

Klassische Novae

Weißer Zwerge mit thermonuklearen Hautkrankheiten.

Peter H. Hauschildt

`peter.hauschildt@hs.uni-hamburg.de`

Hamburger Sternwarte

Gojenbergsweg 112

21029 Hamburg



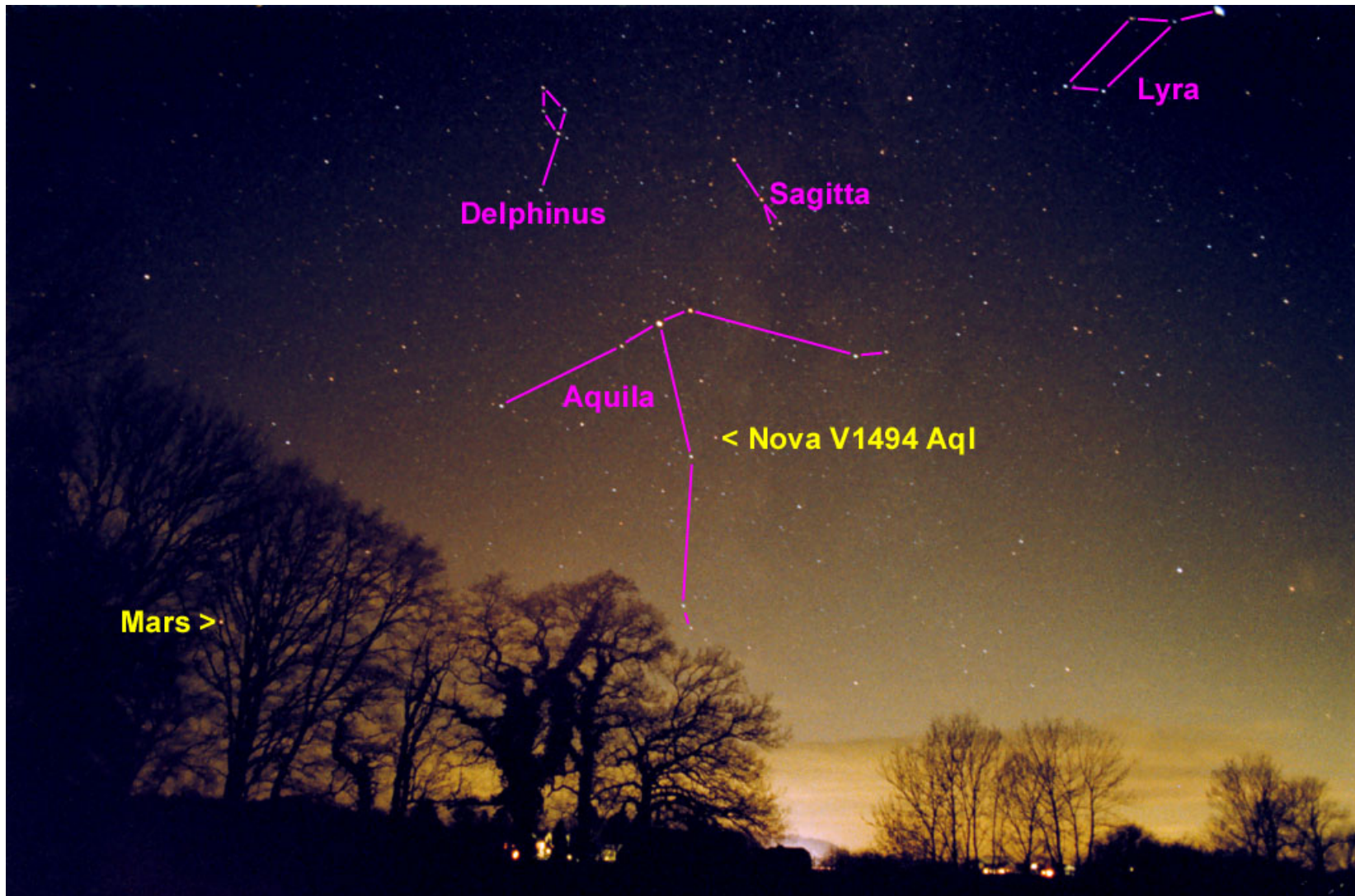
In eigener Sache . . .

- Arbeitsgebiet:
Computer Simulationen von Stern- und Planetenatmosphären
- Physik & Astronomie Studium in Heidelberg
- Promotion 1991
- 1991–1996: Postdoc in Phoenix, Arizona
- 1996–2002: Professor an der “University of Georgia” in Athens, GA
- seit August 2002: Professor an der Sternwarte

Übersicht

- Was ist eine Nova?
- Wie funktioniert eine Nova?
- Was bleibt übrig?
- Was kann man von Novae lernen?
- Zusammenfassung

Was ist eine Nova?



- stammt von "nova stella" → "Neuer Stern"

