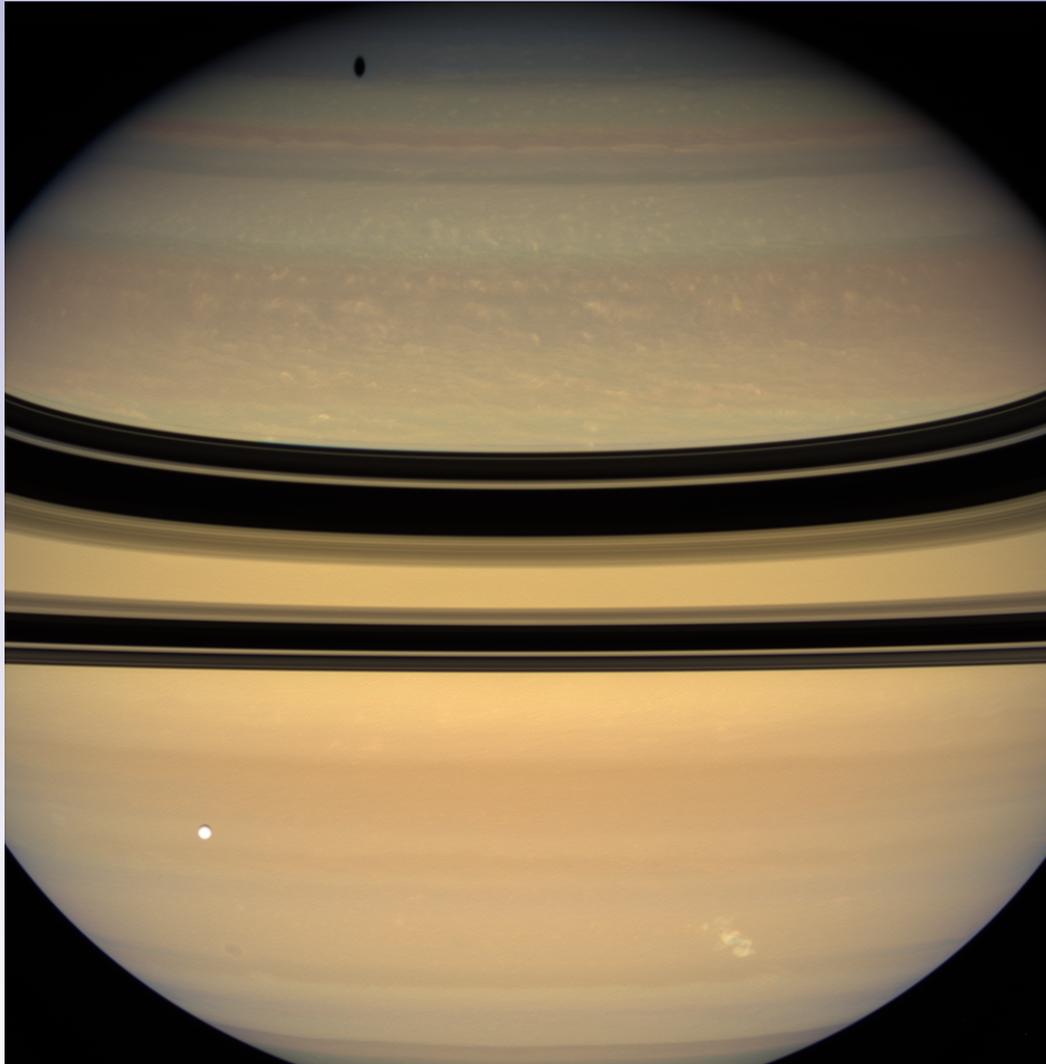


# Blitz und Donner auf Saturn



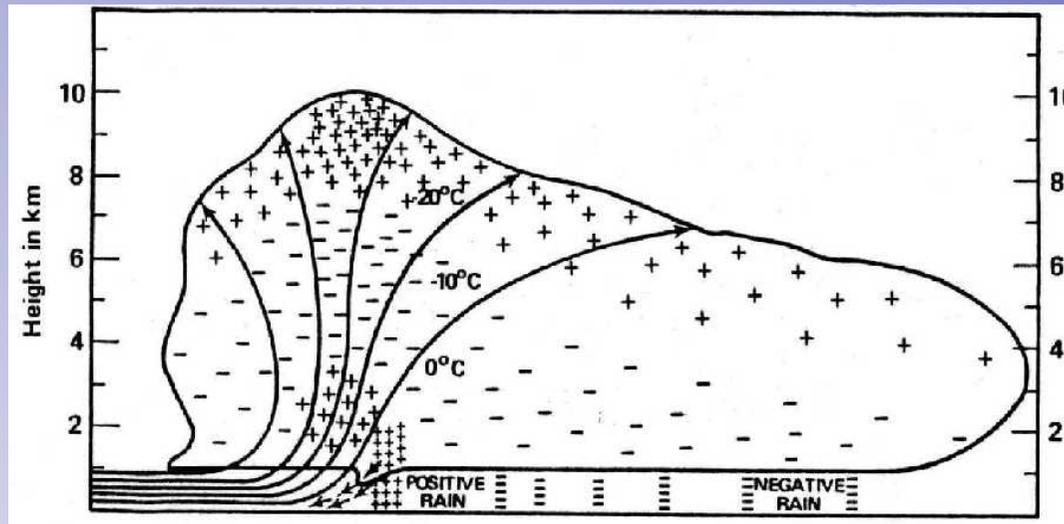
**Georg Fischer**

Institut für  
Weltraumforschung,  
Österreichische  
Akademie der  
Wissenschaften

„Graz in Space“

9.-10. September 2010

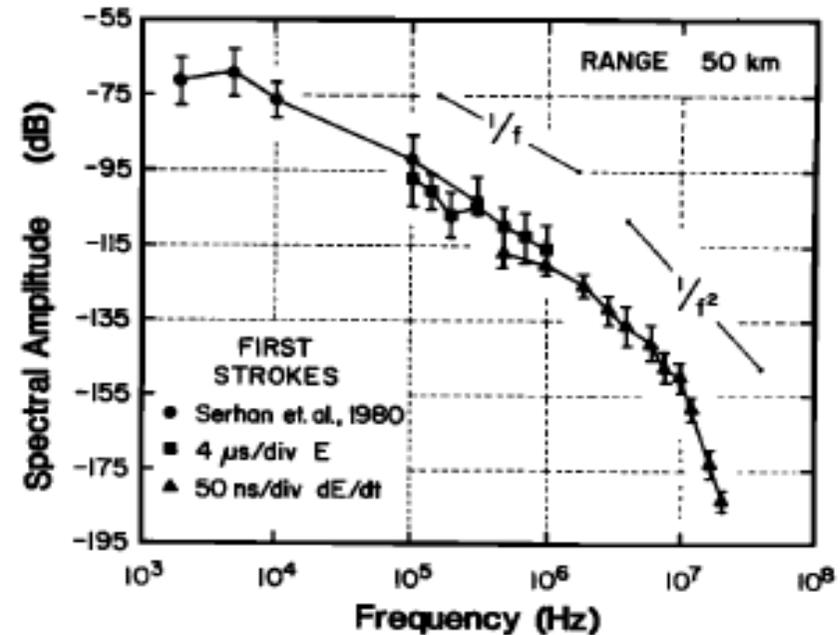
# Blitz und Donner auf der Erde



- Mikroskopische Prozesse führen zur Aufladung d. Wolkenteilchen
- Makroskopische Prozesse (Gravitation, Aufwinde) führen zu großräumiger Ladungstrennung
- Blitz gleicht Ladungsdifferenzen in mehreren Entladungen aus (Leitblitz, strokes/flash)
- Unterscheide CG (cloud-to-ground) und IC (intracloud) Blitz
- Typischer Blitz ist negativ geladen, Strom ca. 30 kA, dauert Sekundenbruchteile und erwärmt Luft auf 10.000°C (Schockwelle führt zu Donner, 3s Differenz bedeutet Blitz 1 km entfernt)

# Das Radiospektrum eines Blitzes

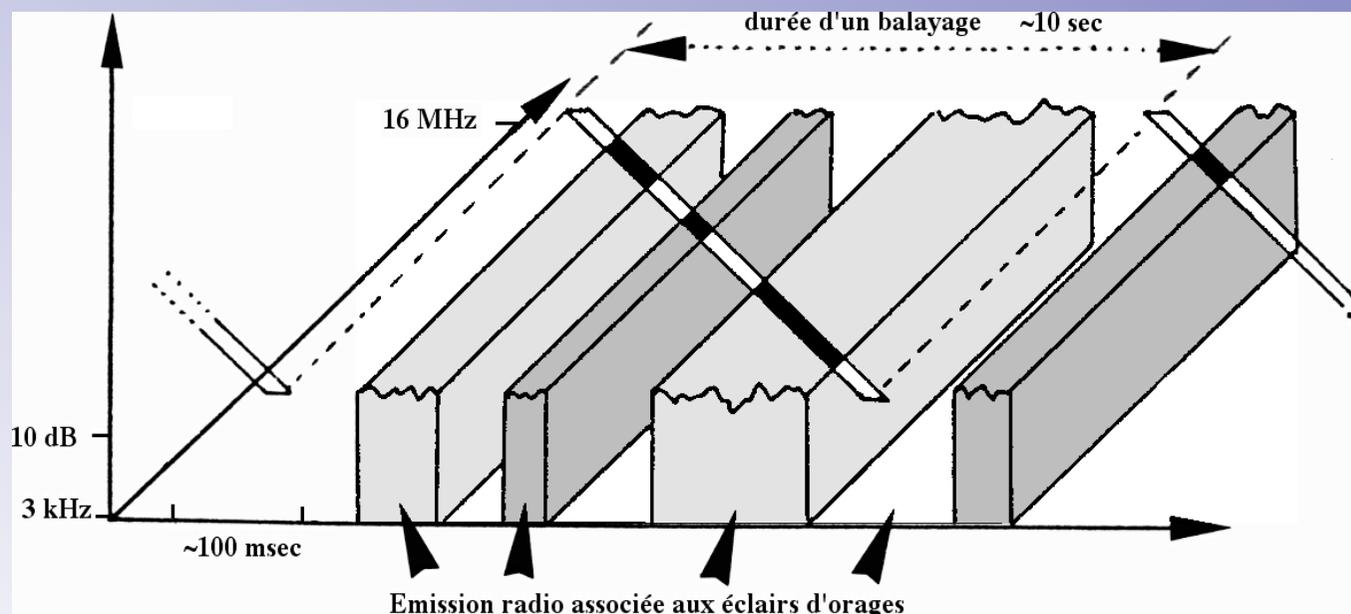
- Kurze Signale (kurze Stromflüsse im Blitz) emittieren ein breites Frequenzspektrum
- Bereich von ein paar Hz (Schumannresonanzen) über kHz (stärkste Signale, Länge des CG Blitzes entspricht einem Viertel der Wellenlänge), MHz bis GHz detektierbar außerhalb der Ionosphäre bis hin zu Gammastrahlung



