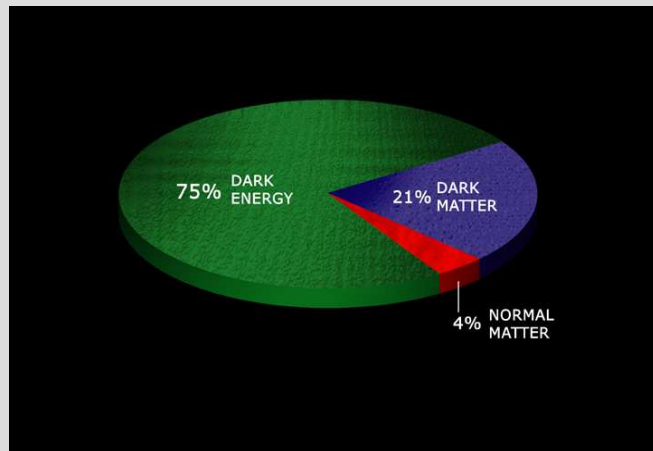


Signaturen der Dunkelmaterie in Weltraumexperimenten

Karl Mannheim
ITPA – Würzburg



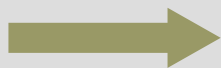
Dunkelmaterie



Hauptbestandteil der
Materie im Universum



Mikrophysikalische
Natur ?

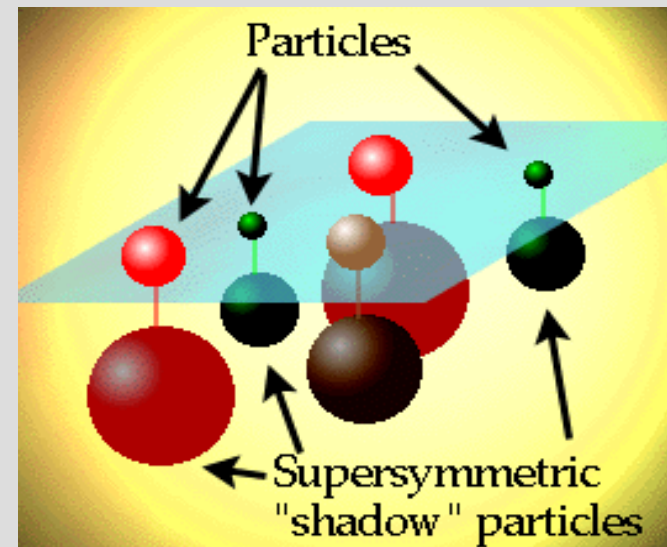
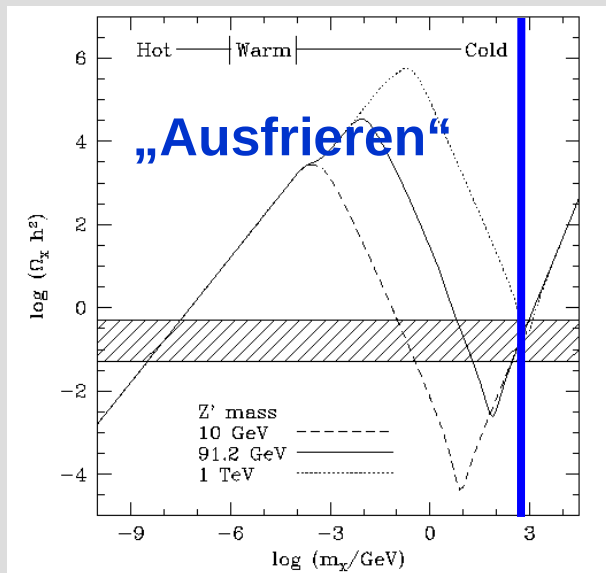


