

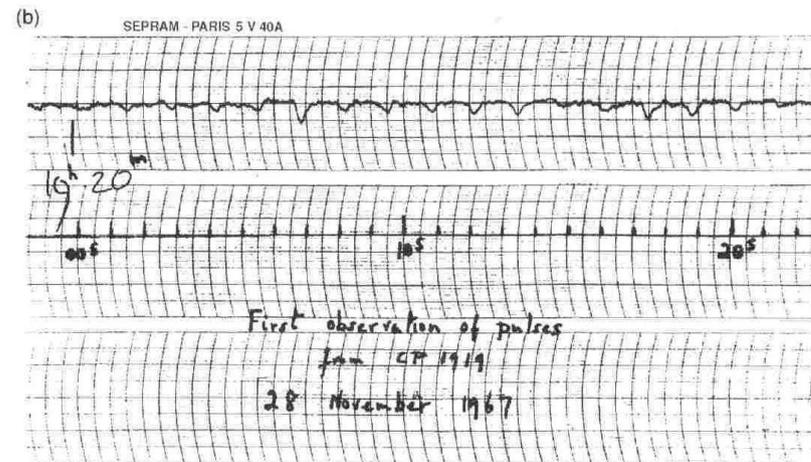
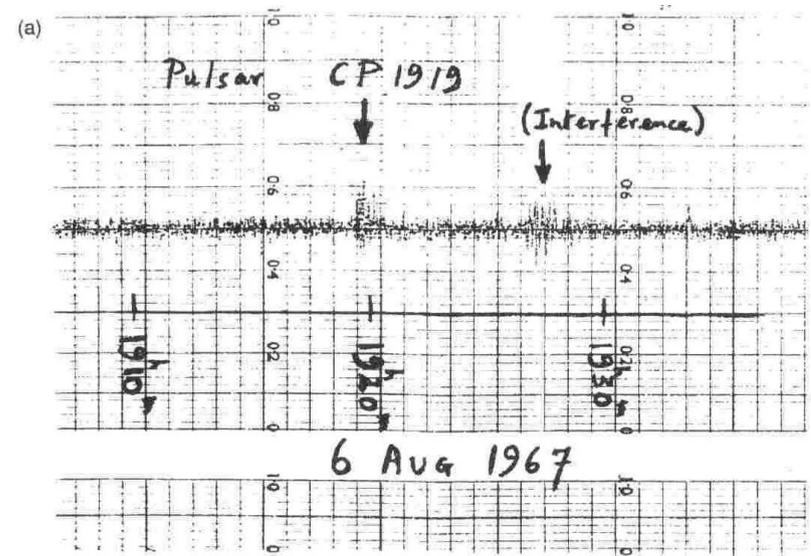
Luisa Steines

14.12.2009

Pulsare und Pulsarwindnebel

Entdeckung

- 1967 Cambridge:
Jocelyn Bell und
Anthony Hewish
- Pulsierende
Strahlung mit Periode
 $P=1,34s$



[c] erster Pulsar

Entdeckung

1967 Jocelyn Bell:

*„I was now two and a half years through a three years studentship and here was a silly lot of Little Green Men using **my** telescope and **my** frequency to signal to planet Earth.“*

nach einer weiteren Entdeckung:

„It was highly unlikely that two lots of Little Green Men could choose the same unusual frequency and unlikely technique to signal to the same inconspicuous planet Earth.“

Name: Pulsating Source of Radio PSR B1919+21

Überblick



Krebsnebel im Röntgenbereich

- Historischer Überblick
- Eigenschaften
- Pulsar: Modell
 - Neutronensterne
 - Energieverluste
 - Magnetische Dipolstrahlung
 - Teilchenemission
- Pulsarwindnebel

