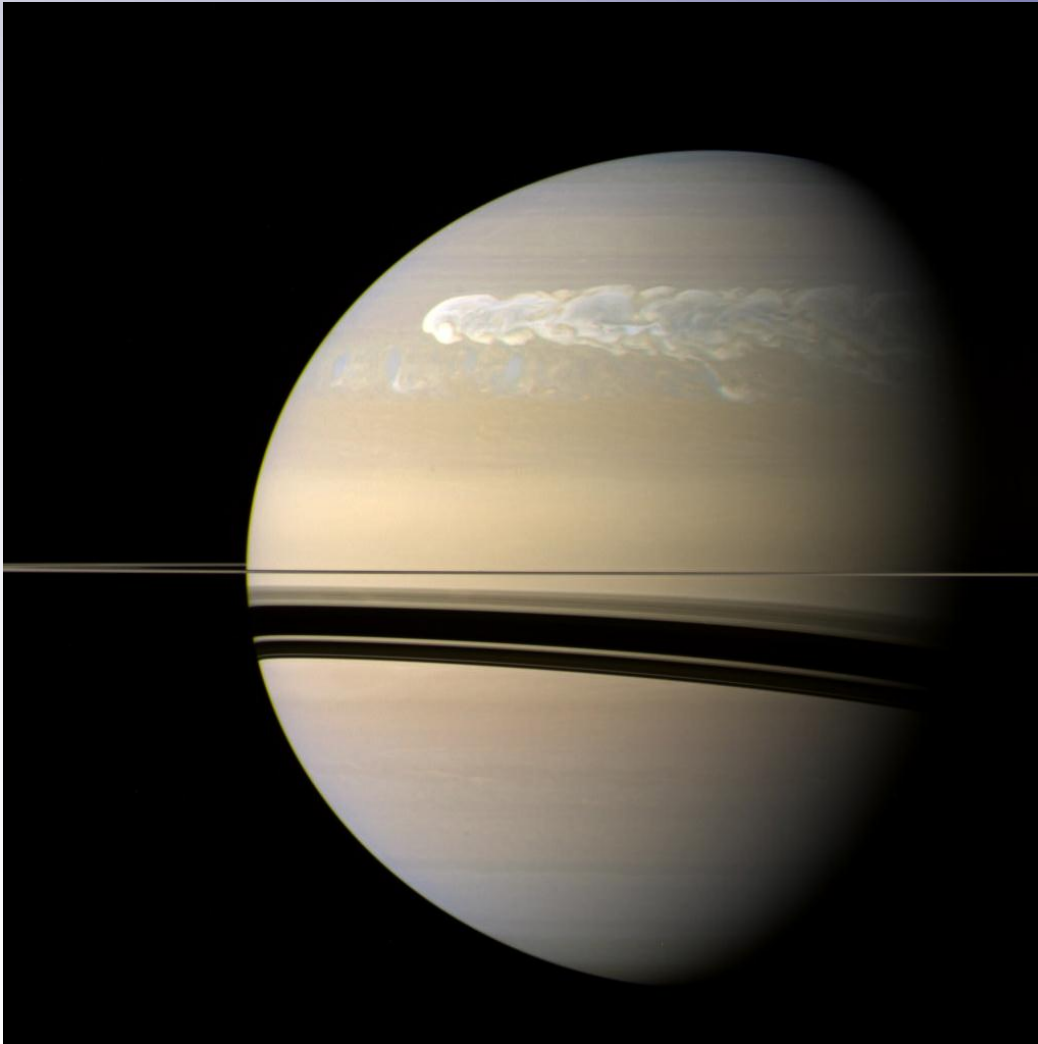


Der große Sturm auf Saturn

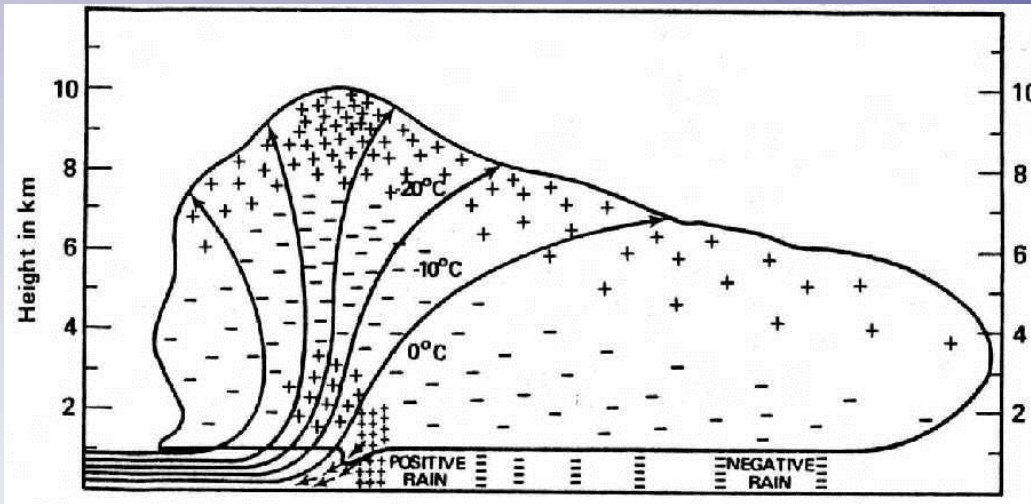


Georg Fischer

Institut für
Weltraumforschung,
Österreichische
Akademie der
Wissenschaften

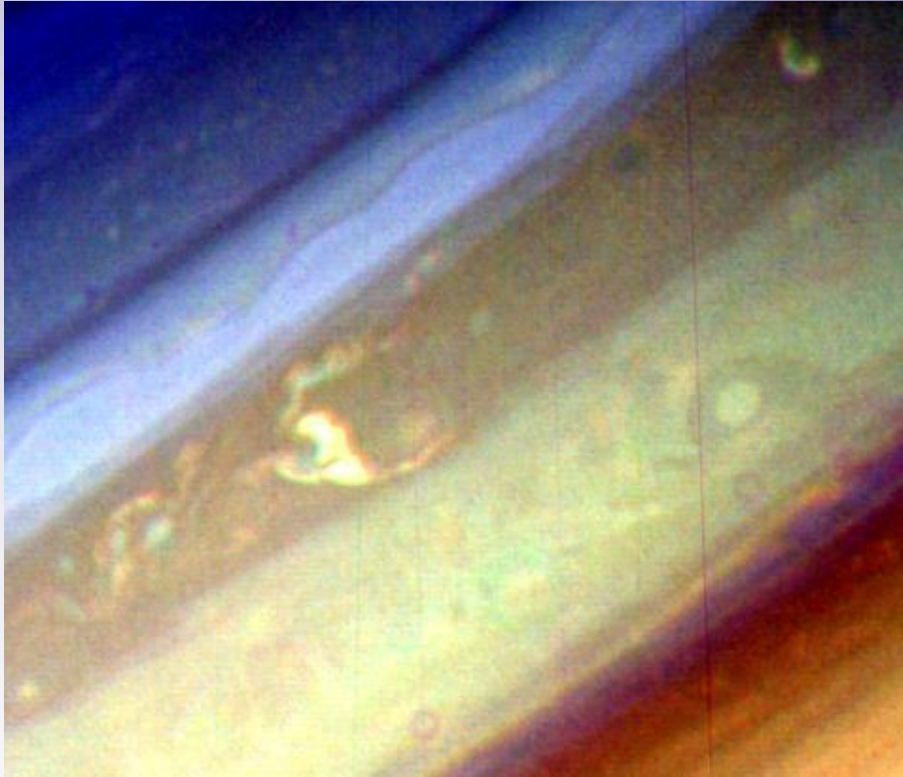
Graz in Space, 6.9. 2012

Gewitter auf der Erde

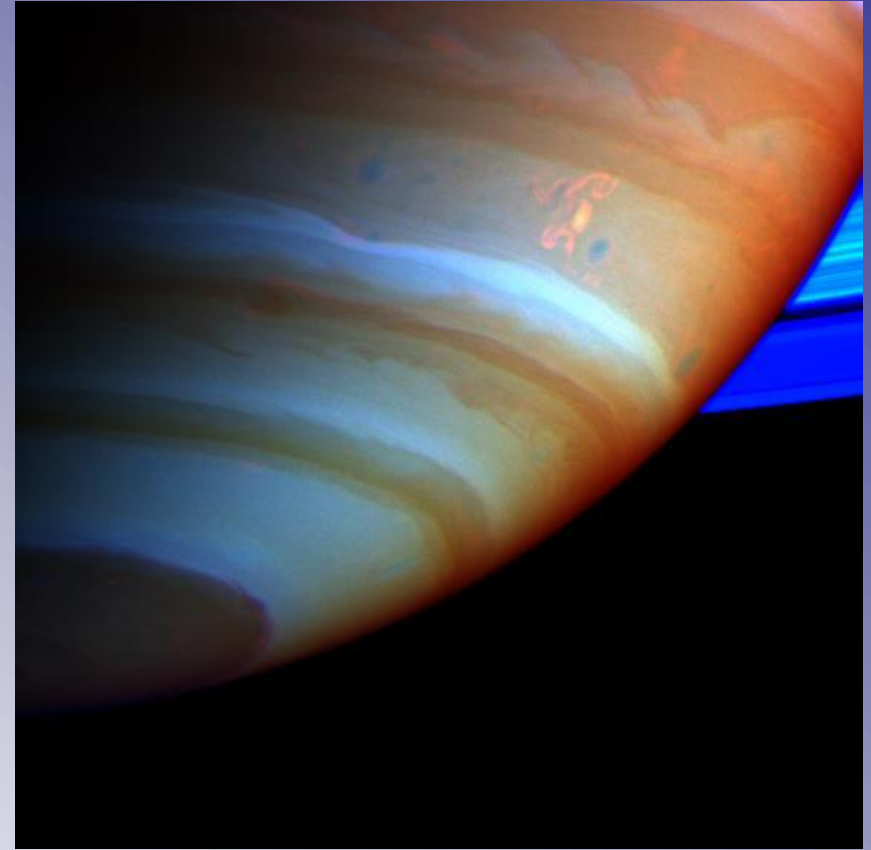


- Mikroskopische Prozesse führen zur Aufladung d. Wolkenteilchen im Bereich -25°C bis -10°C
- Makroskopische Prozesse (Gravitation, Aufwinde) führen zu großräumiger Ladungstrennung
- Blitz gleicht Ladungsdifferenzen in mehreren Entladungen aus (Leitblitz, strokes/flash)
- Unterscheide CG (cloud-to-ground) 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)

Bilder kleinerer Stürme (~2000 km)