Laborexperimente: Direkte
Detektion, Erzeugung im LHC



Weltraumexperimente zur
indirekten Detektion

Masse der Dunkelmaterieteilchen



Lee & Weinberg

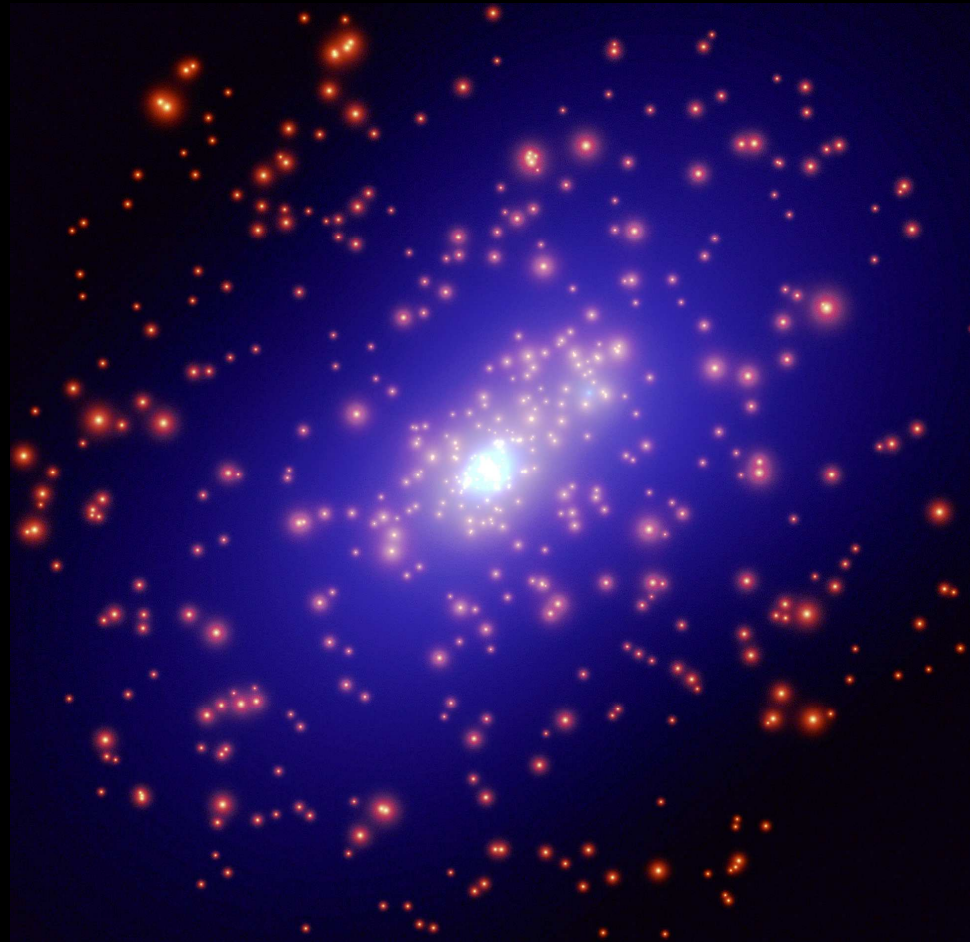
$$M_\chi = 2^{-1/4} G_F^{-1/2} = 246 \text{ GeV}$$

Wess & Zumino

Fundamentale Energieskala für **SUSY** Dunkelmaterie

Andere Kandidaten: **Axionen** (nichtthermisch, Nachweis durch Primakoff-Konversion in Röntgenstrahlen), **Kaluza-Klein** Moden (> TeV Gammastrahlung), **sterile Neutrinos** (50 keV, Röntgenstrahlung)

Verteilung “kalter” Dunkelmaterie im Galaxienhaufen Cl0024+1654 (credit: J.-P. Kneib/ESA)



Dunkelmaterie-Annihilation (DMA)

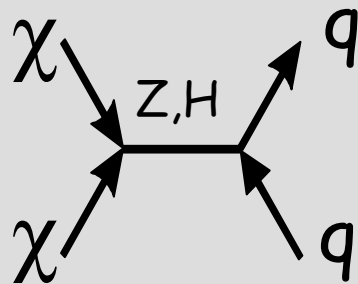
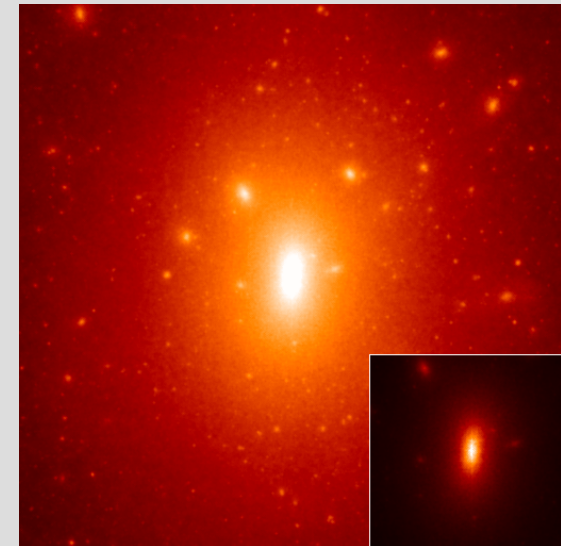
Springel et al.

