



Der Übergangsstrahlungsdetektor des AMS-02 Spektrometers auf der ISS

Wim de Boer, Florian Hauler, **Andreas Sabellek**, Mike
Schmanau

IEKP - Universität Karlsruhe (TH)



Physik mit AMS-02

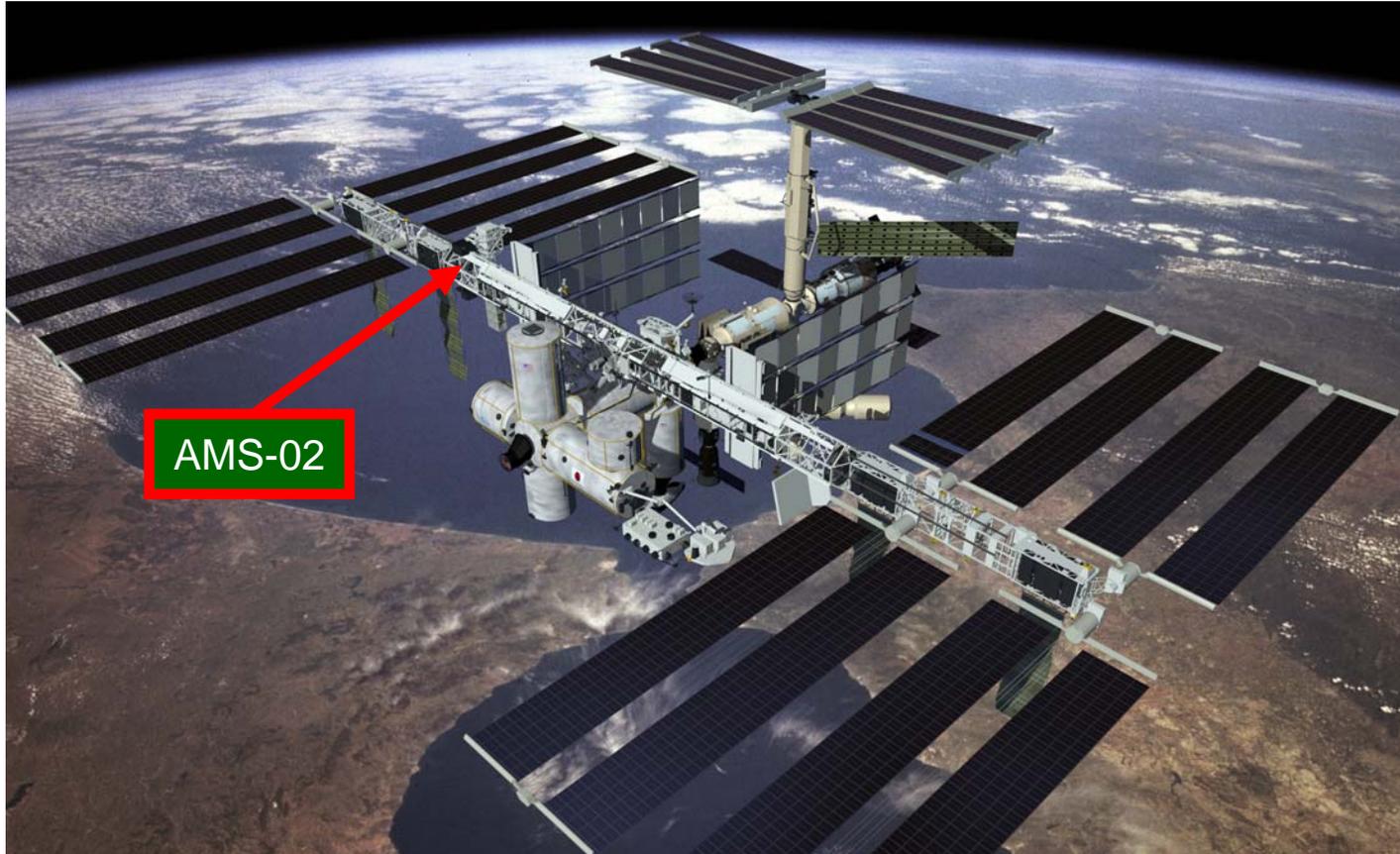
5m



AMS-02 = Alpha Magnetic Spectrometer 2

- Präzise Vermessung der kosmischen Strahlung außerhalb der Erdatmosphäre mit hoher Statistik (> 3 Jahre)
- Suche nach schwerer Antimaterie
- Altersbestimmung der KS durch $\text{Be}^9 / \text{Be}^{10}$ Messung
- „Gamma-ray“ Astronomie
- Suche nach Teilchen der Annihilation von Dunkler Materie
- Signaturen exotischer Physik? (topologische Defekte, „Seltsame Materie“, primordiale Schwarze Löcher, ...)

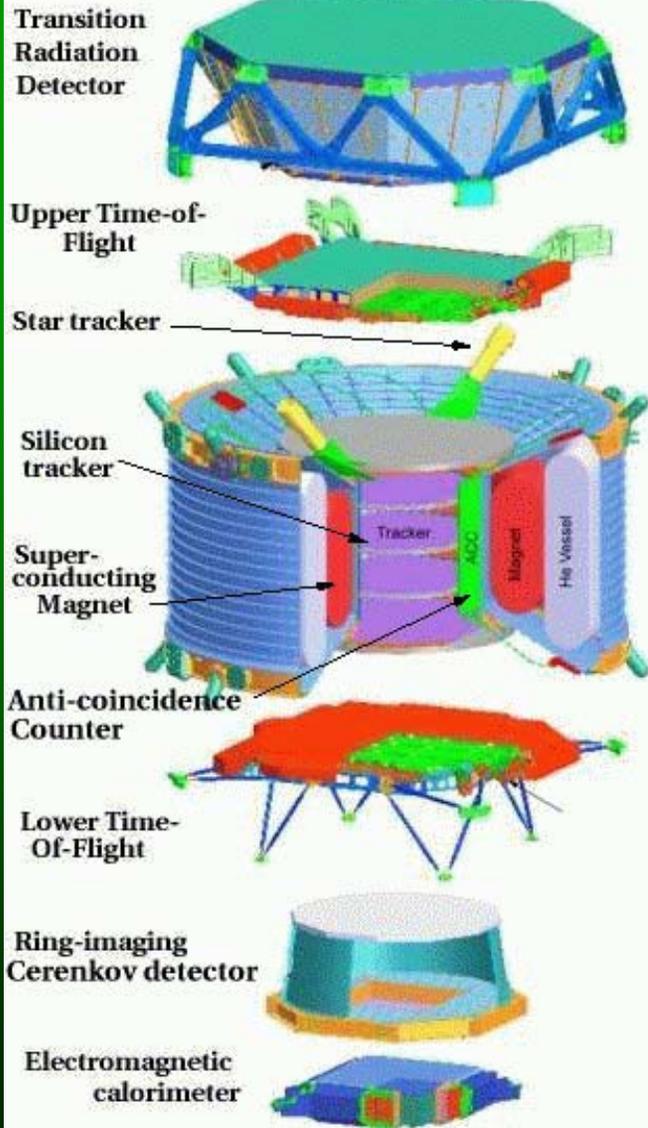
Das AMS-02 Spektrometer auf der Internationalen Raumstation



