



Laserkalibrierung des AirLight-Experiments

C. Batrla¹, J. Blümer^{1,2}, D.M. Gonzalez¹, H. Klages², T. Waldenmaier³

¹ Universität Karlsruhe, Institut für Experimentelle Kernphysik

² Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Kernphysik

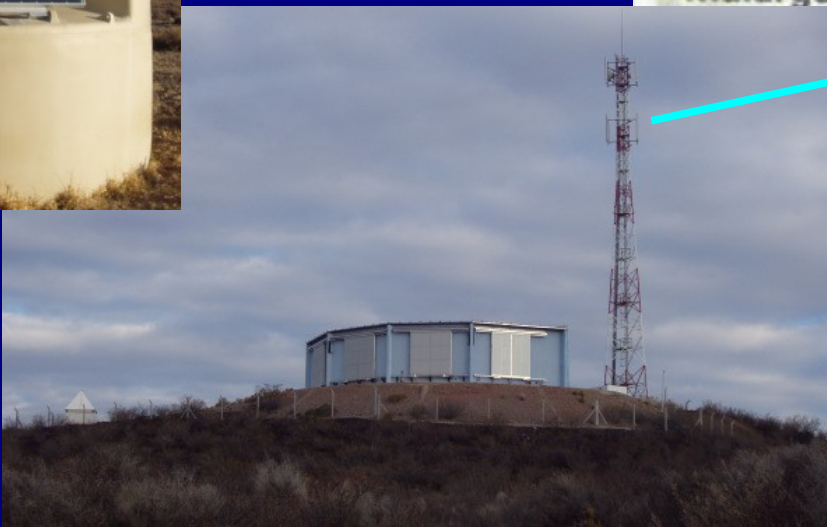
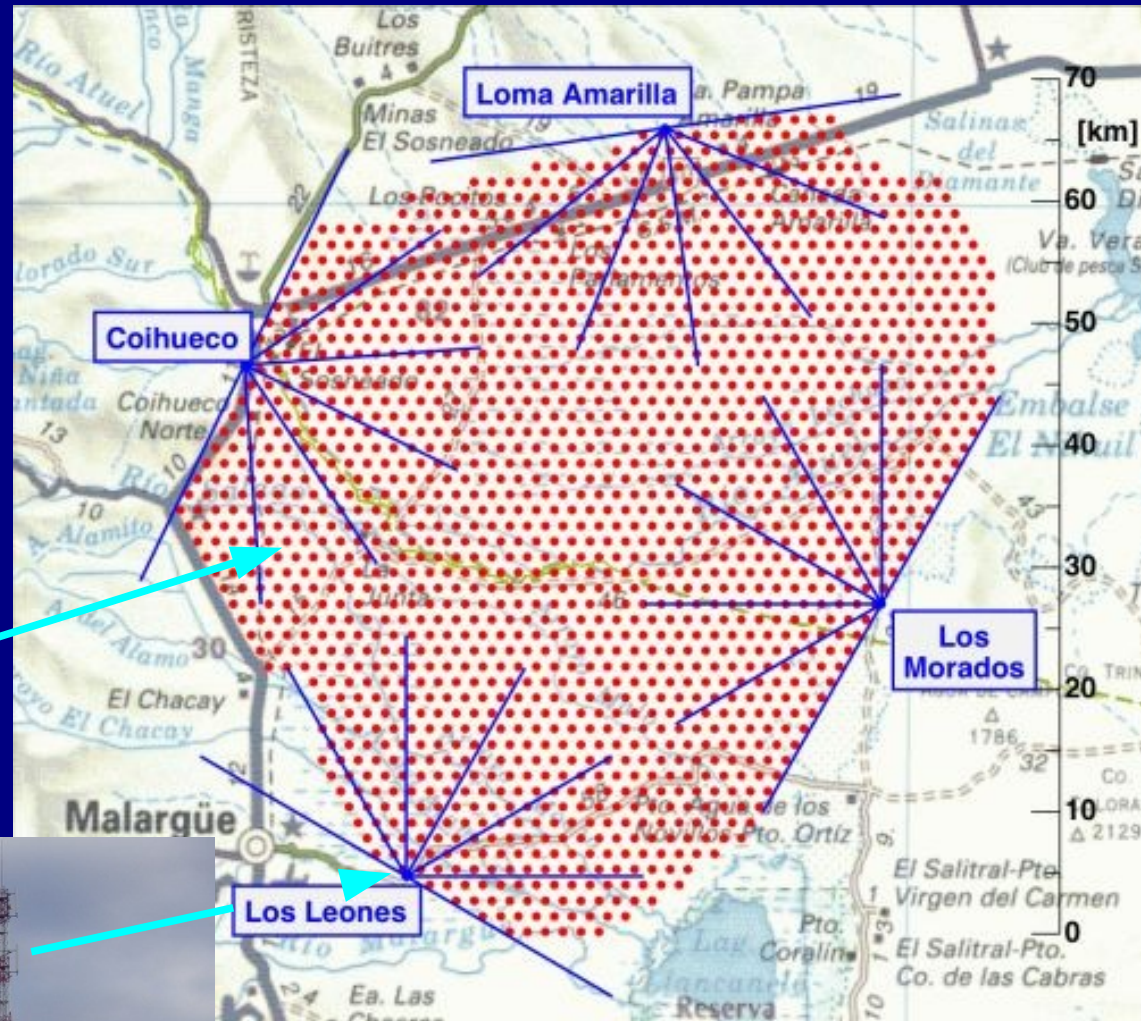
³ University of Delaware, Bartol Research Institute