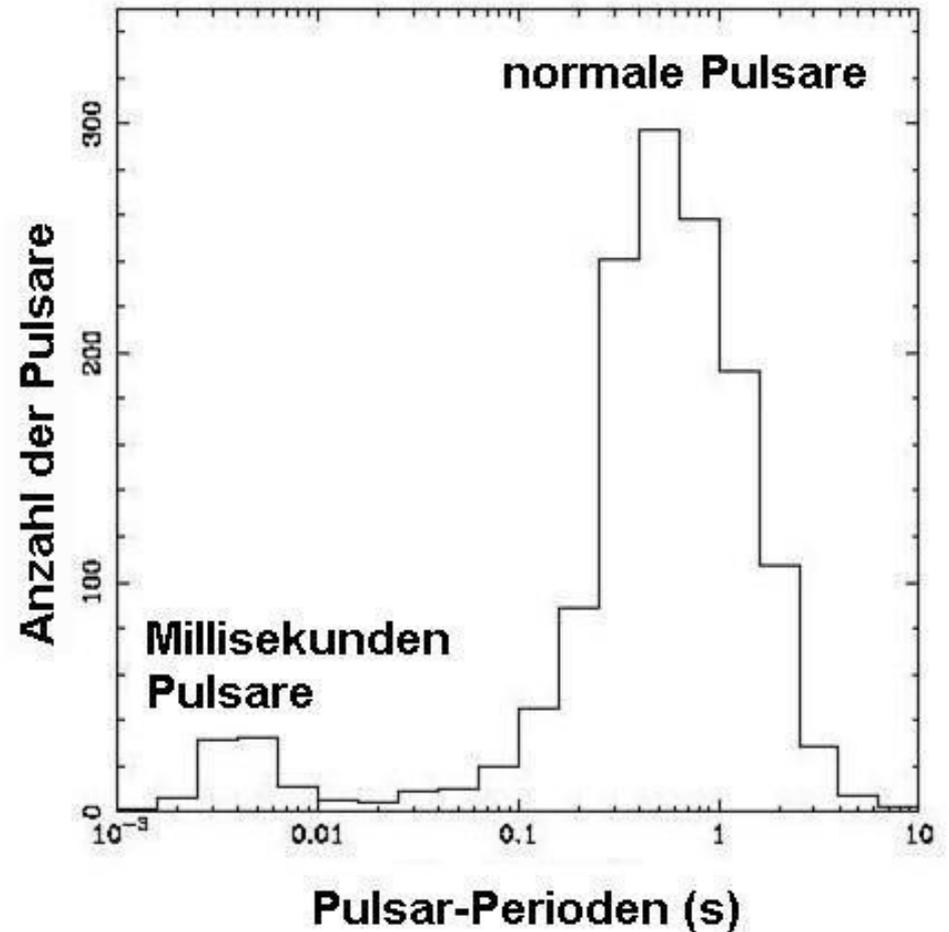
Historischer Überblick

- 1932: Landau , 1934: Baade und Zwicky
 - Existenz von Neutronensternen
 - Wie soll man ein 10km großes Objekt entdecken?
- 1967: Franco Pacini
 - Vorhersage der Existenz von „Pulsaren“
- 1968:
 - Veröffentlichung der Entdeckung von Jocelyn Bell und Anthony Hewish
 - 1974: Nobelpreis für Anthony Hewish

Eigenschaften

- Pulsperiode:
 - Millisekundenpulsare:
 $P \simeq 1,5...10 \text{ ms}$
 - Normale Pulsare:

$$P \simeq 0,1...4 \text{ s}$$



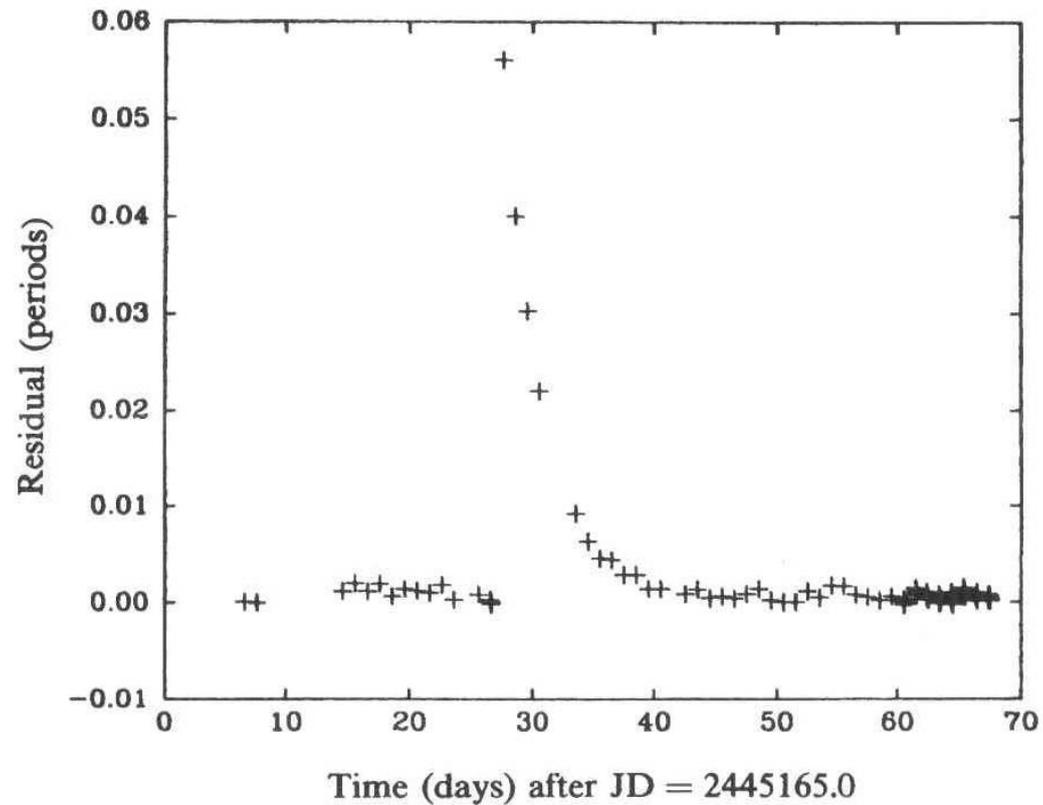
- Extrem genaue Perioden:

- PSR B 1937+214:

$$P = 1,55780644887275 \pm 0,0000000000000003 \text{ ms}$$

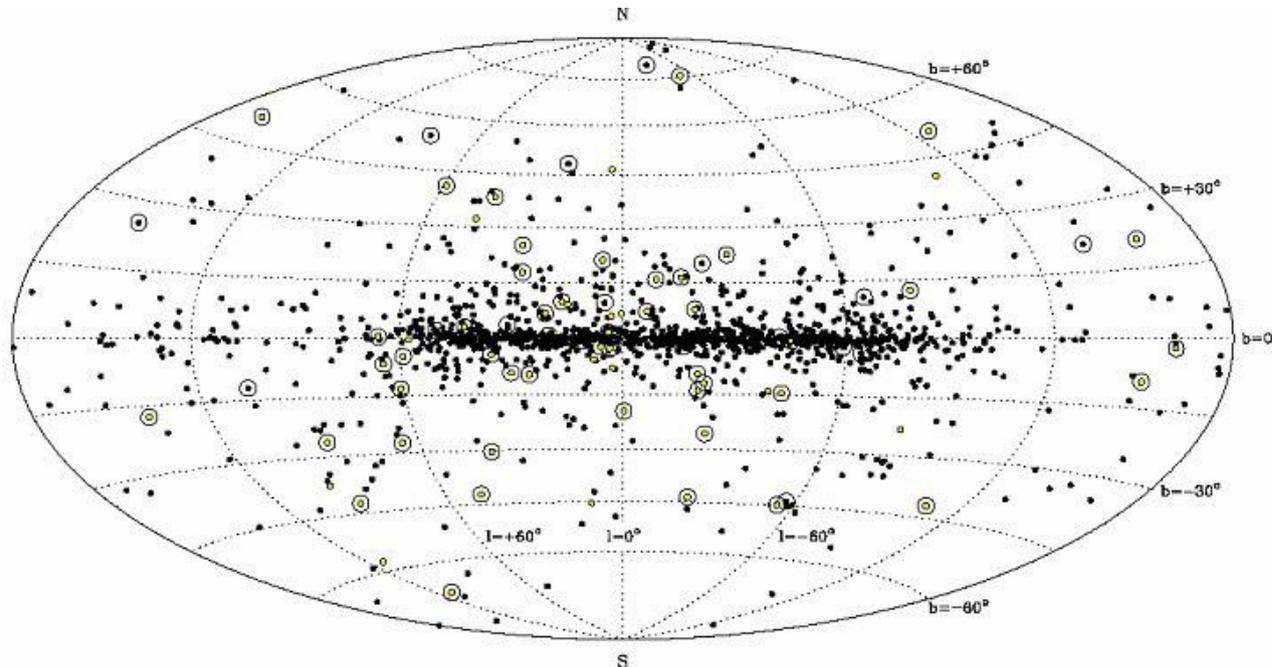
Eigenschaften

- Anstieg der Pulsperiode: $\frac{d\Omega}{dt} < 0$ mit $\Omega = \frac{2\pi}{P}$
- „Glitch“



[c] Glitch am Velapulsar

Population

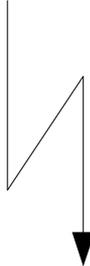


[c]

- Bisher ca. 1600 Pulsare entdeckt
- Konzentration um die galaktische Ebene
- Vermutlich: 10^4 - 10^5 Pulsare in der Galaxie

Zusammenführung von Theorie und Messung

- Verschiedene Möglichkeiten konnten ausgeschlossen werden
 - Doppelsternsysteme:
 - Umlaufbahn wäre zu klein
 - Pulsierende Sterne:
 - Weißer Zwerg zu groß → 10...1000s
 - Neutronenstern zu klein → 0,0001s
- Rotierende Sterne:
 - Berechnungen ergeben: wegen Masse und Durchmesser
 - Nur Neutronenstern kommt in Frage

$$\frac{d\Omega}{dt} < 0$$


Der Krebs-Pulsar

- Supernova 1054
- Erste Assoziation eines Pulsars mit einer Supernova (Neutronensterne)



- Entdeckung des Krebspulsars:
 $P=33\text{ms}$
- Änderung der Periode: $36,4\text{ns/Tag}$

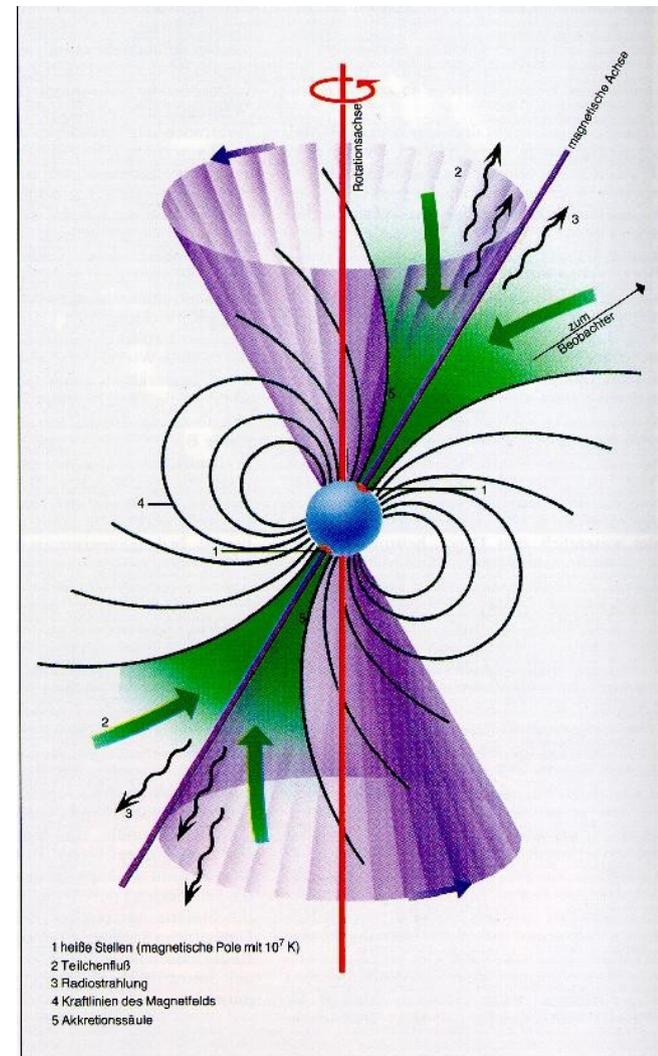
[a] Krebsnebel mit Pulsar: Composite:
X-Ray, Infrared, Optical