Ausfrieren von Antiteilchen und Teilchen

Supersymmetrie: Majorana-Teilchen

Annihilation in Gebieten hoher Dichte

Emission von **Gammastrahlung und Positronen/Elektronen**



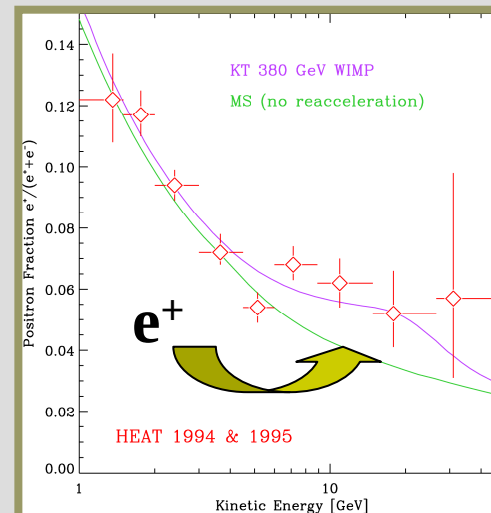
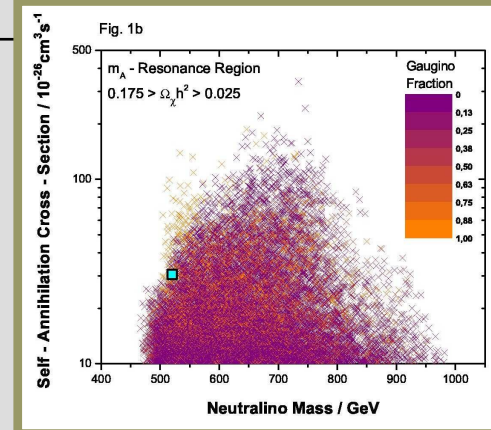
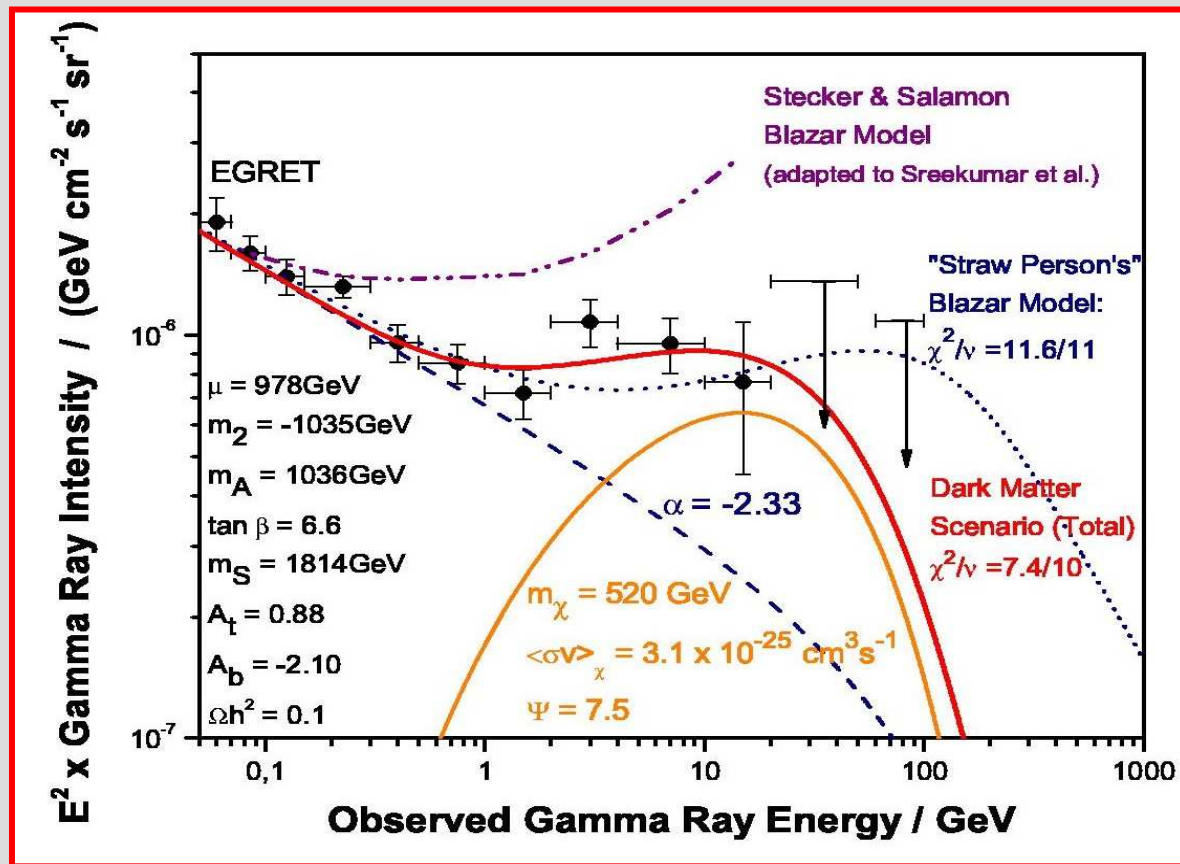
$$E_{\gamma,e} \sim M_{\chi}/20$$