Übersicht

- Einleitung
- Fluoreszenzausbeute
- AirLight Experiment
- Messung und Simulation
- Vorschau

Pierre Auger Observatorium

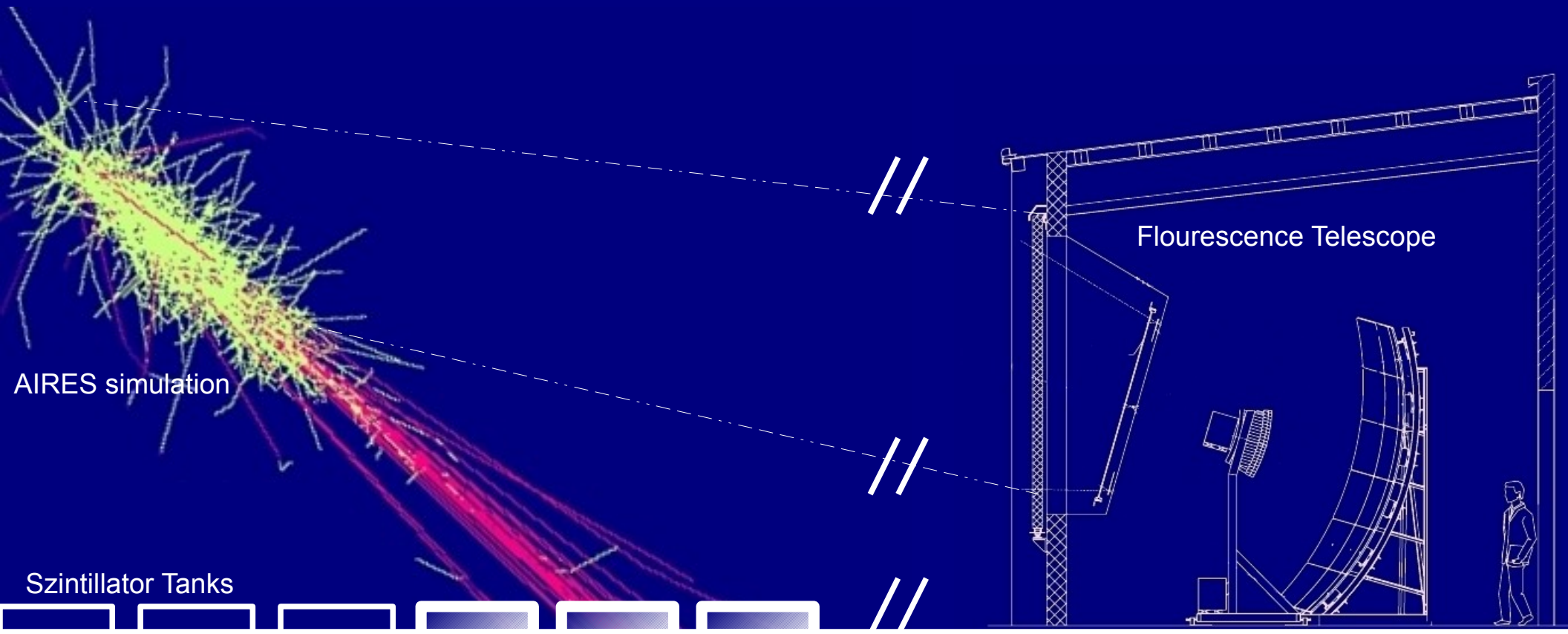
- Argentinien, Malargue
- 3000 km²
- 1600 SD-Tanks
- 24 FD-Teleskope
- Hybrid-Messtechnik



Ausgedehnte Luft Shower (EAS)

$$\frac{dN_\gamma}{dX} = \int \frac{d^2 N_\gamma^0}{dX d\lambda} \cdot T_{atm}(\lambda, X) \cdot \epsilon_{FD}(\lambda) d\lambda$$

$$\frac{d^2 N_\gamma^0}{dX d\lambda} = \int Y(\lambda, T, p, E_{kin}) \cdot \frac{dN_e(X)}{dE_{kin}} \cdot \frac{dE_{dep}}{dX} dE_{kin}$$