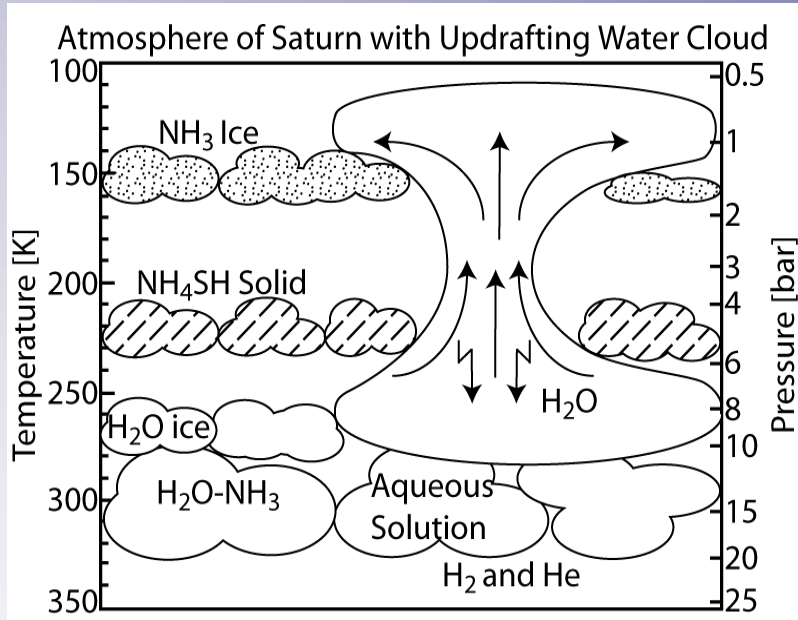


Falschfarbenbild eines Sturms aufgenommen am 5. November 1980 von Voyager 1 um 35° Nord [siehe Hunt et al., 1982; Sromovsky et al., 1983]



Falschfarbenbild des „dragon storm“ fotografiert von Cassini am 13.9. 2004 bei 35° Süd („Sturm-Allee“).

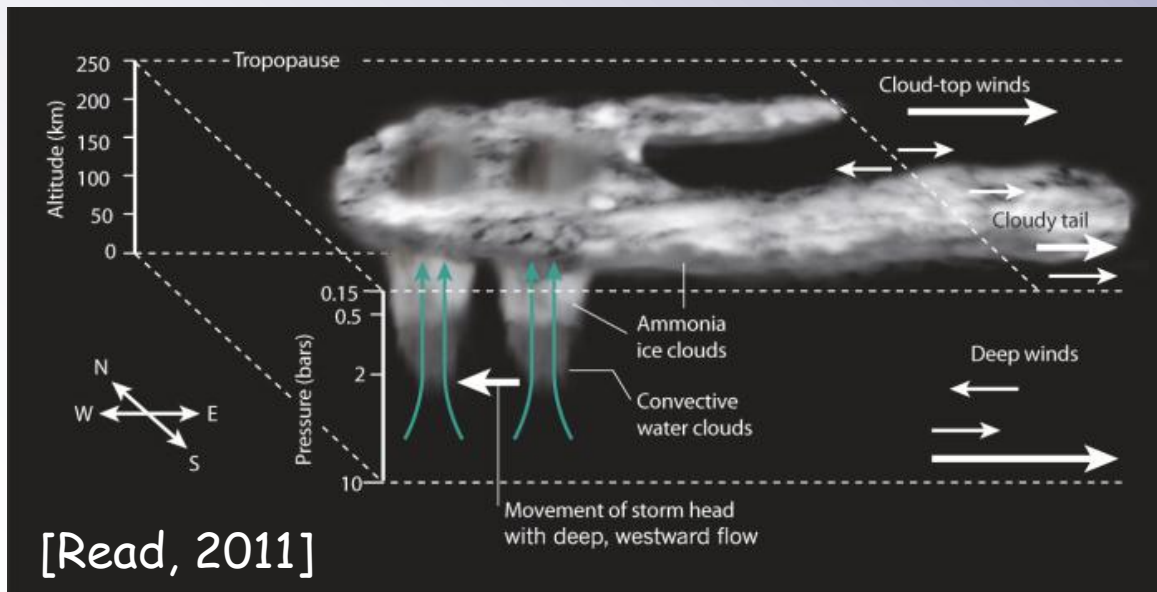
Struktur der Saturnatmosphäre



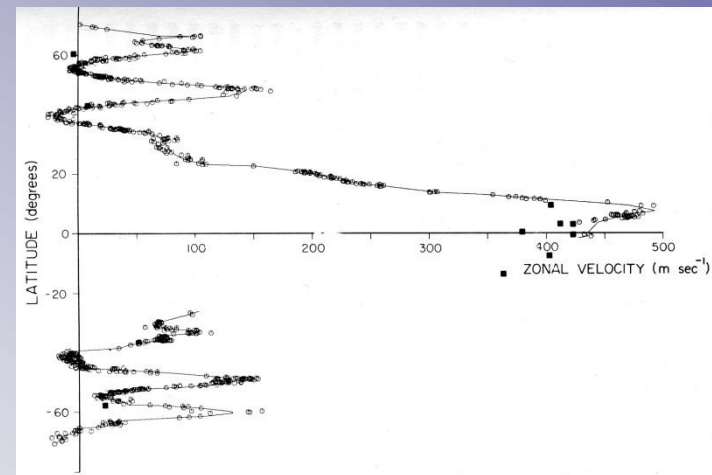
Wolkenmodelle und Beobachtungen ergeben eine dreifach geschichtete Wolkenstruktur aus Ammoniak, Ammoniumhydrogensulfid und Wasserwolken

Quellregion der Blitze bei 8-10 bar um den Gefrierpunkt (bei 1 bar -138°C)

Starke Westwinde in Atmosphäre als Funktion der Breite (Superrotation)



[Read, 2011]