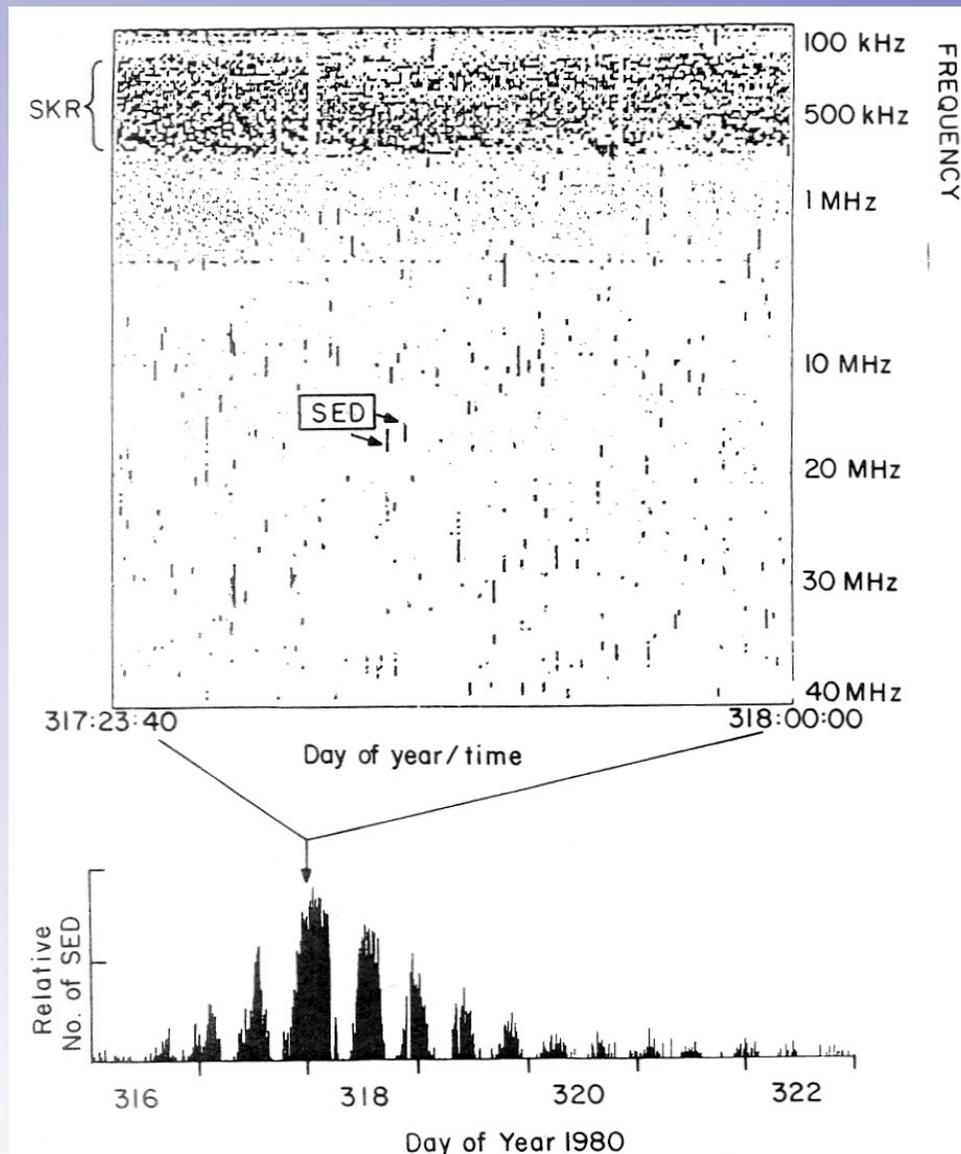
Frequenzspektrum eines "first return strokes" nach Weidman et al. [1981]

# Aufbau eines dynamischen Spektrums

- Voyager PRA (Planetary Radio Astronomy) Instrument besteht aus 2 Antennen und einem Radioreceiver. Im Nov. 1980 werden erstmals starke Entladungen in der Nähe von Saturn entdeckt.
- PRA Receiver scannt durch 198 Frequenzkanäle innerhalb von 6 s und integriert Antennensignal für 30 ms auf einem Kanal.
- Dynamisches Spektrum stellt Intensität als Funktion der Zeit und Frequenz dar, Blitzentladungen sind kurze Impulse.



# Erkenntnisse der Voyager Sonden



[Kaiser et al., 1984]

- Entladungen wurden von Warwick et al. [1981] auf den Namen SED (Saturn Electrostatic Discharges) getauft
- Auftreten in Episoden mit Periodizität von 10h 10 min.
- Zwei mögliche Quellen: Saturn Atmosphäre am Äquator oder B-Ring
- Atmosphärische Entladung entspricht besser den Daten [Kaiser et al., 1983]
- Keine optische Detektion oder Korrelation mit Stürmen

# Das Cassini/RPWS Instrument

RPWS=Radio and Plasma Wave Science instrument

- Drei 10 m lange Antennen verbunden mit 5 Receivern [Gurnett et al., 2004]
- „Scanning receiver“ mit 25 kHz Bandbreite in HF1 (325-1825 kHz) und HF2 Band (1825-16025 kHz)
- Durch drei Antennen kann Richtung und Polarisation der Radiowellen bestimmt werden, Cassini RPWS sensitiver als Voyager PRA
- RPWS Instrument hauptsächlich gebaut von University of Iowa (PI: Prof. Donald Gurnett) und Observatoire Paris-Meudon (HFR)
- Cassini Sonde startete 1997 und erreichte Saturn nach Venus-Venus-Erde-Jupiter Vorbeiflügen im Juli 2004, seither im Orbit





#### For News Media

- Introduction
- **News Releases**
- Significant Events
- Features
- Insider's Cassini
- Mailing List Sign-up
- Fact Sheets
- Press Kits
- Contact Us

#### For Planetariums & More

#### For Educators

#### For Kids

#### HOME

#### OVERVIEW

#### MULTIMEDIA

#### CASSINI AT SATURN

#### MISSION

#### SPACECRAFT

#### SCIENCE

## NEWS - News Releases - 2008

### NASA Spacecraft Tracks Raging Saturn Storm

April 29, 2008

(Source: NASA/JPL/Space Science Institute)

PASADENA, Calif. – As a powerful electrical storm rages on Saturn with lightning bolts 10,000 times more powerful than those found on Earth, the Cassini spacecraft continues its five-month watch over the dramatic events.

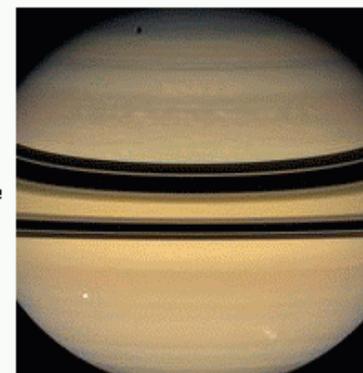
Scientists with NASA's Cassini-Huygens mission have been tracking the visibly bright, lightning-generating storm--the longest continually observed electrical storm ever monitored by Cassini.

Saturn's electrical storms resemble terrestrial thunderstorms, but on a much larger scale. Storms on Saturn have diameters of several thousand kilometers (thousands of miles), and radio signals produced by their lightning are thousands of times more powerful than those produced by terrestrial thunderstorms.

Color images of the storm are available at: <http://saturn.jpl.nasa.gov> and <http://www.nasa.gov/cassini> and <http://ciclops.org>.

Lightning flashes within the persistent storm produce radio waves called Saturn electrostatic discharges, which the radio and plasma wave science instrument first detected on Nov. 27, 2007. Cassini's imaging cameras monitored the position and appearance of the storm, first spotting it about a week later, on Dec. 6.

"The electrostatic radio outbursts have waxed and waned in intensity for five months now," said Georg Fischer, an associate with the radio and plasma wave science team at the University of Iowa, Iowa City. "We saw similar storms in 2004 and 2006 that each lasted for nearly a month, but this storm is longer-lived by far. And it appeared after nearly two years during which we did not detect any electrical storm activity from Saturn."



*Cassini detected this particular tempest after nearly two years during which Saturn did not appear to produce any large electrical storms of this kind.*



*The view at left approximate what the human eye would see. The storm stands out with greater clarity in the sharpened, enhanced color view at right.*

HOME

ANIMALS

DAILY NEWS

ENVIRONMENT

GAMES

GREEN GUIDE

HISTORY

KIDS

MAPS

MUSIC

PHOTOGRAPHY

SCIENCE & SPACE

TRAVEL & CULTURES

VIDEO

NATIONAL GEOGRAPHIC CHANNEL

MAGAZINES

NATIONAL GEOGRAPHIC

TRAVELER ADVENTURE

SHOP

SUBSCRIPTIONS

TV & FILM

TRAVEL WITH US

OUR MISSION



Books & Atlases

# NATIONAL GEOGRAPHIC NEWS

REPORTING YOUR WORLD DAILY

Thursday, September 2, 2010

MAIN ANIMAL NEWS ANCIENT WORLD ENVIRONMENT NEWS CULTURES NEWS SPACE/TECH NEWS WEIRD PHOTOS VIDEO

## Saturn Lightning Storm Breaks Solar System Record

John Roach  
for National Geographic News  
September 15, 2009

A lightning storm has been raging on Saturn since mid-January, making the tempest the longest-lasting storm ever detected in our solar system, astronomers announced today.

The lightning flashes are 10,000 times stronger than lightning flashes on Earth, research team member Georg Fischer, of the Austrian Academy of Sciences, said via email.



Enlarge Photo

Printer Friendly  
Email to a Friend

SHARE What's This?

Digg  
StumbleUpon  
Reddit

### RELATED

"Voyage to Saturn" in *National*

And the storm itself is much bigger—around 1,850 miles (3,000 kilometers) across—than Earth's storms.

"Saturn is just very vigorous when you get a storm," said Andrew Ingersoll, a planetary scientist at the California Institute of Technology in Pasadena who was not involved in the new research.

### Storm Alley

Lightning storms on Saturn usually occur about 35 degrees south of Saturn's equator in a place scientists call Storm Alley.

The reason for the location is not clear, according to Fischer, who presented the data at the European Planetary Science Congress in Potsdam, Germany.

Researchers have never actually seen the lightning on Saturn, said Caltech's Ingersoll, a space-weather expert.



LATEST PHOTO NEWS  
SPACE PHOTOS THIS WEEK: Tiny Galaxy, Sun's Iron, More



LATEST VIDEO NEWS  
Stuck Mars Rover About to Die?