→ DMA

Hintergrundstrahlung

MODELL FÜR DMA HINTERGRUNDSTRAHLUNG

Elsässer & Mannheim, PRL (2005)



Signatur: Fluktuationen der DMA Hintergrundstrahlung (Ando et al. 2006)

Charakteristische Energien der sekundären Gammastrahlung

- Prompt (Schleifen-unterdrückt)

$$E_{\gamma} \sim M_{\chi} \sim 250 \text{ GeV}$$

- Pionenzerfall

$$E_{\gamma} \sim M_{\chi}/20 \sim 10 \text{ GeV}$$

- Inverse-Compton Streuung von Photonen der Mikrowellenhintergrundstrahlung

$$E_{\gamma, \text{IC}} \sim 4/3 \epsilon_{3K} (E_e/m_e)^2 \sim 1 \text{ MeV}$$

MAGIC
HESS

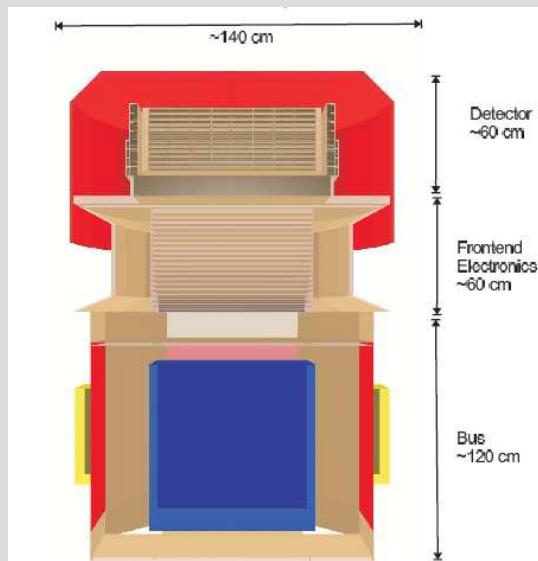
GLAST

MeV
Mission!