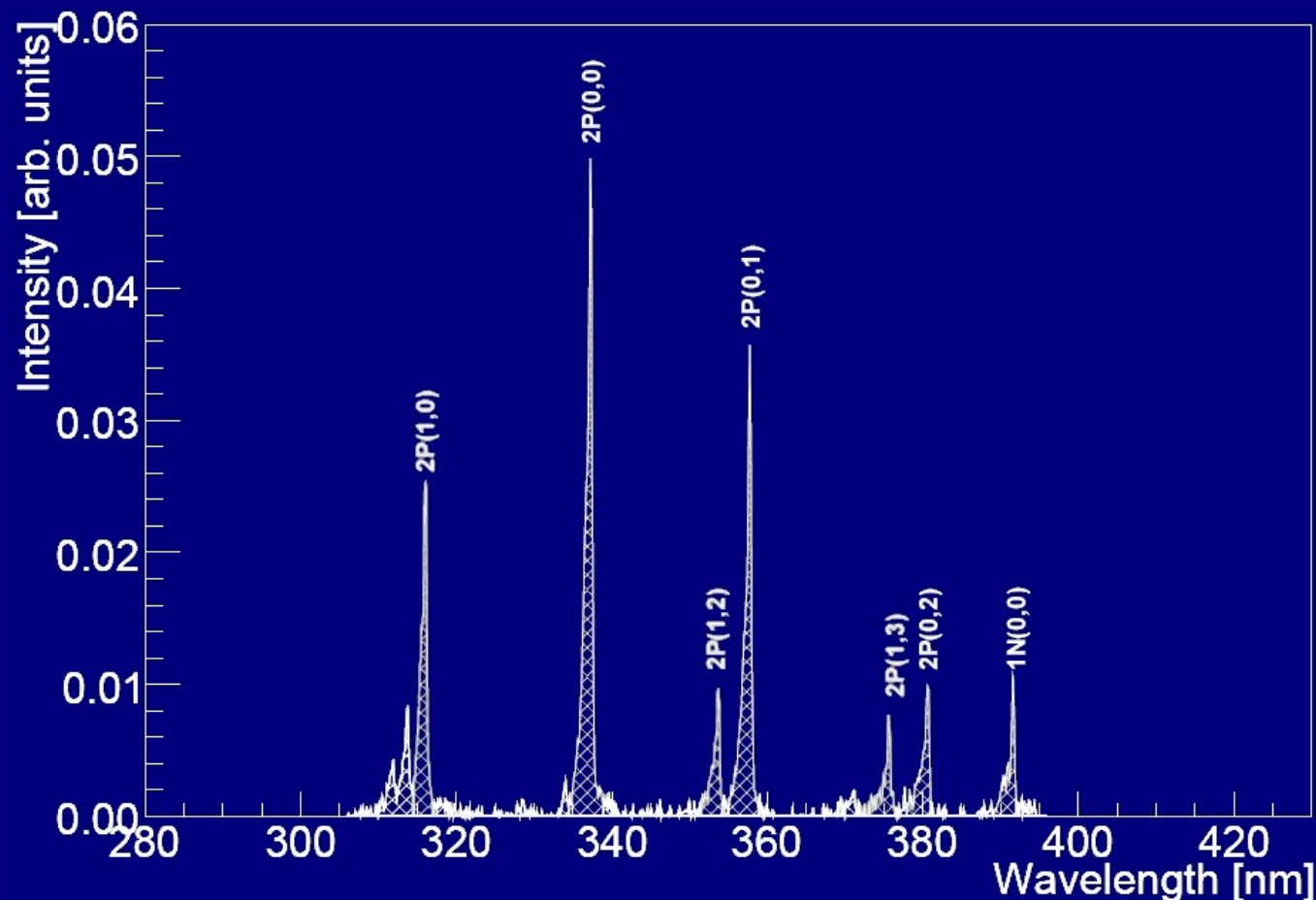
Stickstoff Fluoreszenz

$$\frac{dN_\gamma}{dX} = \frac{dE_{dep}^{tot}}{dX} \cdot \int Y(\lambda, T, p) \cdot T_{atm}(\lambda, X) \cdot \epsilon_{FD}(\lambda) d\lambda$$