### Most Viewed News

### ADVERTISEMENT

### LATEST PHOTOS IN THE NEWS



SPACE PHOTOS THIS WEEK: Tiny Galaxy, Sun's Iron, More

SPACE PHOTOS THIS WEEK: Tiny Galaxy, Sun's Iron, More

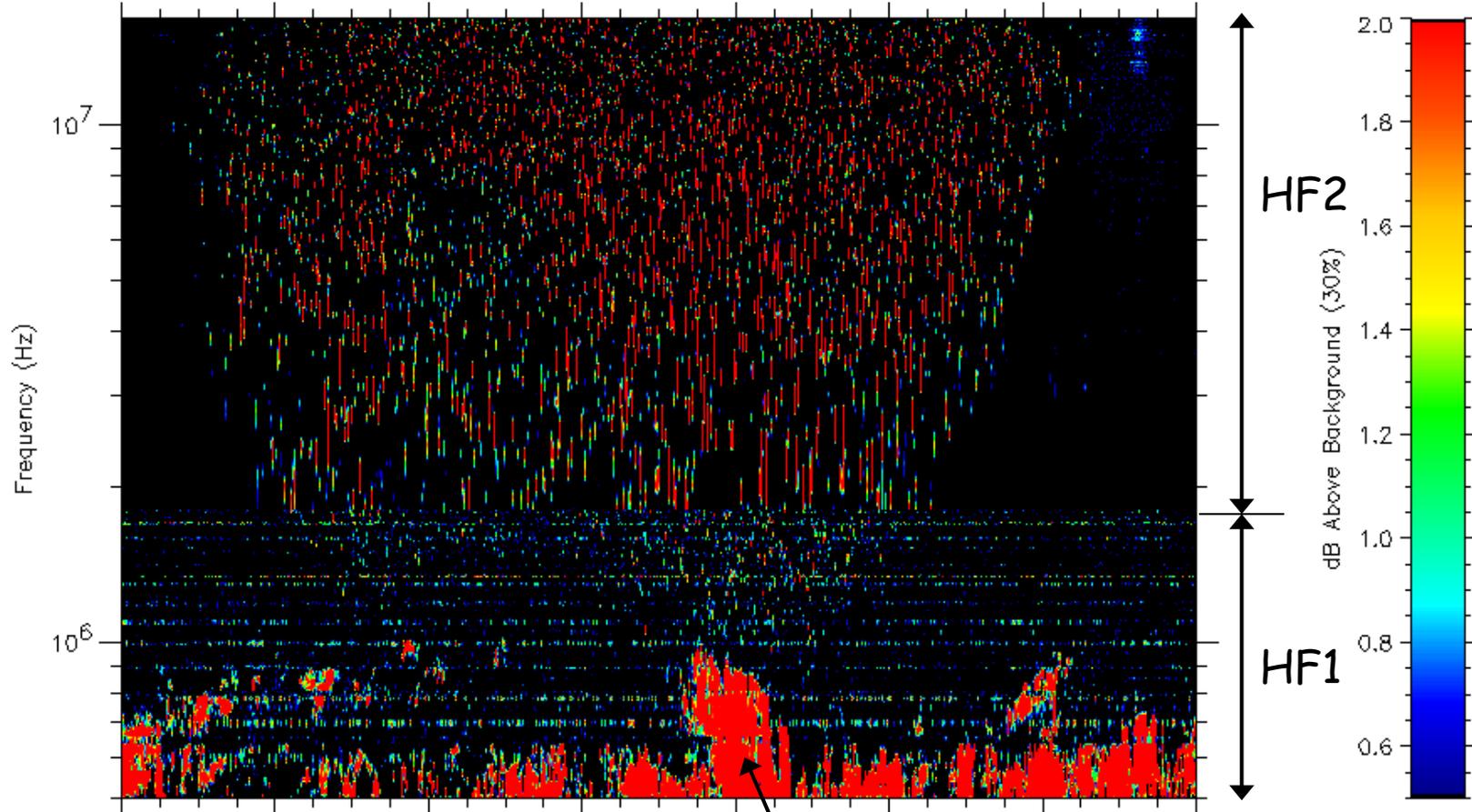


SPACE PHOTOS THIS WEEK: Star Birth, Active Sun, More

# SEDs = Saturn Electrostatic Discharges

Irfc Hfr 12EuEvExEw

2006-01-23 (023) 20:00:00 SCET 2006-01-24 (024) 03:00:00

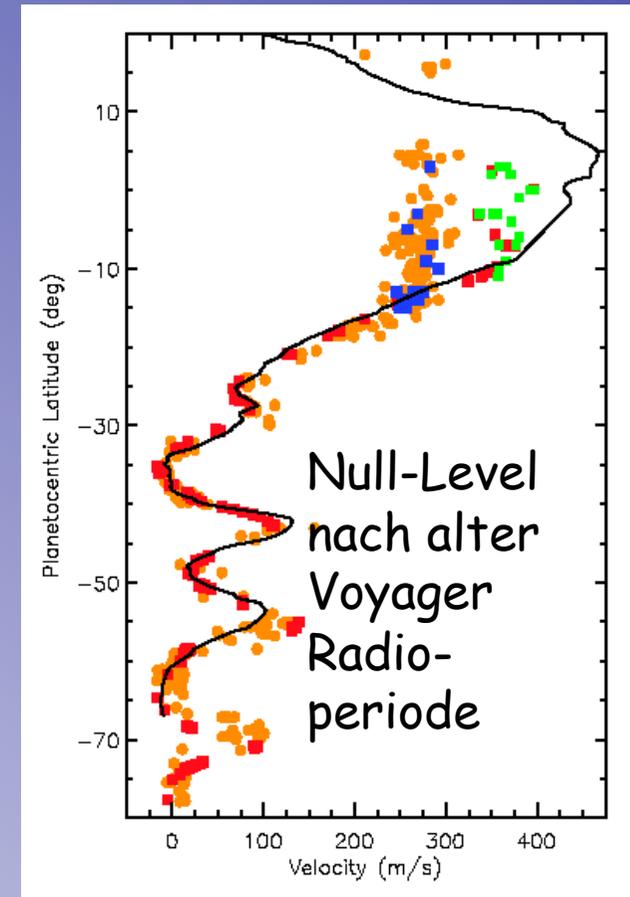
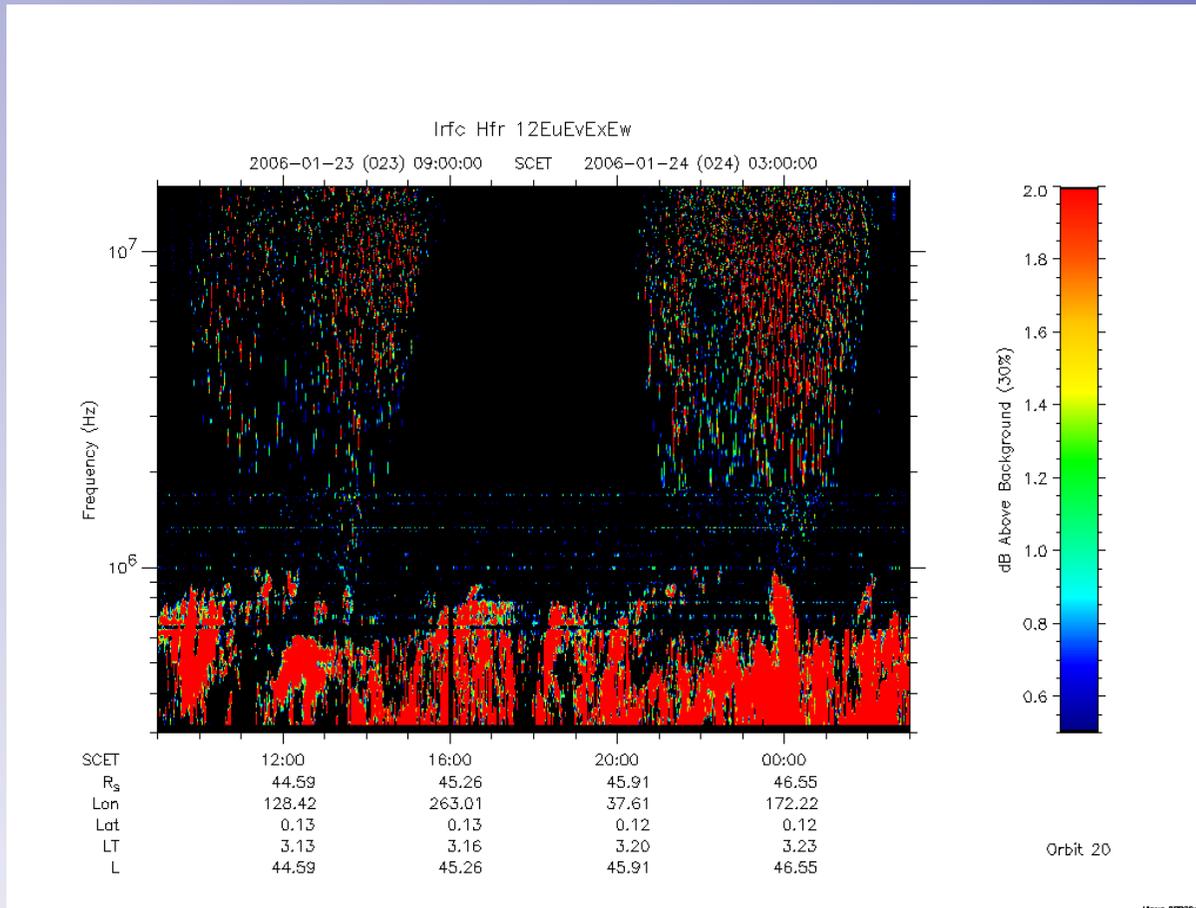


SCET	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00
$R_s$	45.91	46.07	46.23	46.39	46.55	46.71	46.86	47.02
Lon	37.61	71.26	104.91	138.56	172.22	205.88	239.53	273.19
Lat	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
LT	3.20	3.21	3.21	3.22	3.23	3.24	3.25	3.26

Orbit 20

SKR (Saturn kilometric radiation)

# Das Auftreten der SEDs in Episoden

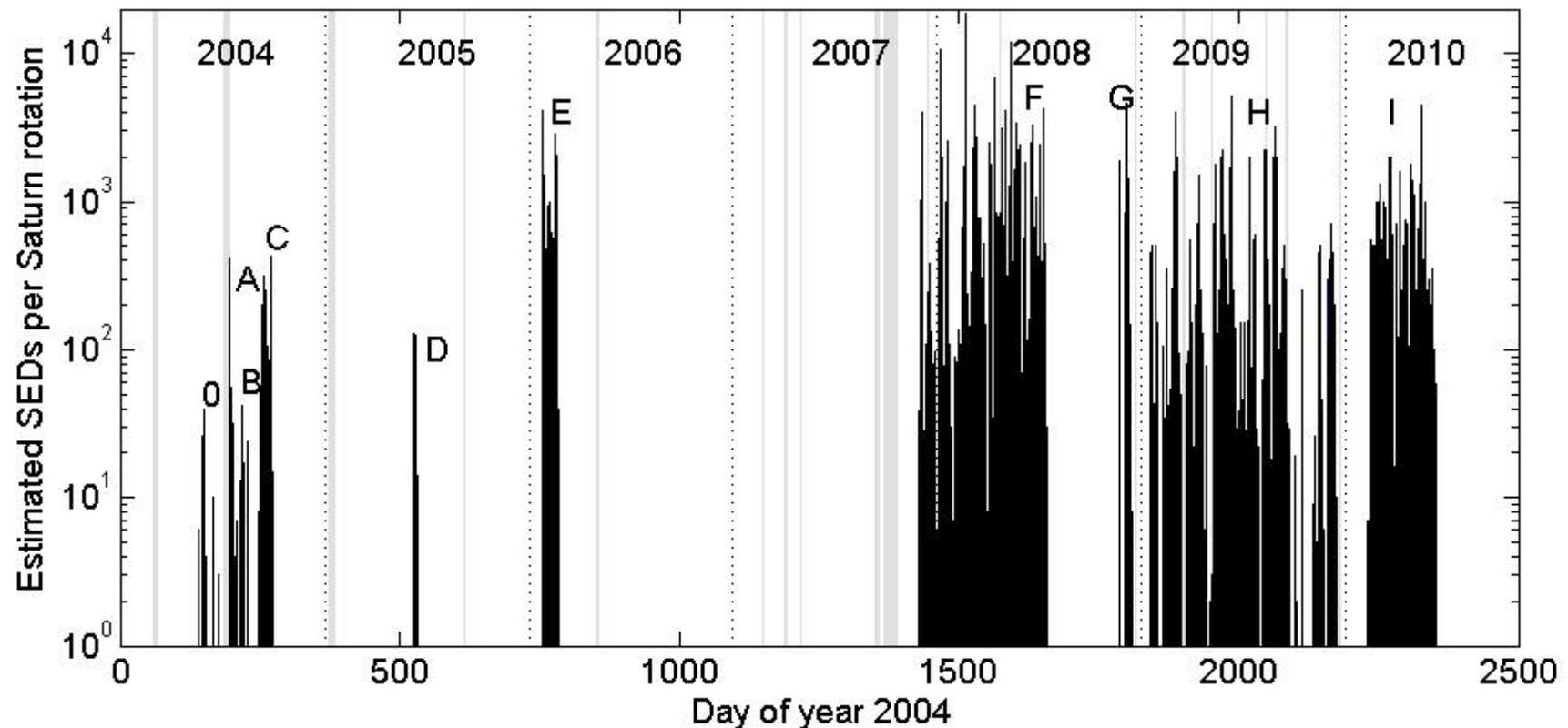


2 SED Episoden hintereinander,  
eine Episode dauert ca. eine halbe  
Saturnrotation

Saturn hat zonale Winde nach  
Osten: Messungen von Voyager  
(Linie), HST (orange), Cassini/ISS  
(RGB) [Porco et al. 2005]