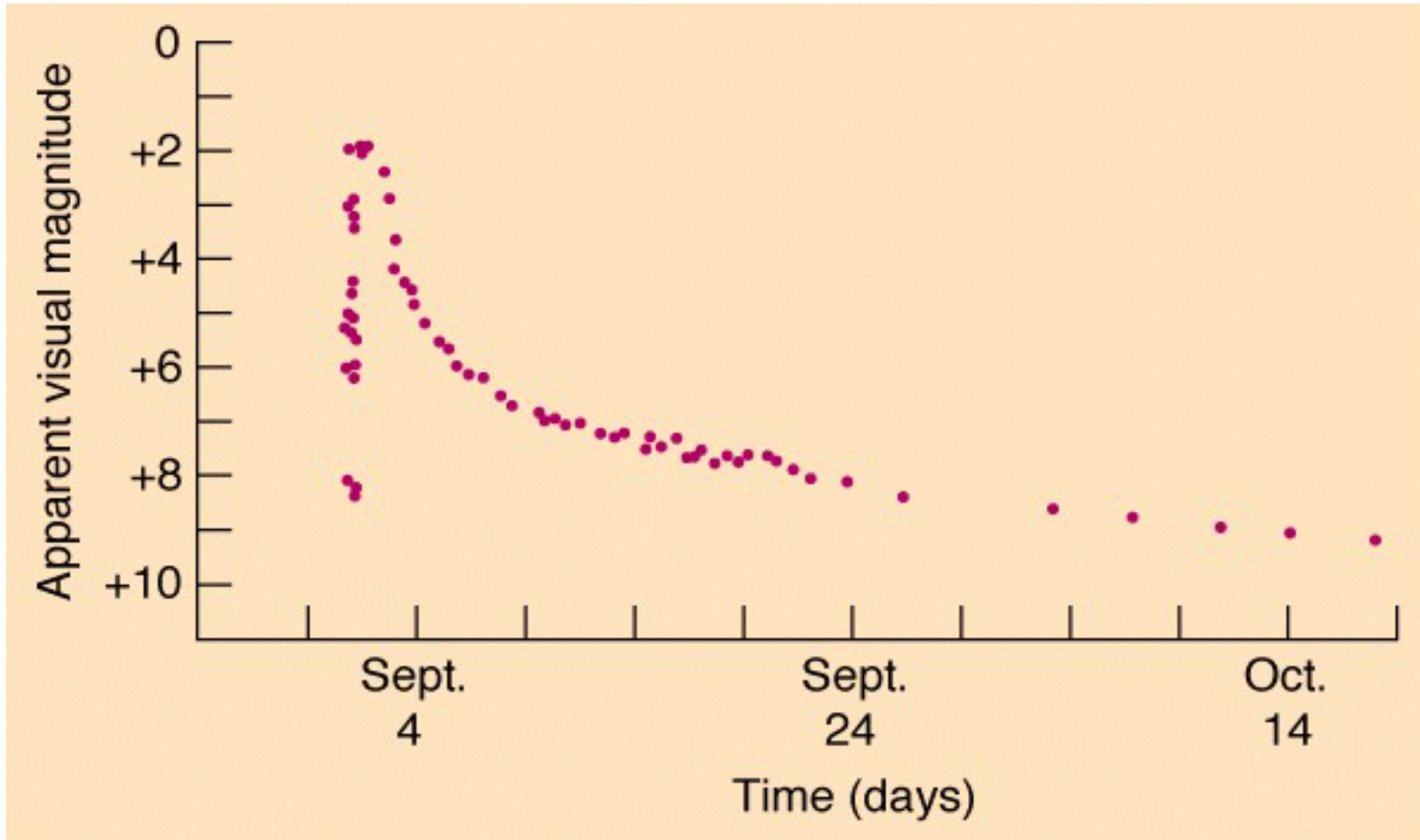
Was ist eine Nova?

- Ist kein echter "neuer Stern"!
- Bleibt auch nur über kurze Zeiten (Wochen, Monate) sichtbar
- Heute: verschiedene Typen von Novae:
 - Klassische Nova
 - Wiederkehrende Nova
 - Zwergnova
 - Supernova

Was ist eine Nova?

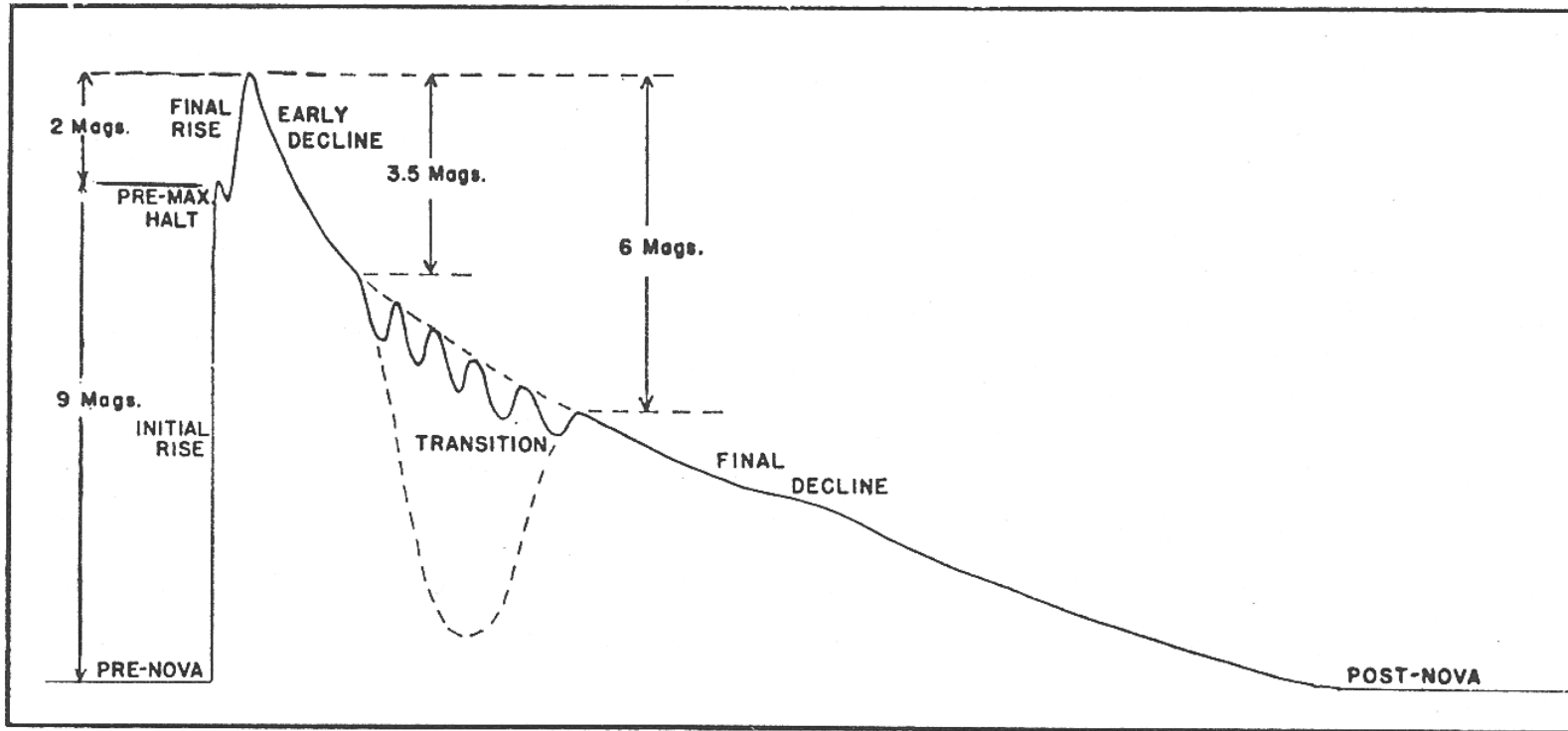
- ca. 30–50 Novae pro Jahr in der Milchstraße
- 1 richtig helle Nova/10 Jahre
- meistens von Amateurastronomen gefunden!
- Website für Nova-Jäger:
<http://vsnet.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/>
- nach der Entdeckung → beobachtet von Amateuren und Berufsastronomen
- über die Jahrzehnte hat man viel Beobachtungsdaten angesammelt