- Es wird die primäre kosmische Strahlung bis in den TeV-Bereich gemessen! (Überprüfung/Eichung erdgebundener Experimente)
- Einziges Projekt rein physikalischer Ausrichtung, welches die Infrastruktur der ISS nutzt.



Der AMS-02 Detektor



Die Kombination verschiedener Subdetektorsysteme ermöglicht eine genaue Teilchenidentifikation über einen weiten Energiebereich

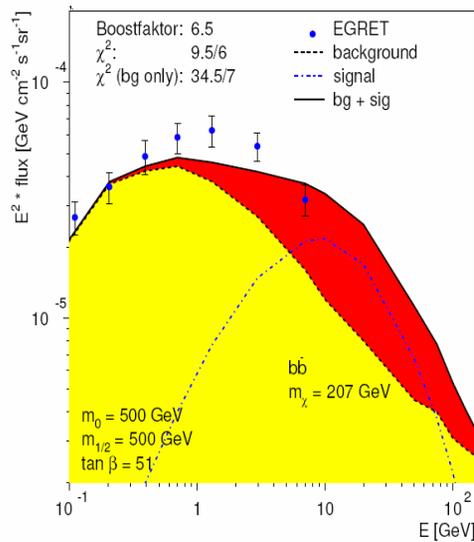
300 GeV	e^-	e^+	P	$\bar{\text{He}}$	γ	γ
TRD						
TOF						
Tracker						
RICH						
Calorimeter						



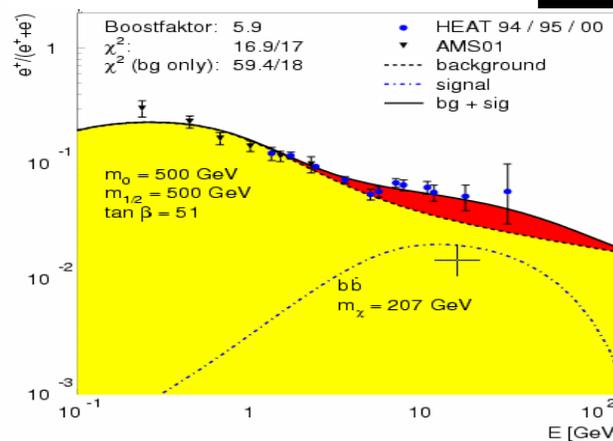
Annihilation Dunkler Materie erzeugt Antimaterie in der KS

- **SUSY** schlägt das Neutralino als Teilchen der DM vor
- Das Neutralino wechselwirkt kaum mit bekannter Materie (Erhaltung der R-Parität)
- Aber! Es annihilert mit anderen Neutralinos und erzeugt so Materie/Antimaterie-Paare als Überschuss in den Spektren

Diffuse Gammastrahlung

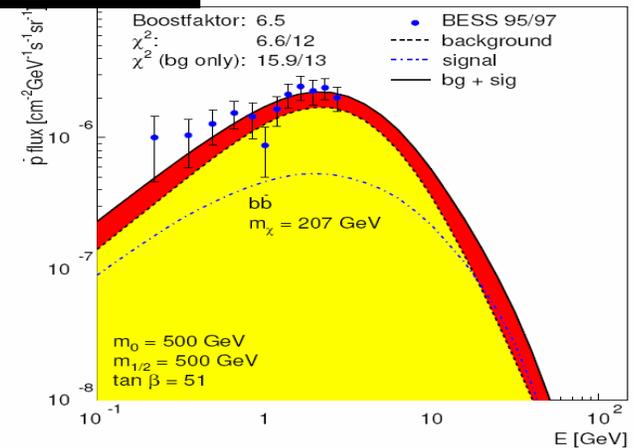


Positronenanteil



Annihilation Hintergrund

Antiprotonenanteil



(Aus: W. de Boer u.a. Indirect Evidence for the Supersymmetric Nature of Dark Matter..., hep-ph/0309029.)

