

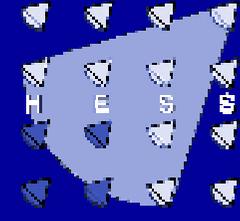
Messung des Spektrums der kosmischen Elektronen mit H.E.S.S.

Kathrin Egberts

Max-Planck Institut für Kernphysik,
Heidelberg



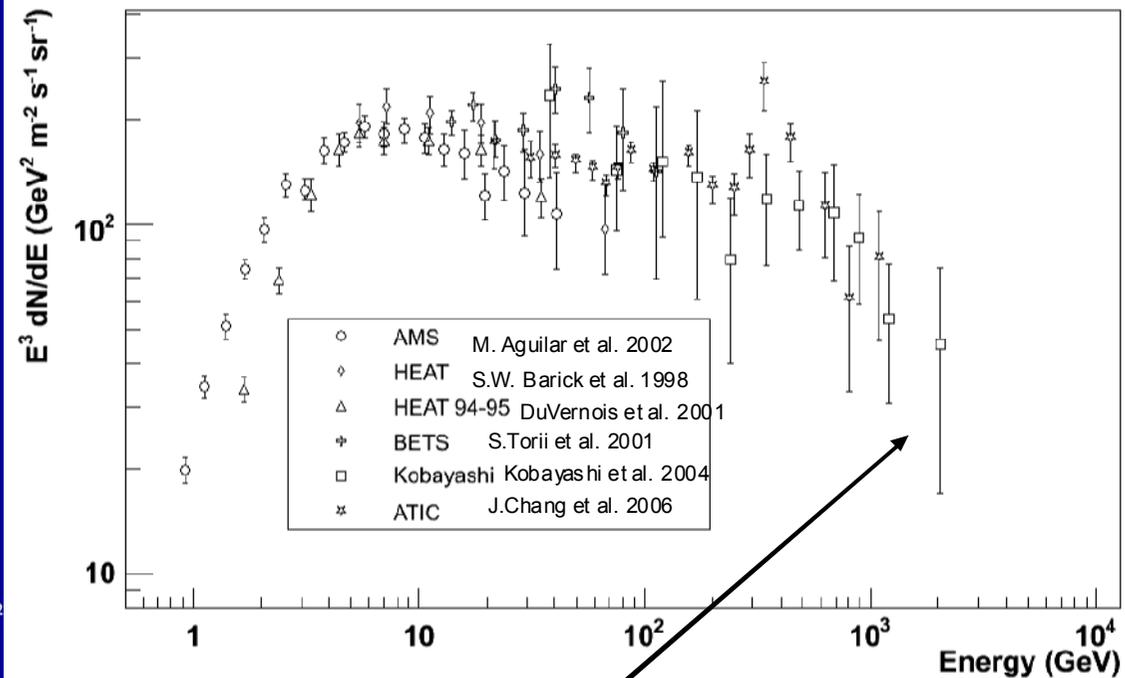
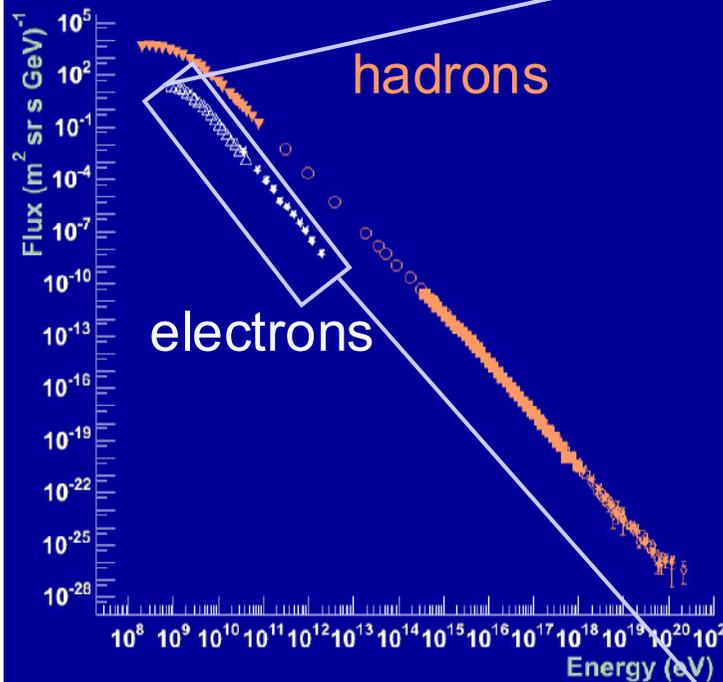
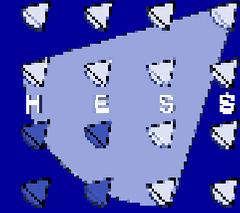
Elektronen der kosmischen Strahlung