Helligkeitsverlauf



- Lichtkurve von Nova Cygni 1975

Helligkeitsverlauf

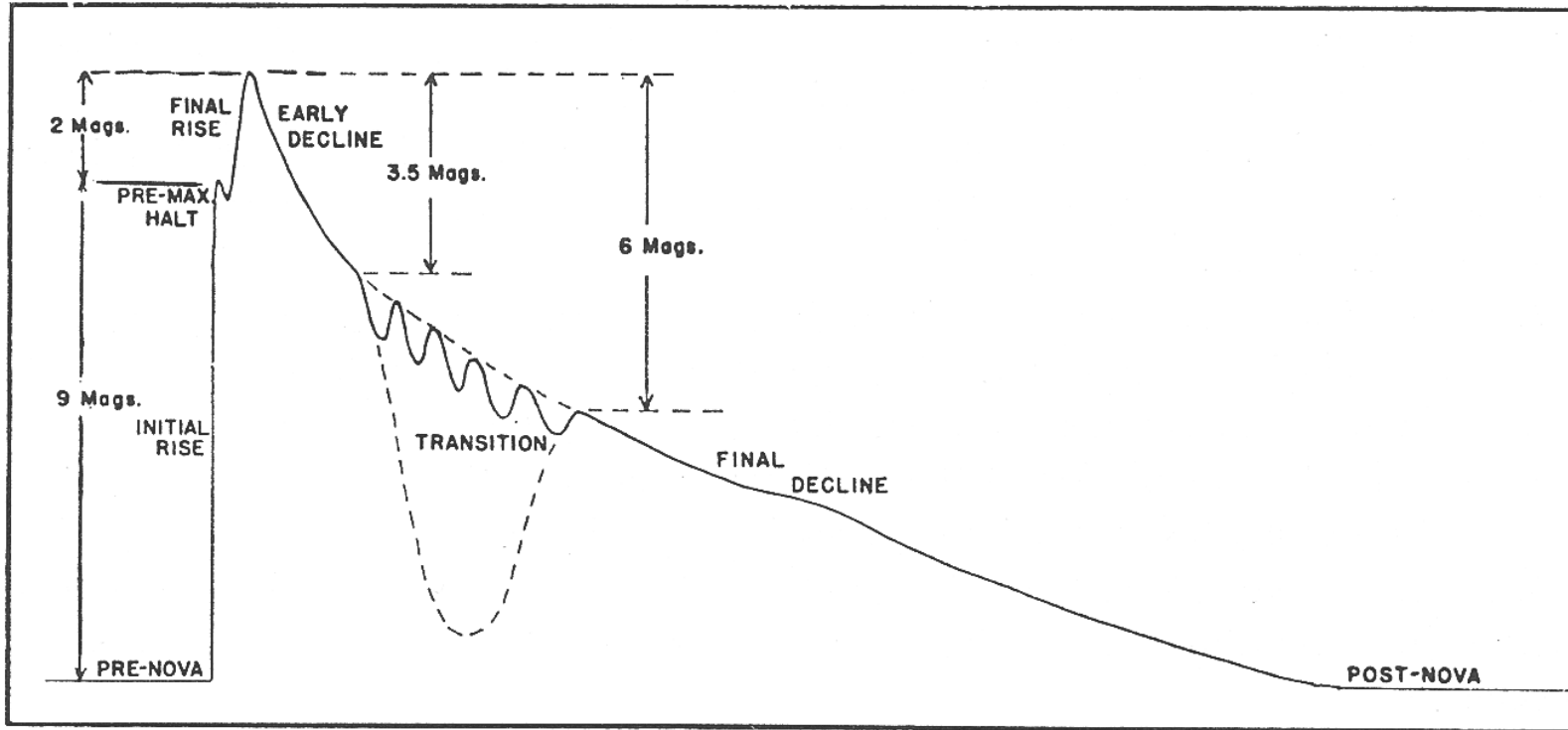


- Schematische Lichtkurve

Helligkeitsverlauf

- ca. 50.000 facher Anstieg der Helligkeit
- danach stetiges, langsameres Abnehmen der Helligkeit
- es treten dann deutliche Unterschiede zwischen Novae auf!
- es gibt auch Unterschiede wie schnell Novae ihre Lichtkurve durchlaufen