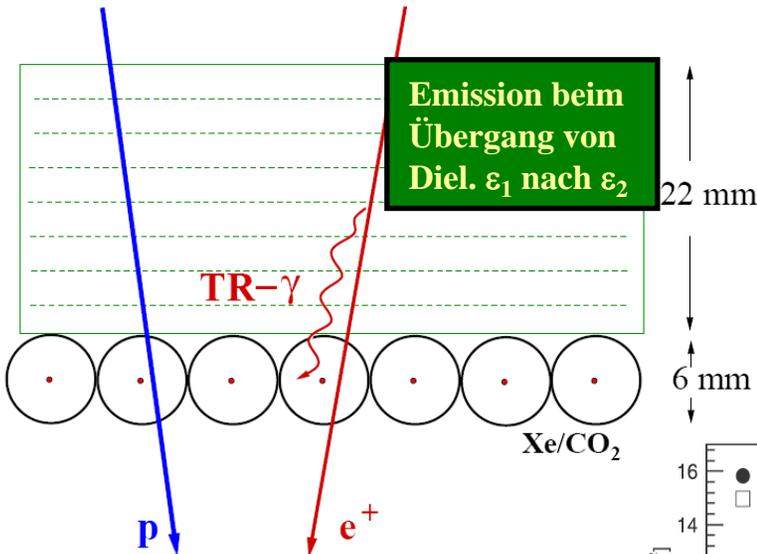


Prinzip des Übergangsstrahlungsdetektor TRD

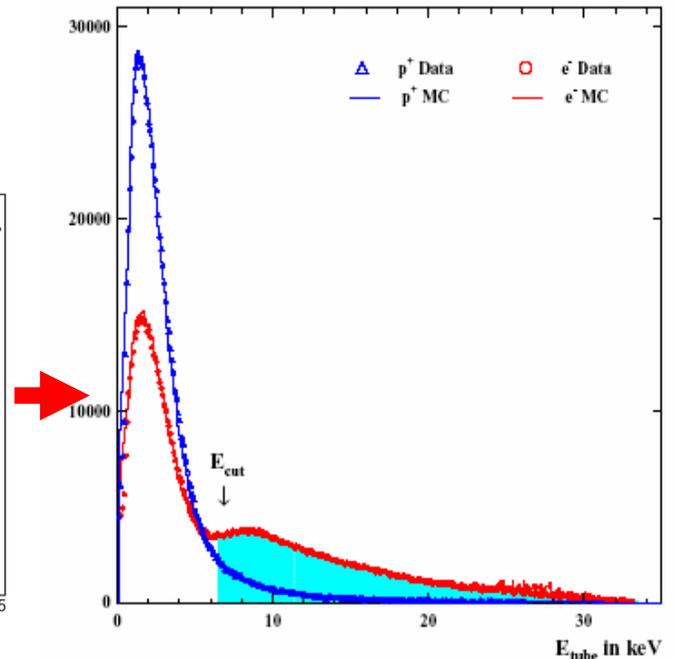
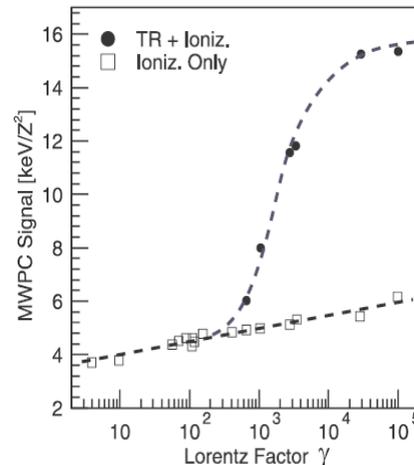
= (engl.) Transition Radiation Detector

- Schwierigkeit: Verhältnis $p^+/e^+ = O(10^4)$ in KS

- Lösung: Protonenunterdrückung durch TRD ($10^{-2} - 10^{-3}$) + ECAL (10^{-4}) von $< 10^{-6}$ zwischen 10 und 300 GeV



γ	\gtrsim	1000
N_{Ph}	\propto	$\alpha_{em} \times N_{tr}$
E_{Ph}	\sim	γ
θ_{Ph}	\sim	$1/\gamma$



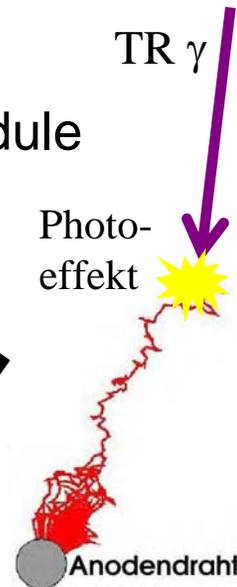
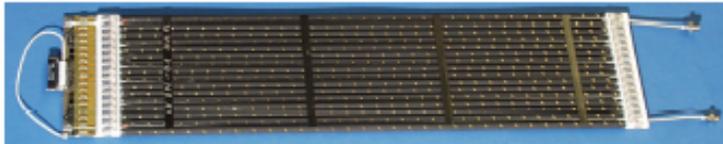


Aufbau des TRD

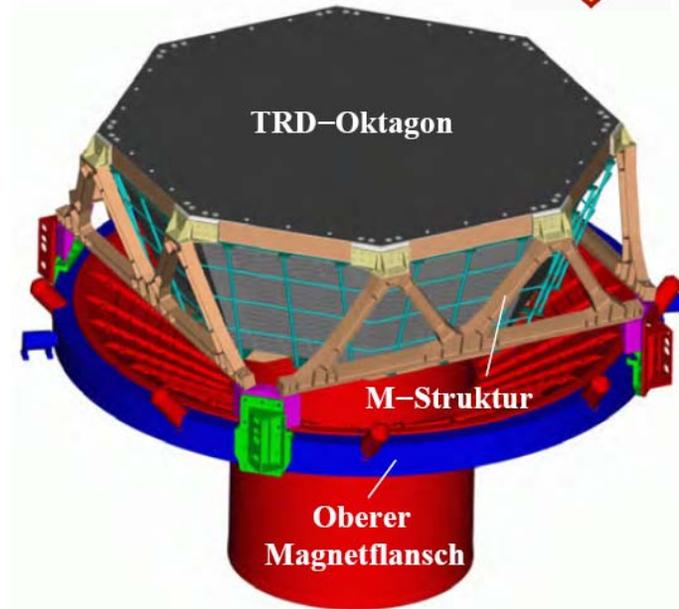


- Oktagon aus Aluminium-Waben als Trägerstruktur

- Xe/CO₂ gefüllte „Strawtube“-Module zur Verstärkung der TR γ s



Ca. 1400V



- Radiatorvlies ermöglicht hohe Ausbeute von Übergangsstrahlung mit etwa 100 Übergängen/Modul

Es sind insgesamt 5248 Kanäle bei einer erwarteter Triggerrate von 2000 Hz auszulesen

