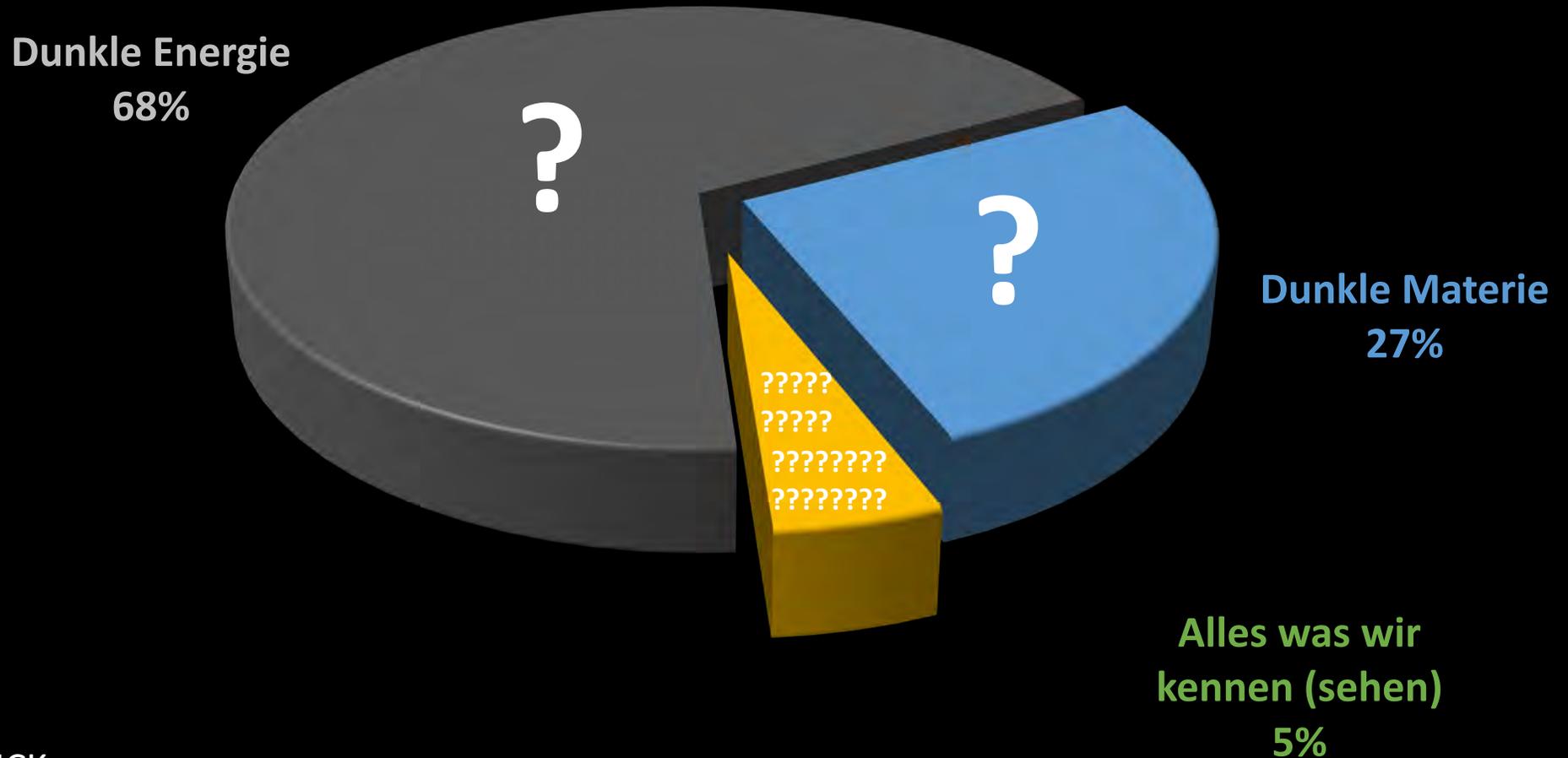
The background of the slide is a vibrant cosmic scene. It features a dense field of stars in various colors, including blue, red, and purple. Overlaid on this are intricate, glowing filaments of gas and dust in shades of yellow, orange, and red, resembling the cosmic web or a nebula. The overall effect is a rich, multi-colored starry sky.

Was macht eigentlich die theoretische Astroteilchenphysik?

Anatoli Fedynitch
(DESY THAT/NEUCOS)

Massenverteilung im Universum



Quelle: PLANCK

Licht als Informationsträger

Um Licht, das von "Etwas" ausgeht sehen zu können, muss dieses "Etwas" Licht ABSTRAHLEN.



NASA Multiwavelength Milky Way

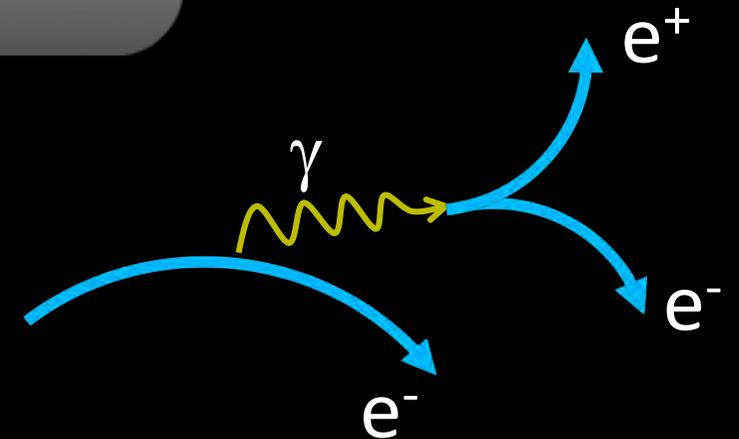
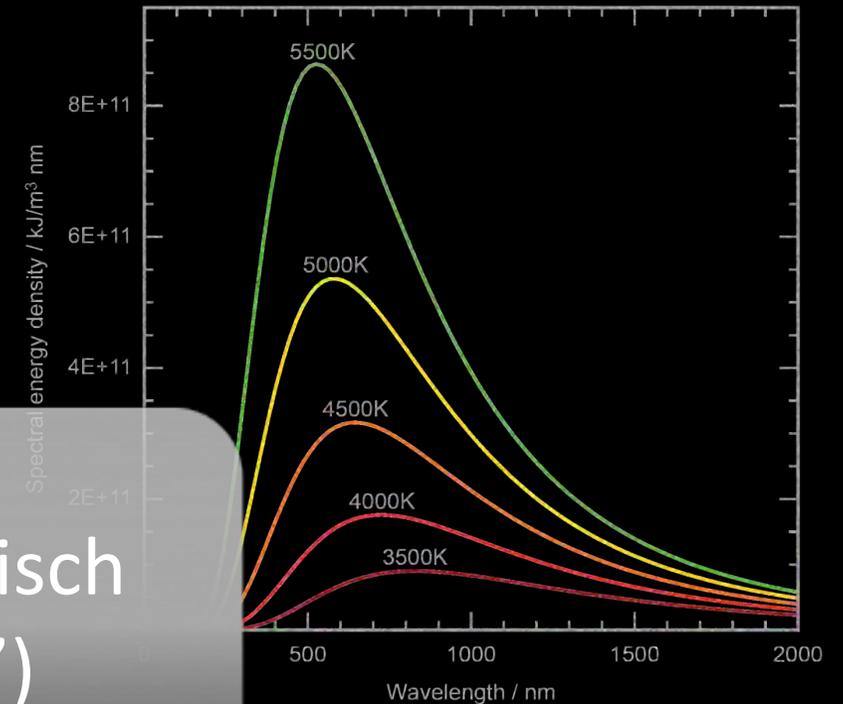
Emission und Absorption

