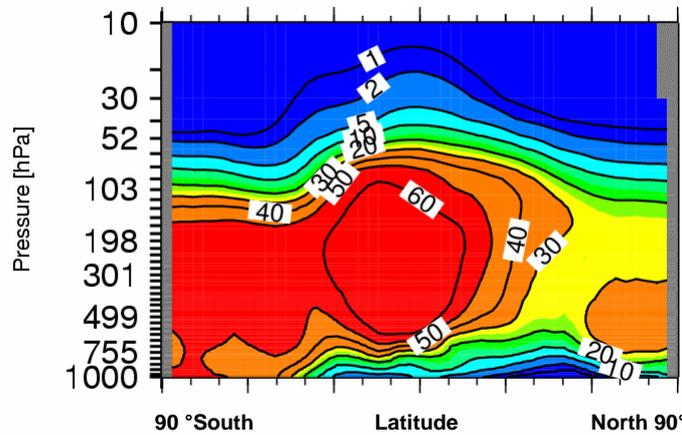
Niederschlagsereignisse, mit Blitzfrequenzen von 310 bis 1389 min<sup>-1</sup>.

Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Physik der Atmosphäre

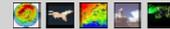


**Beitrag von Blitz-NO<sub>x</sub> zur Stickoxid-Konzentration in der Atmosphäre, Gerechnet für LNOx-Quellstärke von 5 Tg/a**

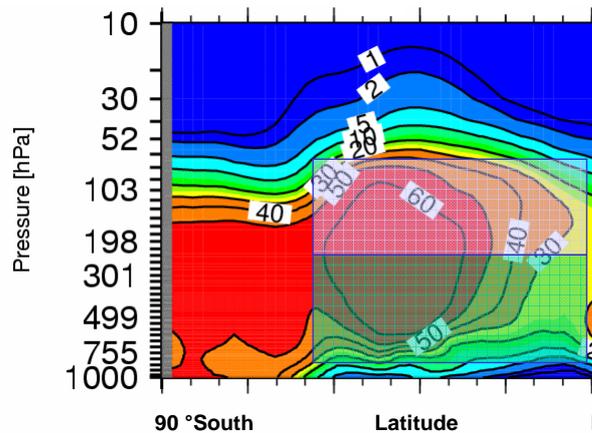


teils mehr als  
> 60 % in den  
Tropen  
und > 20 %  
über Europa  
(in Juli)