# SED Stürme seit 2004

Saturn lightning activity measured by Cassini RPWS

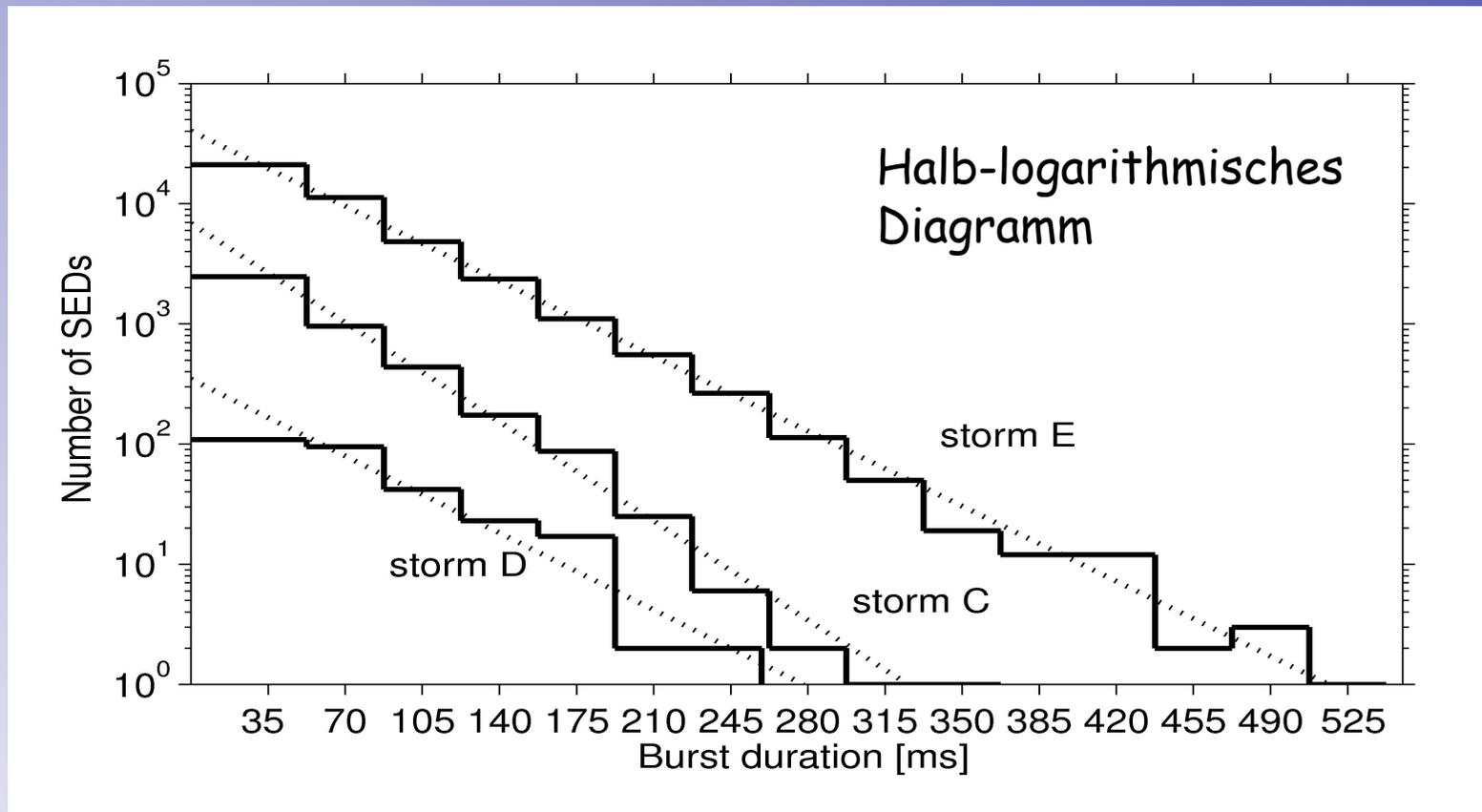


SED Stürme dauern manchmal nur ein paar Tage aber auch bis zu 11 Monaten (Sturm H, mit Unterbrechungen), 21 Monate keine SED Aktivität zwischen Feb. 2006 und Nov. 2007

# Tabelle aller SED Stürme

Name	Datum	Anzahl/Episoden	Periode
V1	Nov 1980	18,000 in 16	10h09min ( $\pm 6$ min)
V2	Aug 1981	5,000 in 10	10h00min ( $\pm 7$ min)
0	May 2004	100 in 8	10h35min ( $\pm 6$ min)
A	July 2004	800 in 15	10h43min ( $\pm 3$ min)
B	Aug 2004	300 in 16	10h40min ( $\pm 3$ min)
C	Sept 2004	4,200 in 49	10h40min ( $\pm 1$ min)
D	June 2005	300 in 6	10h10min ( $\pm 10$ min)
E	Jan/Feb 2006	43,400 in 71	10h40min ( $\pm 0.4$ min)
F	Nov 2007 – July 2008	282,300 in 439	~ 10h40min
G	Nov/Dec 2008	22,000 in 23	~ 10h40min
H	Jan 2009 – Dec 2009	TBD in ~470	~ 10h40min
I	Feb 2010 – July 2010	TBD in ~270	~ 10h40min

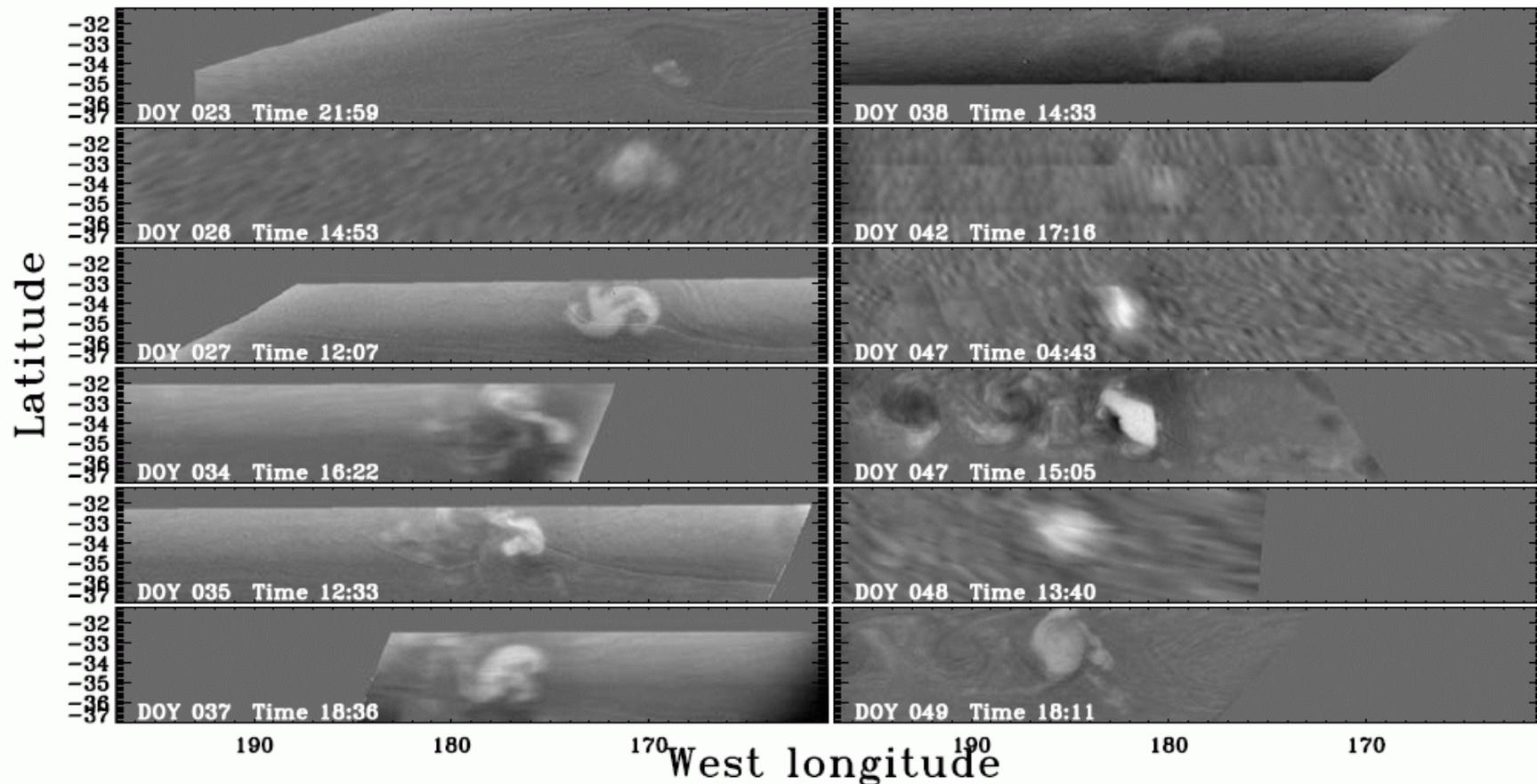
# SEDs: Blitzdauer und Blitzraten



Blitzraten: variieren sehr stark und hängen auch von der Distanz von Cassini zu Saturn ab. Folgende Maximalraten: 6 SEDs pro Minute (2004, A1,  $80 R_S$ ), 15 SEDs  $\text{min}^{-1}$  (Voyager 1,  $3 R_S$ ), 30  $\text{min}^{-1}$  (2006, E2,  $45 R_S$ ), und 100 SEDs  $\text{min}^{-1}$  (2008, F292,  $8 R_S$ )

# Wolken- oder Sturmformationen

Cassini ISS (Imaging Science Subsystem) beobachtet markante Sturmsysteme auf  $35^\circ$  Süd während SED-Aktivität. Aufnahmen von DOY 23, 27, 34, 35, 37, 49 (Jahr 2006) von der Nachtseite.