- (Elektromagnetische) Strahlung wird emittiert, wenn
 - Sichtbare Materie eine Temperatur > 0 K besitzt und der elektromagnetischen Wechselwirkung unterliegt
 - Elektrische Ladung sich in beschleunigter Bewegung befindet
 - Teilchenprozesse stattfinden, die Materie in Licht konvertieren

- Strahlung wird absorbiert, wenn
 - Materie im Weg ist (z.B. Nebel), d.h. Licht konvertiert in (thermische) Bewegungsenergie
 - Elektromagnetisches Potenzial (z.B. Magnetfelder) Licht in Materie konvertiert
 - Teilchenprozesse stattfinden, die Licht in Materie konvertieren

Vom Prinzip identisch
(„symmetrisch“)

Temperaturstrahlung



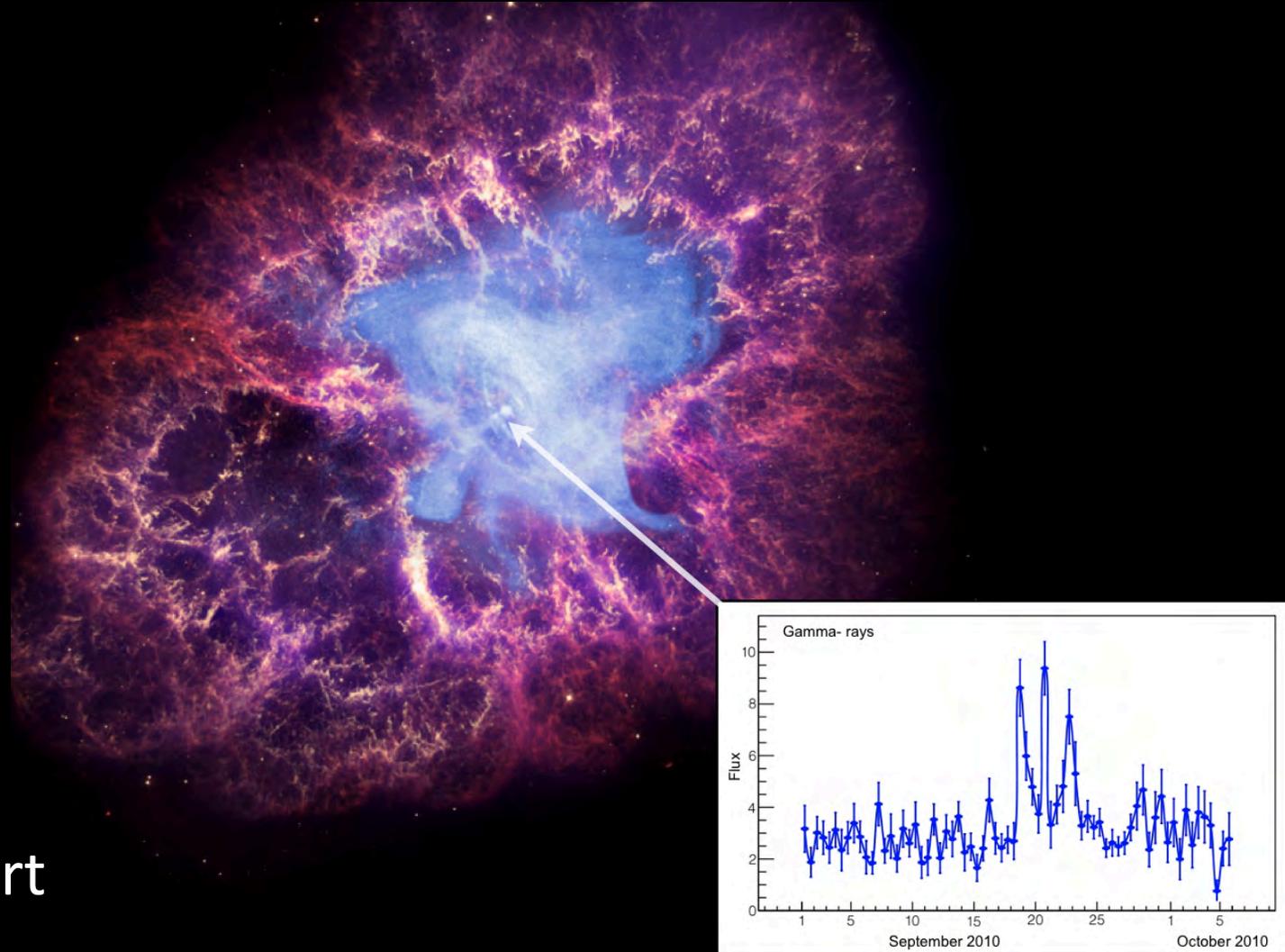
Das Besondere an hohen Energien

- Die Präsenz hochenergetischer Strahlung (Röntgen + Gamma) deutet auf
 - die Präsenz von Teilchen,
 - die Beschleunigung von Teilchen,
 - und auf relativistische Geschwindigkeiten hin,
 - d.h. auf nicht-thermische Prozesse.
- Es kann nicht durch besonders heiße oder besonders schnelle nicht-relativistische Quellen auf Grund ihrer Temperatur oder Bewegung emittiert werden