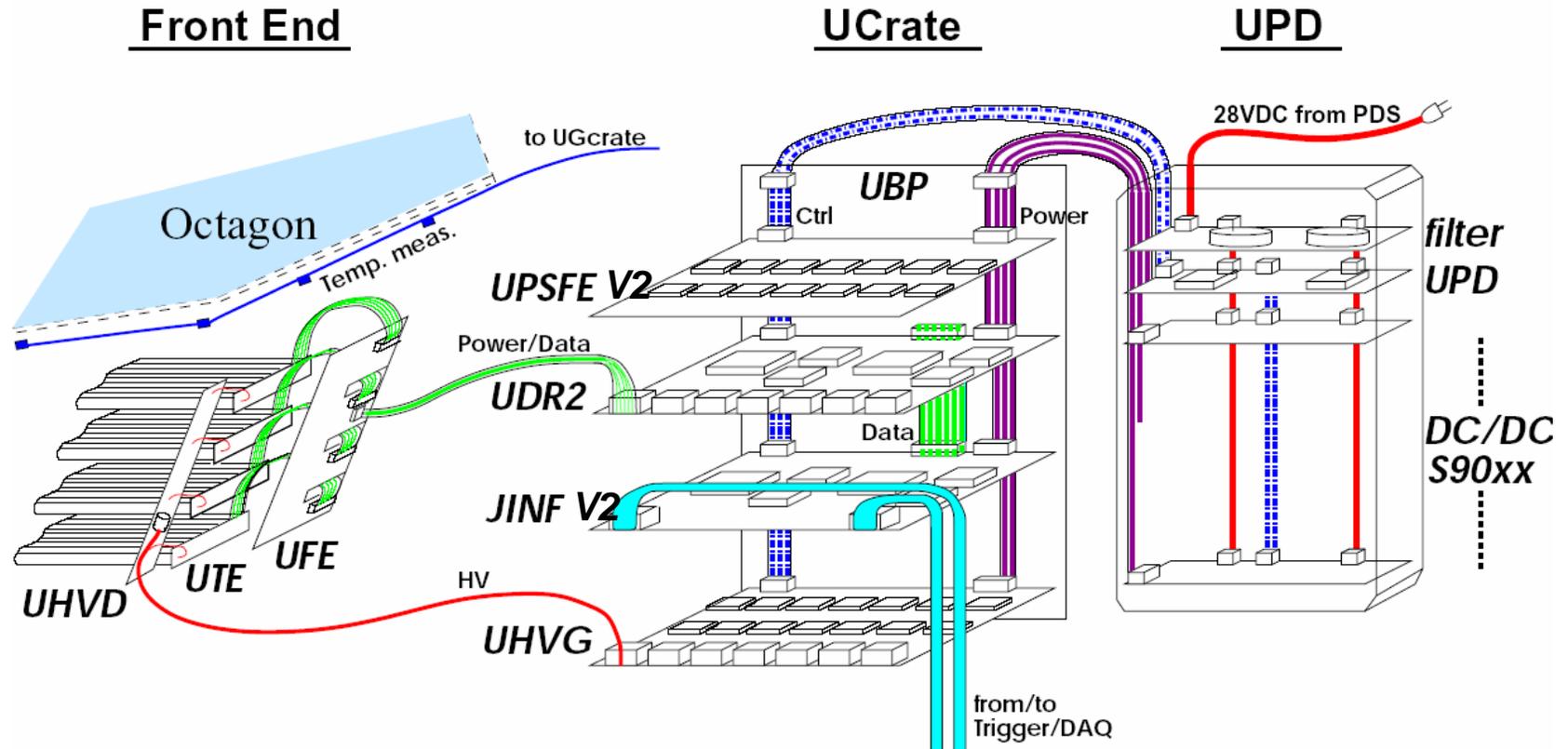
Raumfahrtqualifizierung

- Wartungsfreiheit, Betrieb drei Jahre lang nur über Bodenkontrolle
- Fehlerfreiheit, redundante Auslegung der Systeme
- Maximale Leistungsaufnahme 2000W (TRD gesamt 185W)
- Betrieb im Vakuum, Außentemperatur von -180°C bis $+50^{\circ}\text{C}$, Ableitung der 2000W
- Einhaltung der Richtlinien für EM-Abstrahlung auf der ISS
- Ausgasungsfreie, strahlenharte Bauteile; Schwerelosigkeit
- Unempfindlich gegen Belastungen beim Start des Space Shuttle (6,8g)
- Gesamtgewicht unter 7000kg (TRD 480kg)
- Datenreduktion!





Elektronikkomponenten der TRD Datenakquisition



- UPSFE = TRD power supply for front end
- UDR = TRD data reduction board
- JINF = data concentrator and link to higher DAQ
- UHVGV = TRD high voltage generator
- UFE = TRD front end
- UTE = TRD tube end
- UHVD = TRD high voltage distributor

U = Uebergangsstrahlung

- UCrate = TRD electronics crate
- UBP = TRD backplane
- UPD = TRD power distribution box