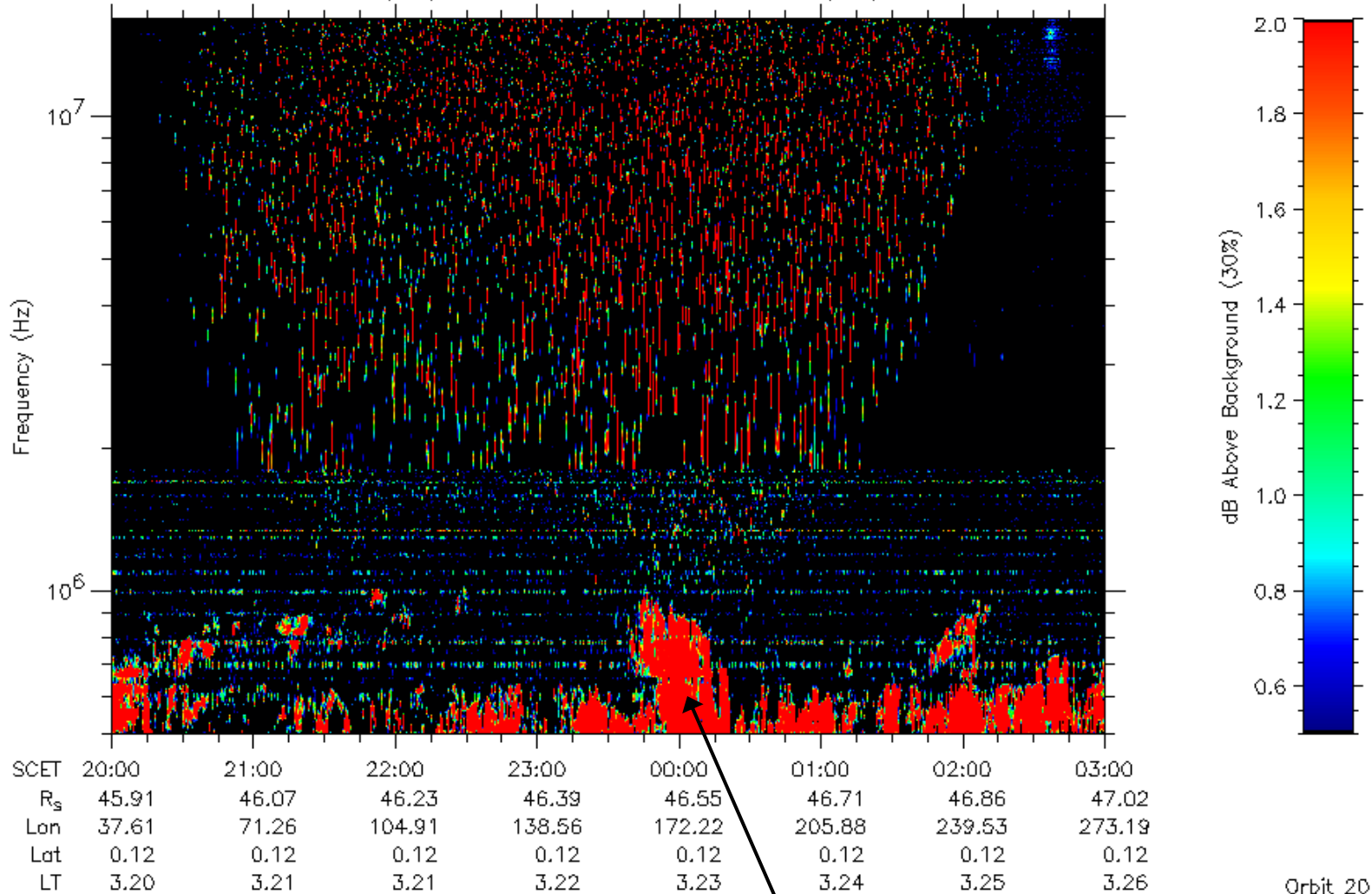


[Ingersoll et al., 1984]

SEDs = Saturn Electrostatic Discharges

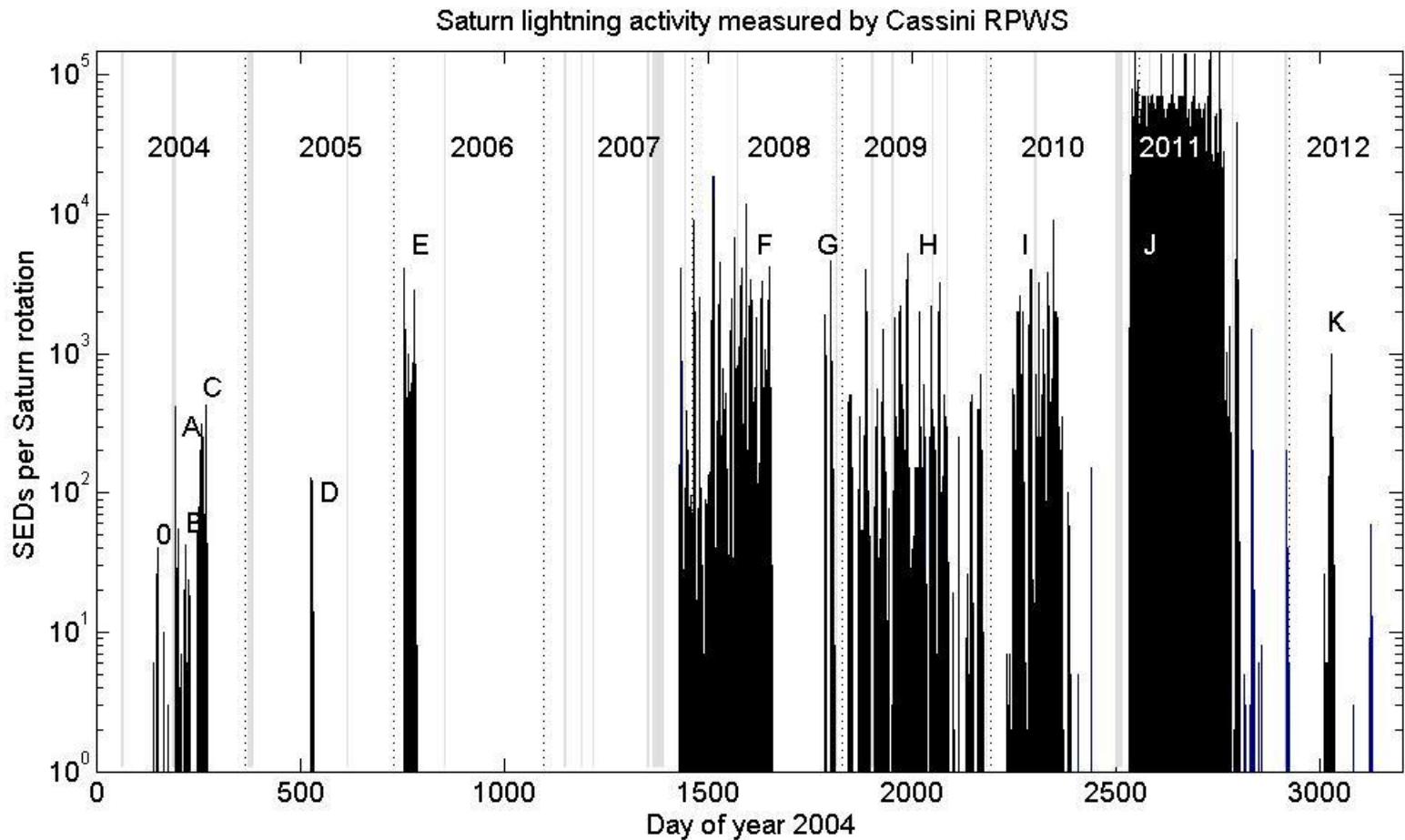
Irfo Hfr 12EuEvExEw

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



SKR (Saturn kilometric radiation)

SED Stürme seit 2004



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



• Books & Atlases

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

NATIONAL GEOGRAPHIC KIDS
Only \$15!
Let's learn about cheetahs!

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

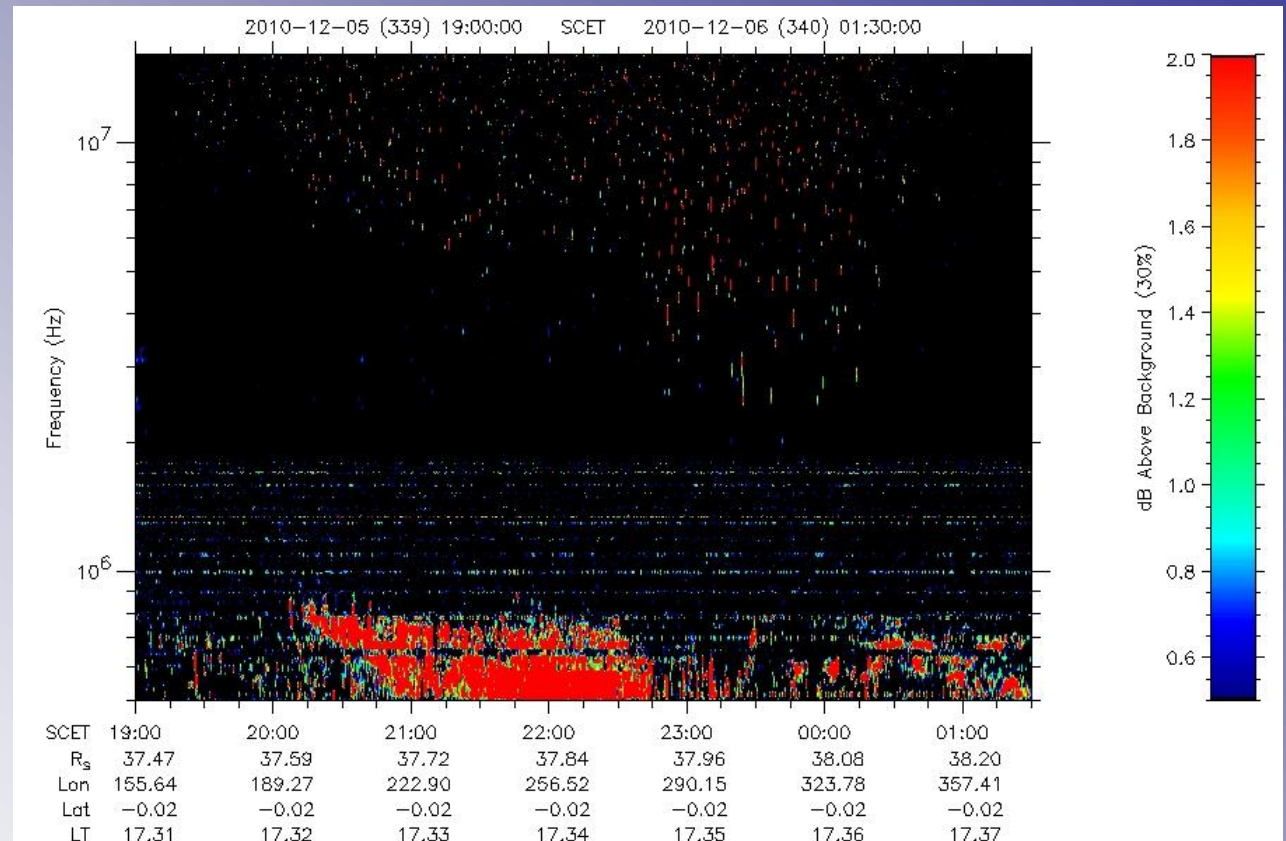


SPACE PHOTOS THIS WEEK: Star Birth, Active Sun, More

Entwicklung des "Monstersturms"