Zum Vergleich, Luftfahrt: < 1Tg/a



**Beitrag von Blitz-NO: besonders groß in der tropischen Troposphäre, bis ca. 15 km Höhe**



Geophysica

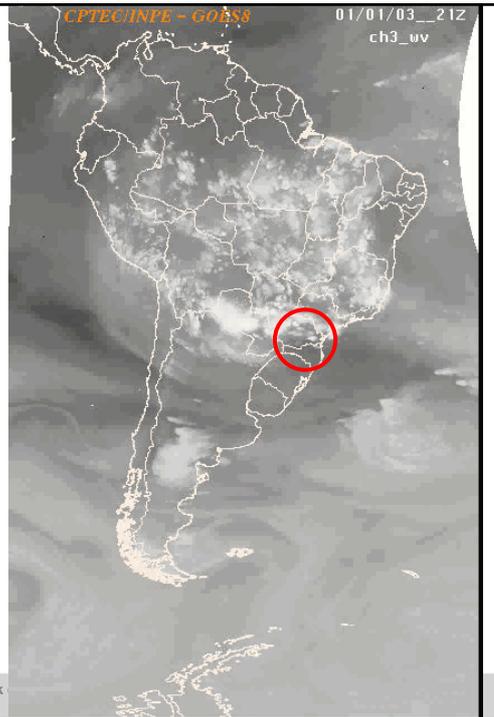
Falcon



Juli, in %



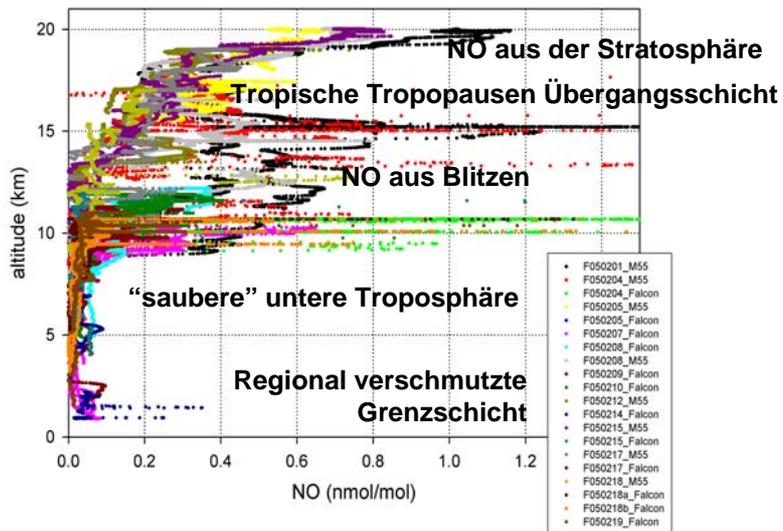
Konvektion über  
Südamerika,  
Wasserdampf-  
Signal,  
GOES,  
Jan + Febr. 2003



 Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Physik

### Stickoxide NO im Umfeld tropischer Gewitter

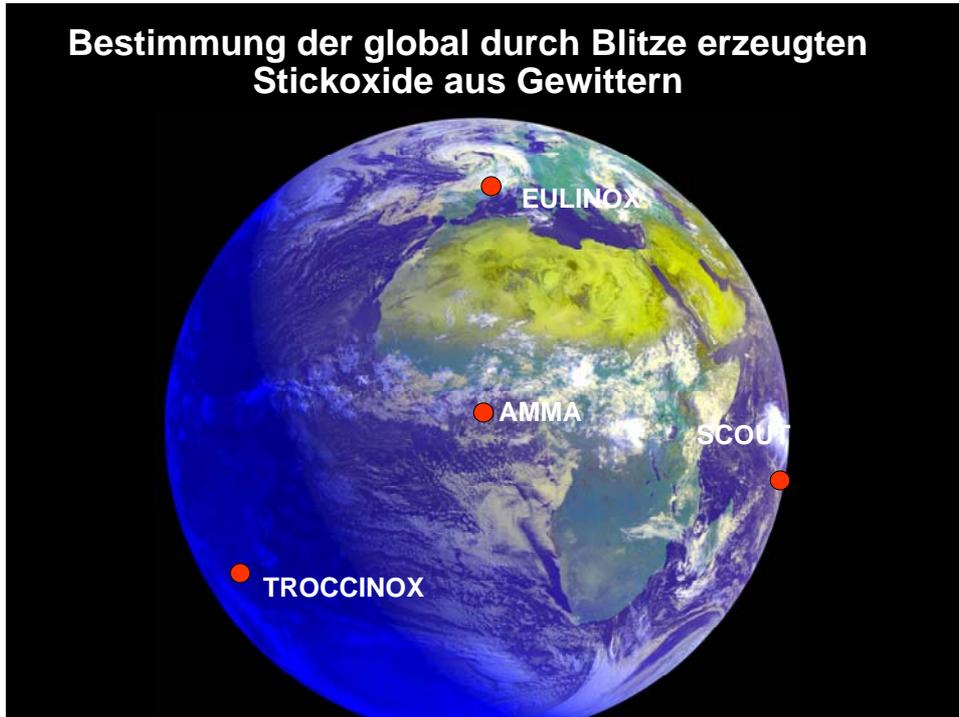


 Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Physik der Atmosphäre



## Bestimmung der global durch Blitze erzeugten Stickoxide aus Gewittern

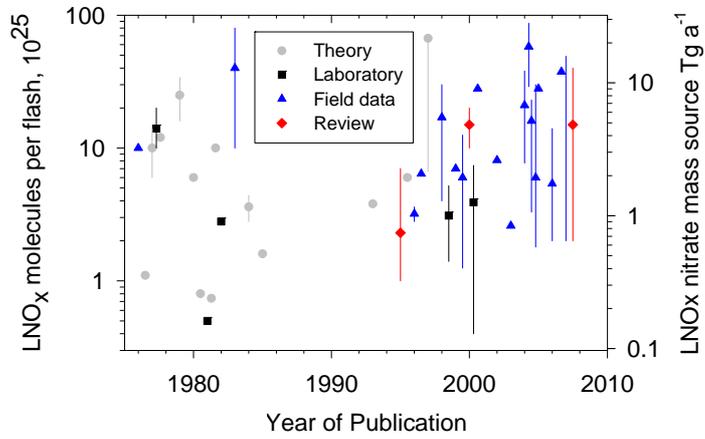


## Schätzungen der durch Blitze global induzierten Stickoxid-Masse (als N) pro Jahr

Method	Typical references	Range S, Tg/a
<b>Flash extrapolation:</b> S = Production per flash × global flash rate	Tuck (1976), Lawrence et al. (1995), Beierle et al. (2006)	0.6-14
<b>Storm extrapolation:</b> S = Production per thunderstorm × global thunderstorm rate	Chameides et al. (1987) Huntrieser et al. (2002)	1-25
<b>Model fit:</b> S in global chemical transport model fitted to observations	Levy et al. (1996) Boersma et al. (2005) Sauvage et al. (2006)	2-8

Schumann und Huntrieser (ACP, 2007)

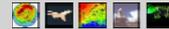
### Flash-specific LNOx emissions



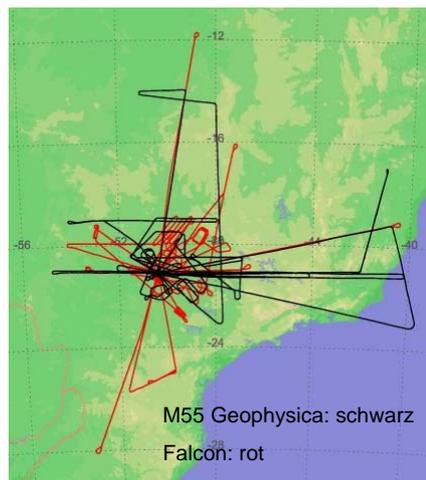
ohne Franzblau and Popp (1989):  
 $300 \times 10^{25}$  per flash,  $> 100$  Tg/a

Rechte Skala für globale Blitzrate  
 von  $44 \text{ s}^{-1}$

(Schumann & Huntrieser, ACP  
 2007)



### Flugwege während des Transit und lokal, 2005







**LNO<sub>x</sub> N-Masse: 2 bis 8 Tg/a**



### **Schlußfolgerungen**

Reaktive Stickoxide wurden im Umfeld tropischer Konvektion bei TROCCINOX, SCOUT und AMMA gemessen

Stickoxide im Umfeld tropischer Gewitter zu 40-90 % aus Blitzen

Globale LNO<sub>x</sub> Quellstärke: 5 (2 - 8) Tg/a.

Offen:

Vorhersage von Blitzhäufigkeiten und NO<sub>x</sub>-Verteilung im Rahmen der Wettervorhersage,

Nutzung von Blitzbeobachtungen für Modell-Initialisierung (Daten-Assimilation)

Vorhersage von Gewittern im Zeitraum 1 bis 6 h, z.B. im LMK des DWD.



## Danke

Martin Hagen  
Hartmut Höller  
Heidi Huntrieser  
Hermann Mannstein  
Andreas Petzold  
Monika Pfeiffer  
Hans Schlager  
Arnold Tafferner  
Hans Volkert  
Tobias Zinner