Entstehung

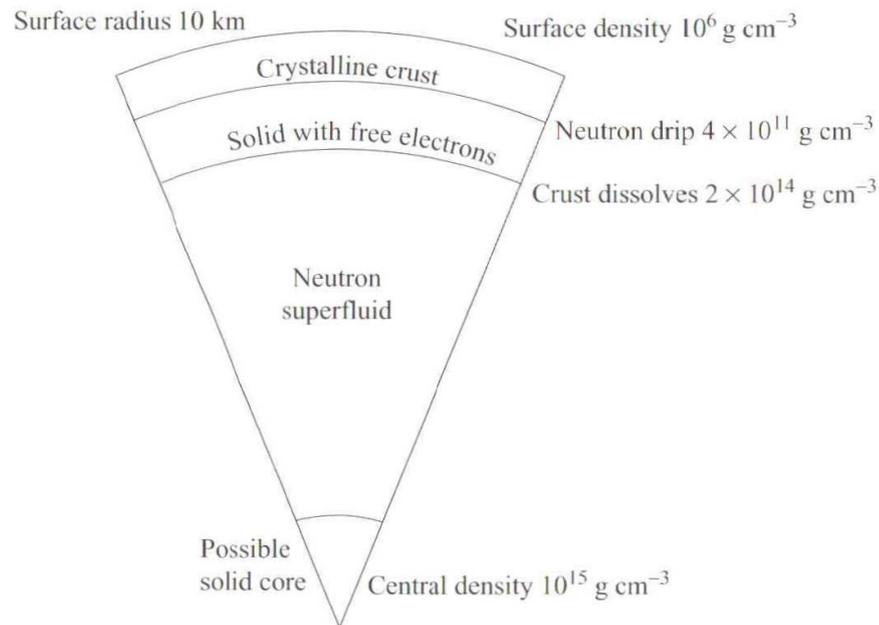
- Supernova Typ II
- Massereicher Stern:
 - Zentralbereich: $1,4M_{\odot} - 3 M_{\odot}$
 - Fusion bis Eisen
- Kern kollabiert: Neutralisation
 - Protonen und Elektronen rekombinieren
- Stabilität durch Entartungsdruck der Neutronen
- Entscheidend für Pulsar: Magnetischer Fluss + Drehimpuls erhalten

Was ist ein Pulsar?

- Ein sich sehr schnell drehender, hochmagnetischer Neutronenstern
- Dipolachse: elektromagnetische Strahlung
- Gepulste Strahlung durch Rotation



Neutronenstern



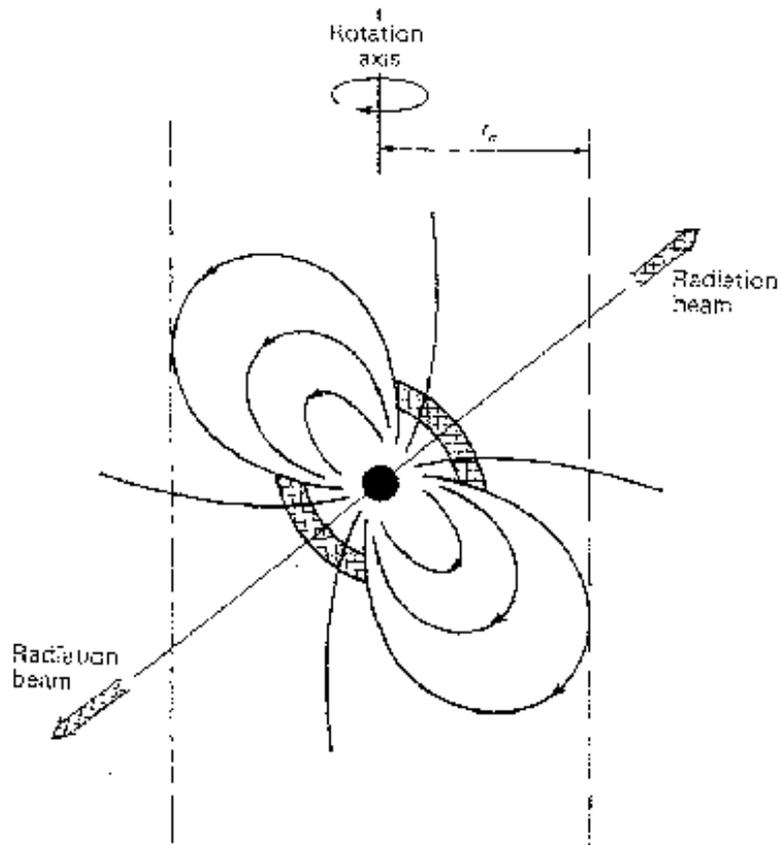
- Masse $\sim 1,4M_{\odot}$
- Radius $\sim 10 \dots 15 \text{ km}$
- Dichte: $\sim 10^{14} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
- Äußere Kruste und innen Neutronen
- Kern: Vermutungen
 - Mesonen
 - Gluonen, Quarks

[c] Aufbau

Millisekundenpulsare

- Pulsar befindet sich in einem Doppelsternsystem
- Massentransfer
- Drehimpuls wird übertragen
- Pulsar wird beschleunigt

Magnetischer Dipol



- Magnetfeld
 $10^8 - 10^{10} T$
- Pulsar wird als magnetischer Dipol betrachtet
- Energieverlust durch magnetische Dipolstrahlung