- Energieverluste von TeV-Elektronen durch Synchrotronstrahlung und Inverser Comptoneffekt
 - Limit auf die Lebenszeit $t \propto 1/E$ und damit auch auf die zurückgelegte Entfernung des Elektrons
 - Quellen von TeV-Elektronen müssen lokal sein
 - Das Spektrum ist steiler als das der kosmischen Hadronen
- Messungen bisher einzig mit Ballon- und Satellitenexperimenten
 - Begrenzte Detektorfläche ($\sim 1 \text{ m}^2$)



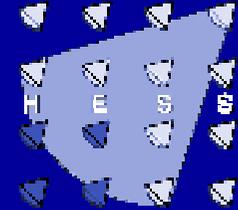
Elektronen der kosmischen Strahlung II



Elektronen nur bis ~ 1 TeV vermessen



Meßmethode



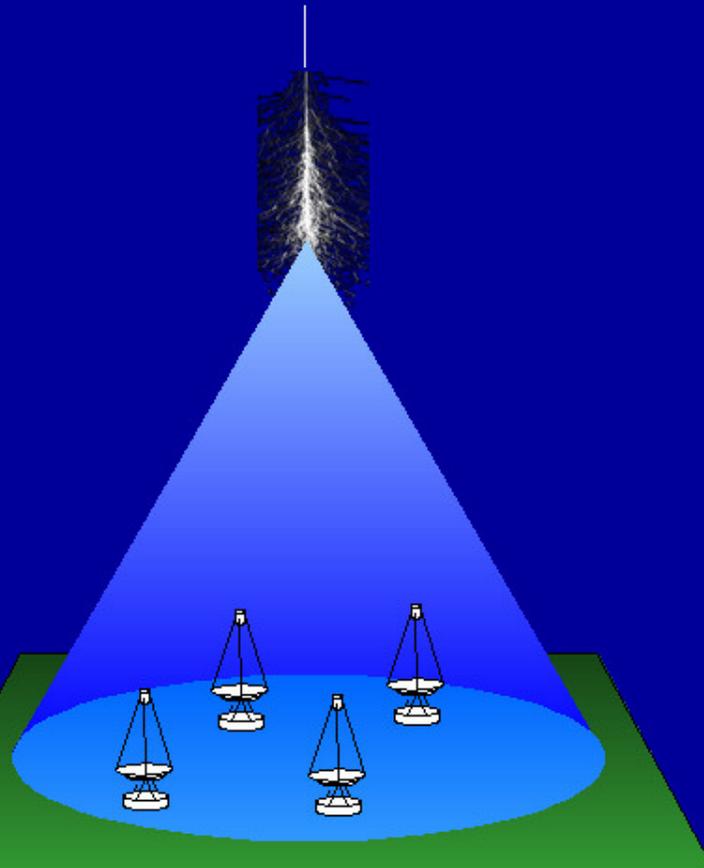
Indirekte Messung der kosmischen Elektronen mit erdgebundenen abbildenden Cherenkov-Teleskopen

- Vorteil: große Sammelfläche ($\sim 10^5 \text{ m}^2$)
- Herausforderung: Trennung der Elektronen vom stark dominierenden hadronischen Untergrund (auch für direkte Messungen ein Problem!)
- Messung mit dem High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.): ein γ -Experiment bestehend aus vier 13 m Durchmesser Cherenkov-Teleskopen in Namibia