Helligkeitsverlauf



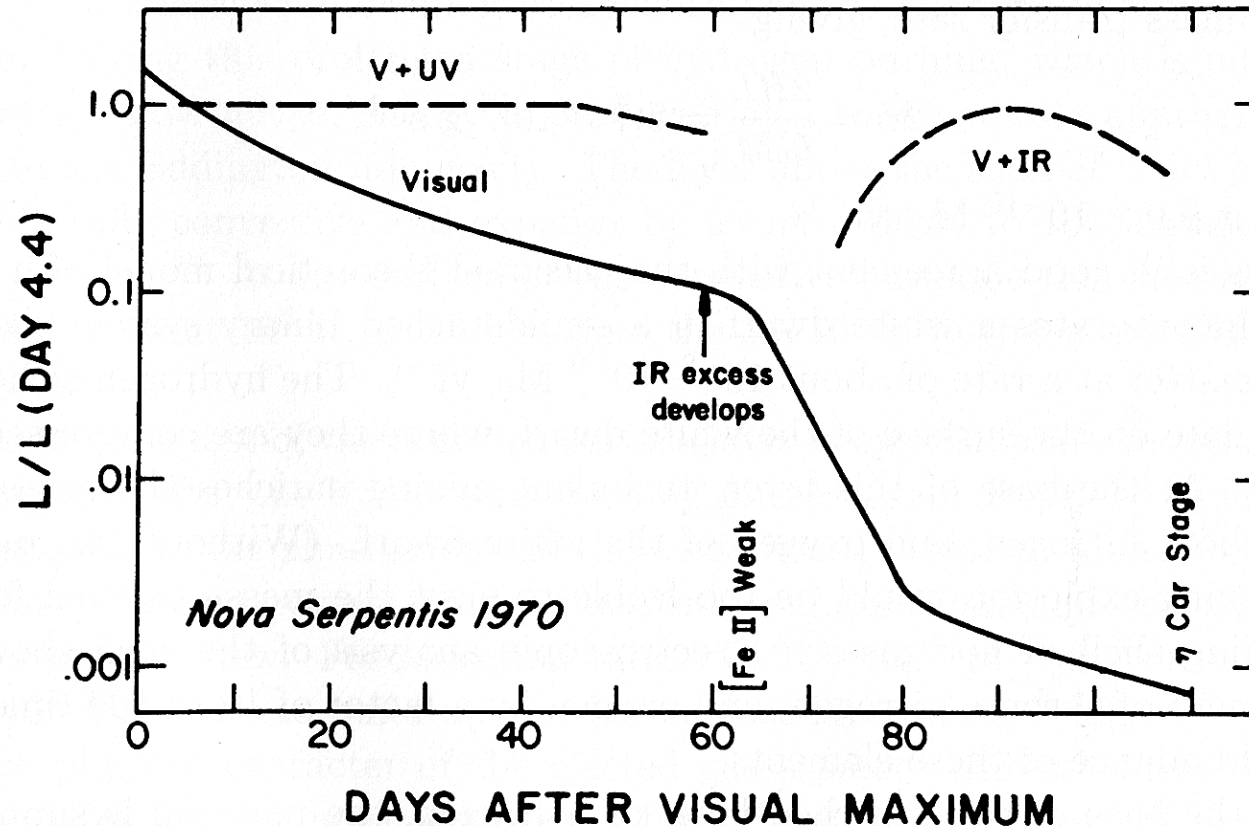
- Schematische Lichtkurve

Helligkeitsverlauf

- Einteilung nach Zeitdauer um auf ca. $1/20$ der maximalen Helligkeit abzufallen
- → 3 Klassen von Novae
 - sehr schnell: ca. 10 Tage
 - schnell: ca. 30 Tage
 - langsam: ca. 100 Tage

Helligkeitsverlauf

- Diese Lichtkurve sind nur im *sichtbaren* Licht!
- Wenn man alle Strahlung addiert (UV, IR), dann sieht es anders aus!



Wie funktioniert eine Nova?

- Nicht bekannt bis in die 1970er!
- Beobachtung (ca. 1950–1960):
Novae treten in bestimmten Doppelsternen auf:
 - Weißer Zwerg (ca. 1 Sonnenmasse)
 - Kühler Stern (ca. 0.5 Sonnenmassen)
 - sehr enge Umlaufbahn (ca. Sonnenradius: 700.000km)
 - → Umlaufzeiten von Tagen

Weiße Zwerge

- ausgebrannte Überbleibsel von Sonnen-ähnlichen Sternen
- ca. 1/2–1.3 (maximal) Sonnenmassen
- aber nur so groß wie die Erde!!
- → extrem dichte Materie

Weißer Zwerge

- alter Kern des ehemaligen Sternes
- besteht vorwiegend aus Kohlenstoff und Sauerstoff
- dünne Schicht Wasserstoff/Helium ganz außen möglich