[Dyudina et al., 2007]

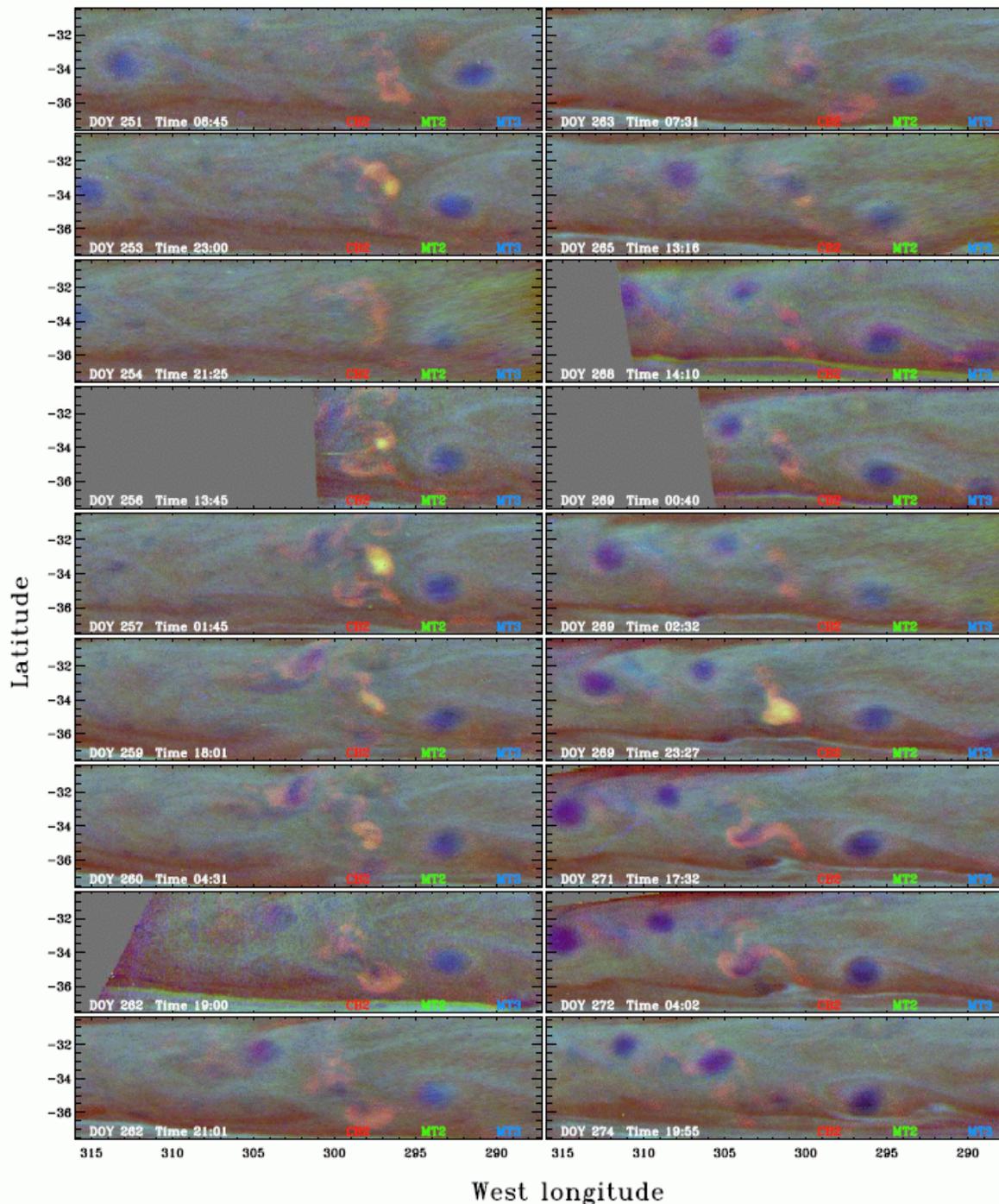
# Beobachtung der Aufwinde

„Dragon storm“

Rote Farbe stellt ca.  
1.5-2.0 bar Level dar,  
grüne Farbe ca. 1.2  
bar und blaue Farbe  
0.4 bar.

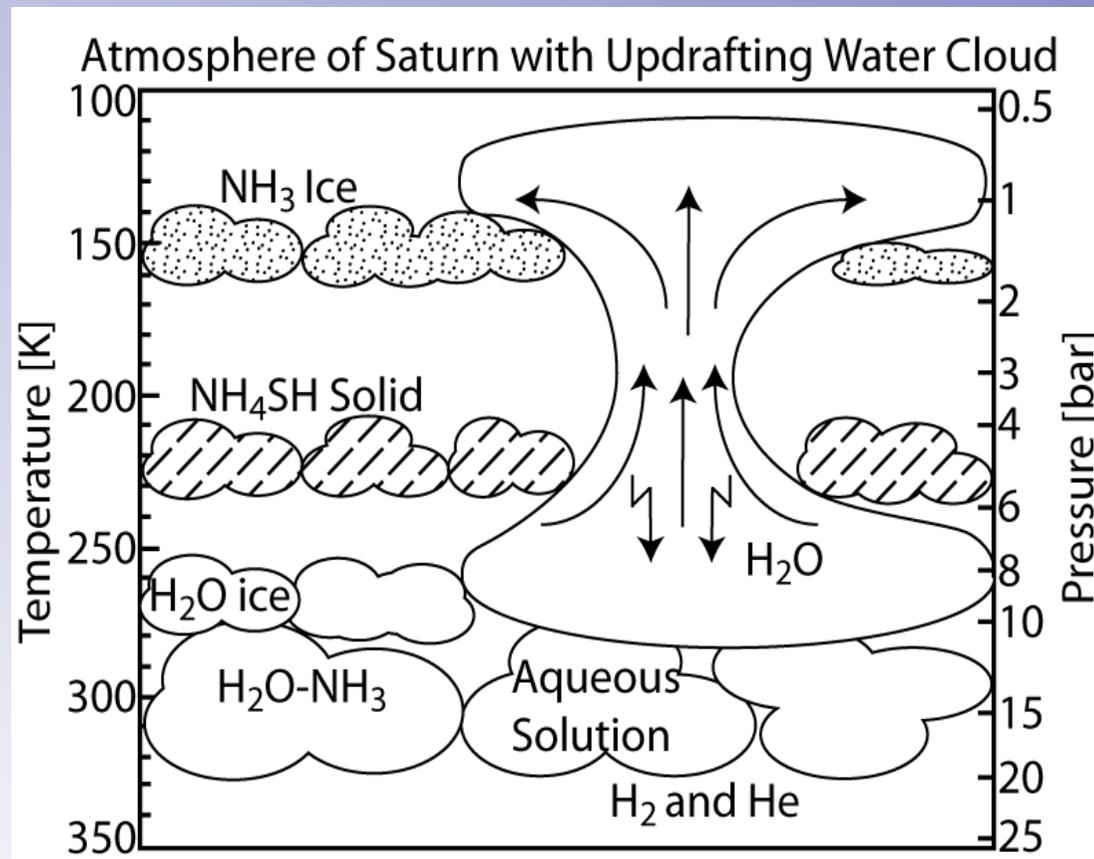
Grenze der sichtbaren  
Wolkendecke bei ca.  
1-bar („Oberfläche“)

[Dyudina et al., 2007]



# Struktur der Saturnatmosphäre

Wolkenmodelle und Beobachtungen ergeben eine dreifach geschichtete Wolkenstruktur aus Ammoniak, Ammoniumhydrosulfid und Wasserwolken [Figur nach Modell von Atreya et al., 2004]



[Figur aus Fischer et al., 2008]

Bei 1 bar: 135 Kelvin  
(-138° Celsius)

Bei 9 bar: ~273 K

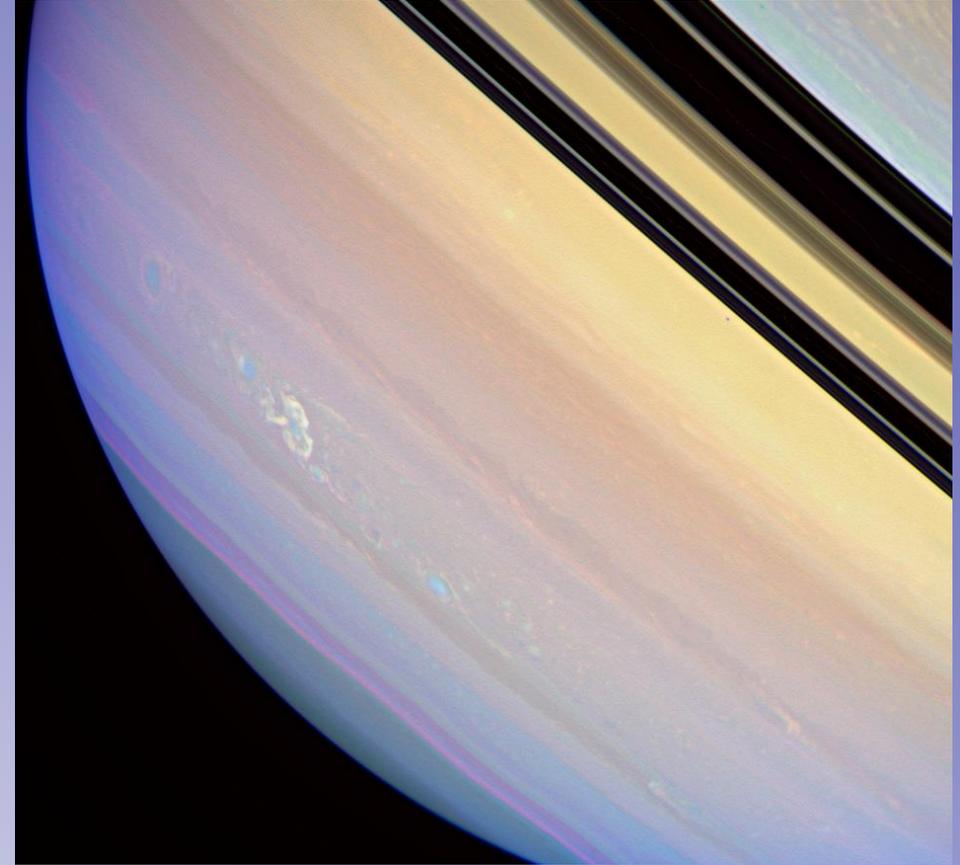
*Mögliche  
Quellregion der  
SEDs ca. 190 km  
unter 1-bar Level*

*Gewitterwolke geht  
über 1-bar Level  
hinaus, starke  
vertikale Strömung*

# Beobachtung der Sturmwolken mit ISS



Aufnahme (in natürlichen Farben) eines Saturnsturms vom 4. März 2008



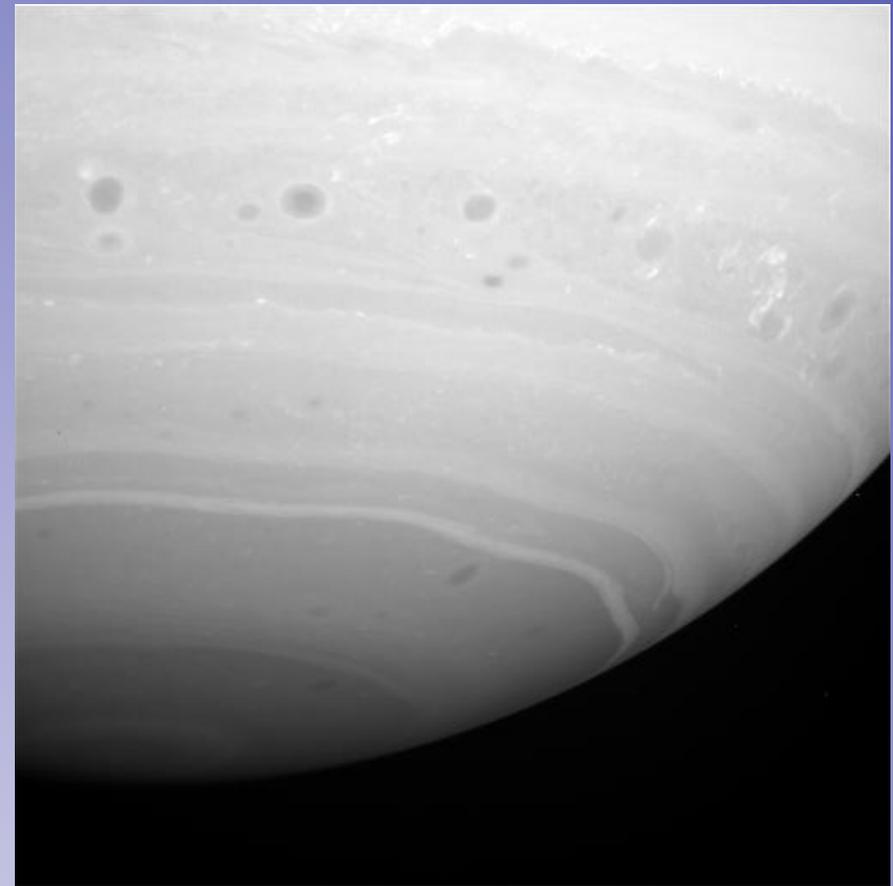
Zusammengesetztes ISS Bild durch infraroten, grünen, und violetten Filter vom 4. März 2008