Charakteristisches Alter

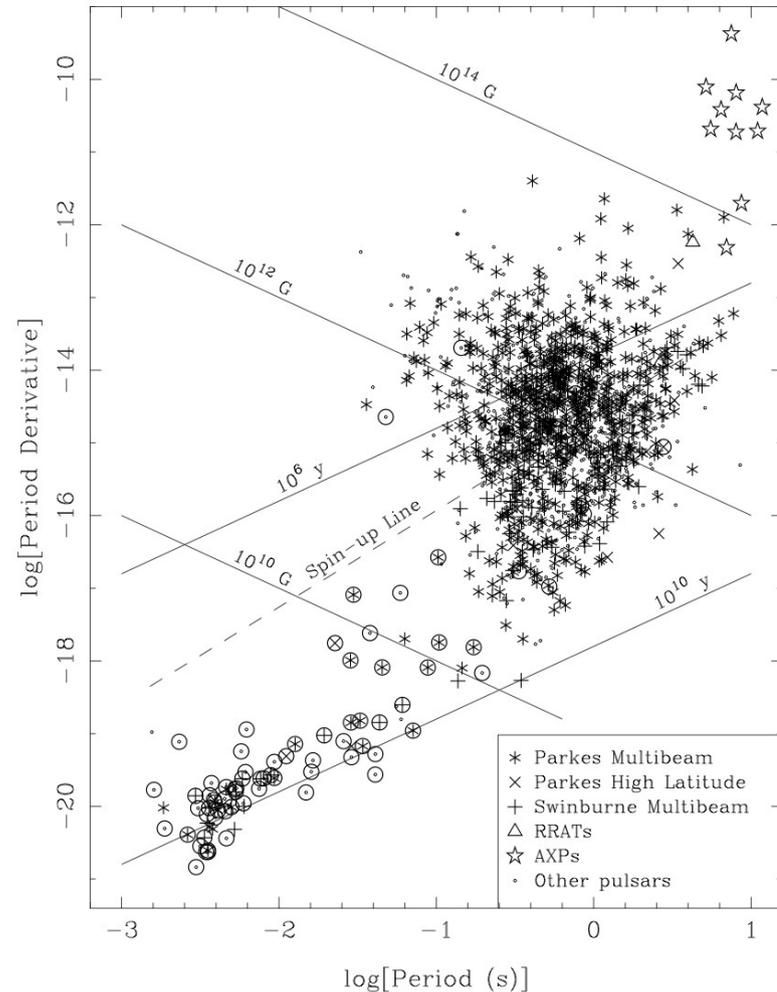
- Vereinfachte Annahme

$$\frac{d\left(\frac{1}{2} I \Omega^2\right)}{dt} = I \Omega \dot{\Omega} = \frac{2}{3} M^2 \sin^2 \alpha \Omega^4 c^{-3}$$

$$\dot{\Omega} = -\kappa \Omega^3 \quad \Omega = \frac{2\pi}{P}$$

- Charakteristisches Alter

$$\tau = \frac{P}{2\dot{P}}$$



Energieverlust durch Teilchenemission



- An den Polen treten relativistische Teilchen aus
→ Pulsarwind
- Rotationsenergie geht verloren

[a] Krebs

Überblick

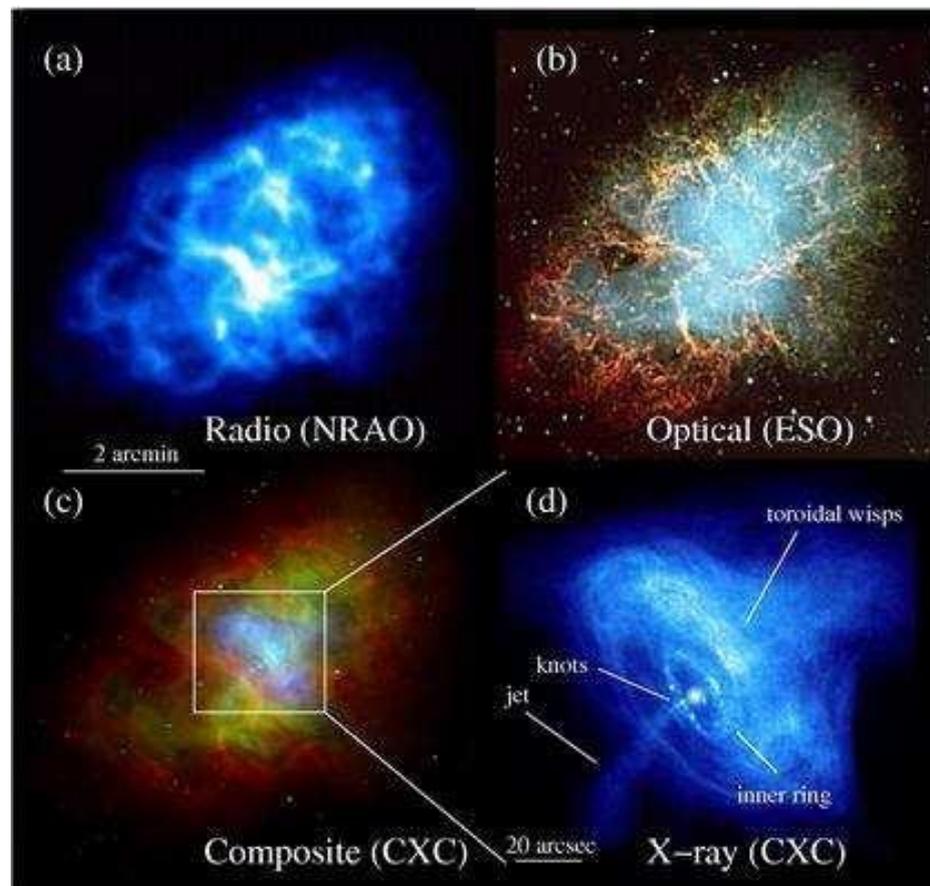
- Pulsare
- Pulsarwindnebel (PWN)
 - Beobachtungen
 - Was ist ein PWN?
 - Energieverluste



Krebsnebel im
Optischen [VLT]