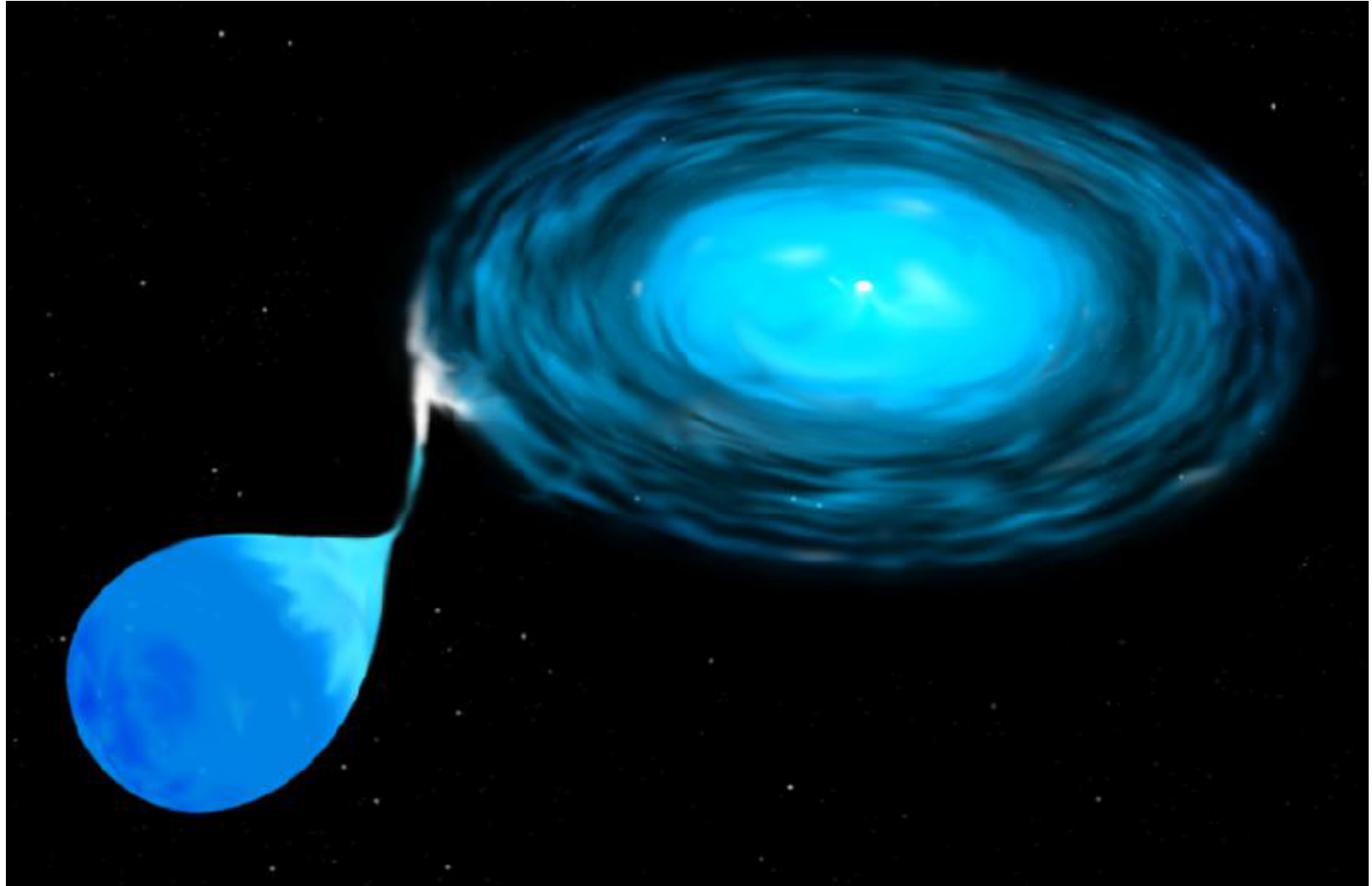
Weißer Zwerge

- hat keine Energiequellen mehr!
- → kühlt einfach ab (sehr langsam)
- → Kohlenstoff kann Diamant-ähnlich werden...

Wie funktioniert eine Nova?

- in Nova-Systemen hat der Weiße Zwerg einen sehr nahen Begleiter!
- so nahe, dass Materie vom kühleren Stern auf den Weißen Zwerg überströmt

Wie funktioniert eine Nova?



Wie funktioniert eine Nova?

- Material kommt aus den äußeren Schichten des Begleiters
- ist daher reich an Wasserstoff (71%)
- → frischer Brennstoff für den Weißen Zwerg!
- Aber ganz so einfach geht es nicht

Wie funktioniert eine Nova?

- neues Material lagert sich erstmal auf dem Weißen Zwerg ab
- das läuft über längere Zeiten (100.000 Jahre)
- dabei wird das wasserstoffreiche Gas immer dichter und heißer
- ca. 1/10.000 Sonnenmasse sammelt sich auf dem Weißen Zwerg an (ca. 100 Erdmassen)
- nun es fängt an, interessant zu werden

Wie funktioniert eine Nova?

- der "Boden" des wasserstoffreichen Gases erreicht 20 Million Grad →
- thermonukleare Reaktionen starten
- → Wasserstoff wird zu Helium "verbrannt"
- dabei wird viel Energie frei
 - 1 kg Wasserstoff wird zu 0.993 kg Helium
 - 7 g Materie werden in Energie umgewandelt
 - das entspricht dem Heizwert von 20.000 Tonnen Kohle

Wie funktioniert eine Nova?

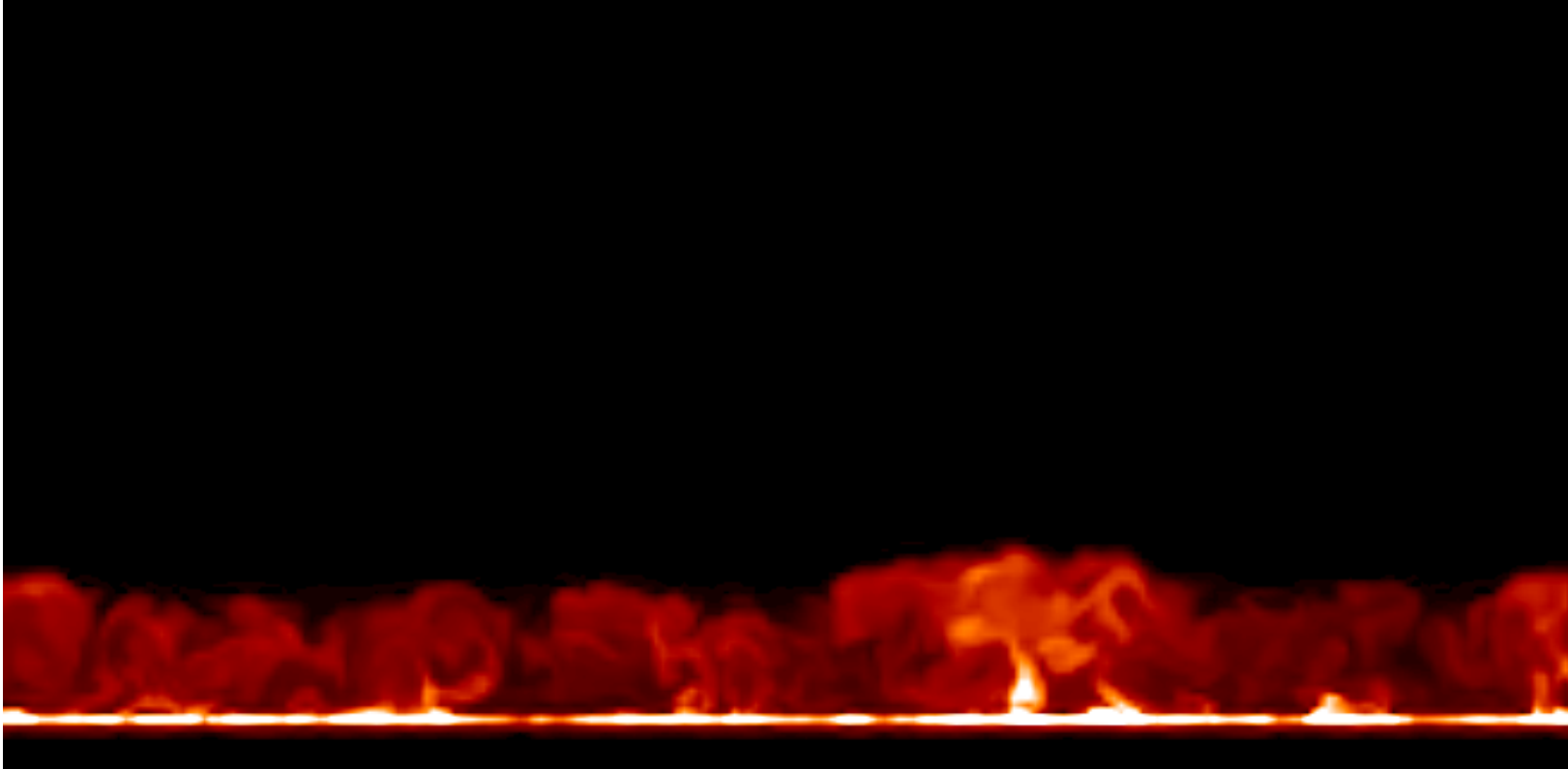
- Das thermonukleare Brennen startet am “Boden”
- breitet sich explosiv nach “oben” hin aus
- → größte Wasserstoffbombe im Universum
- funktioniert etwas anders als in der Sonne (höhere Temperaturen)

Wie funktioniert eine Nova?