# Die dunklen Ovale der "Sturmallee"

SED Daten zeigen dass dunkle Ovale aus SED Stürmen kommen, aber keine Blitze mehr zeigen

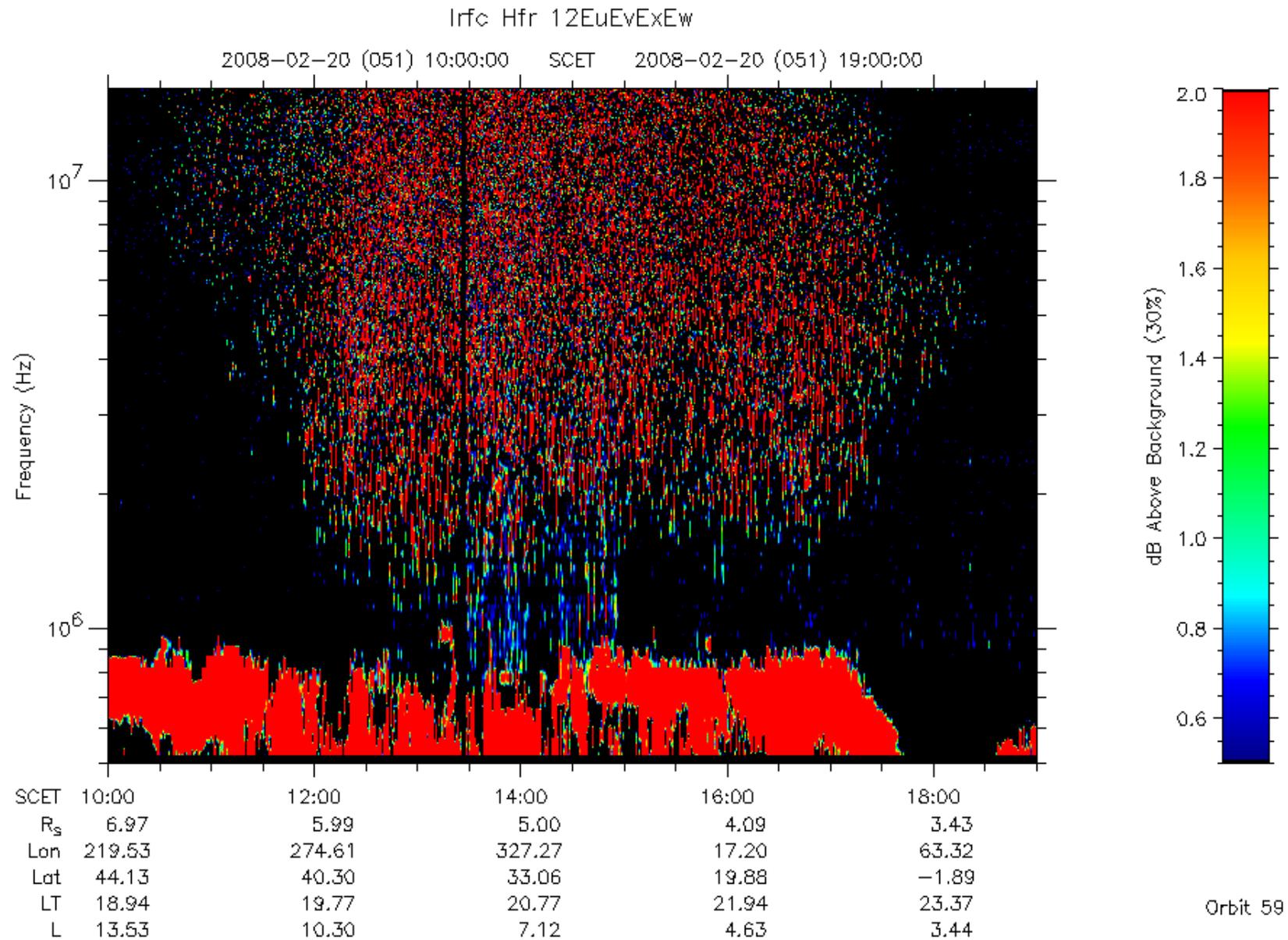
VIMS instrument entdeckte  $\text{NH}_3$  und  $\text{NH}_4\text{SH}$  Kondensate mit Kohlenstoffpartikeln. Baines et al. [2009] vermuten dass C von  $\text{CH}_4$  (Methan) stammt, das durch Blitze chemisch aufgespalten wird.

Kondensate mit Partikeln werden durch Konvektion senkrecht nach oben (auf 0.4 bar) transportiert (Rang 9 der Top 10 Cassini Science Highlights von 2009)

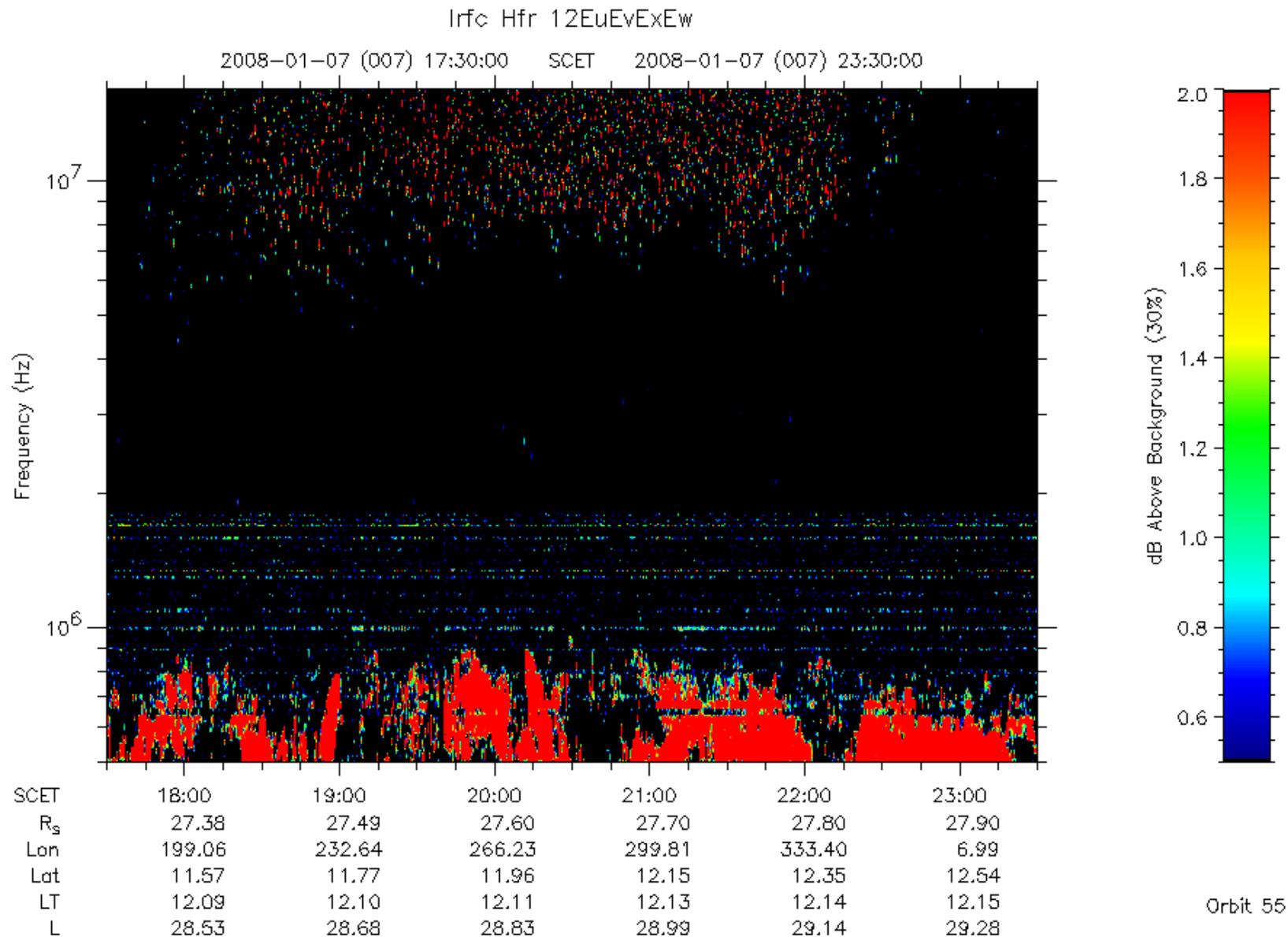


Dunkle Ovale driften nach Westen am 19. Mai 2008, © NASA

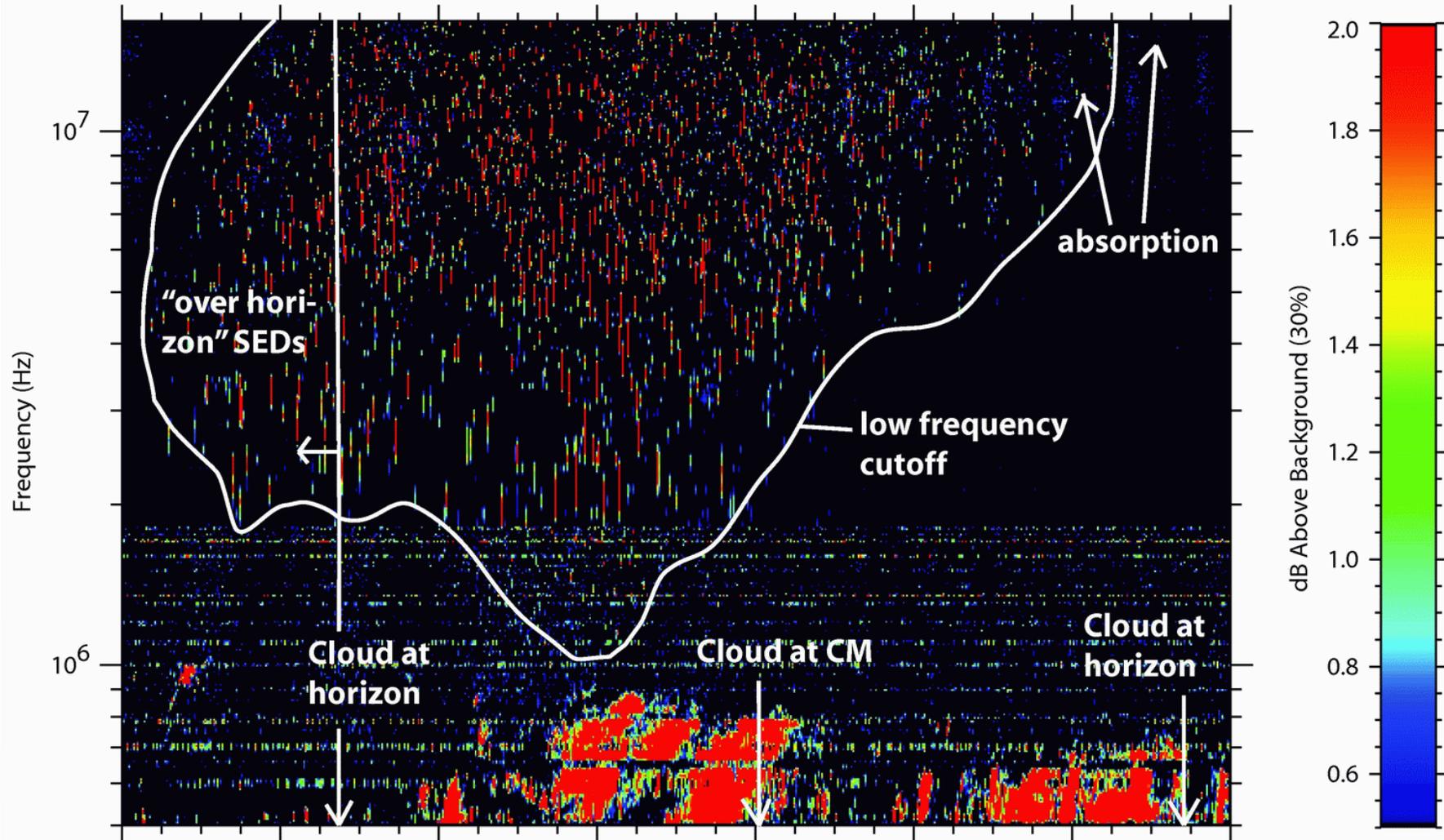
# Sehr hohe Blitzrate einer SED Episode von der Nachtseite