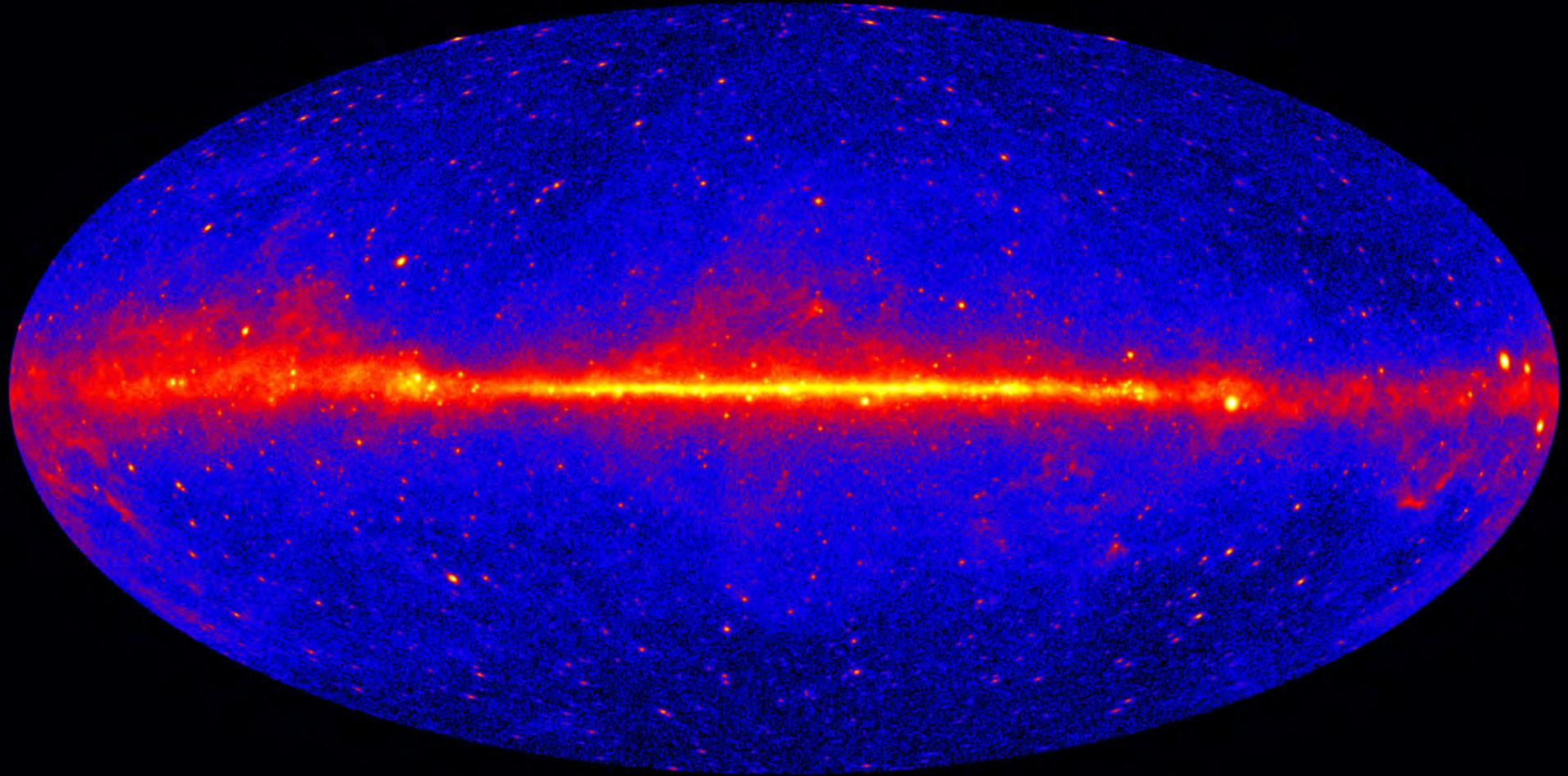
Astro + Teilchen = Astroteilchenphysik

Krebsnebel als "Standardkerze"

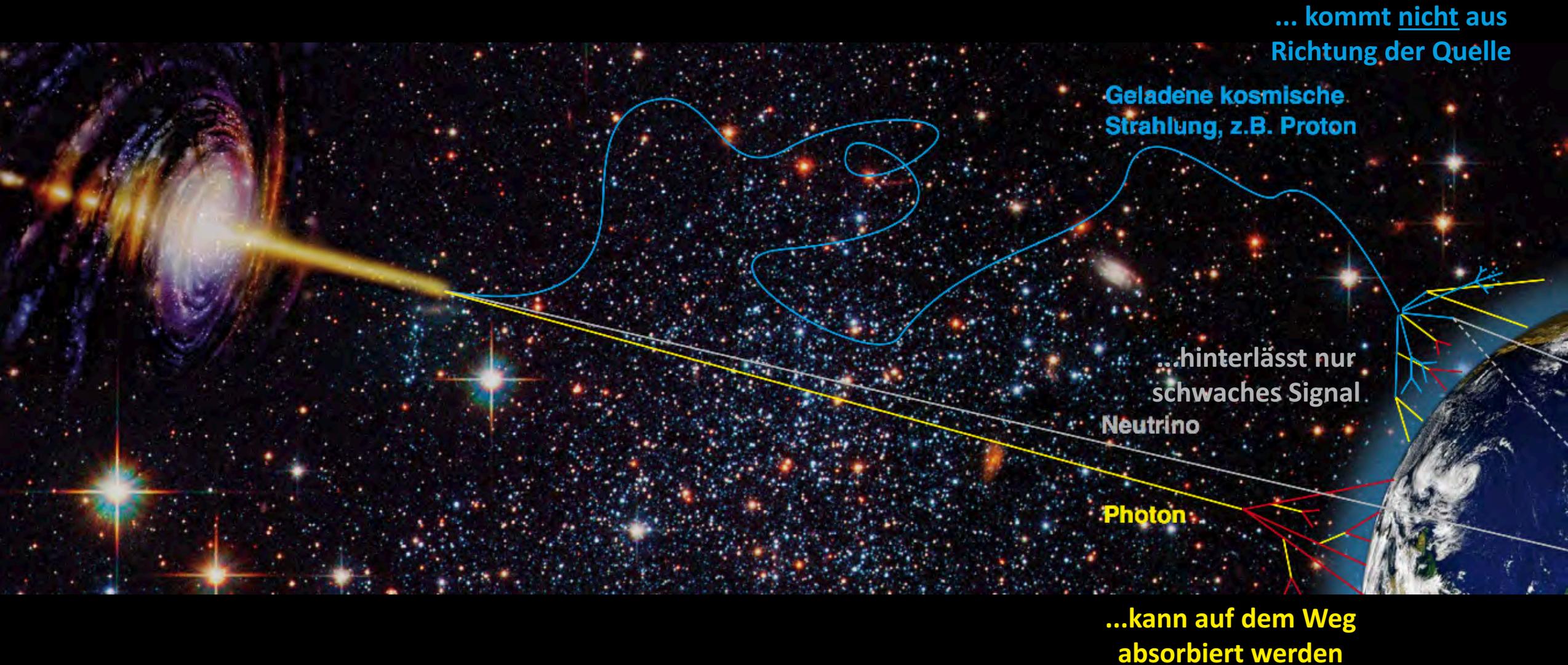
- Stern als Supernova explodiert (1054 n.Chr.)
- Neutronenstern rotiert und bläst (Elektronen-) Wind gegen Überreste
- Gutes Studienobjekt (Standardkerze):
 - Alter bekannt
 - Entfernung bekannt
 - Zentrale/einzelne Quelle
- Erst vor wenigen Jahren als Teilchenbeschleuniger identifiziert