QM2-Prototypen

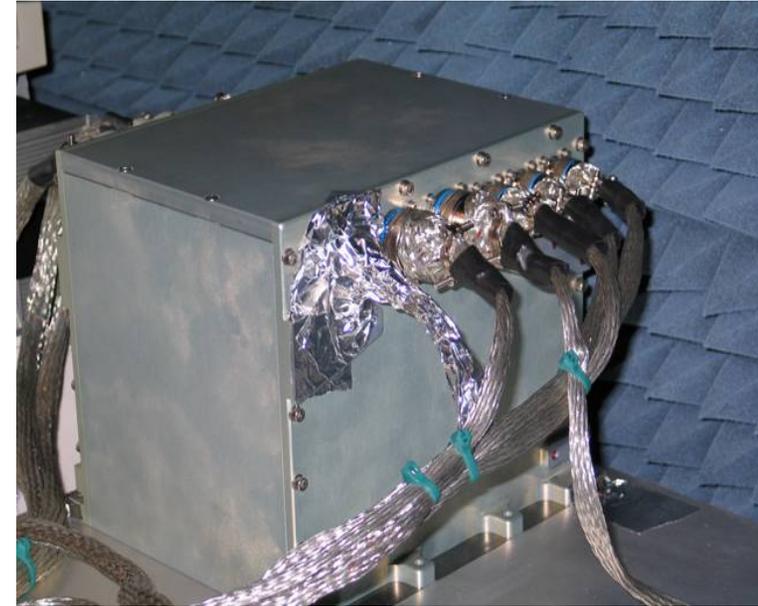
Entwicklungsphasen

EM = Engineering Modules

QM1/2 = Qualification Modules

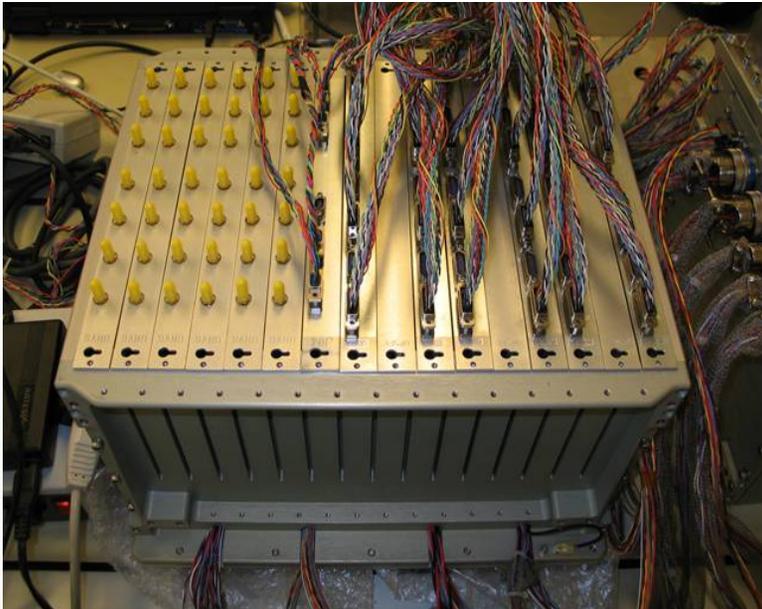
FM/FS = Flight Modules/Spares

*aktueller
Status*



UPD zur Spannungsversorgung

U-Crate zur Datenreduktion

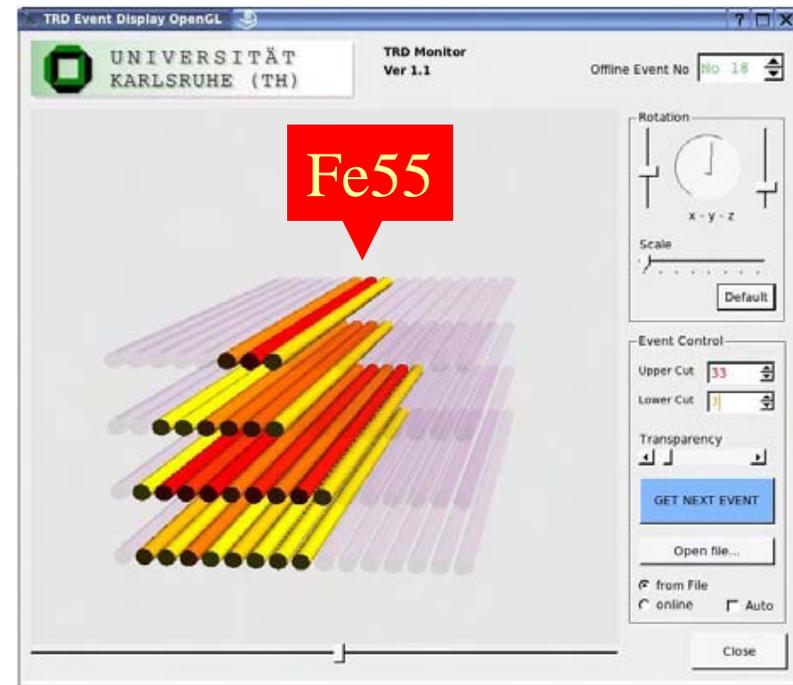
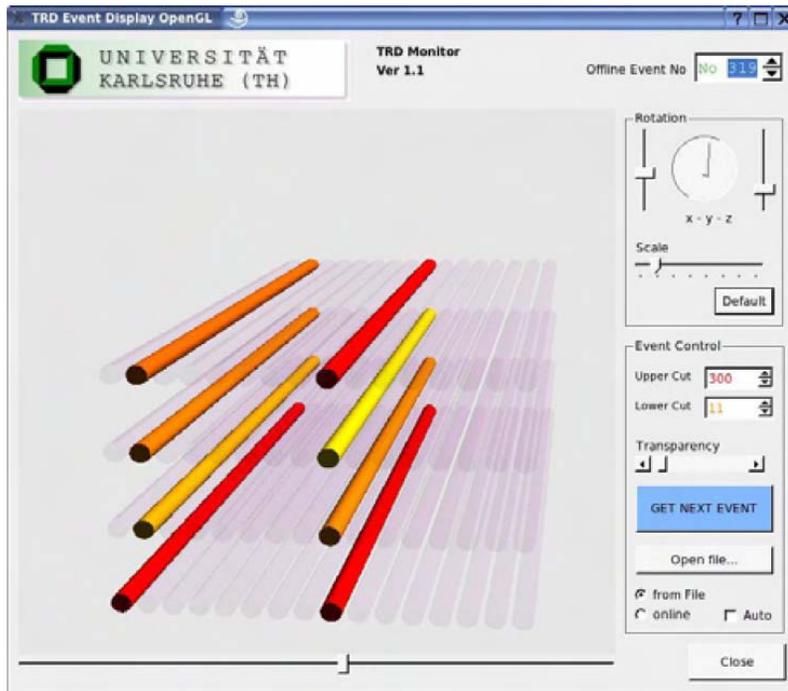