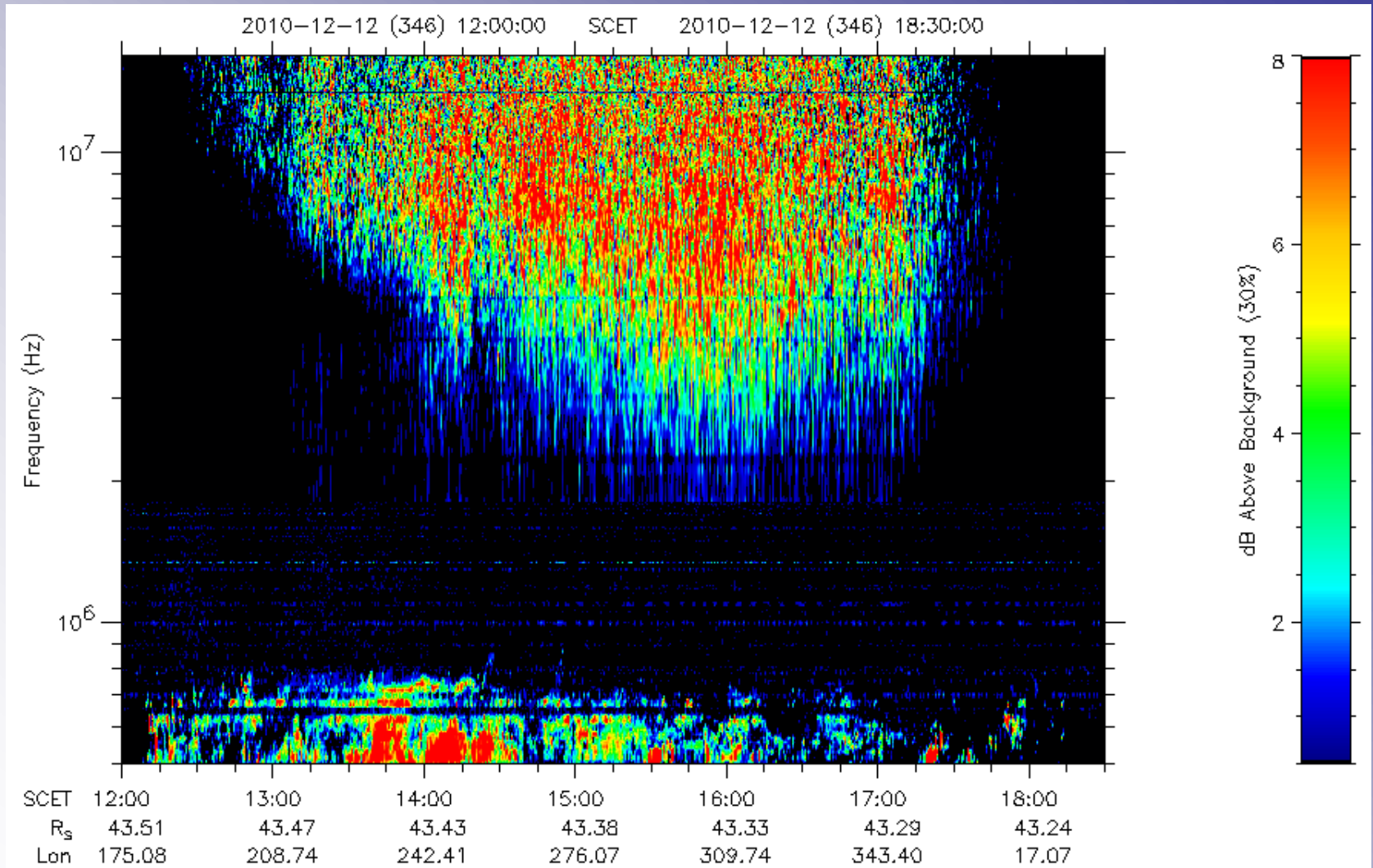


Cassini Bild vom
5. Dezember 2010



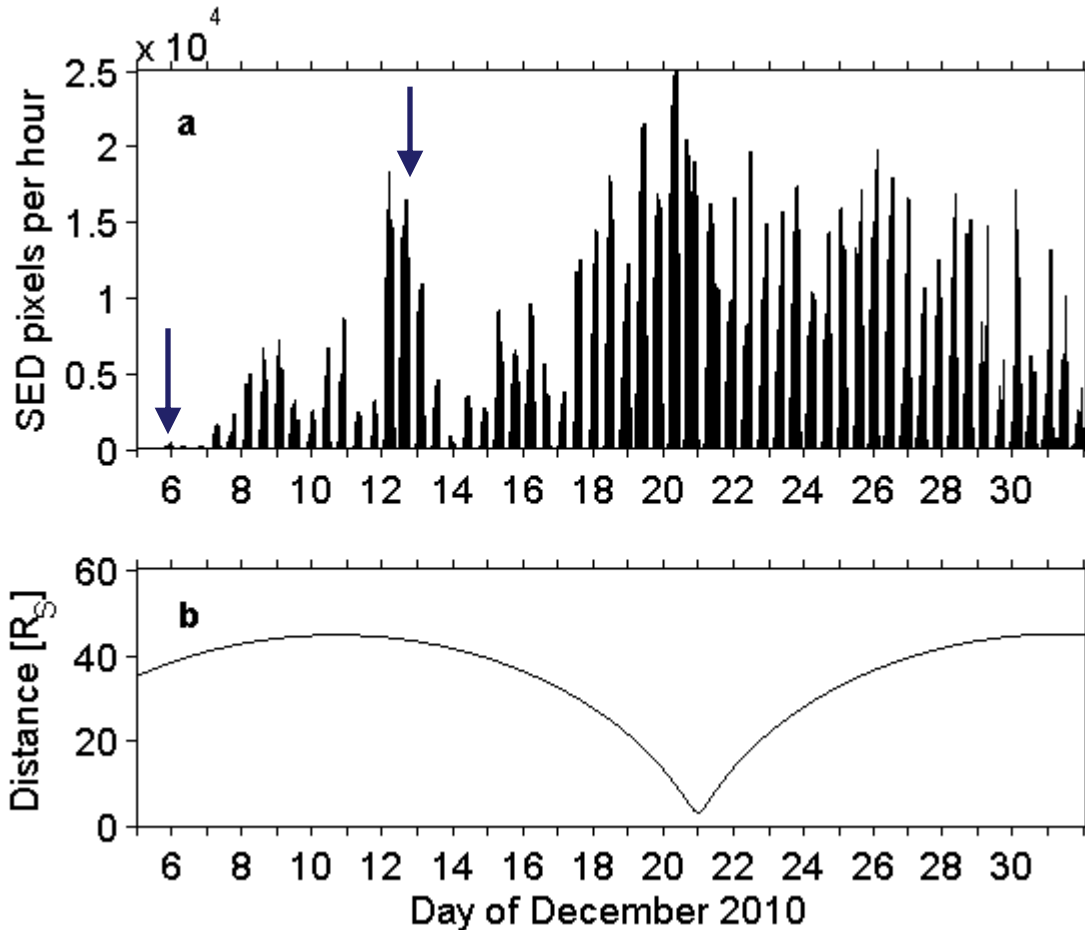
Vergleich von Cassini RPWS (Radio and Plasma Wave Science) Instrument Daten (dynamisches Spektrum) mit Cassini ISS (Imaging Science Subsystem) Bild, Sturm ca. 1300 km x 2500 km