Identifizierte Quellen hochenergetischer Strahlung



Wo sind die Teilchen?



Bahnen kosmischer Strahlen



Was macht die Theorie?

- Astronomie = Beobachtung, Vermessung, Methoden...
- klassisch: Astrophysik = Modellierung + Interpretation + Verifikation (grundsätzlich theoretisch)
- Heutige Theorie: meist Modellierung astrophysikalischer Prozesse und Quellen (Computer)

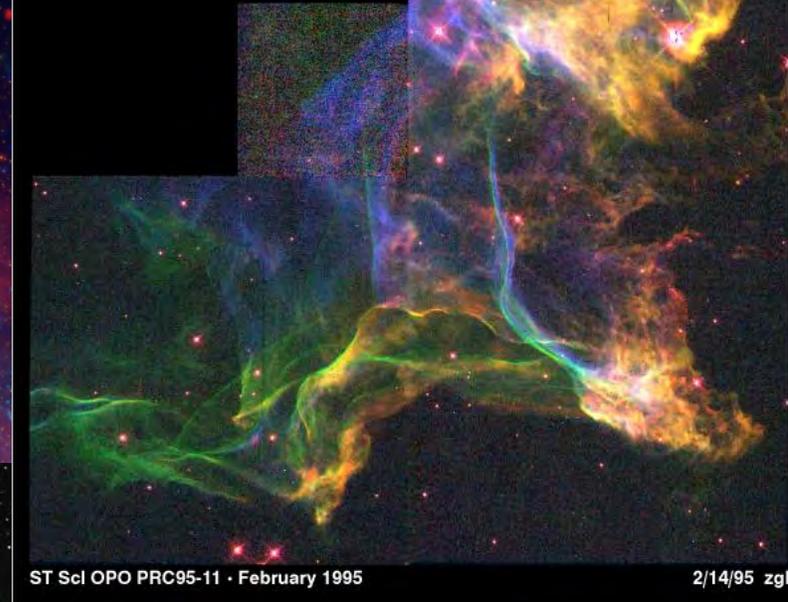
Im Folgenden: ausgewählte (DESY) Disziplinen und aktuelle Fragestellungen

Hydrodynamik

- Sterne: stark komprimiertes Gas
- Interstellares Medium: Gas
- Verhalten entspricht Flüssigkeit bei grober Betrachtung (kontinuierliches Limit)
- Hydrodynamik: Wissenschaft der Gase und Flüssigkeiten
- Sehr hoher Rechenaufwand (MCPUh)