Der Front-End
Simulator (UFS)
ermöglicht
intensive
Funktionstests





Cosmics-Teststand am FZK



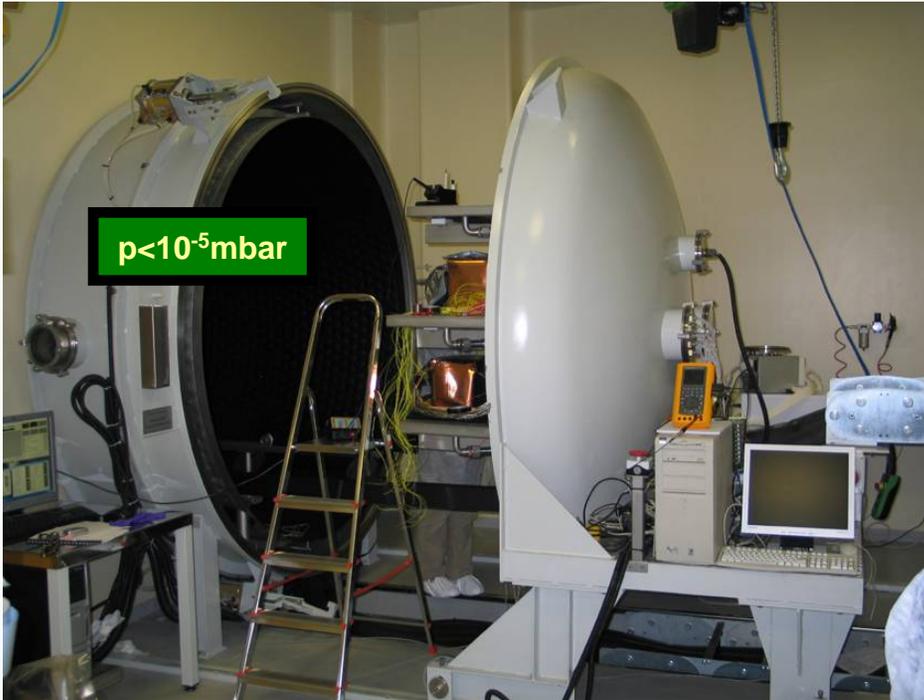
Test-
betrieb
seit ca.
2 Jahren

Zielsetzungen

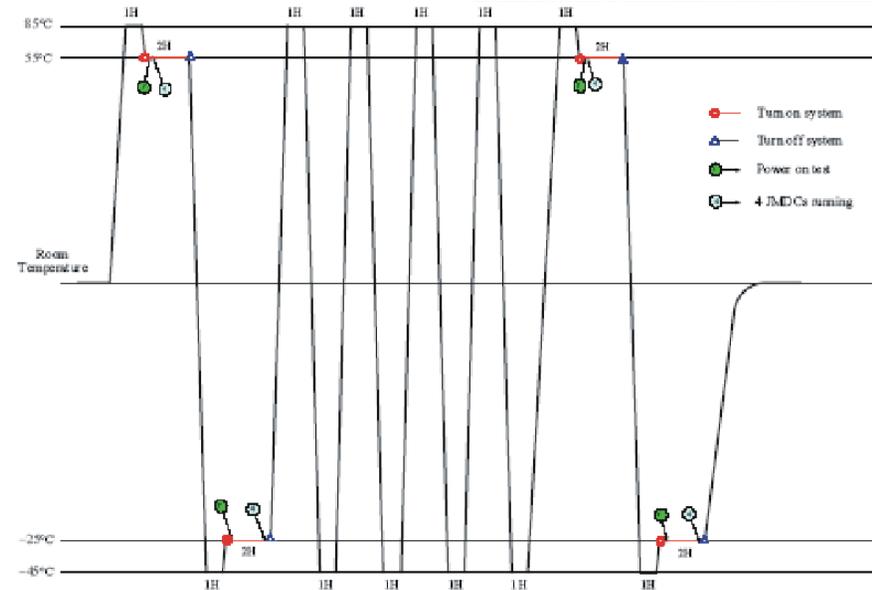
- Langzeittest und Auffinden von Schwachstellen
- Firmware- und Softwareentwicklung (sowohl SlowControl als auch Rohdatenverarbeitung)
- Kalibrierung (HV Boards, Verstärkung, ...)
- Kennenlernen der Hardware



Thermo-Vakuum-Test



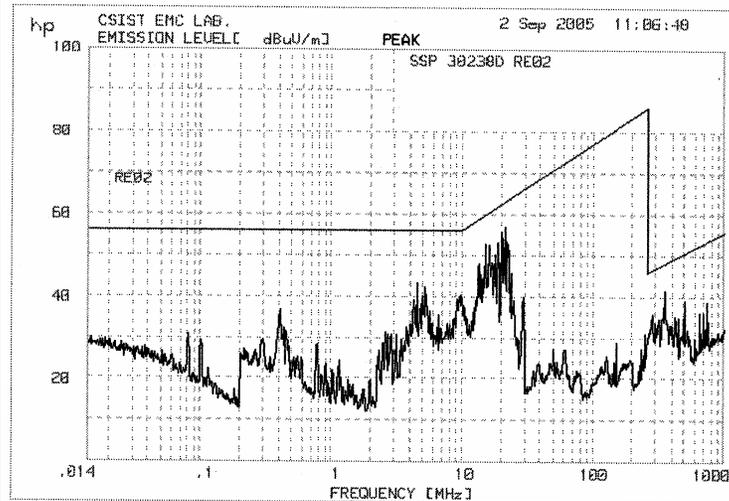
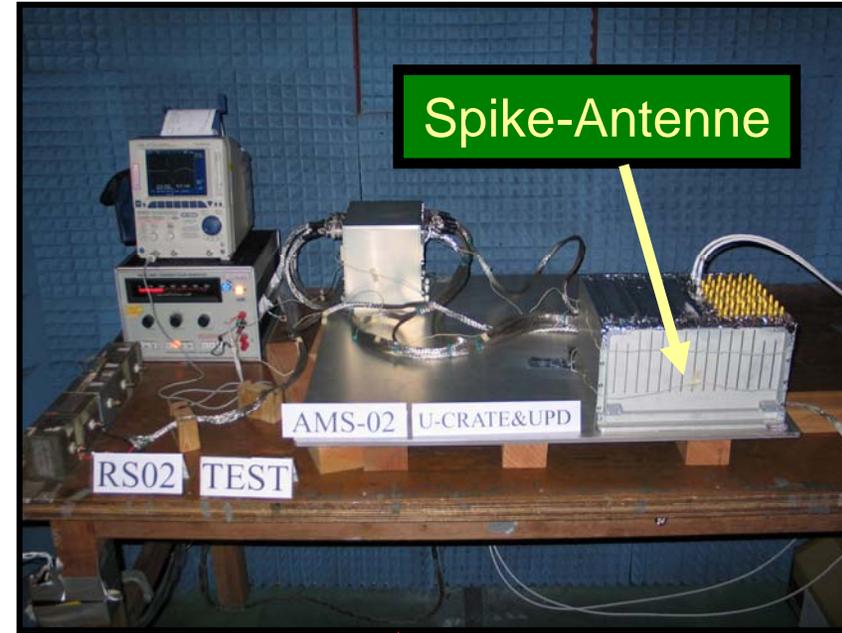
Temperaturprofil



- Lagertemperaturen im Aus-Zustand von -45°C bis +85°C
- Funktionstests im Arbeitszustand zwischen -25°C und +55°C
- Ableitung der aufgenommenen Betriebsleistung im Vakuum über Kühlkörper (auf der ISS über Radiatoren)