# Geringere Blitzrate von einer SED Episode von der Tagseite



2006-02-16 (047) 21:00:00 SCET 2006-02-17 (048) 04:00:00



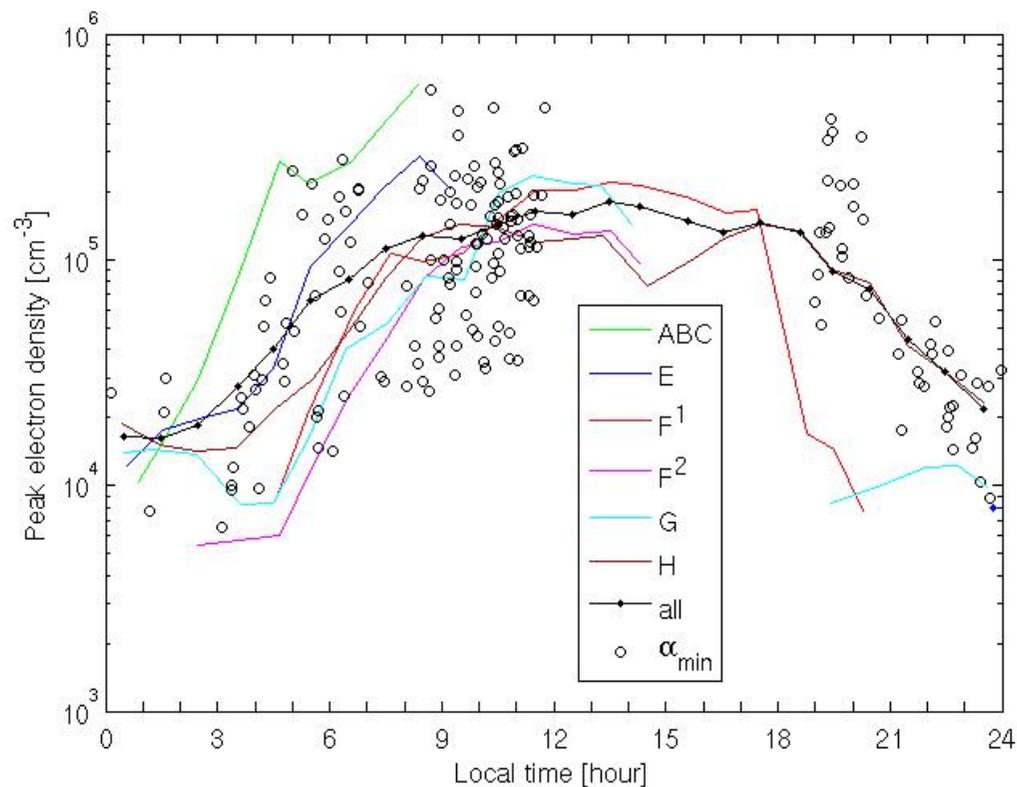
SCET	21:00	22:00	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00
$R_s$	52.89	52.77	52.64	52.51	52.38	52.26	52.13	52.00
Lon	47.87	81.56	115.24	148.92	182.61	216.29	249.97	283.65
Lat	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15
LT	5.98	5.98	5.99	6.00	6.00	6.01	6.02	6.02

Orbit 21

# Maximale Elektronendichte der Saturnionosphäre als Funktion der Lokalzeit

Lokalzeit des Sturms aus den Bildern, Einfallswinkel  $\alpha$  kann aus Positionen von Cassini und dem Sturm berechnet werden

$$f_{\text{cutoff}} = \frac{f_{pe,\text{max}}}{\cos(\alpha)} \quad N_e = f_{pe,\text{max}}^2 / 81$$



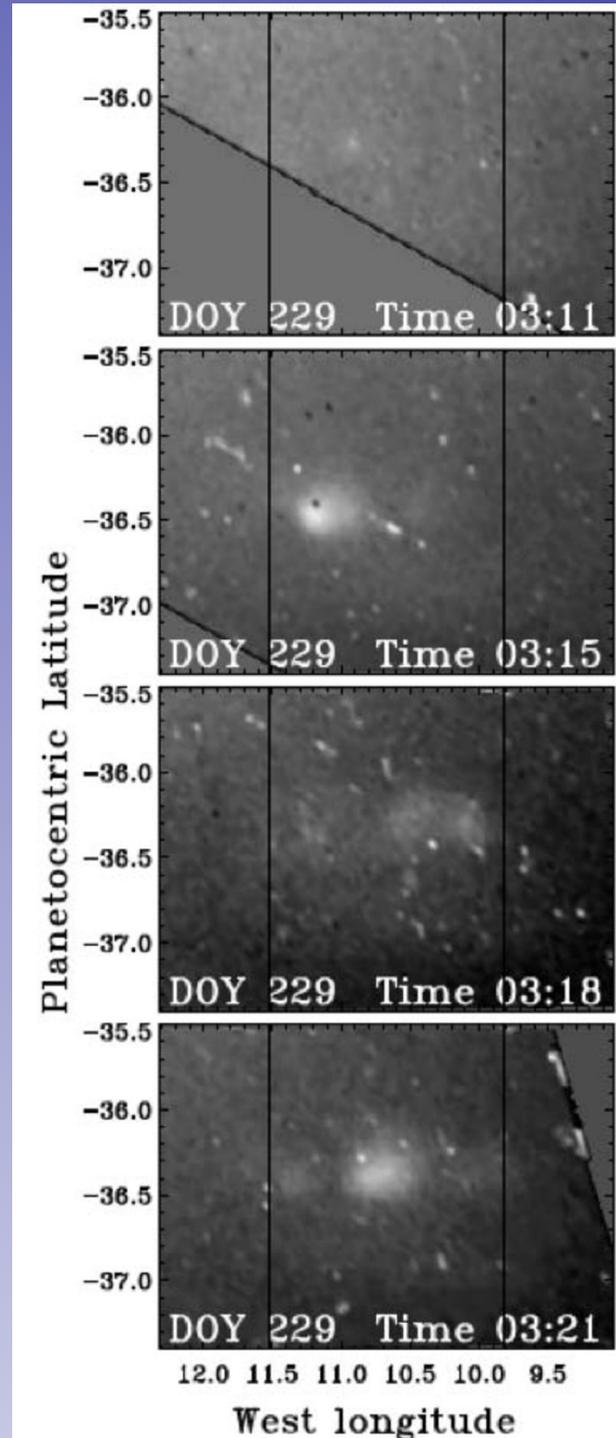
Radiowellen der SEDs werden genutzt um die Ionosphäre von Saturn zu durchstrahlen

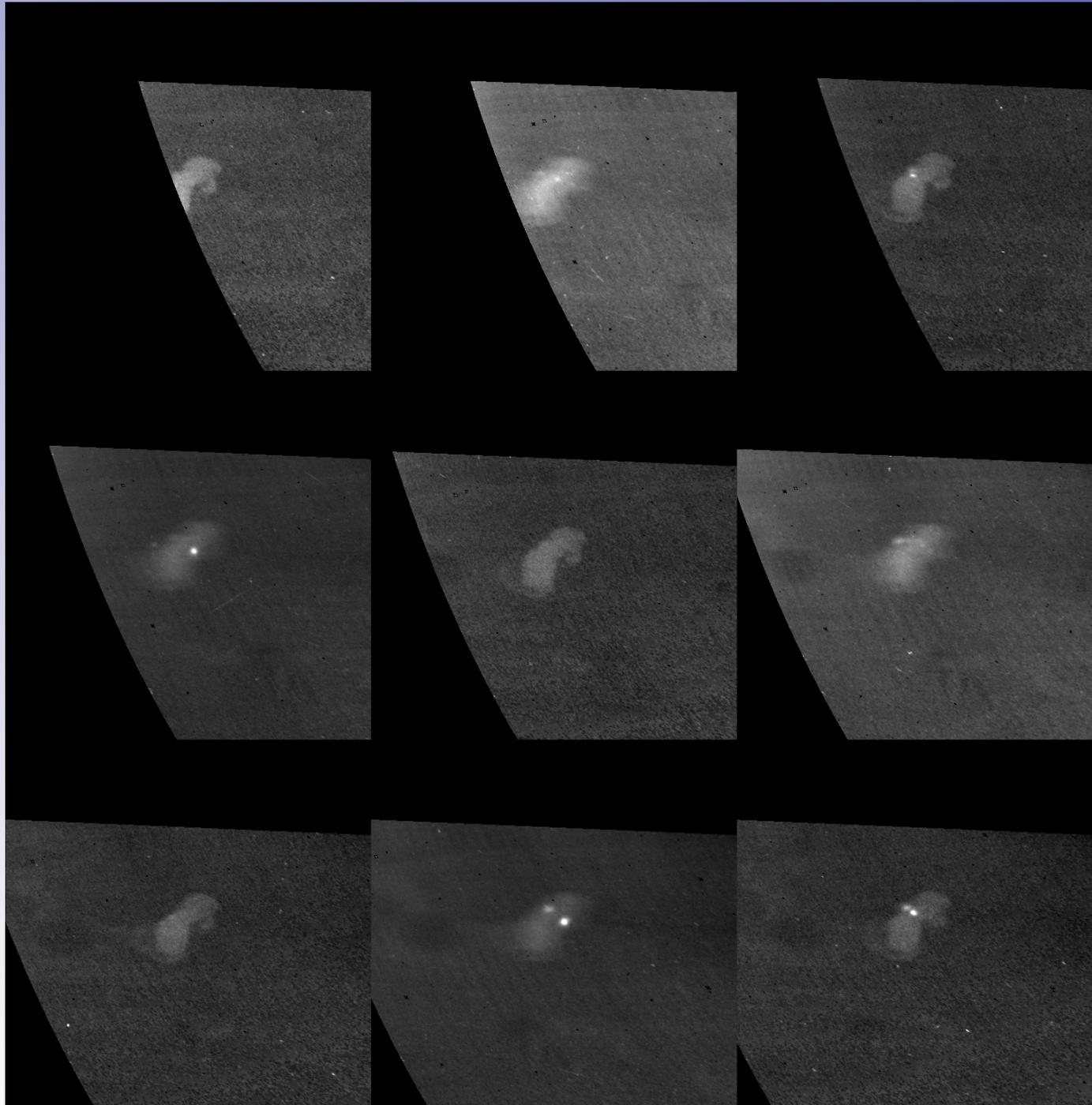
Dichtevariation zwischen Tag und Nacht beträgt 1-2 Größenordnungen

# Erste Bilder von Saturnblitzen

- Aufgenommen am 17. August 2009 auf der Nachtseite von  $35.5 R_S$
- Lichtreflexion von den Ringen ("ring shine") und Tiefe der SED Quelle auf 8-10 bar verhinderte direkte Beobachtung bis dahin
- Tagnachtgleiche am 11. August 2009
- Belichtungszeit 3 Minuten, fixe Punkte bewegen sich um  $1.7^\circ$

Figuren mit ISS Bildern aus: U. Dyudina, A. Ingersoll, S. Ewald, C. Porco, G. Fischer, W. Kurth, and R. West, Detection of visible lightning at Saturn, *Geophys. Res. Lett.* 37, L09205, 2010.