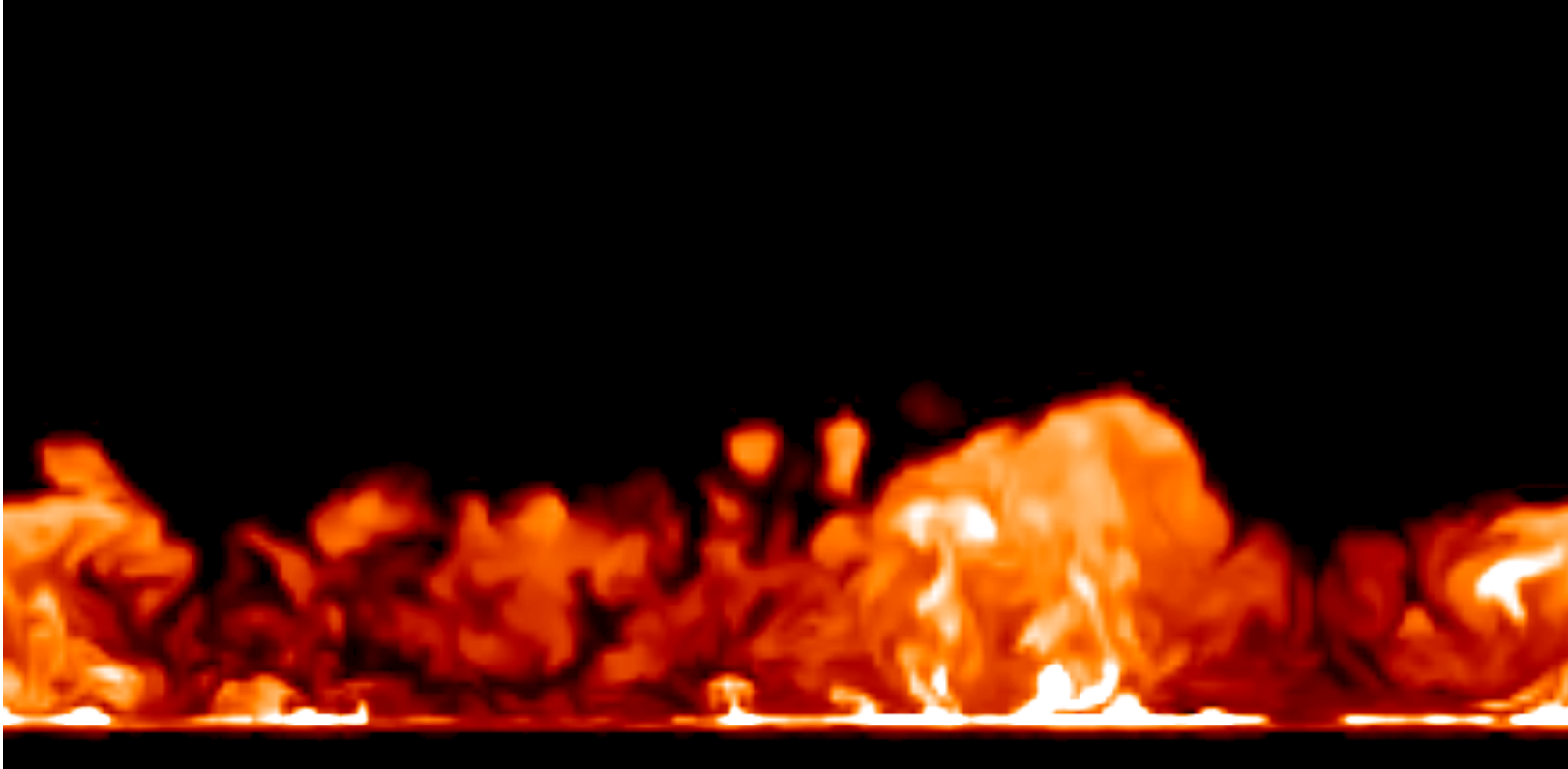
- 30 Sekunden nach Beginn des Ausbruchs
- 1000 km vertikal, 1800 km horizontal
- Simulation von A. Kercek & W. Hillebrandt, Max Plank Institut für Astrophysik

Wie funktioniert eine Nova?