Episode mit hoher Blitzrate



Dynamisches Spektrum von Cassini RPWS vom 12. Dezember 2010

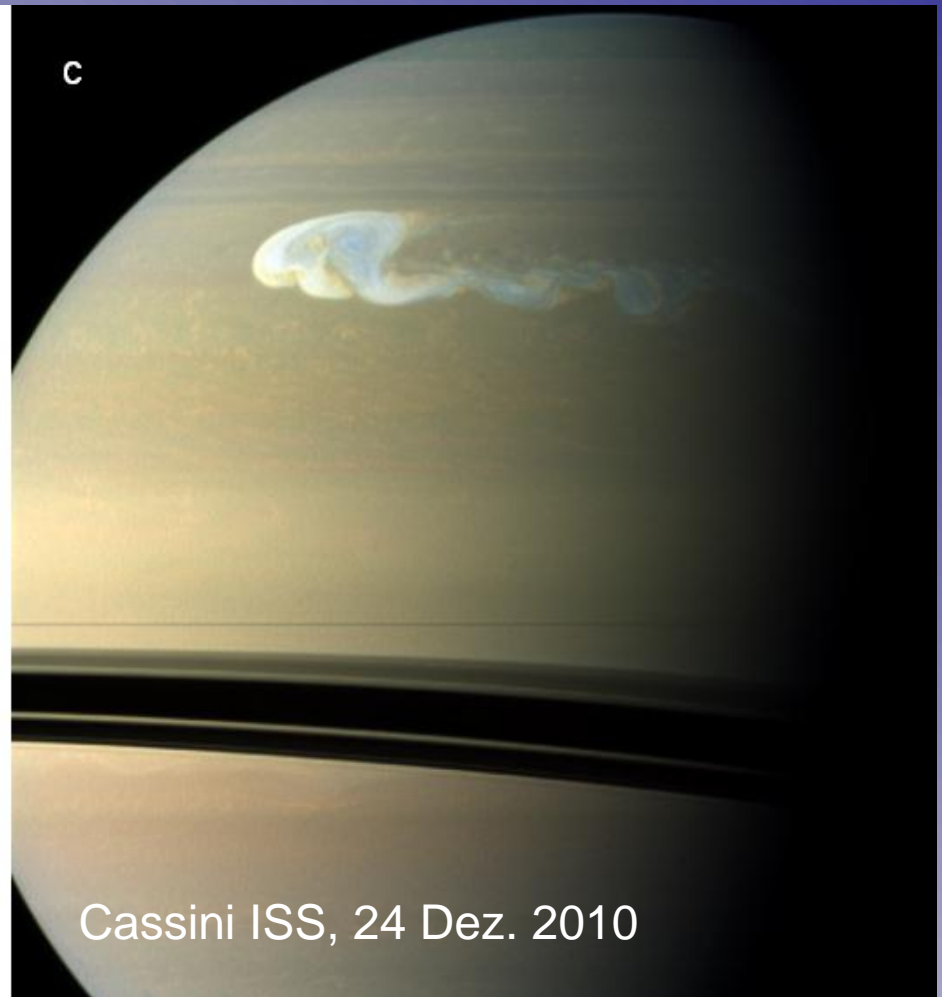
Blitzraten als Funktion der Zeit



Anzahl der SED Pixel (a) und Distanz von Cassini (b) zu Saturn als Funktion der Zeit für Dezember 2010 [aus Fischer et al., 2011]

- SEDs erscheinen in Episoden aufgrund d. Saturnrotation
- SEDs (Blitze) dauern ca. 80 ms (entspricht 2 Messungen oder Pixel mit 40 ms Integrationszeit)
- Bei >10 SEDs pro Sekunde kann man einzelne Blitze nicht mehr auseinander halten
- Nur oberes Limit angebbbar: $>10 \text{ s}^{-1}$, kleinere Stürme hatten $\sim 1 \text{ s}^{-1}$

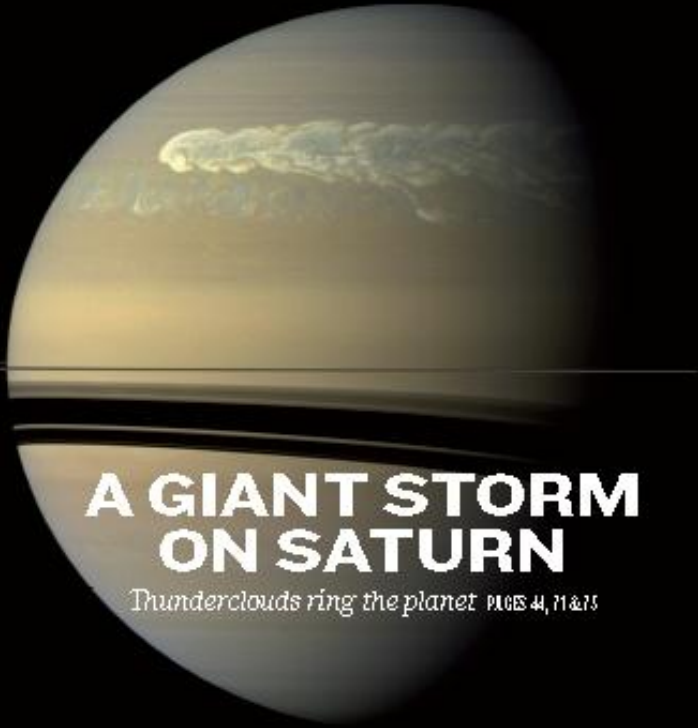
Fotos des großen Sturms



Amateure posten ihre Bilder im Internet beim Planetary Virtual Observatory & Lab. <http://www.pvol.ehu.es/pvol/> [Hueso et al., 2010]. Amateur-Teleskope von 10-13 inch!

nature

THE INTERNATIONAL WEEKLY JOURNAL OF SCIENCE



A GIANT STORM ON SATURN

Thunderclouds ring the planet PAGES 44, 71 & 75

NUTRITION

PILL POPPING
The big debate about vitamin-D deficiency
PAGE 23

REVIEWS

SUMMER BOOKS
From 'Godparticle' to capitalism
PAGE 32

NEUROSCIENCE

MODELLING THE MIND
Recreating mental disorders in a virtual brain
PAGE 43

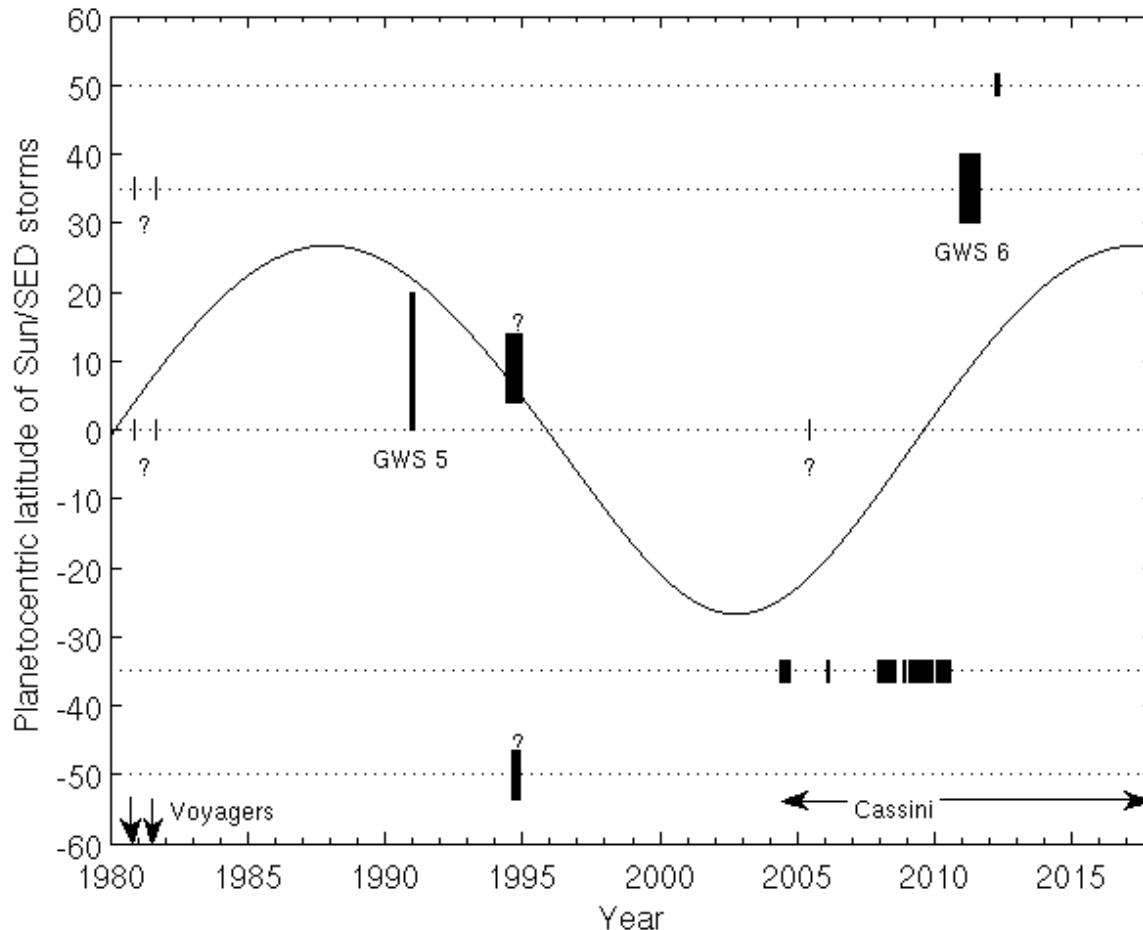
NATURE.COM/NATURE
7 JULY 2011



- Erster SED Sturm in nördlicher Hemisphäre in Cassini Ära
- Davor 2000 km große Stürme hauptsächlich bei 35° Süd
- 5 **GWS** (Great White Spots) auf Saturn: 1876 am Äquator, 1903 bei 35°N, 1933 am Äquator, 1960 bei 55°N, 1990 am Äquator
- 1 Saturnjahr = 29.5 Erdjahre
- **GWS** (Große Weisse Flecken) normalerweise 2-6 Jahre nach der Sommersonnenwende der nördl. Hemisphäre, hier 1.5 Jahre nach Tagnachtgleiche (zu früh!)
- Ausdehnung in der Breite 10,000 bis 15,000 km; Schweif um Saturn herum ~300,000 km