Pulsarwindnebel: Beobachtungen

- Beobachtungen am Krebsnebel:
Emission in allen Wellenlängen



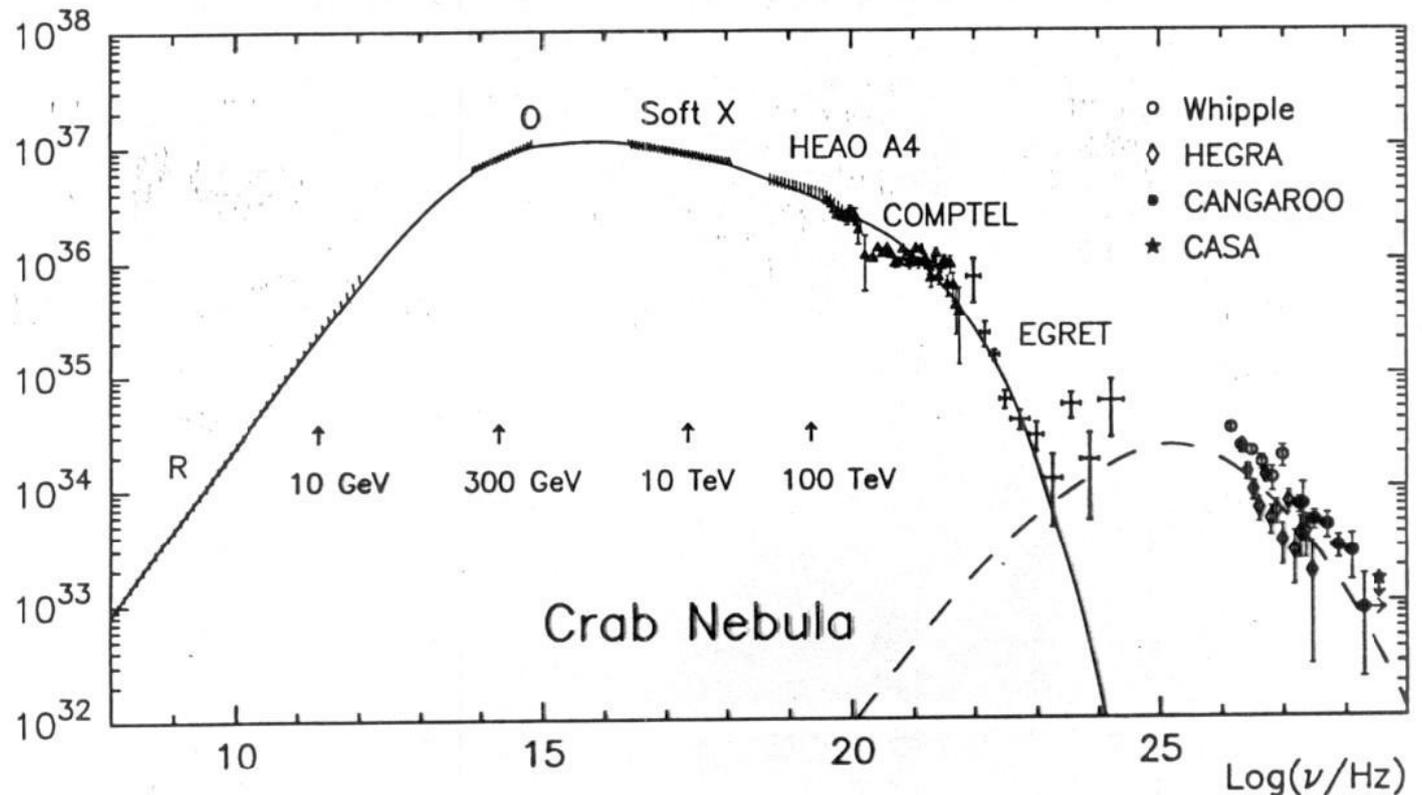
[b] Krebsnebel in allen Wellenlängen

Breitband-Spektrum des Krebsnebels

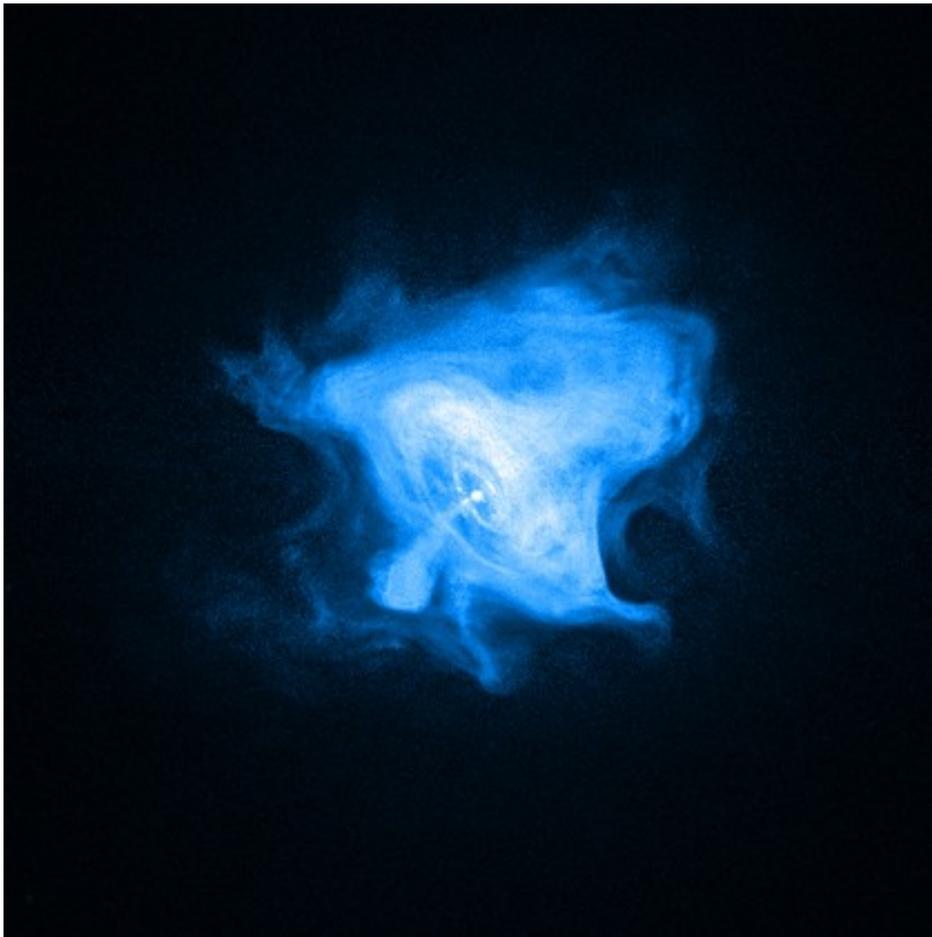
Luminosität: $L = \int F_\nu d\nu = \int \nu F_\nu \frac{d\nu}{\nu} = \ln 10 \int \nu F_\nu d \log \nu$