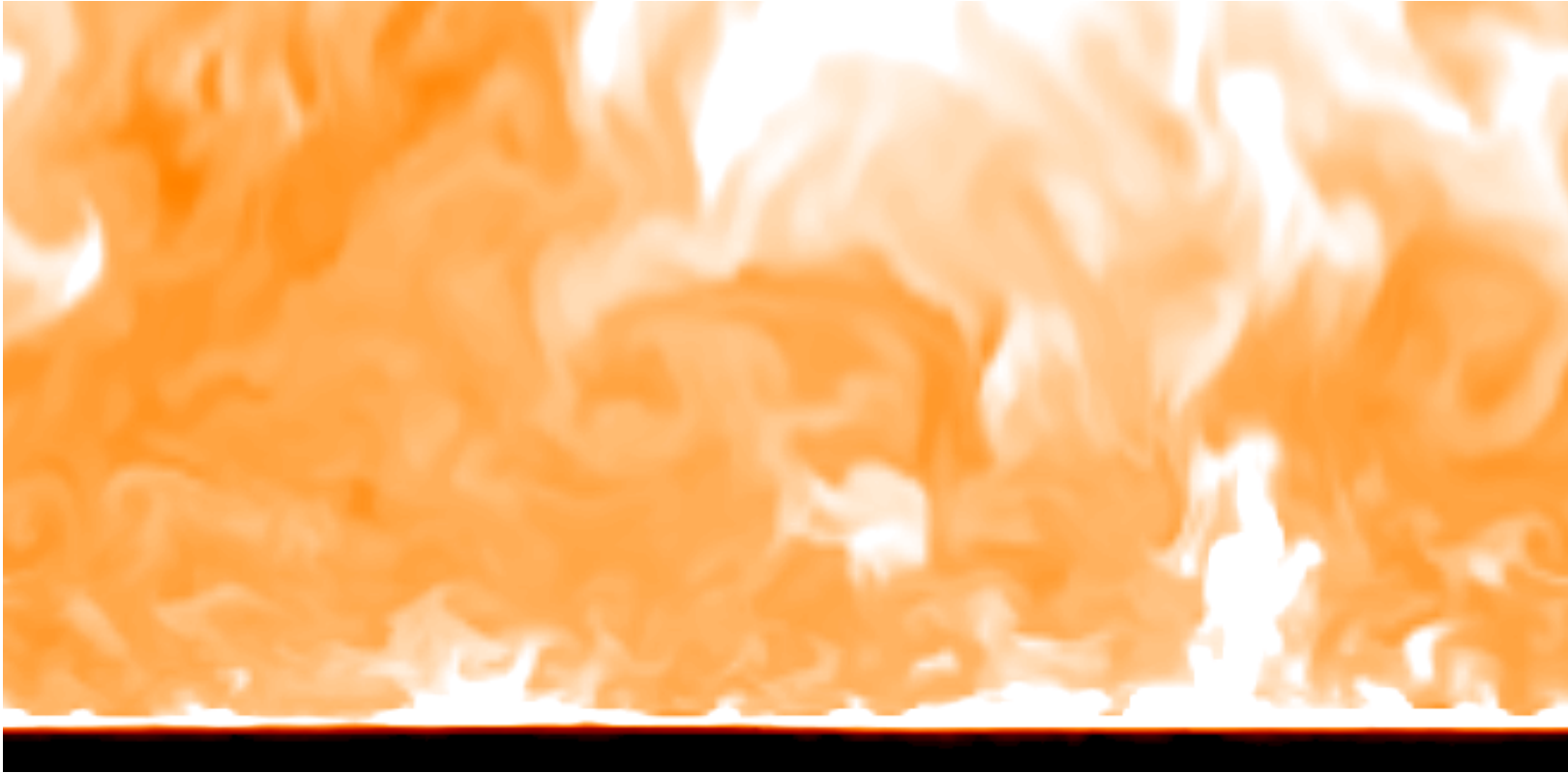
- 80 Sekunden nach Beginn des Ausbruchs

Wie funktioniert eine Nova?



- 100 Sekunden nach Beginn des Ausbruchs

Wie funktioniert eine Nova?



- 200 Sekunden nach Beginn des Ausbruchs

Wie funktioniert eine Nova?

- Freigesetzte Energie wirft Material vom Weißen Zwerg in den Weltraum
- Geschwindigkeiten: 300–4000 km/s!
- → Nova Ausbruch
- drittgrößte Explosion im Universum!

Wie funktioniert eine Nova?

- Weißer Zwerg wird davon kaum gestört
- → simple "Hautkrankheit"
- Nova Ausbruch produziert soviel Energie wie die Sonne in 1000 Jahren!

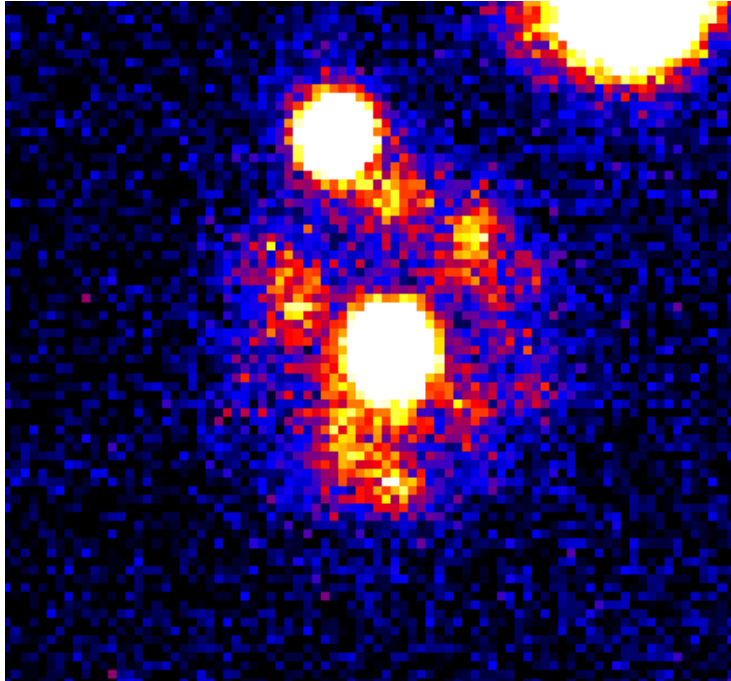
Wie funktioniert eine Nova?

- Fusion Wasserstoff → Helium kann eine ganze Weile andauern
- abgeworfenes Material ist thermonuklear verändert
- dazu kann Materie vom Weißen Zwerg Kern mit eingemischt werden
- → sehr charakteristische Elementhäufigkeiten in den ausgestoßenen Gase!
- Dazu braucht man detaillierte Analysen des Nova-Lichts

Was bleibt übrig?

- Der Weiße Zwerg
- Der kühle Begleiter
- expandierende Wolke der Explosionsgase
- → kann beobachtet werden!

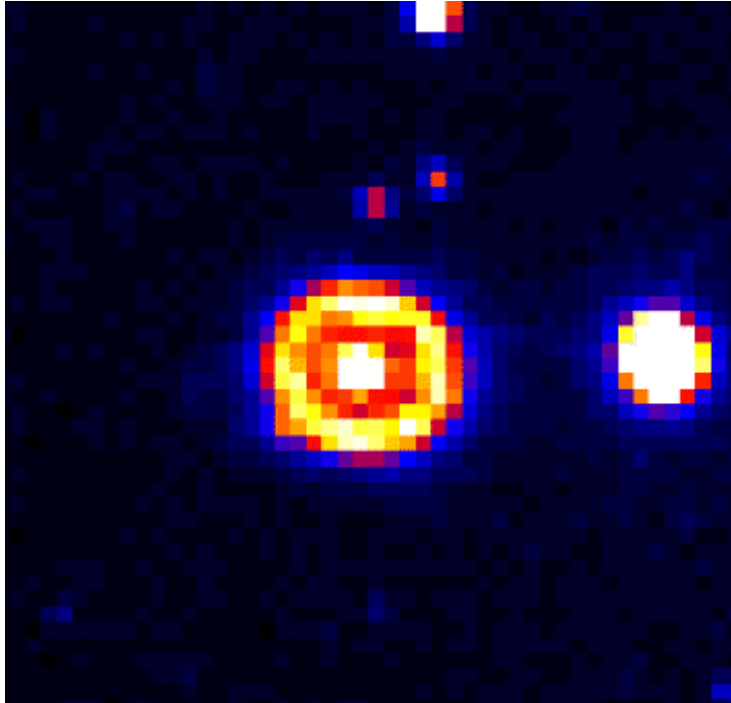
Bilder alter Novae



- Nova Cygni 1975
- ca. 1995

- William Herschel & Anglo-Australian Telescopes
(Slavin, O'Brien & Dunlop 1995, Gill & O'Brien 1998)