Cassini ISS Bild vom 25. Februar 2011
am Cover von Nature (7. Juli 2011)

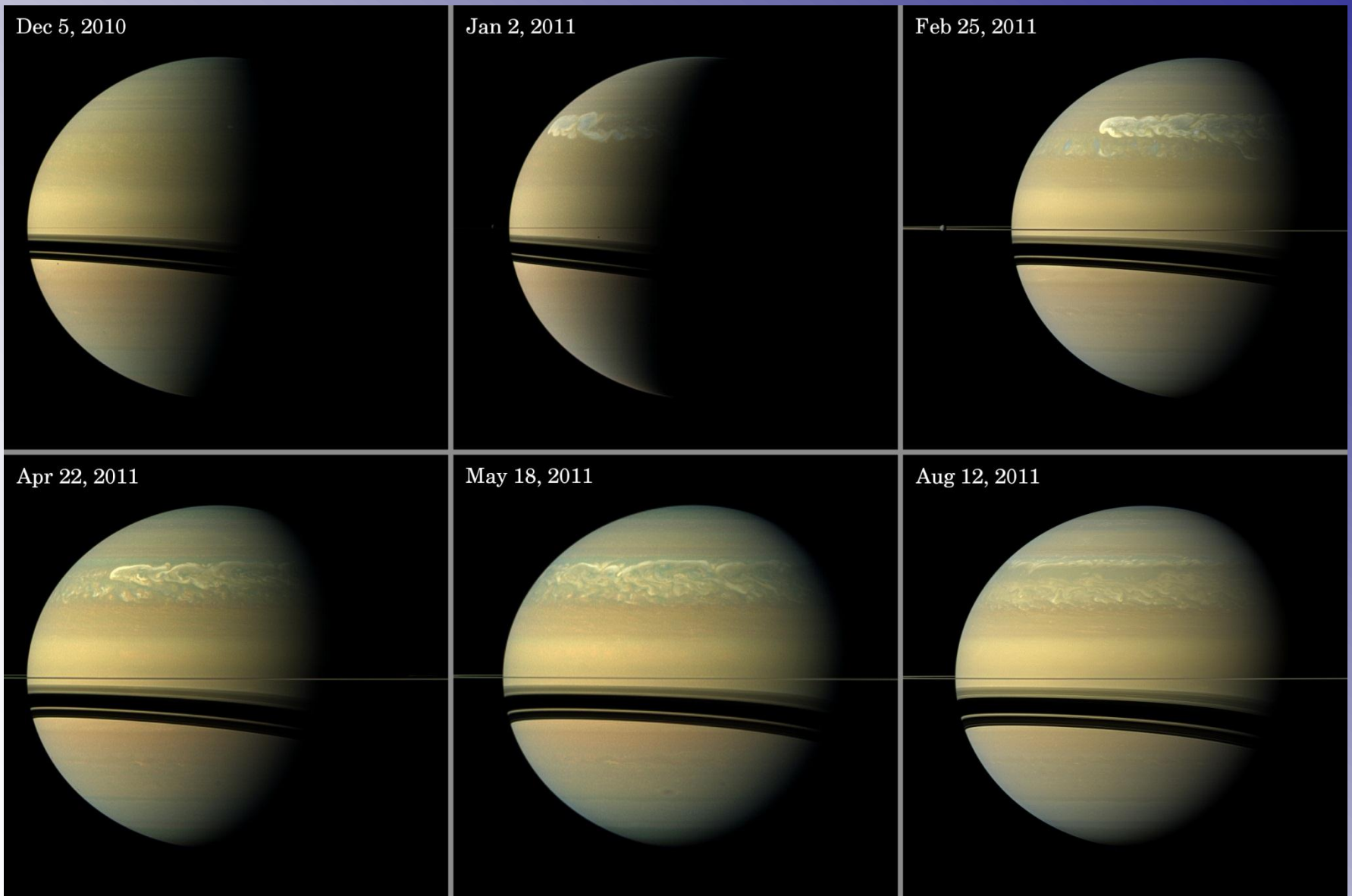
SED Stürme im Saturnjahr



Sonnenstand
(Sinuskurve)
und SED
Stürme als
Funktion der
Breite und
Zeit seit
1980

Tagnacht-
gleichen:
März 1980,
Nov. 1995,
August 2009

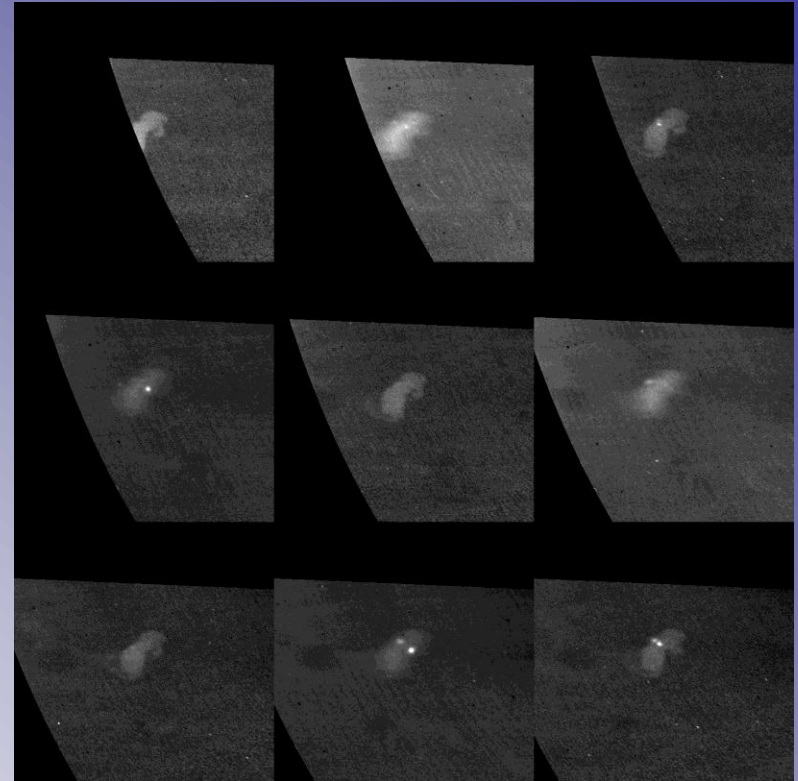
Fragezeichen: Voyager SEDs von Sturm am Äquator oder 35°N ?
Stürme von 1994 SED Stürme (nur optische Beobachtungen)?
Quelle der SEDs von 2005 unsicher.