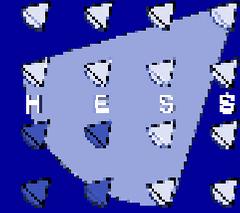
Meßmethode II: Cherenkov-Astronomie



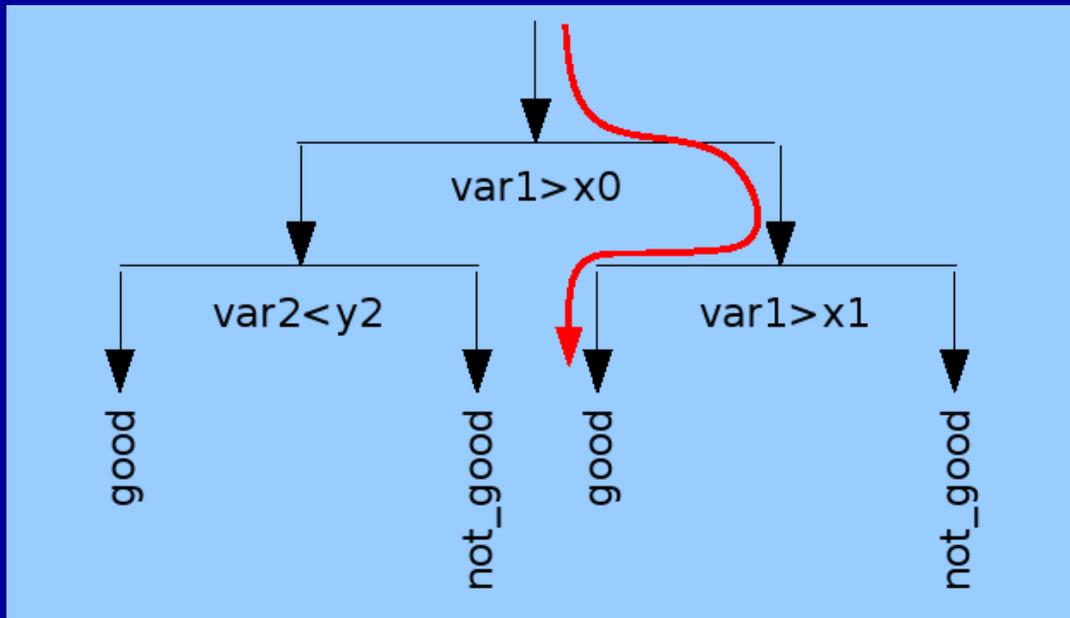
- **Prinzip:** Primärteilchen produziert einen Luftschauer, die Luftschauer-Teilchen emittieren Cherenkov-Licht
 - Gleiche Funktionsweise für Gammas und Elektronen
- **Kriterien der Datenselektion:**
 - Komplettes 4-Teleskop-Array
 - Zenitwinkel $< 28^\circ$
 - Nur Beobachtungsruns extragalaktischer Quellen ausgenommen der Position um jede γ -Strahlungsquelle
- 194 Stunden Daten



Meßmethode II: Elektron-Hadron-Separation



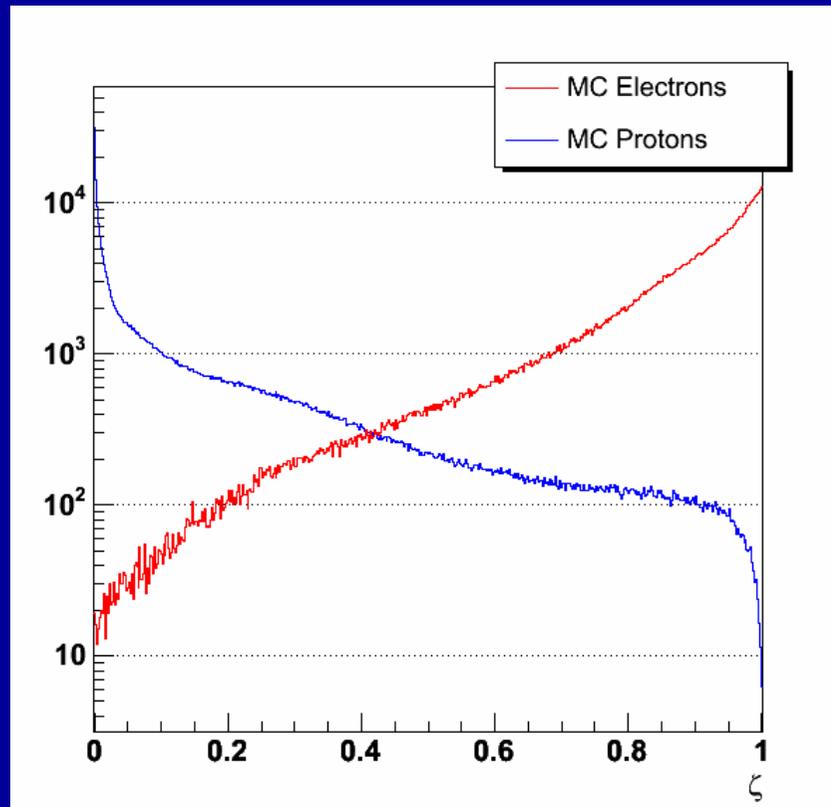
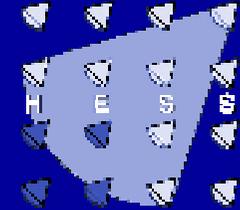
- **Elektron-Hadron-Separation:** *Random Forest* Ansatz (Algorithmus basierend auf Entscheidungsbäumen)
- Training mit simulierten Elektronen und Off-Daten
- Übersetzung von Bildparametern in einen Parameter $\zeta \in [0,1]$, der die Elektronen-Ähnlichkeit des Schauers beschreibt:



- $\zeta=1$: ein Elektronen-ähnliches Ereignis
- $\zeta=0$: ein Untergrundereignis



Meßmethode IV: Random Forest

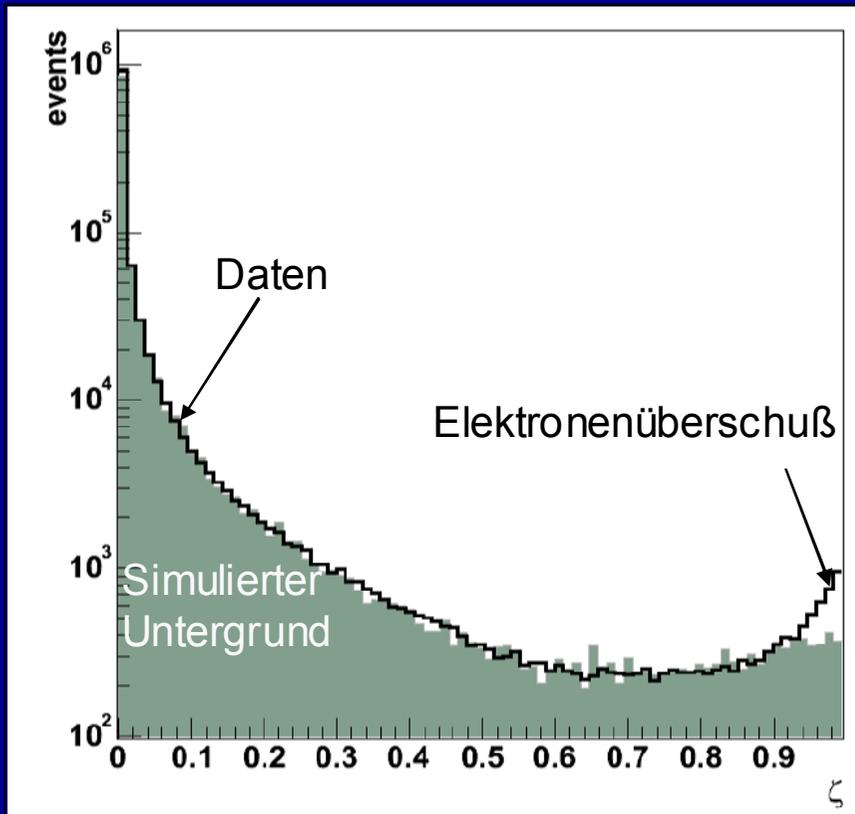
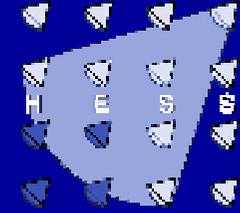


Test der Leistungsfähigkeit mit
Monte-Carlo-Simulationen
(CORSIKA) für Protonen und
Elektronen

- Trennung funktioniert
- Hocheffiziente
Untergrundunterdrückung!