Neue  
Beobachtungen  
von Saturnblitzen  
am 30. Nov. 2009:

9 Bilder  
innerhalb von 18  
Minuten,  
Belichtungszeit  
15 oder 120 s.  
RPWS misst  
gleichzeitig 38  
SEDs.

VIDEO UNTER:

[http://  
www.youtube.com/  
watch?  
v=Nt7uyRWc0pQ](http://www.youtube.com/watch?v=Nt7uyRWc0pQ)

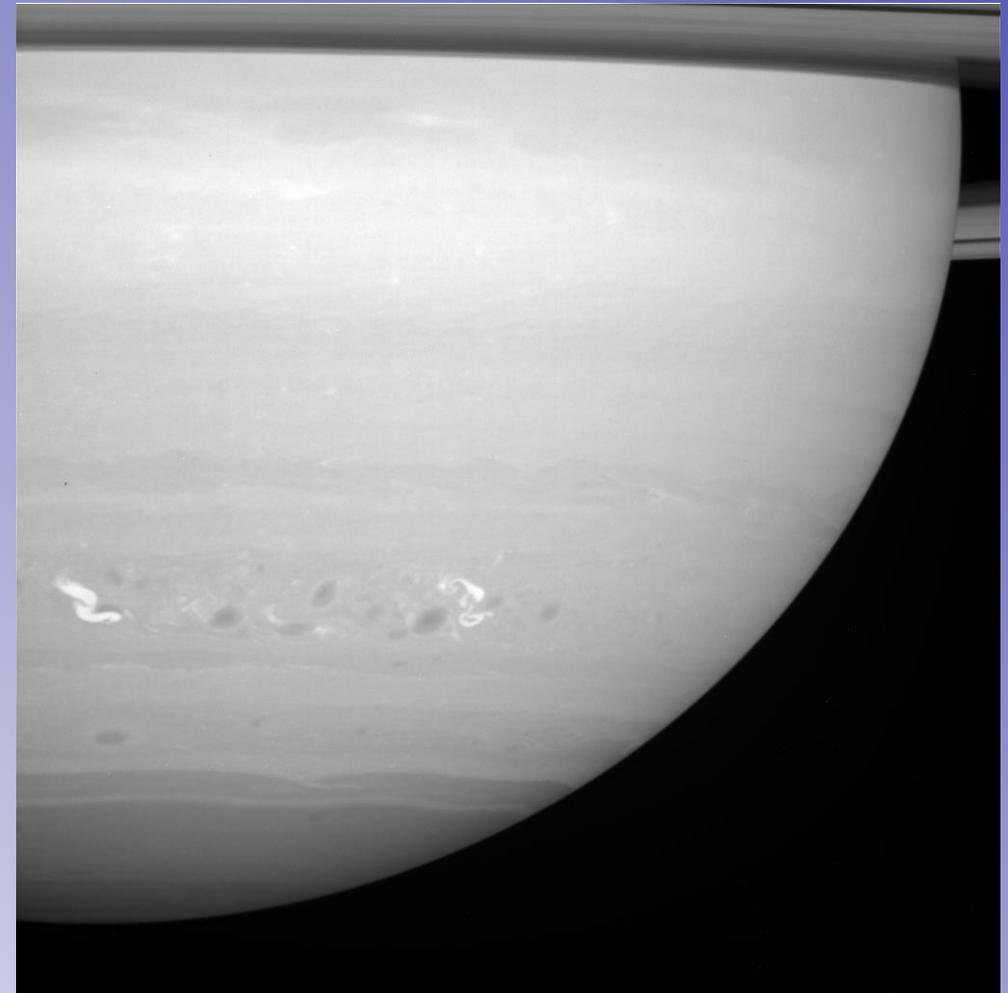
# Optische Saturnblitze

- Cassini ISS entdeckt optische Saturnblitze zur Tagnachtgleiche im August 2009. Von der Größe der Lichtflecken auf der Oberseite der Wolken kann eine Tiefe der Quelle von 125 bis 250 km abgeleitet werden.
- Entdeckung auf der Nachtseite von Saturn für ein Sturmsystem auf  $35^\circ$  Süd. Zur Zeit ist nördliche Seite der Ringe beleuchtet, aber Stürme auf südl. Breiten.
- Wegen Unsicherheit über Höhe der Wolken (0.1-1 bar) könnte die Quelle auch in der  $\text{NH}_4\text{SH}$ -Wolke liegen, die Wasserwolken sind jedoch wahrscheinlicher.
- Jupiter und Saturn sind mit Ausnahme der Erde die einzigen Planeten wo optische Signale und Radiosignale von Blitzen parallel detektiert wurden. Während der 9 optische Blitze vom 17. August 2009 wurden 3 SEDs detektiert (RPWS "hört" Blitze nur für  $\sim 1/3$  der Zeit)
- Helligkeit der beleuchteten Wolken erlaubt Rückschluß auf die optische Energie von Saturnblitzen  $\sim 10^9$  J (entspricht durchschnittlicher Gesamtenergie von Erdblitzen)

# Zwei Sturmsysteme auf Saturn



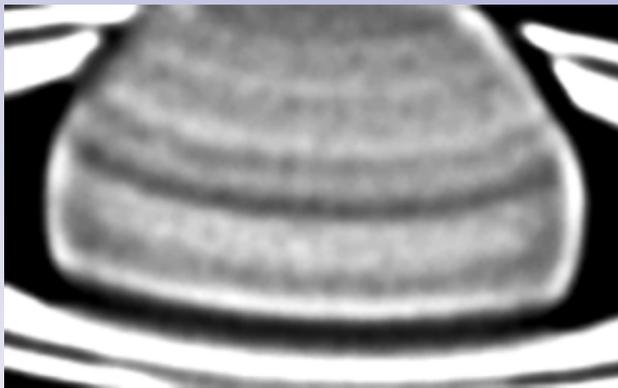
Cassini Kameras sehen nur selten die richtige Stelle mit dem Sturm in der Atmosphäre von Saturn → Beobachtungen der Amateure sehr wichtig



Zwei Sturmsysteme aufgenommen am 18. Juni 2008

# Beobachtungen von Amateuren

Neue Webcams und Prozessierung erlauben erstaunliche Bilder mit "lucky imaging technique". Manche engagierte Amateure haben 10-13 inch Teleskope!



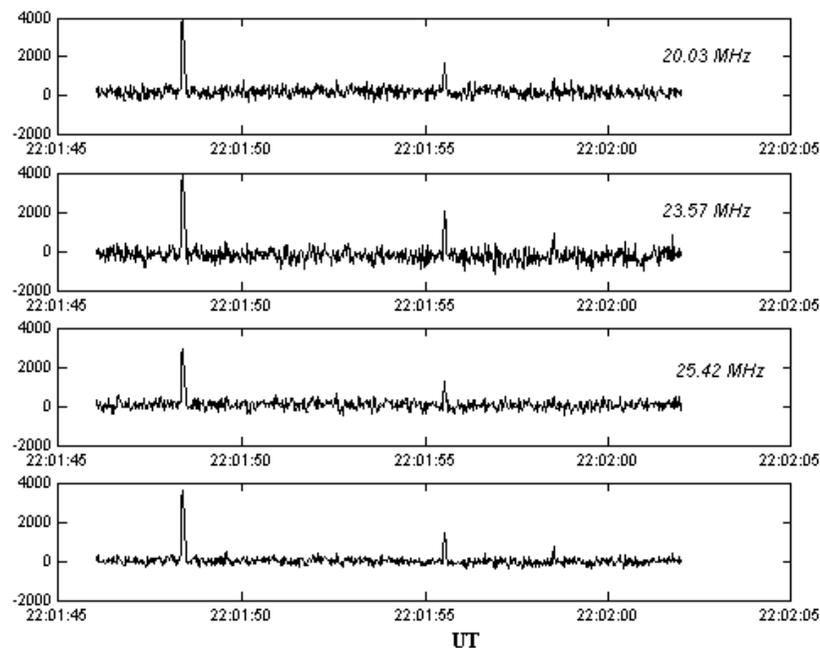
2. Februar 2006, Fotos von Ralf Vandebergh (Niederlande)



6. März 2009, Foto von Antony Wesley (Australien)

# SED Detektion von der Erde aus

- SED Signal ist Faktor von  $\sim 10^4$  stärker als Signal eines Erdblitzes im Frequenzbereich von ein paar MHz
- 2006 gelang es erstmals Radiosignale von Saturnblitzen auf der Erde zu messen mit dem größten Radioteleskop UTR-2 (Kharkov, Ukraine)
- Schwierige Detektion mit ON-OFF beams [Konovalenko et al., 2006]



# Vergleich zwischen Blitzen am Saturn und auf der Erde

## SATURNBLITZE

- Sporadisches Auftreten, SED Stürme können monatelang andauern od. nur Tage dauern
- Blitzdauer ein paar hundert ms
- Spektrale Leistung im MHz-Radiobereich ca. 50 W/Hz (flaches Spektrum) macht SEDs detektierbar von der Erde
- Blitze entstehen in gigantischen, konvektiven Sturmsystemen mit Durchmessern um 3000 km
- Bis jetzt wurden SED Stürme nur am Äquator und in „Sturmallee“ bei 35° Süd entdeckt (35° Nord ist möglich)
- SED Quelle in Wasserwolken bei Druck von 8-10 bar, ca. 200 km unterhalb 1-bar Niveau, nur IC

## ERDBLITZE

- Ständige Präsenz von Gewittern und ca. 60 Blitze pro Sekunde, Gewitter dauern ein paar Stunden
- Gleiche Blitzdauer wie SEDs
- Spektrale Leistung um Faktor  $10^4$  kleiner und Abfall nach  $1/f^2$  oberhalb von 1 MHz
- Stürme einige 10 km groß, aber größere Strukturen möglich („Mesoscales“ oder Hurrikans)
- Meisten Blitze über Land und in den Tropen, geringe Raten auf höheren Breitengraden
- Aufladung erfolgt in ein paar Kilometer Höhe um den Gefrierpunkt, CG und IC

Danke für die  
Aufmerksamkeit!