„Kopf“ (Zentrum der Blitzaktivität) und „Schweif“ des Sturmes

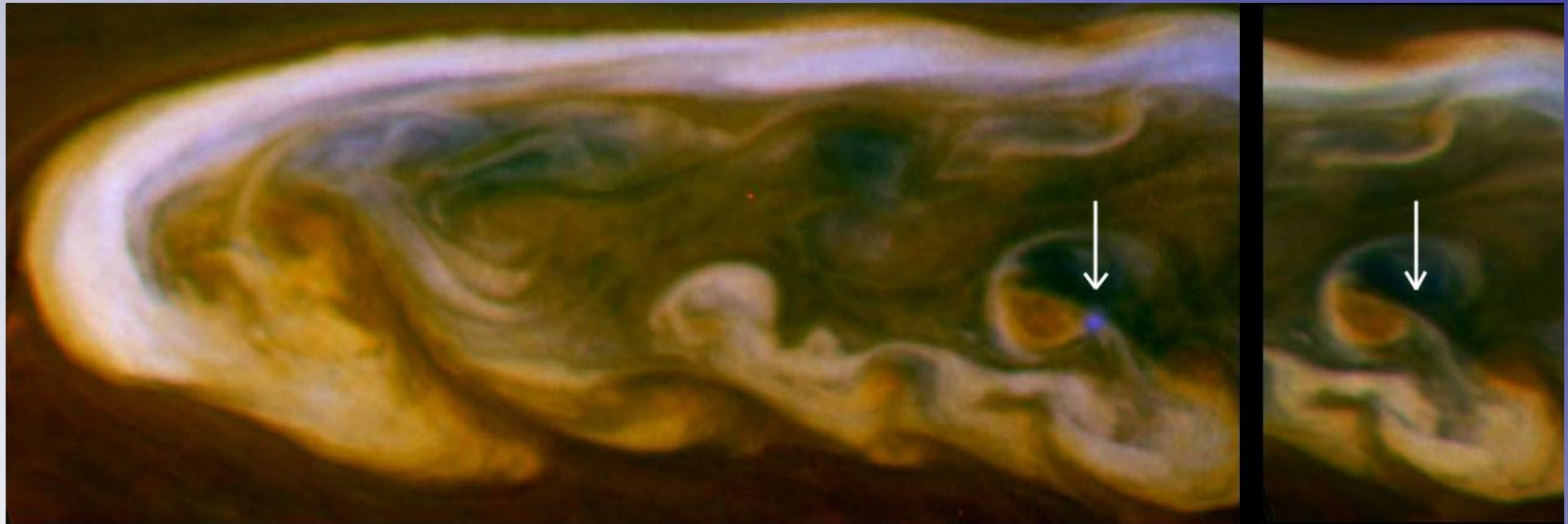
Energie von Sturm und Blitzen

- Optische Energie eines Saturnblitzes gemessen mit Cassini ISS: $\sim 10^9$ J (0.1% der Gesamtenergie)
- Gesamtenergie 1 Blitz: $\sim 10^{12}$ J
- 2010/2011 Sturmenergie: aus Volumen & Dichte der Wolke Abschätzung der Masse und Berechnung der latenten Wärme bei Kondensation: $\sim 10^{24}$ J (in 3 Monaten $\sim 10^{17}$ W, Energie aus innerer Energie des Saturn, vgl. Atomreaktor $\sim 10^9$ W, jährlicher Weltenergieverbrauch $\sim 5 \cdot 10^{20}$ J)
- Erde: ein stundenlanges Gewitter hat $\sim 10^{15}$ J und hunderte Blitze zu $\sim 10^{8-9}$ J (10^{-4} der Sturmenergie geht in die Blitze)



Beobachtung optischer Blitze auf der Nachtseite des Saturn im November 2009 (Wolke auf 35° Süd)

Optische Blitzdetektion auf Tagseite



<http://saturn.jpl.nasa.gov/news/newsreleases/newsrelease20120718/>

Zwei Bilder vom 6. März 2011, aufgenommen innerhalb von 30 Minuten: Pfeil zeigt blauen Punkt mit Durchmesser von ~ 200 km
Von Größe des Spots wird auf Tiefe der Quelle geschlossen: 125-250 km unter dem 1-bar Level in Wasserwolke

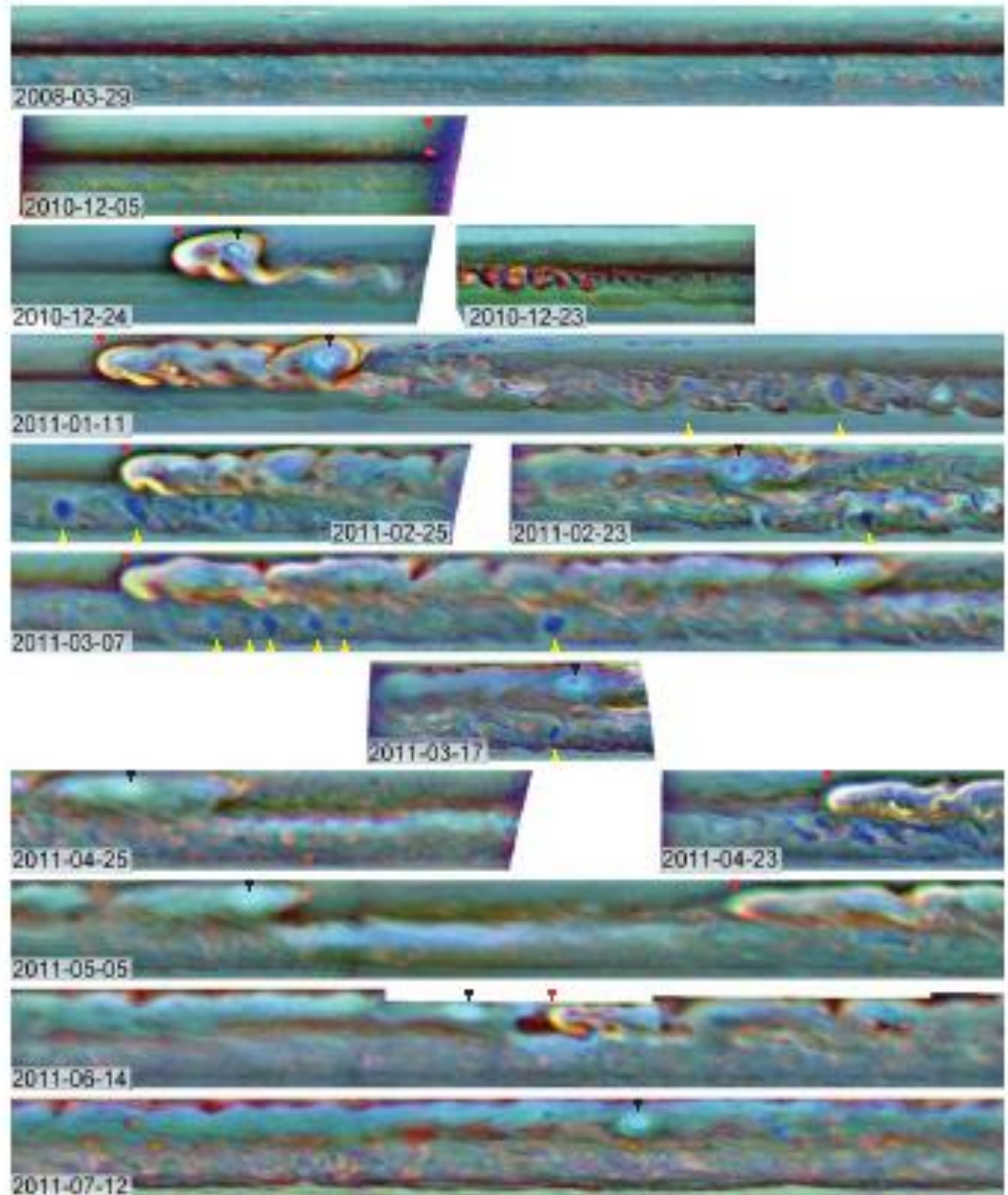
Blitze davor nur auf der Nachtseite um Tagnachtgleiche herum gesehen aufgrund des minimalen „ring shine“

Grund, warum Blitz am intensivsten im Blaufilter, ist unbekannt: kürzere Belichtungszeit, blaue Blitze oder Sprites?