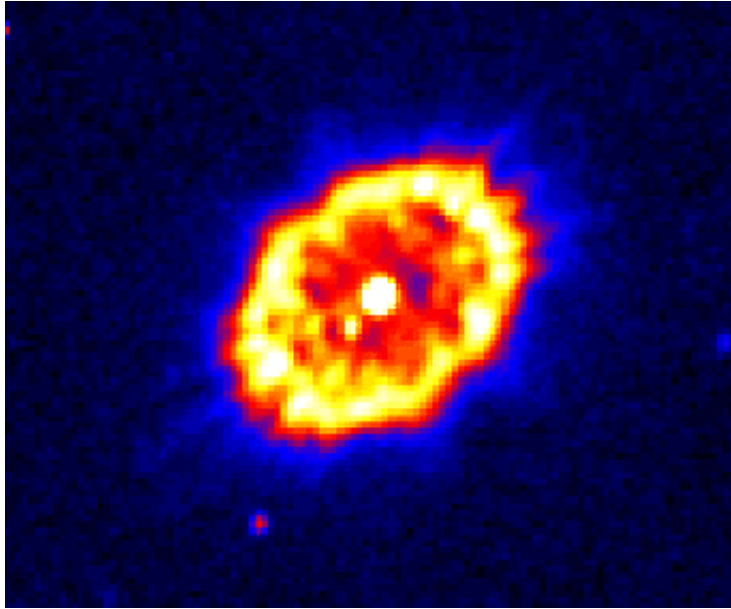
Bilder alter Novae



- Nova Serpentis 1970
- ca. 1995

- William Herschel & Anglo-Australian Telescopes
(Slavin, O'Brien & Dunlop 1995, Gill & O'Brien 1998)

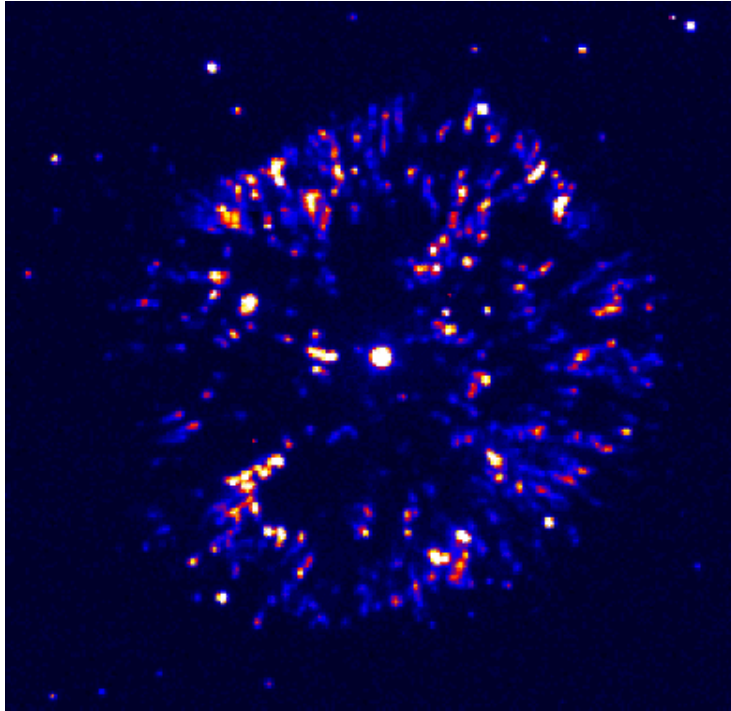
Bilder alter Novae



- Nova Herculis 1934
- ca. 1995

- William Herschel & Anglo-Australian Telescopes
(Slavin, O'Brien & Dunlop 1995, Gill & O'Brien 1998)

Bilder alter Novae



- Nova Persei 1901
- ca. 1995

- William Herschel & Anglo-Australian Telescopes
(Slavin, O'Brien & Dunlop 1995, Gill & O'Brien 1998)

Bilder alter Novae



- V838 Mon
Lichtecho
- Hubble ACS
Bild
- April 2002

Bilder alter Novae



- V838 Mon
Lichtecho
- Hubble ACS
Bild
- Mai 2002

Bilder alter Novae



- V838 Mon
Lichtecho
- Hubble ACS
Bild
- September
2002

Bilder alter Novae



- V838 Mon
Lichtecho
- Hubble ACS
Bild
- Oktober
2002

Was bleibt übrig?

- Nach dem Ausbruch ist vor dem Ausbruch!
- Nova sind vermutlich zyklisch
- Nach einiger Zeit fängt der Weiße Zwerg wieder Materie vom Begleiter auf
- → nach 100.000 Jahren (oder mehr) geht die Show wieder los!
- Der Weiße Zwerg kann über viele Zyklen Masse gewinnen oder verlieren

Was kann man von Novae lernen?

- Zusammensetzung des Weißen Zwerges
- Komplizierte Thermonukleare Reaktionsketten
- Übertragung von Materie im Nova System
- Verständnis des Verhaltens des abgestoßenen Materials
- Analyse des Nebels
- Langzeit Entwicklung des Systems

Zusammenfassung

- Novae sind
 - drittgrößte Explosion im Universum!
 - größte Wasserstoffbombe im Universum
 - thermonukleare Explosionen auf Weißen Zwergen in engen Doppelsternen
 - Explosion stößt Materie mit hohen Geschwindigkeiten in den Weltraum
 - Das sehen wir als 50.000 faches heller werden

Weltbild im Wandel

- organisiert von Prof. Wolfschmidt und dem Förderverein
- Ausstellung in der Sternwarte
- Oskar-Lühning Teleskop Gebäude
- ab Donnerstag 16. Januar:
- Führungen alle 14 Tage um 19:00 Uhr