Quelle: Spitzer

Cygnus Loop
HST · WFPC2



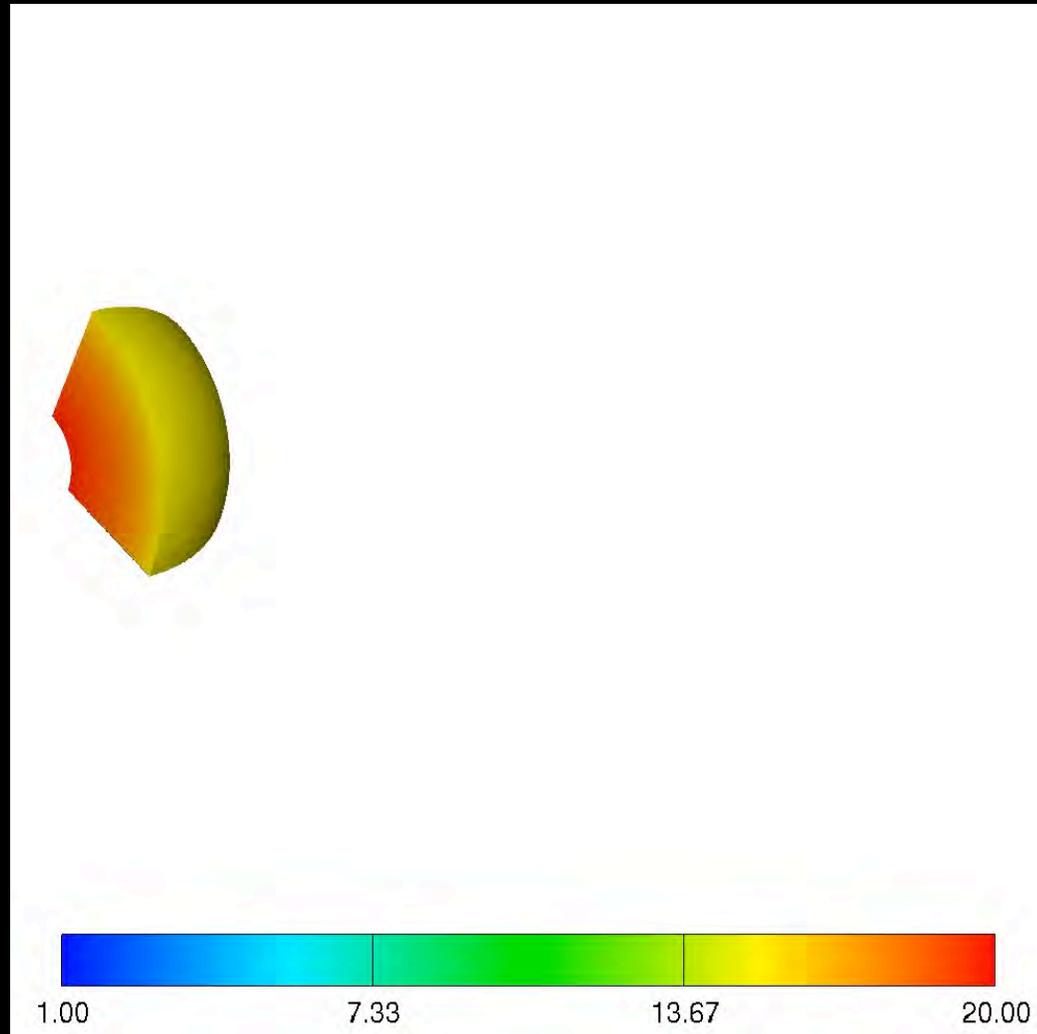
ST ScI OPO PRC95-11 · February 1995

2/14/95 zgl



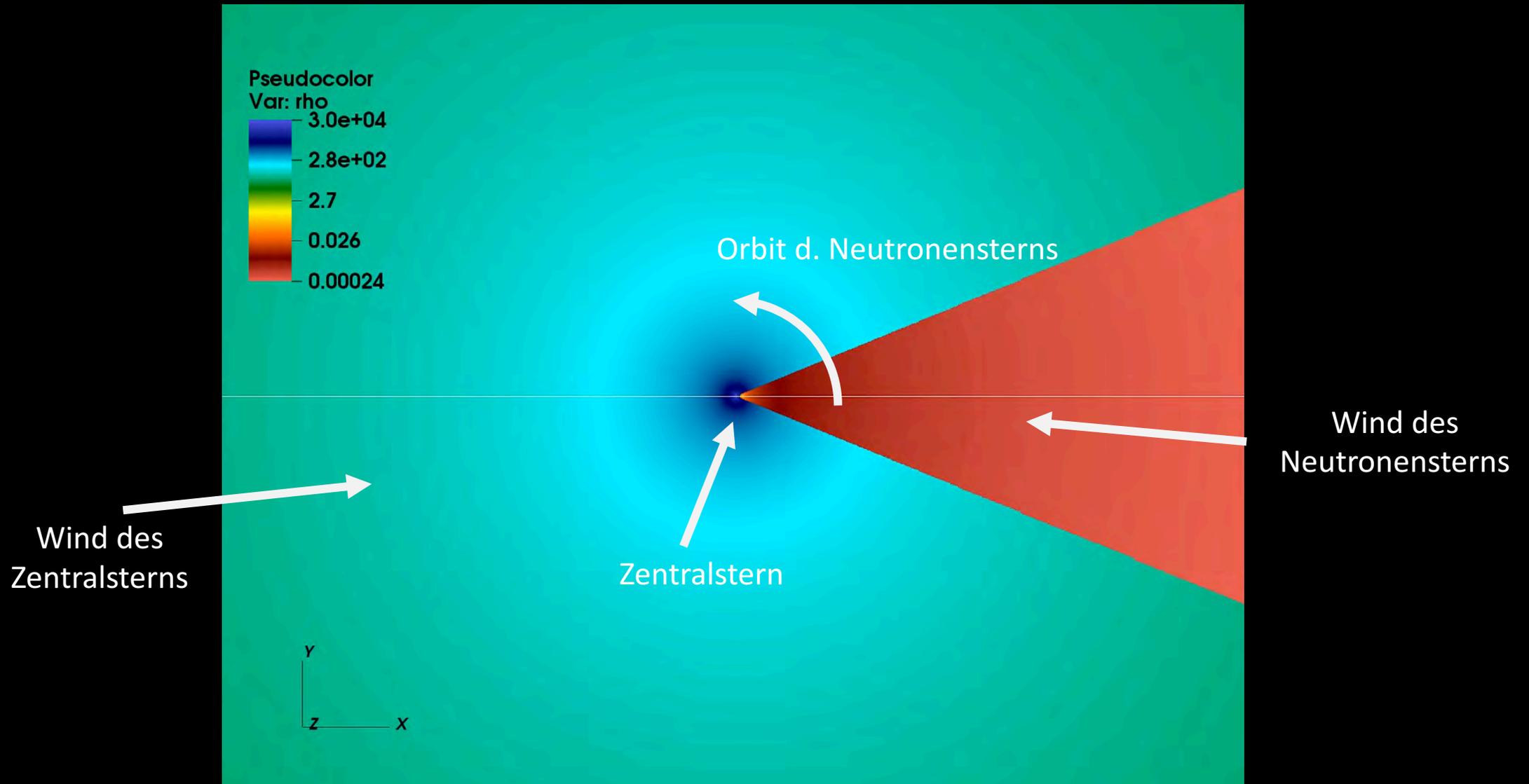
Quelle: Spitzer

Neutronenstern im Zentrum seines Vorgängers