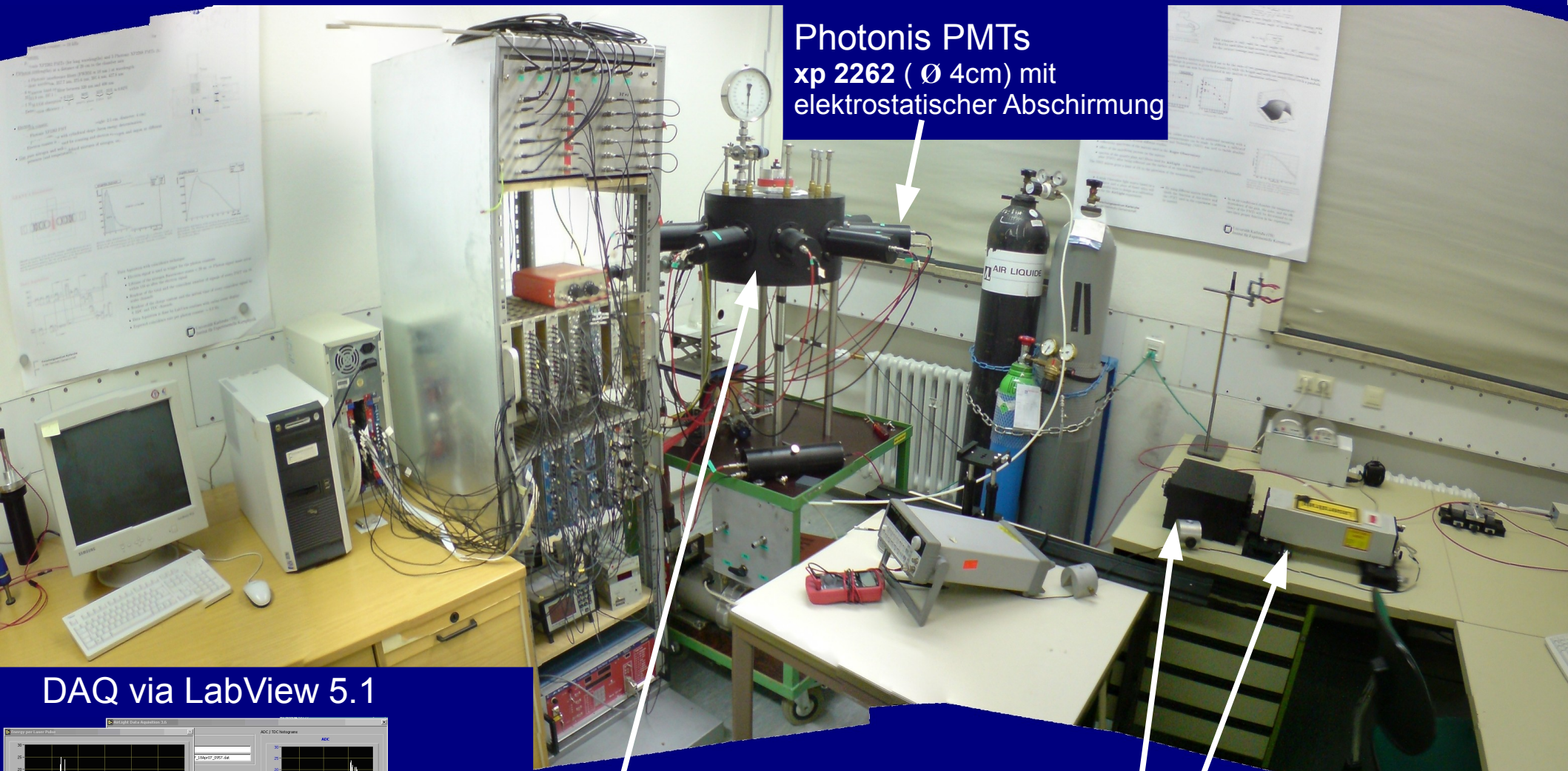
Anzahl der Photonen ist eine direkte Messung der totalen Energie pro durchquerte Materie

Größter Anteil von molekularem Stickstoff N_2 (kovalenter Homodimer)

Spektrum mit vielen vibrations- und rotations Übergängen

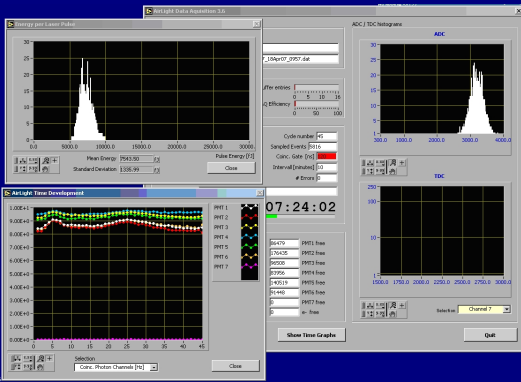


Aufbau der AirLight-Kalibrierung



Photonis PMTs
xp 2262 (Ø 4cm) mit
elektrostatischer Abschirmung

DAQ via LabView 5.1



Laser Probe RJP-465
($E_{\min\text{Det}} = 500 \text{ fJ}$, $E_{\max\text{Det}} = 250 \text{ nJ}$)
Calibration Accuracy $\pm 5 \%$



N_2 Laser
 $\lambda = 337.1 \text{ nm}$ $E_{\max} = 120 \mu\text{J}$
Pulsbreite FWHM = 3ns