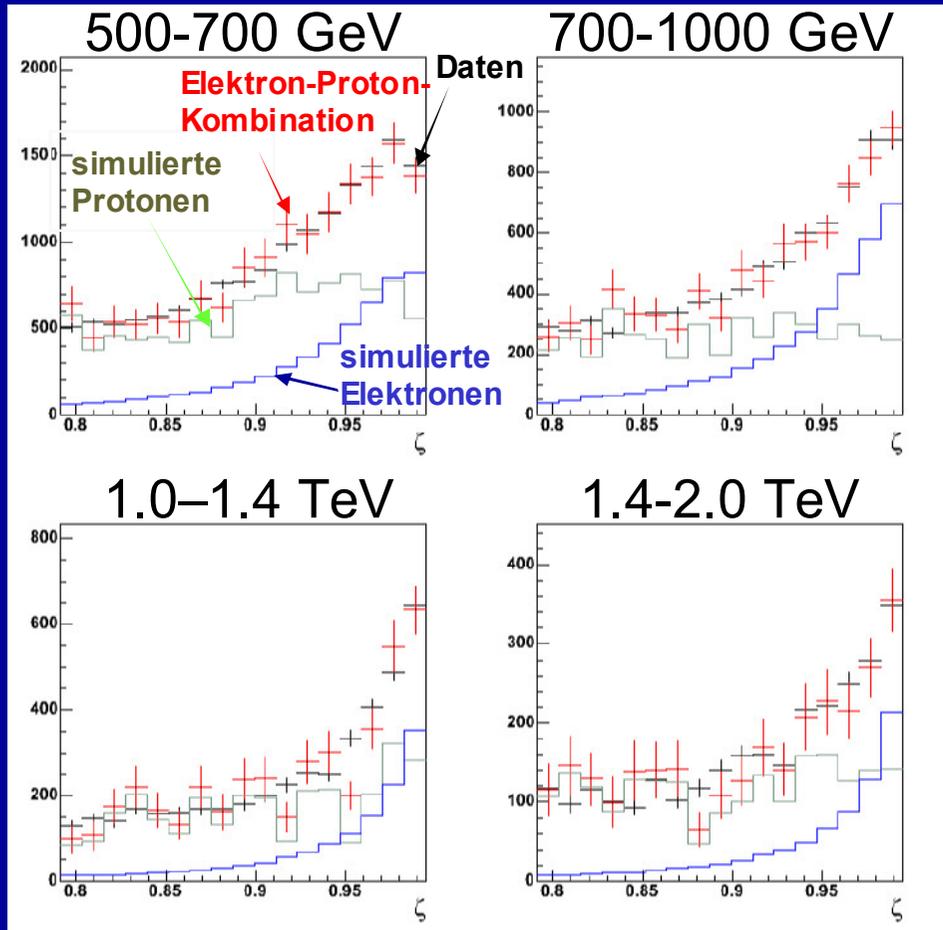
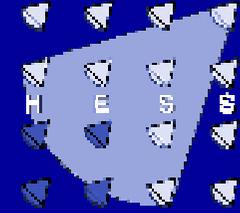
Meßmethode V: Untergrundbestimmung



- Simulierter Untergrund:
Zusammensetzung aus p, He, N,
Si, Fe
→ Gute Übereinstimmung zwischen
Daten und Simulation!
- Untergrundabschätzung mittels
eines Fits der simulierten
Protonen und Elektronen an die
Daten in der ζ -Verteilung



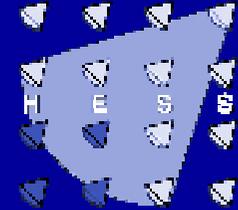
Elektronen gemessen mit H.E.S.S.



- ζ -Verteilung in der Signalregion $\zeta > 0.8$ für verschiedene Energiebänder
- Deutliches Signal eines Elektronenpeaks bei $\zeta = 1$ in jedem der Energiebänder
- Farben: an Daten angefitzte Simulationen



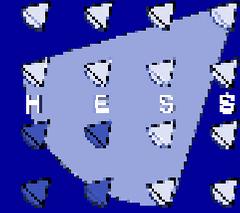
Systematiken



- Untergrundbestimmung stark abhängig von Proton-Simulationen
 - Vergleich von zwei verschiedenen Wechselwirkungsmodellen: QGSJET & SIBYLL
- Sehr ähnliche Luftschauer von Elektronen und Gammas, Unterscheidung auf statistischer Basis möglich aufgrund des Schauermaximums X_{\max} (für Elektronen $\sim 1/2$ Strahlungslänge höher in der Atmosphäre)
 - Ein signifikanter Beitrag von Gamma-Strahlung kann anhand der Daten nicht ausgeschlossen werden
- Unsicherheit in der Energieskala der H.E.S.S. Teleskope $\sim 15\%$



Zusammenfassung



- Erste erdgebundene Messung des Spektrums der kosmischen Elektronen
- Geringe statistische Fehler, Systematiken dominieren
- Übereinstimmung mit Satelliten/Ballon-Experimenten innerhalb der systematischen Unsicherheiten
- Analyse nicht abgeschlossen, noch Verbesserungsmöglichkeiten