Einheiten: $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J} = 1,6 \text{ TeV}$

$F_\nu \nu [erg/s]$



Pulsarwindnebel (PWN)



- Plasma von relativistischen Teilchen
- Junge Pulsare:
~20000 Jahre

$$\dot{E} > 4 \cdot 10^{36} \frac{\text{erg}}{\text{s}}$$

[a] Krebspulsar mit Nebel im Röntgenbereich

Energieverluste

- Plasma von relativistischen Teilchen
- Energieverluste der Teilchen durch:
 - Synchrotronstrahlung
 - Inverser Comptoneffekt
 - Adiabatische Expansion

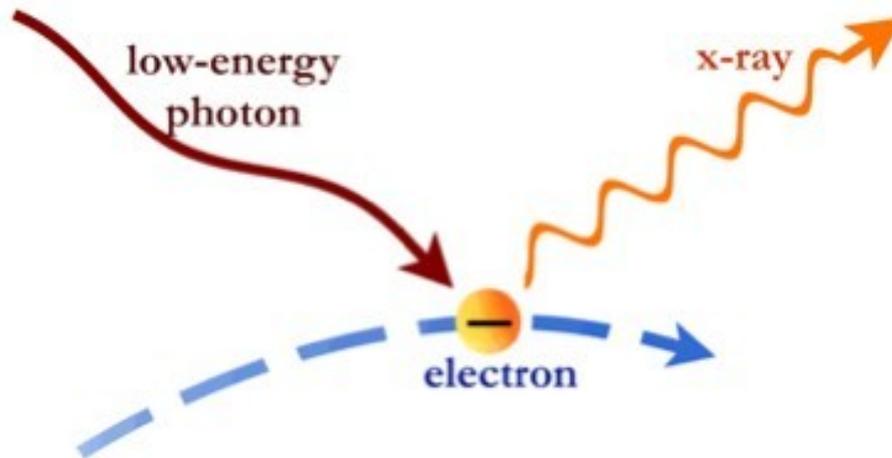
Synchrotronstrahlung



- Abstrahlung durch Richtungsänderung
- Strahlkegel in Bewegungsrichtung
- Kontinuierliches Spektrum

Inverser Comptoneffekt

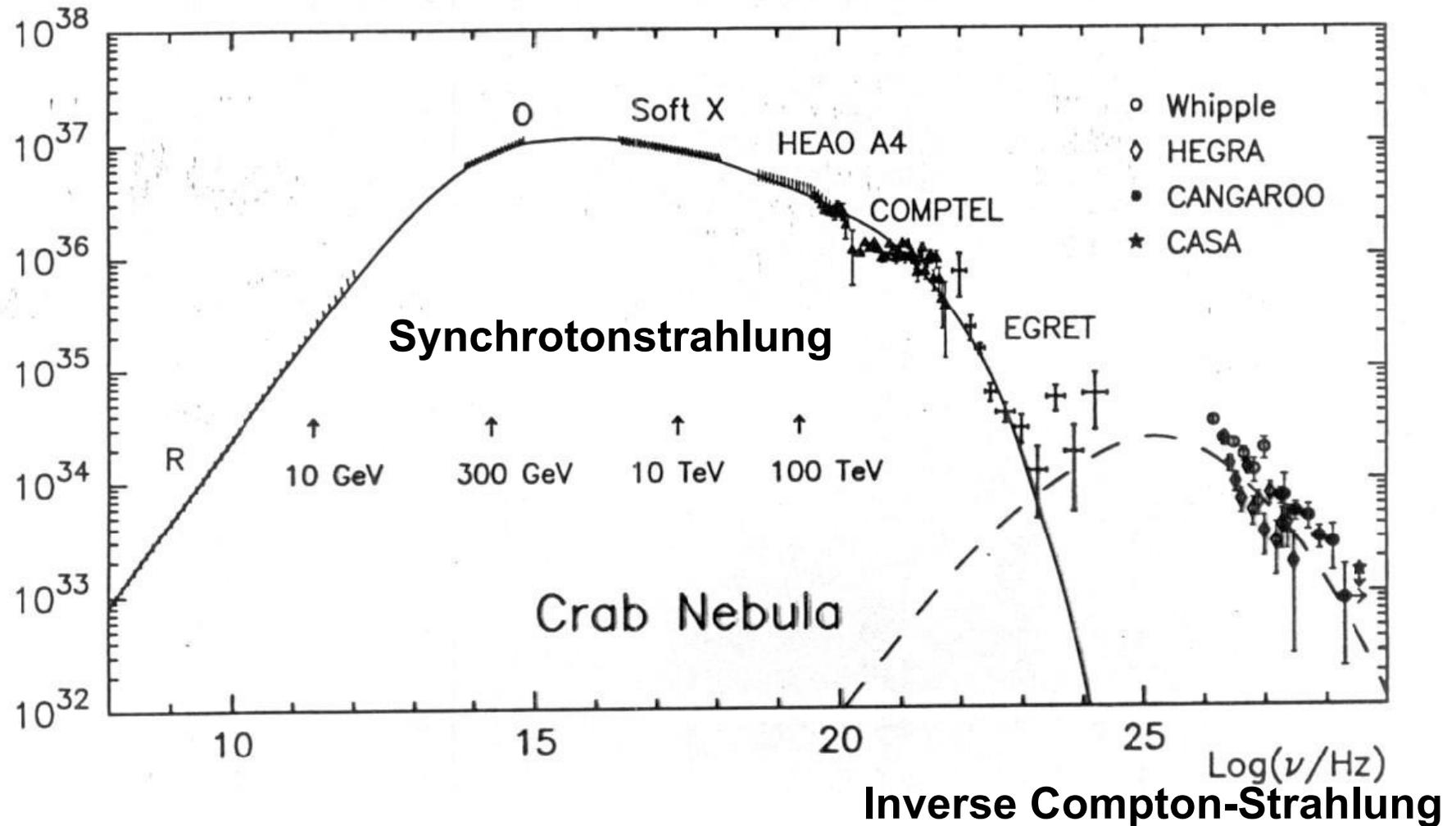
- Streuung eines Photons an einem ultrarelativistischem Elektron im TeV Bereich