SplitterBox

Rayleigh Calibration

$$N_{det} = Y(\lambda, p, T) \cdot E_{dep} \cdot \varepsilon_{\Omega}^{fluo} \cdot \mathbf{X}$$

gemessen

gemessen/simuliert

$$N_{det} = N_{scatt} \cdot \underbrace{T_{glass} \cdot T_{filter} \cdot \varepsilon_{QE} \cdot \varepsilon_{coll}}_{\mathbf{X}}$$

berechnet

$$N_{scatt} = N_L \cdot \sigma_{tot}^{Rayl} \cdot N_{mol} \cdot \varepsilon_{\Omega}^{Rayl}$$

aus Simulation

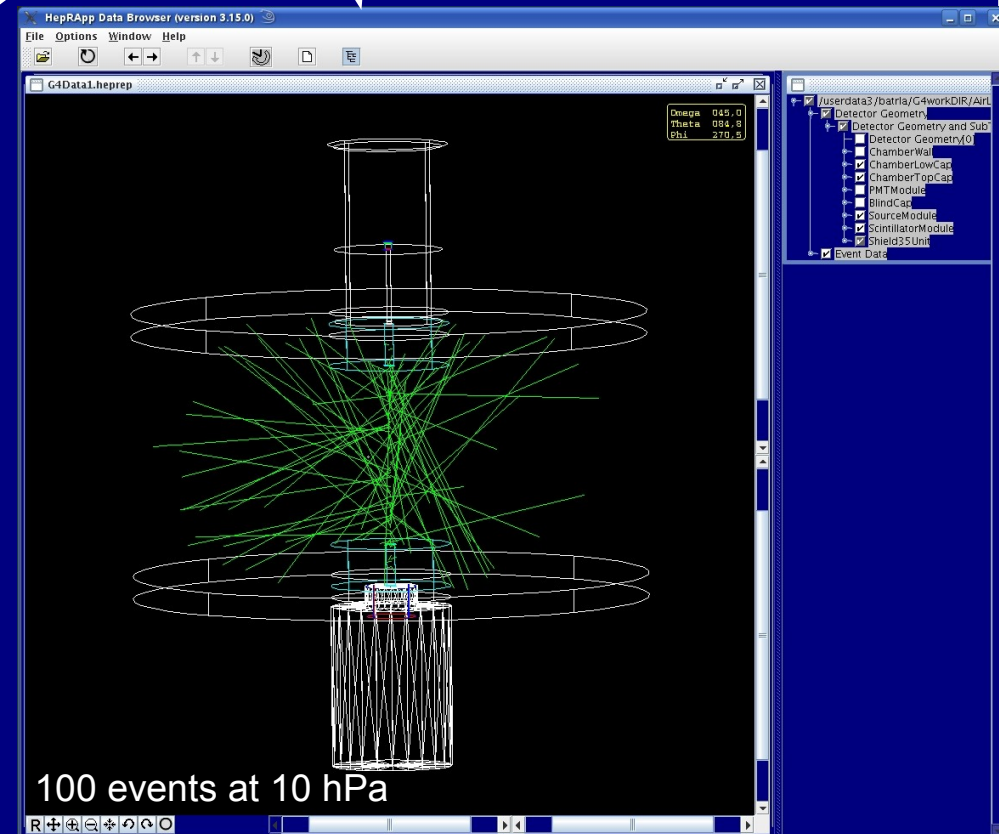
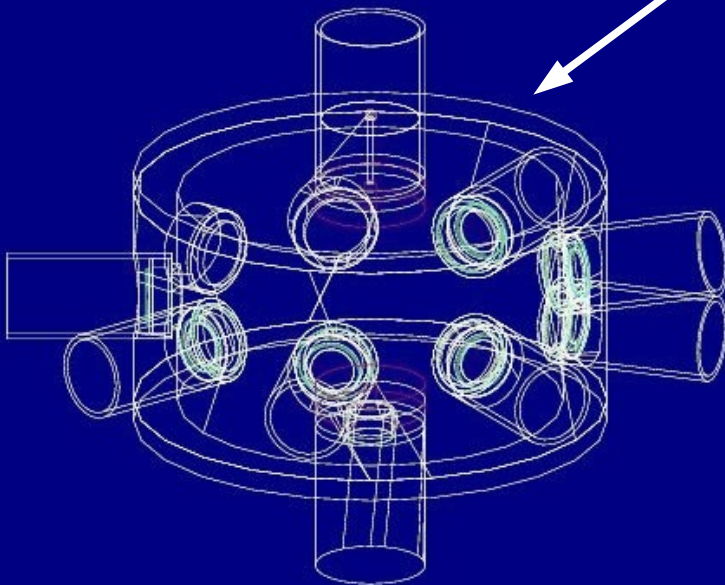
$$\varepsilon_{\Omega}^{Rayl} = \left(\frac{N_{detected\ photons}}{N_{generated\ photons}} \right)$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{24\pi^3}{\lambda^4 N_{mol}^2} \cdot \frac{(n_s^2 - 1)^2}{(n_s^2 + 2)^2} \cdot F_k \cdot \frac{3}{16\pi} \cdot (1 + \cos^2 \theta)$$