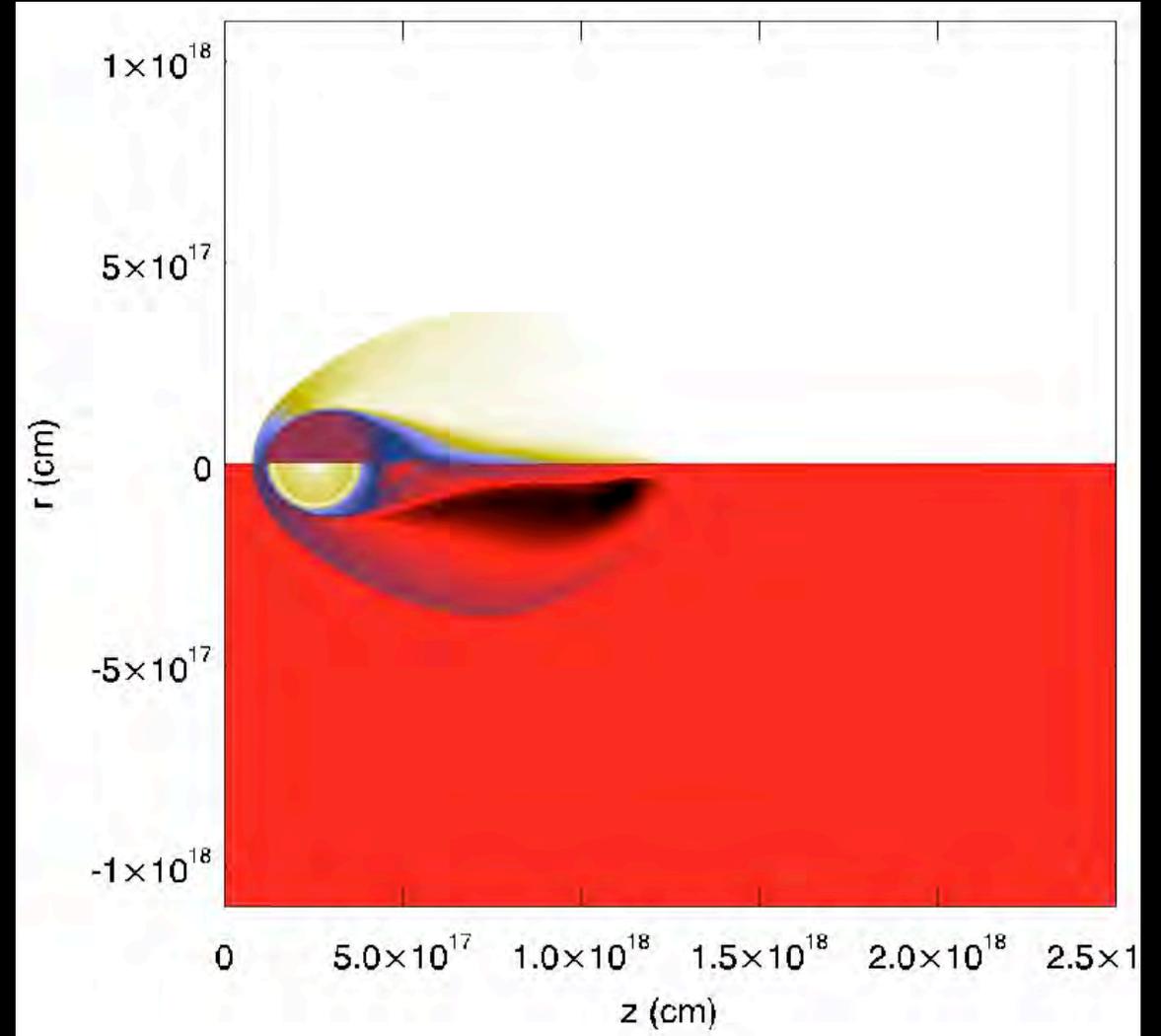
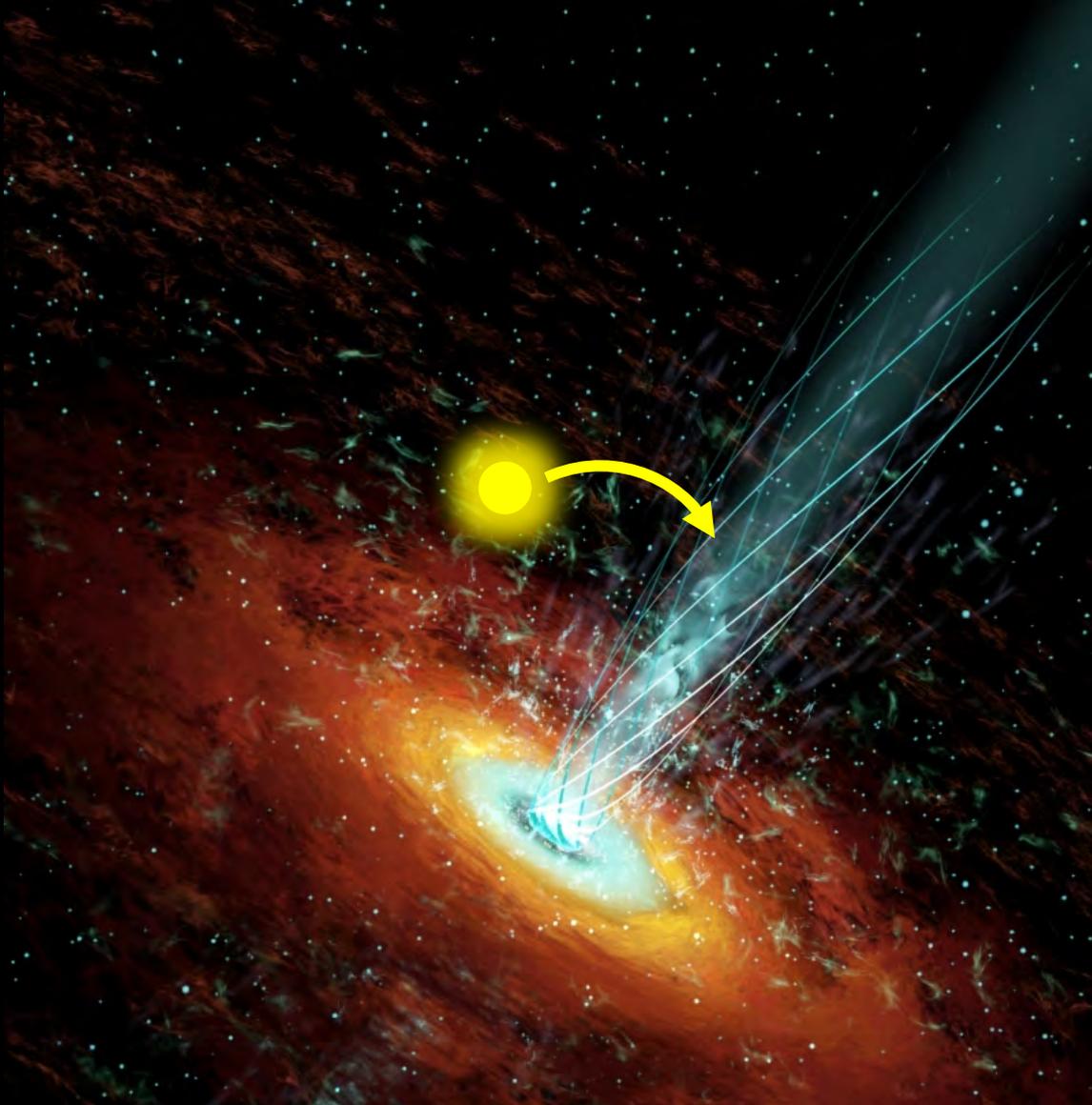


- Präzedierenden Neutronenstern im seinem Vorgängerstern ($14 M_{\odot}$)
- Durchsichtige Flächen: Lorentzfaktor = Windgeschwindigkeit
- Farbflächen: Dichte