„Goldene Signatur“: Korrelation der DMA-Strahlung in MeV und GeV

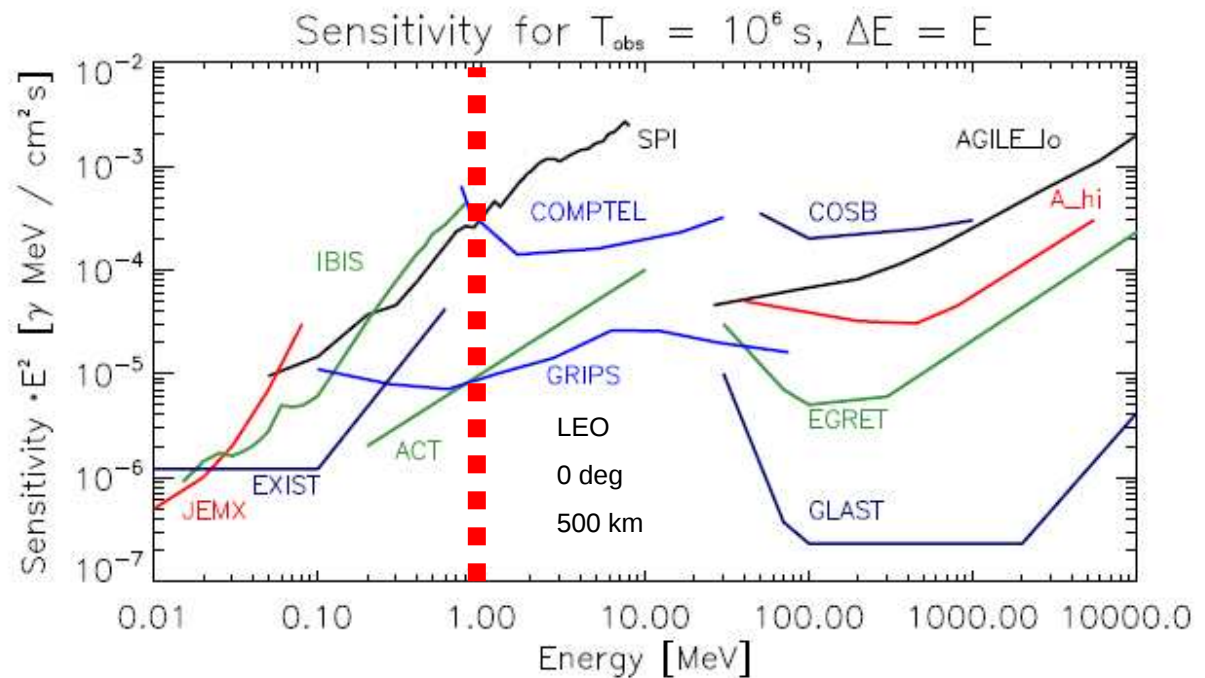
Sensitivität: „MeV-Lücke“

Technologische Entwicklungen (Szintillatoren, Photosensoren, ASICs) ermöglichen Sprung um zwei Größenordnungen in der Sensitivität!