GEANT4 (Geometry and tracking)

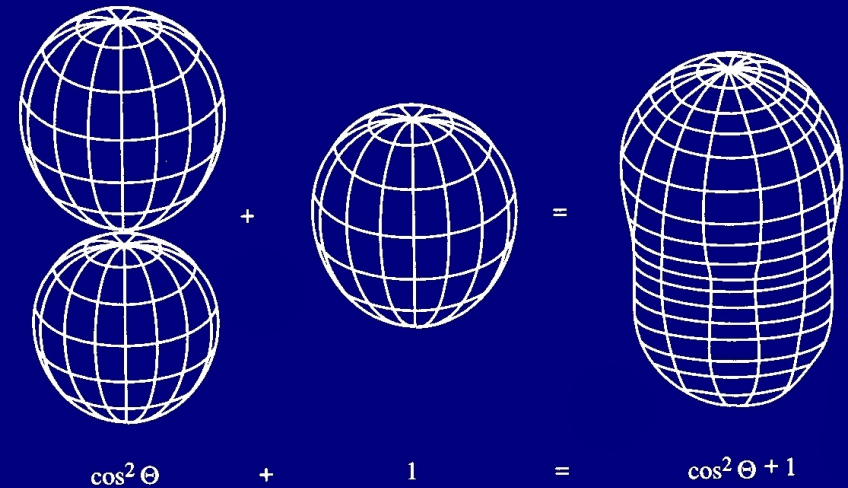
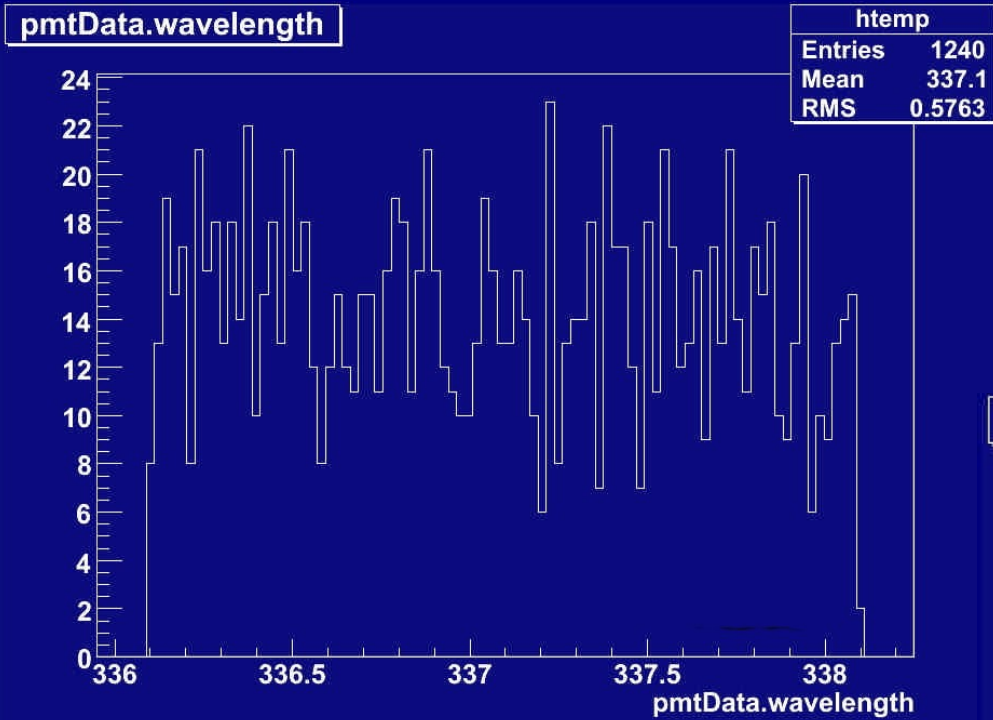
„Geant4 is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter.“
<http://geant4.web.cern.ch/geant4/>

- Gerüst von C++ Klassen um individuelle Simulationen zu erstellen
- modulare Struktur des realen AirLight-Aufbaus implementiert durch Objektorientierung
- user kann durch Kommandos den Aufbau variieren während Simulation im idle-Status
- anpassbare Gasparameter in dem Volumen (Zusammensetzung, Druck, Temperatur)
- Visualisierung durch mehrere Treiber möglich (z.B. DAWN, HepRApp, OpenGL,...)
- Daten werden in Root-Files geschrieben