Neutronenstern umkreist normalen Stern

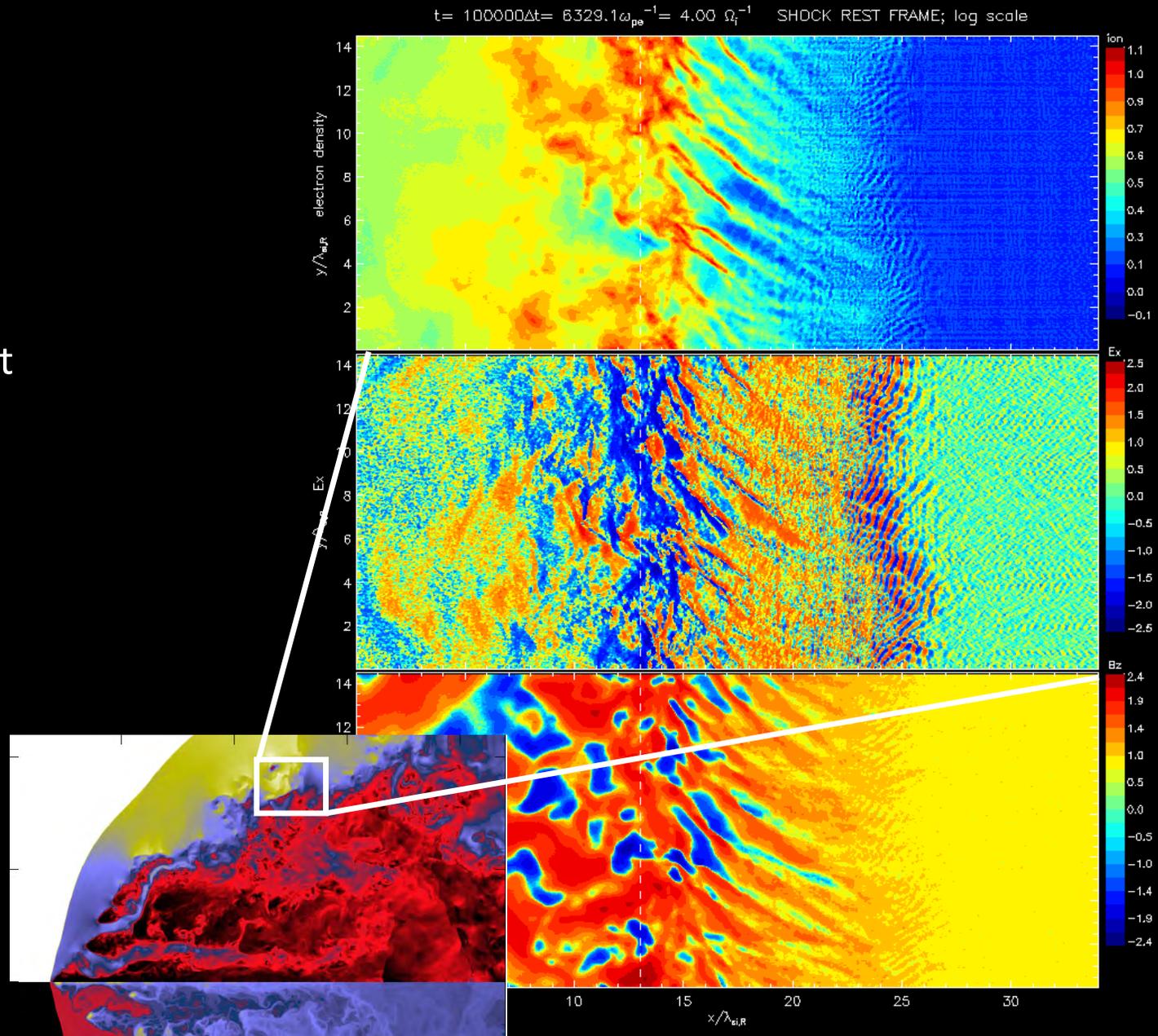


Stern durchquert einen AGN Jet



Plasmaphysik

- Particle in Cell (PIC) Simulationen:
 - Hoher Rechenaufwand
 - sehr kleine Bereiche
 - Dafür aber hohe Auflösung/Genauigkeit
- Mikroskopisches Verhalten astrophysikalischer Plasmen
- Bedingungen für Teilchenbeschleunigung?
- Gruppe Martin Pohl (THAT)



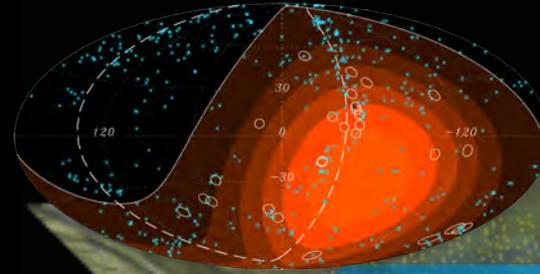
Entstehung vom Plasmawellen durch Instabilitäten



Multi-Messenger

HESS, CTA,...

Gamma-Astronomie

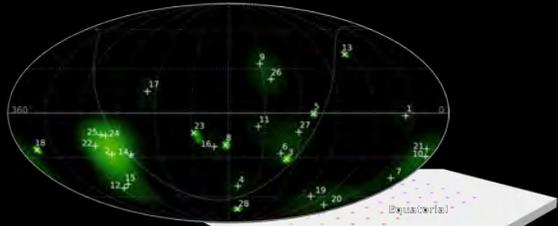
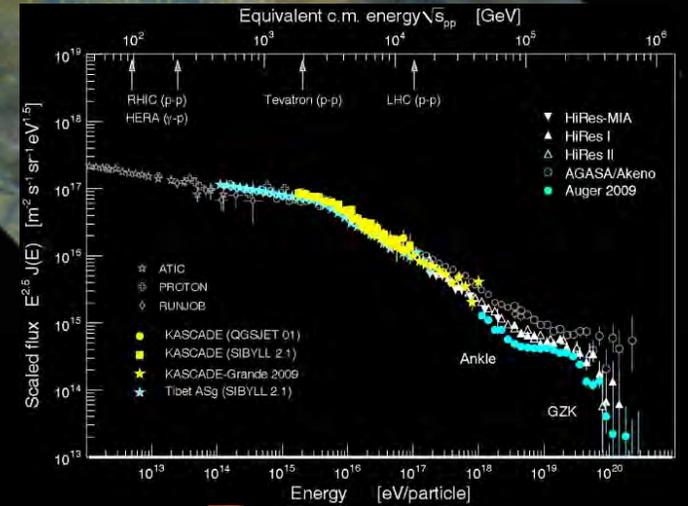


Kosmische Strahlen

Pierre Auger,
TA, IceTop,...