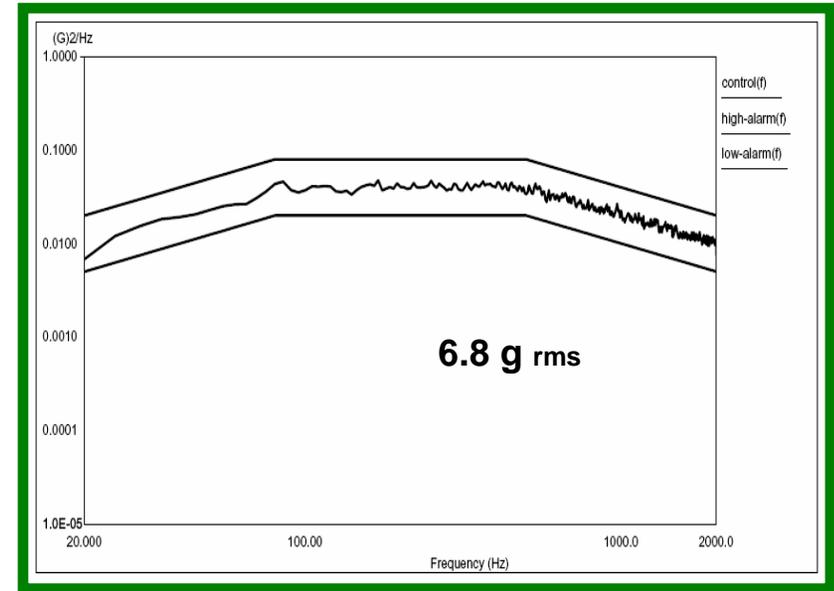
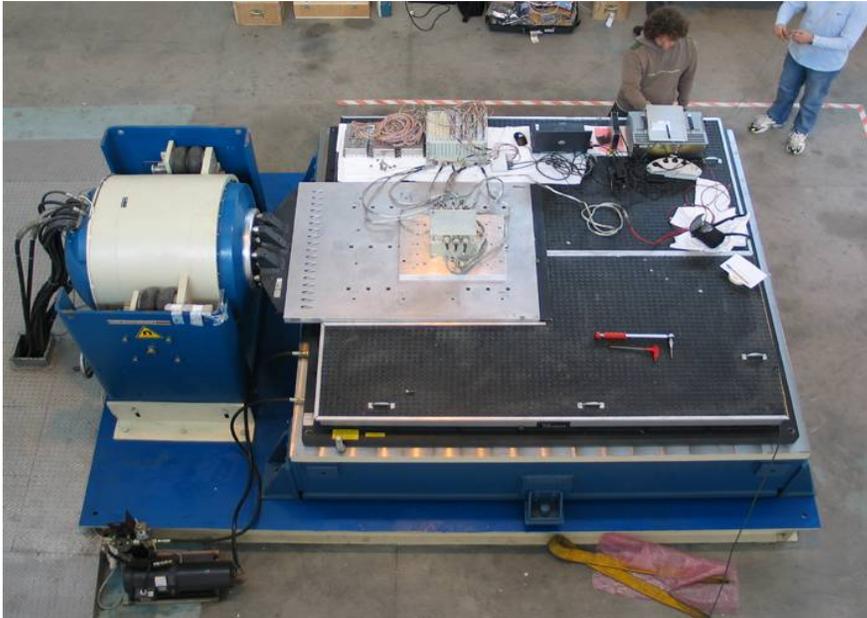
EM Verträglichkeits-Tests



- *EMC*: induzierte Störimpulse dürfen Funktion nicht beeinträchtigen
- *EMI*: abgestrahltes Frequenzspektrum unterhalb der vorgegebenen NASA-Limits



Vibrationstest



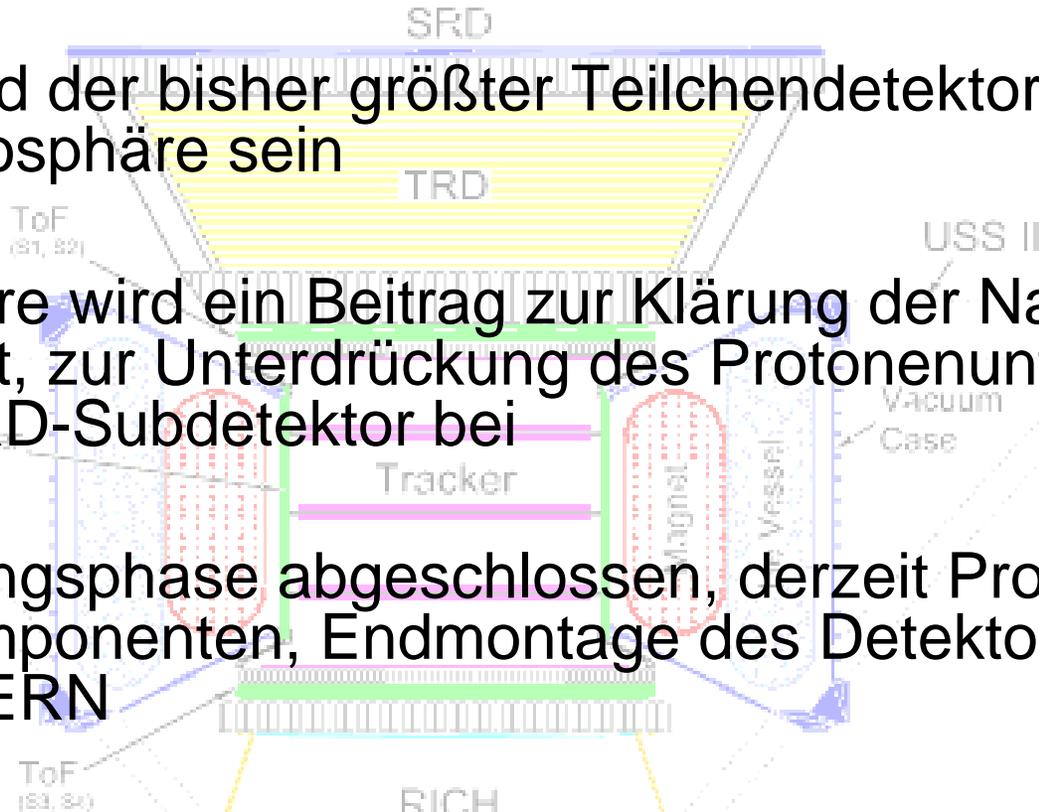
Frequenzspektrum

- Visuelle Untersuchung auf Defekte nach Vibration bis 6,8 g (Dauer ca. 10min, Start des Space Shuttle ca. 4min)
- Nicht direkt sichtbare Schwachstellen bewirken einen Unterschied im Eigenfrequenzspektrum vor und nach dem Test