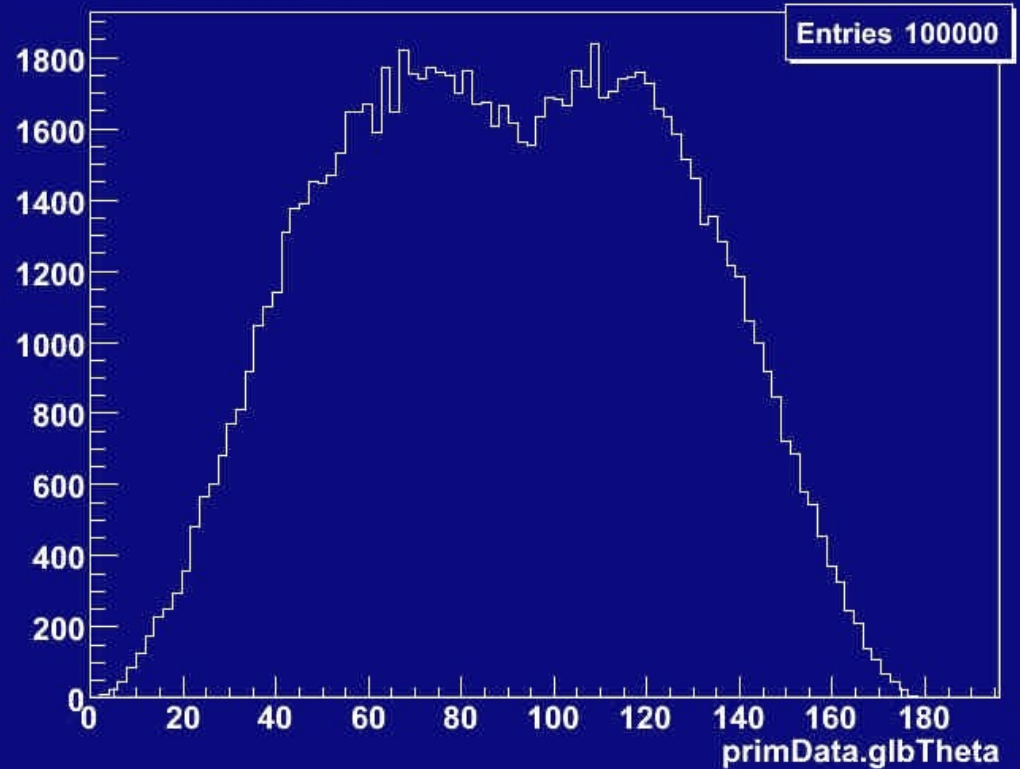


AirLightSim BeamDaten

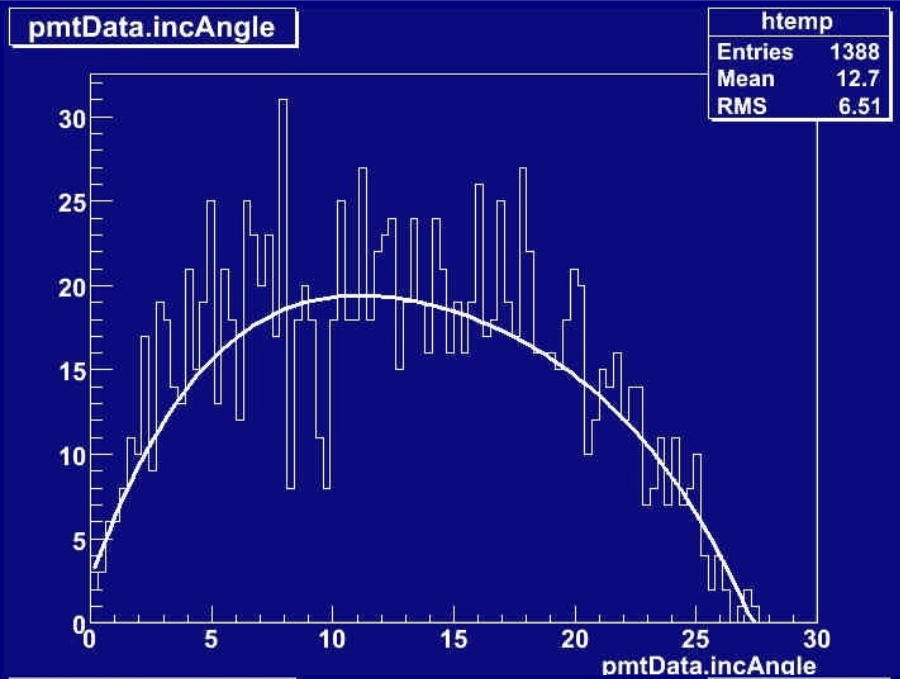
G4double wavelength = (336.1 + 2.0*G4UniformRand())*nanometer;