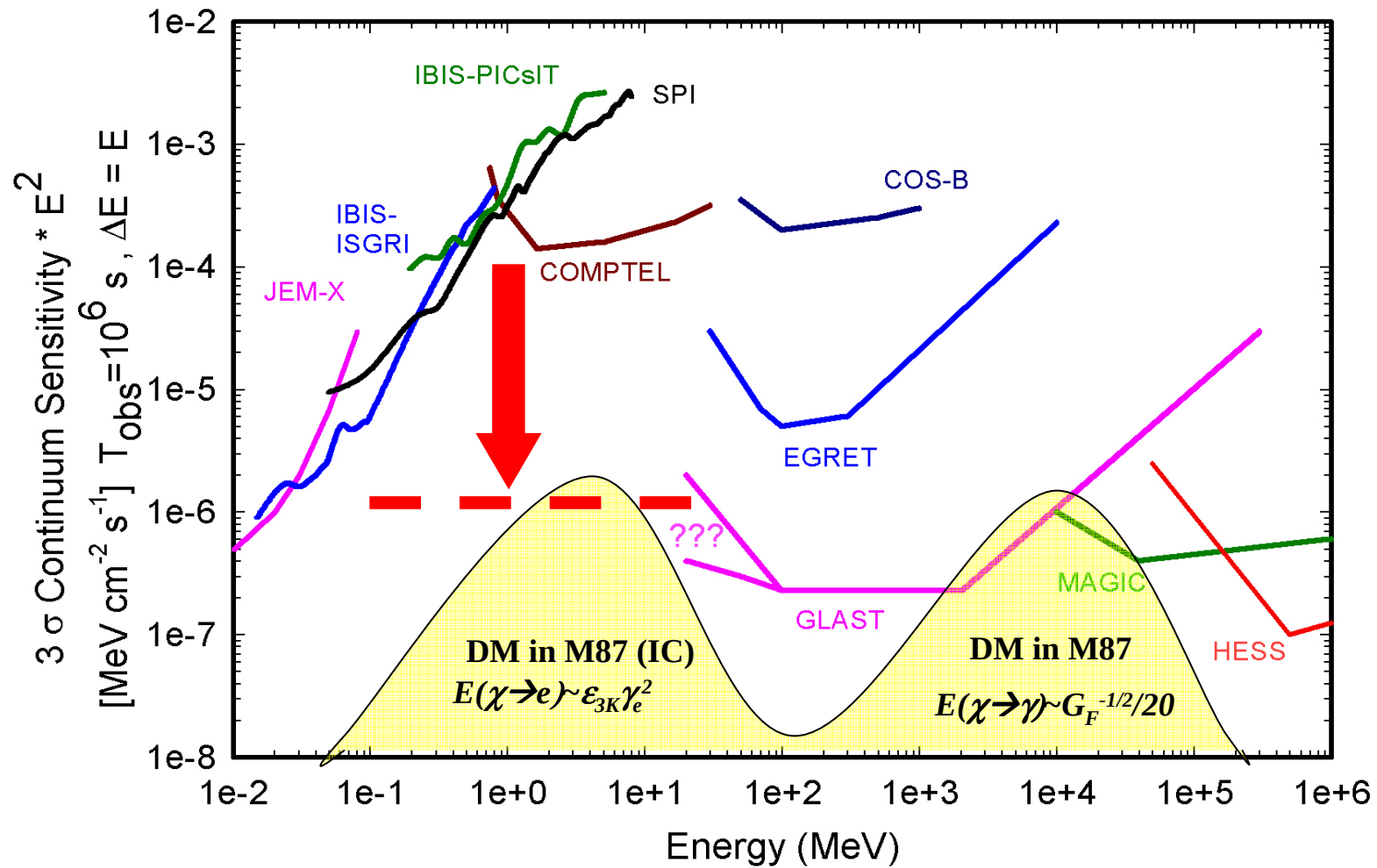


GRIPS

Greiner et al., Exp. Astr.



Flußdichte der DMA-Gammastrahlung vom Zentrum des Virgoaufens (M87) (Elsässer & Mannheim, PRL, 2005)



Wissenschaftliche Schwerpunkte

□ **Nukleare Spektroskopie**

- Blick ins Innere der Supernovae (Standardkerzen der Kosmologie!)
- Injektion der Kosmischen Strahlung
- Radioaktive Archäologie der Lokalen Blase (Ww. mit Erdgeschichte)
- Kosmologische Entfernungsbestimmung von GRBs bei $z \sim 10-20$ (Detektion der ersten Sterne nach der „dunklen“ Ära des Universums)

□ **Positronium-Annihilation**

- Antimaterie im Universum (Pulsarwindnebel, LMXBs)
- „Warme“ Dunkelmaterie (Boehm & Silk)

□ **Übergang von thermischer zu nichtthermischer Strahlung**

- Probe physikalischer Prozesse in kompakten Objekten (Ergosphäre Schwarzer Löcher in Aktiven Galaxienkernen, Röntgendoppelsternen und Gamma Ray Bursts)
- Effekte der Strukturbildung durch Akkretion in Galaxienhaufen

□ **Hintergrundstrahlung durch Dunkelmaterie-Annihilation**

- Masse, Annihilationswirkungsquerschnitt (Reliktdichte)



Strategische Aspekte

- ❑ Kernphysikalische Kompetenz für Detektorbau und Astrophysik
- ❑ Technologietreiber für Photosensoren und Szintillatoren mit Anwendungen in der Medizintechnik (PET)
- ❑ Eigenentwicklung (Fraunhofer) von Weltraum-ASICs als Gegenmaßnahme zu Exportregulierungen
- ❑ Innovative Weltraumrobotik für beweglichem Röntgendetektor zur GRB Positionsbestimmung
- ❑ **Internationale Kollaboration unter deutscher Federführung (MPE) und Universitätsbeteiligung (Ausbildung!)**