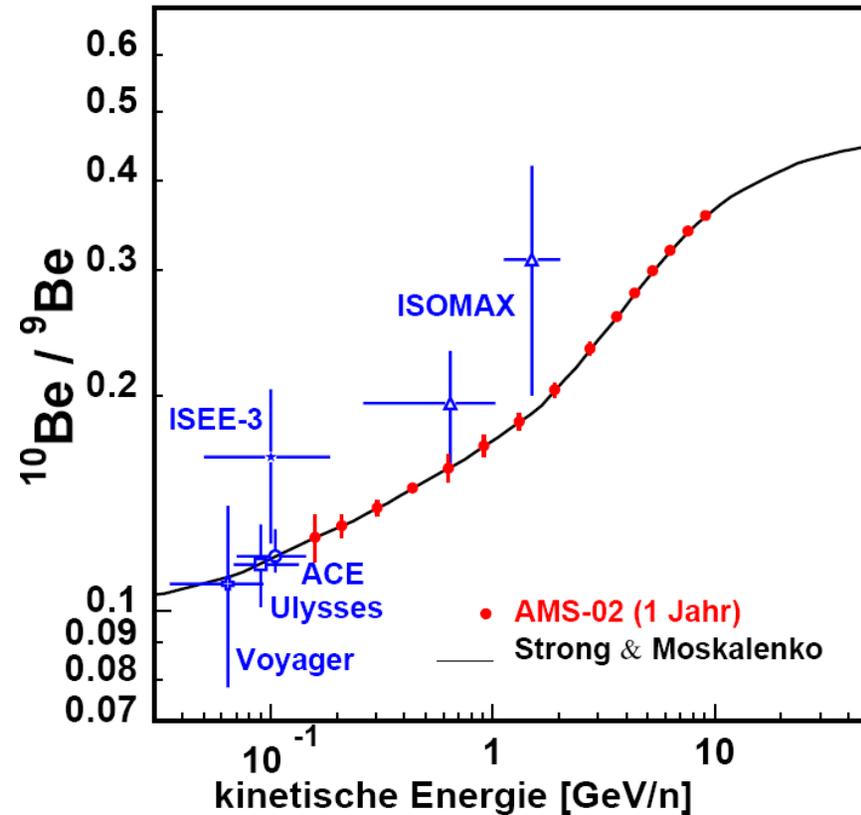
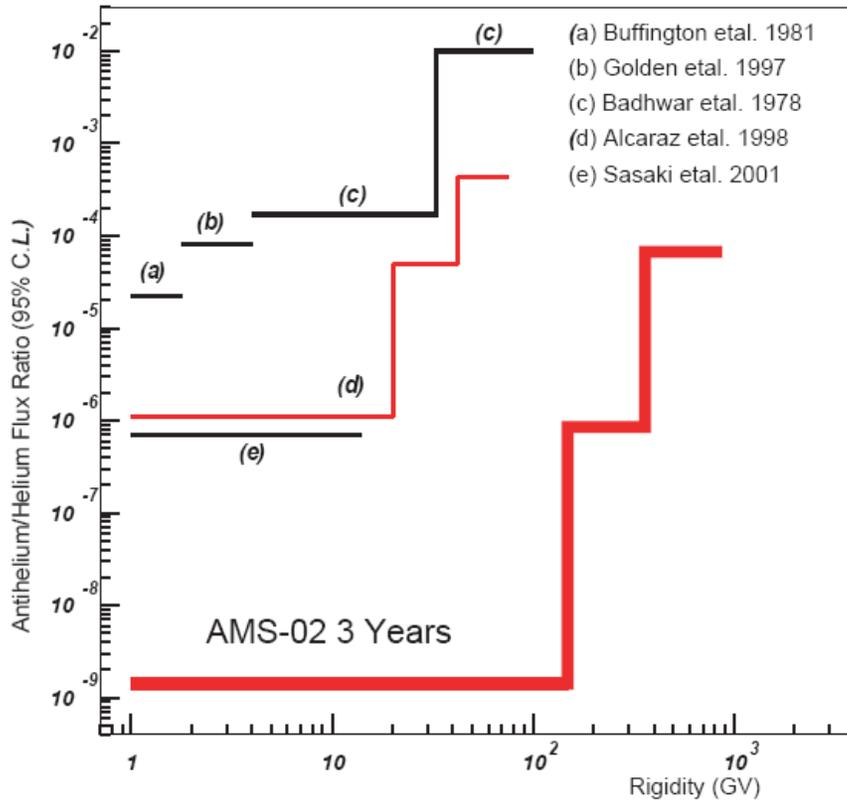
Ausblick

- AMS-02 wird der bisher größte Teilchendetektor außerhalb der Erdatmosphäre sein
- Insbesondere wird ein Beitrag zur Klärung der Natur der DM erwartet, zur Unterdrückung des Protonenuntergrundes trägt der TRD-Subdetektor bei
- Qualifizierungsphase abgeschlossen, derzeit Produktion der Flugkomponenten, Endmontage des Detektors bis Ende 2007 am CERN
- **Datennahme ab 2009** – Voraussetzung: erfolgreiche Fertigstellung der ISS und Durchführung geplanter SpaceShuttle-Flüge der NASA



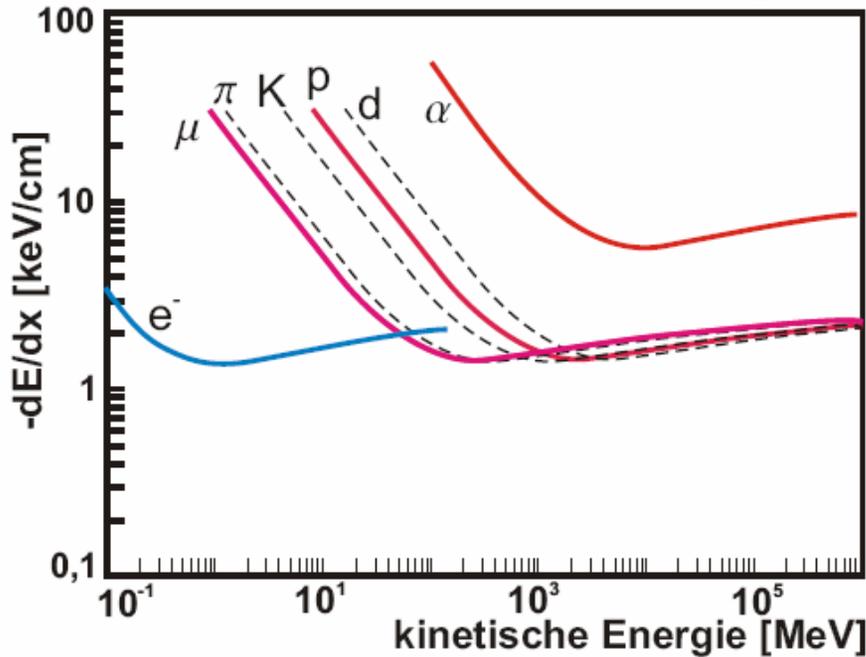


Backup1 AMS





Backup2 Strahlung



Bethe-Bloch

Photonenabsorbtion