Zyklon: dreht sich gegen Uhrzeigersinn in nördl. Hemisphäre

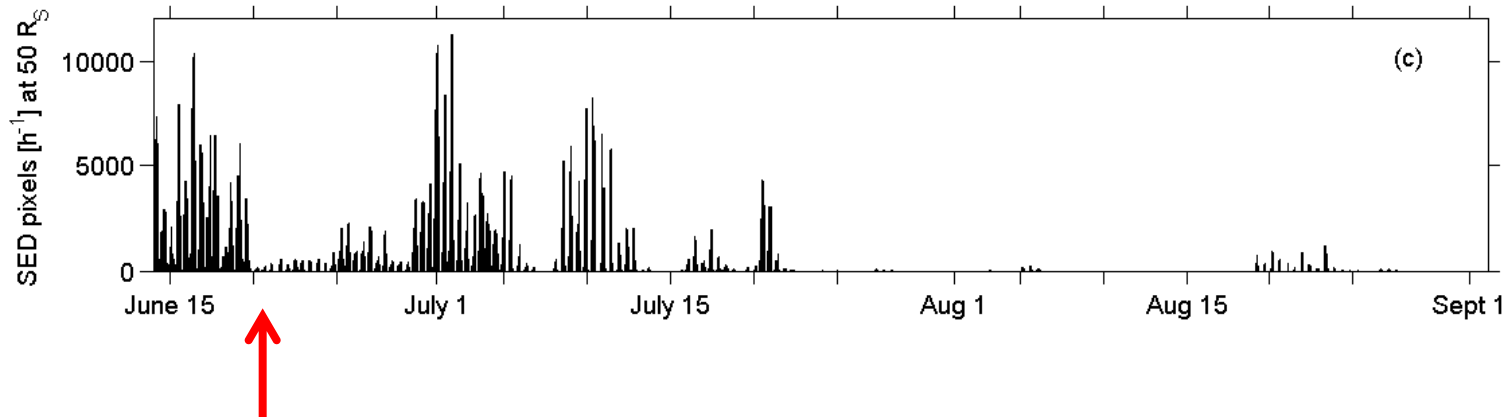
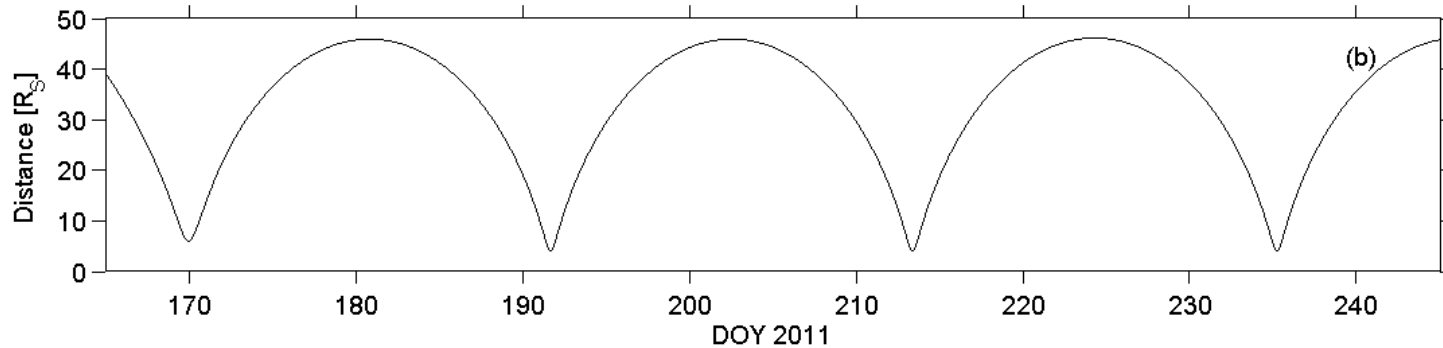
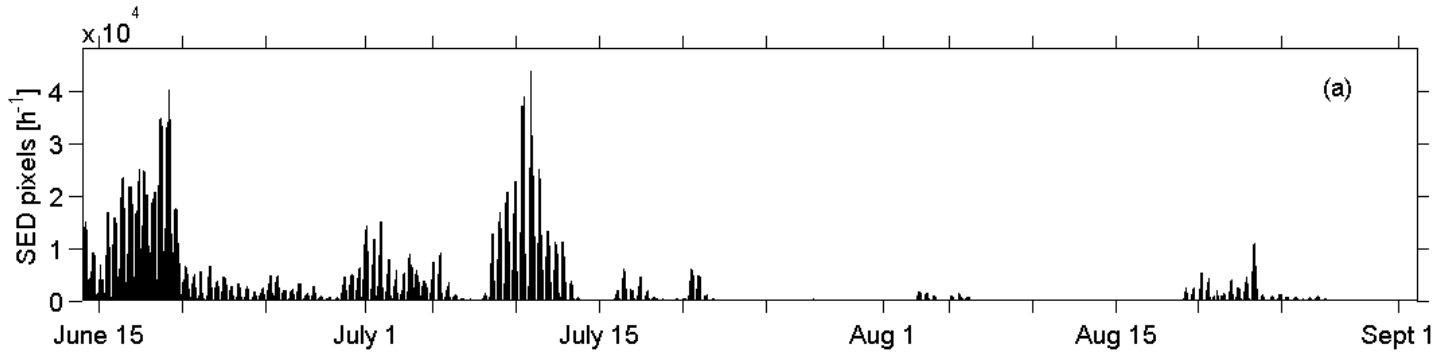
Antizyklon: dreht sich im Uhrzeigersinn auf nördl. Hemisphäre

Antizyklonischer Wirbel bildet sich Weihnachten 2010 und bleibt zurück. Drift des Wirbels von $0.8^\circ/\text{Tag}$ gegenüber $2.8^\circ/\text{Tag}$ des Kopf des Sturms (westwärts) \Rightarrow Zusammentreffen am 20. Juni 2011

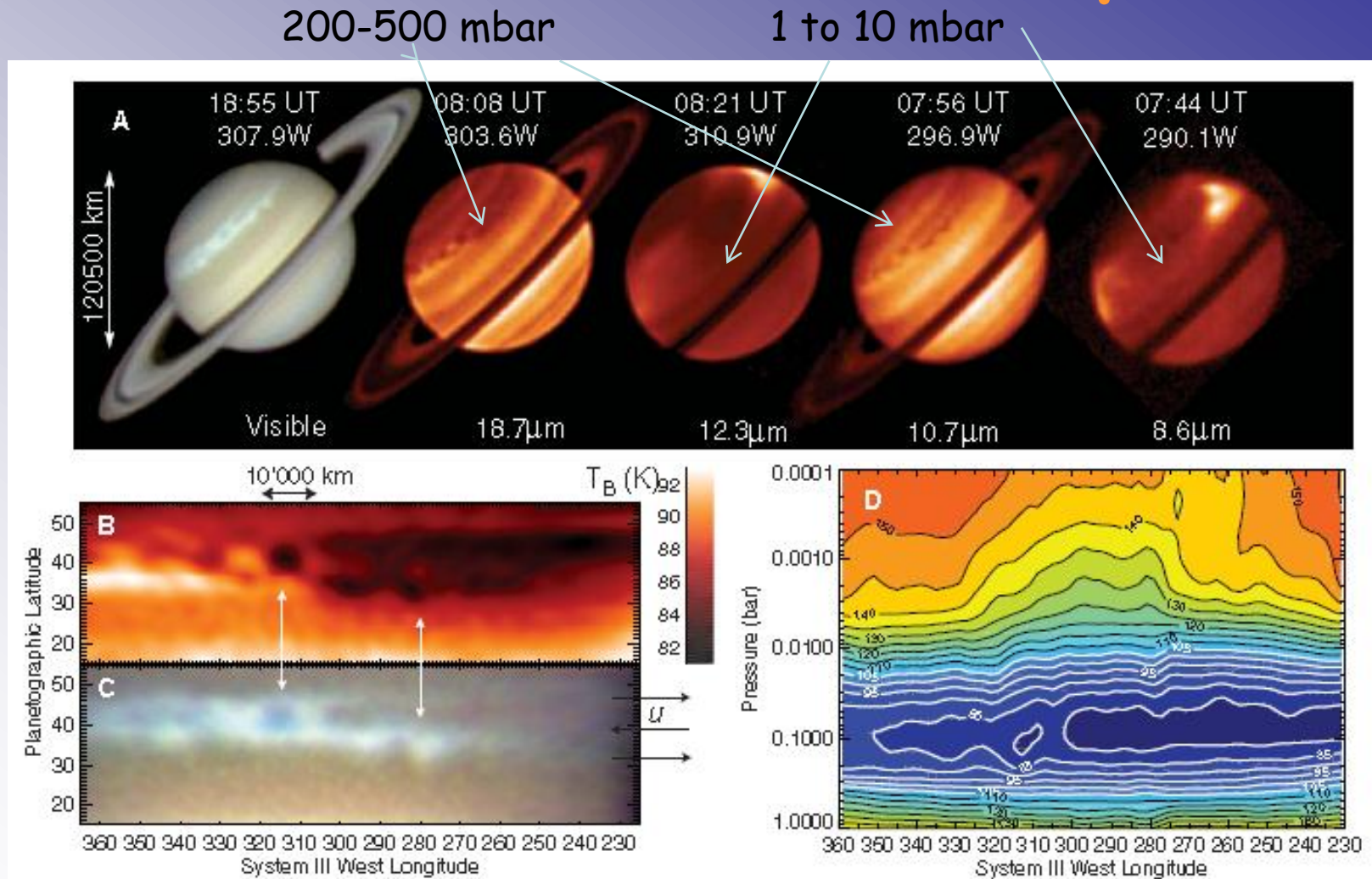


[Sayanagi et al., 2012]

Abklingen des großen Sturms



Effekte bis in die Stratosphäre



Infrarot-Bilder vom Very Large Telescope vom 19.1. 2011 verglichen mit normalen Foto (Sturm „Kopf“ bei $\sim 15^\circ$ West), Antizyklon dunkel und kalt, warme Regionen an den Seiten [Fletcher et al., 2011]

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
- Blitzenergie $\sim 10^{12}$ J
- Blitze entstehen in gigantischen, konvektiven Sturmsystemen mit Durchmessern um 2000 km bzw. 10.000-20.000 km (GWS)
- SED Stürme nur am Äquator, in „Sturmmallee“ bei 35° Nord/Süd entdeckt, und 50° Nord/Süd
- SED Quelle in Wasserwolken bei Druck von 8-10 bar, ca. 200 km unterhalb 1-bar Niveau
- nur Wolke-Wolke Blitze (IC)
- GWS hat Einfluß auf Stratosphäre

ERDBLITZE

- Ständige Präsenz von ~ 1000 Gewittern, Blitzrate 44 s^{-1} , Gewitter dauern Stunden
- Gleiche Blitzdauer wie SEDs
- Blitzenergie $\sim 10^{8-9}$ J
- 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 in Wasserwolken
- IC und CG (cloud-to-ground)
- Leuchterscheinungen in großen Höhen (sprites, elves, jets)

Danke für die
Aufmerksamkeit!