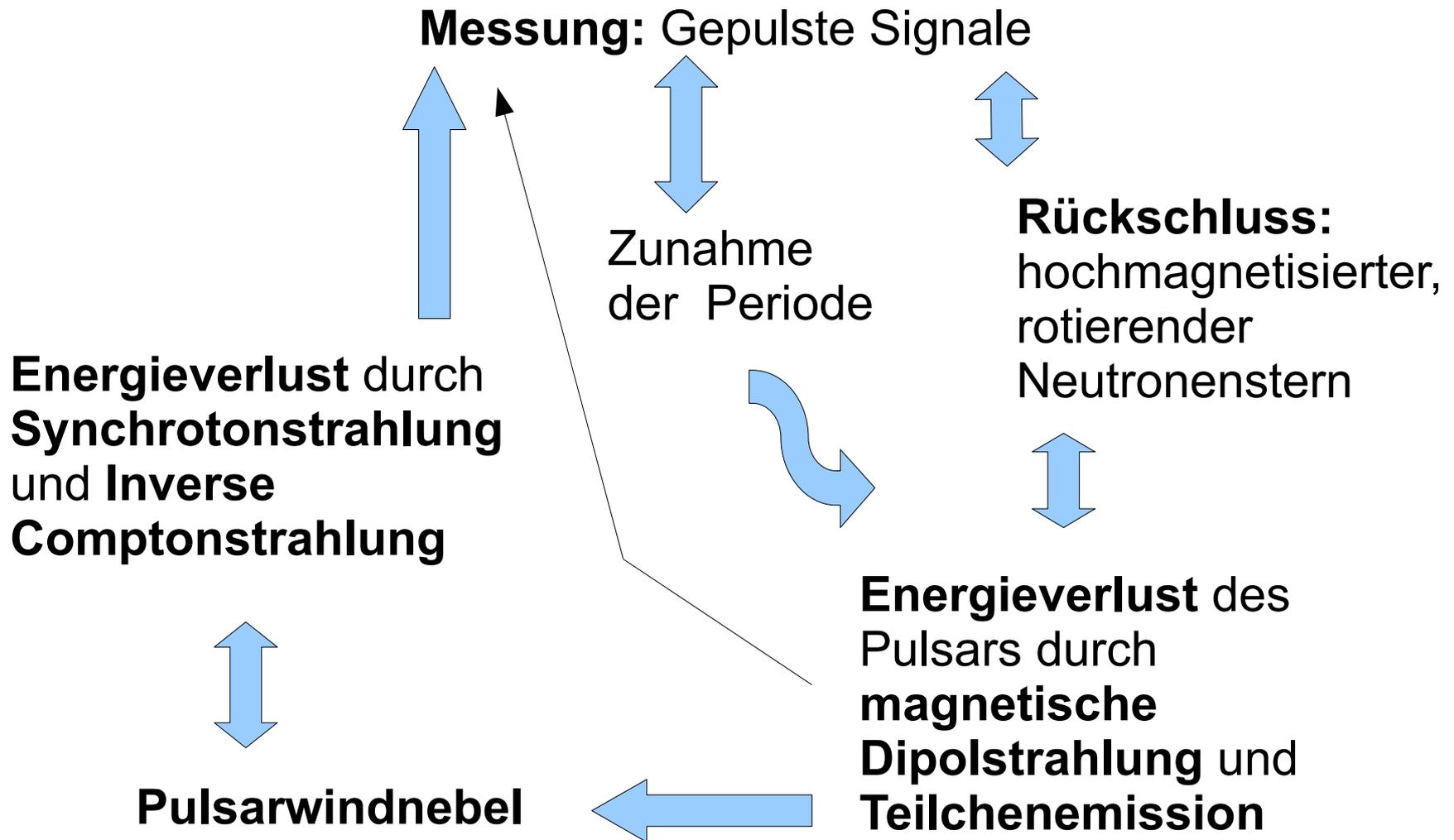
- Elektron überträgt Energie an Photon

Breitband-Spektrum des Krebsnebels

$F_\nu \nu$ [erg/s]



Zusammenfassung



Literaturverzeichnis

- [1] Pulsar Astronomy, Cambridge Astrophysics Series 31, Lyne und Graham-Smith, 1998
- [2] Gaensler und Slane; The Evolution and Structure of Pulsar Wind Nebulae;
<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0601081>

Bilder

- [a] <http://chandra.harvard.edu/>
- [b] Gaensler und Slane; The Evolution and Structure of Pulsar Wind Nebulae;
<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0601081>
- [c] Pulsar Astronomy, Cambridge Astrophysics Series 31, Lyne und Graham-Smith, 1998