primData.glbTheta



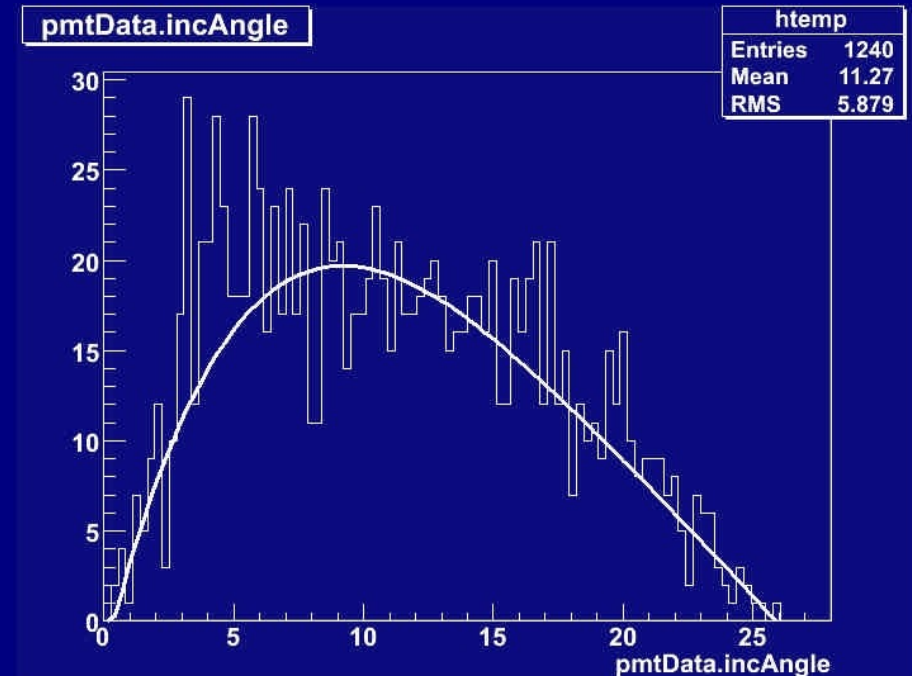
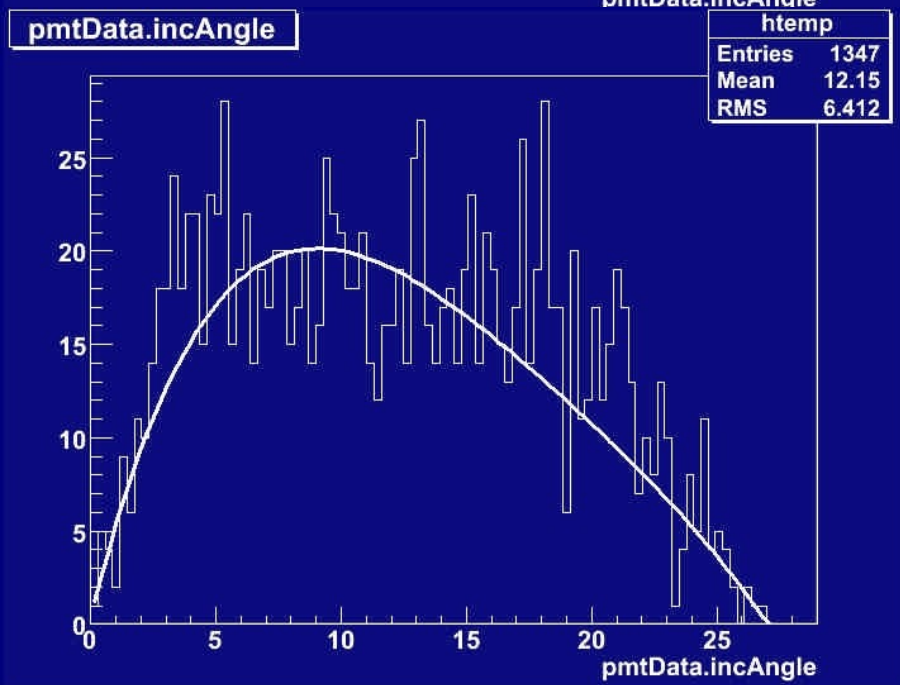
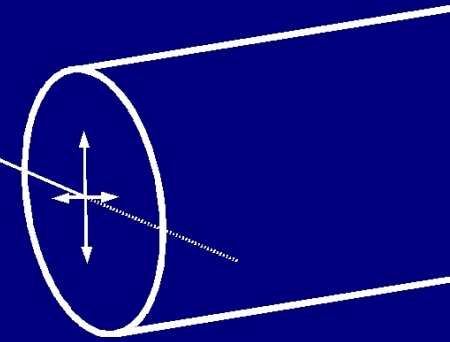
AirLightSim PMT-Rayleigh-Daten



25mm BeamShielding

30mm BeamShielding

35mm BeamShielding



Vorschau

- große GEANT4 Simulationen -> Akzeptanz der PMTs
- PMT Wirkungsgrad gemessen durch Vergleich mit der Energie
- N₂ Kalibrierungsmessungen bei unterschiedlichem Druck (0 – 1014 hPa) mit 337nm Laser
- Fluoreszenz-Messungen für den 337nm Filter werden wiederholt
- beide Messungen werden mit den früheren AirLight-Ergebnissen verglichen

Vielen Dank!