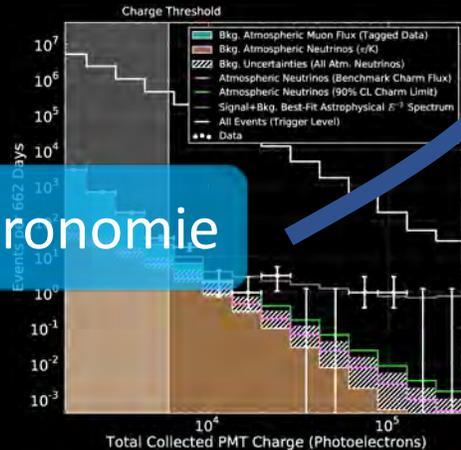
Gibt es gemeinsame Quellen?

Können wir unterschiedliche
Beobachtungen für ganzheitliches
Verständnis nutzen?



IceCube,
IC Gen-2,
KM3NeT

Neutrino-Astronomie



Gravitationswellen??

Advanced LIGO,
LISA, ET,...



Strahlungsmodelle

Gruppe THAT/NEUCOS
Walter Winter

Abstraktion!

Zu komplex um alle Details in einer
Simulation zu berücksichtigen!

Beschleunigungszone

Strahlungszone

Atomkerne

Licht

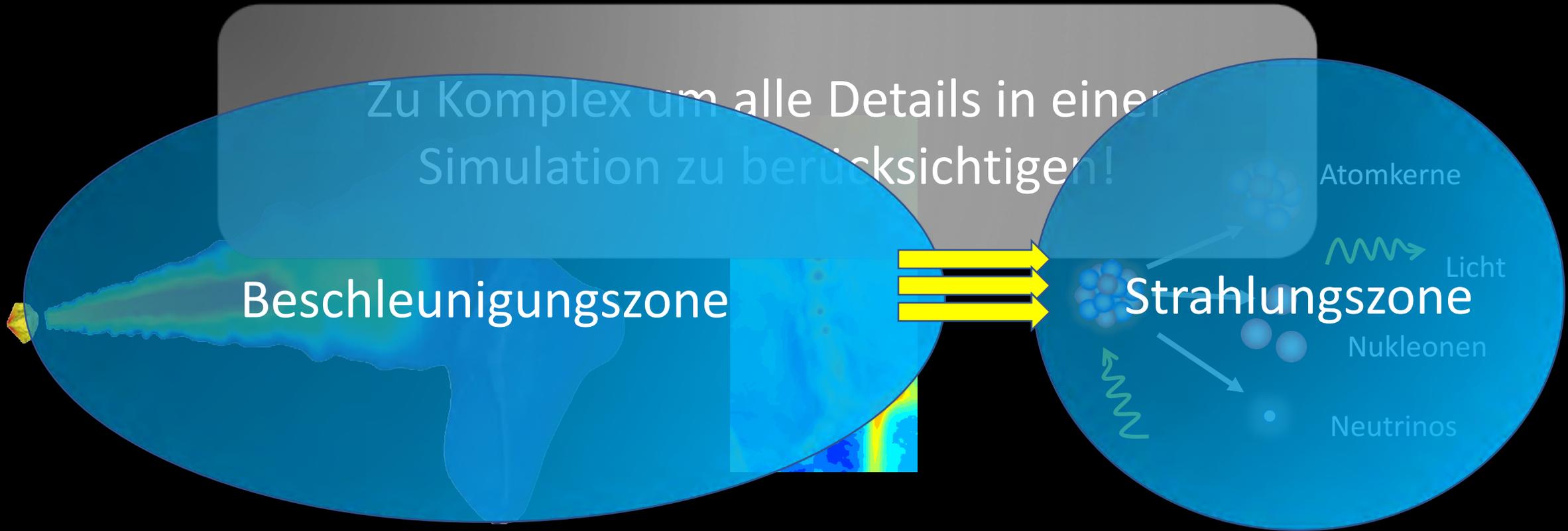
Nukleonen

Neutrinos

Emission von Energie und Materiewellen

Teilchenbeschleunigung

Teilchen und Photonproduktion



Transportgleichungen



$$\frac{\partial N_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial E} (-b(E)N_i(E)) - \frac{N_i(E)}{t_{\text{esc}}} + \tilde{Q}_{ji}(E)$$

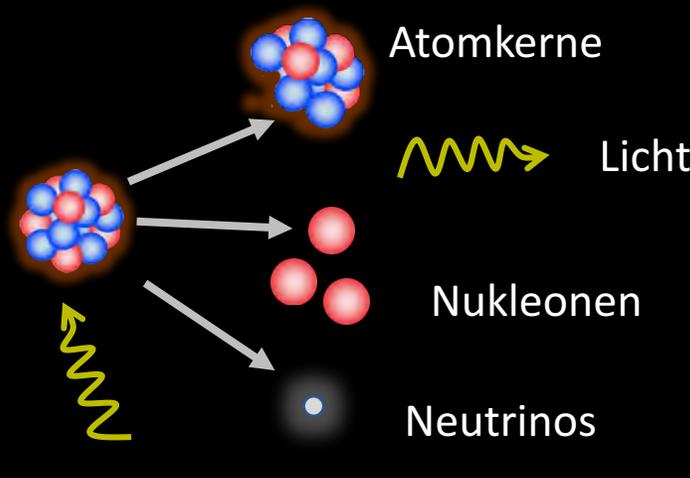
Veränderung der Anzahl einer Spezies in der Zeit

Energieverlust/Abstrahlung als Licht

Auströmen aus Strahlungszone

Einströmen aus Beschleunigungszone

Teilchen N_j aus Beschleunigungszone



Spezies N_i

Resümee

- Theoretische Astroteilchenphysik ist ein aktives und dynamisches Feld!
- Neue Generationen von Teleskopen, Neutrino- und Gravitationswellendetektoren könnten Nicht-Verstandenes erklären und zu unerwarteten Erkenntnissen führen
- Verfeinerung und Entwicklung immer besserer Modelle durch wachsende Zahl an Beobachtungen (Daten) und Rechenleistung
- Ganzheitliche Multi-Messenger Modelle und Simulationen noch „in Kinderschuhen“ mit viel Entwicklungspotenzial

Falls Sie das alles nicht interessiert,

**dann haben wir immerhin
die besten Animationen!!**