

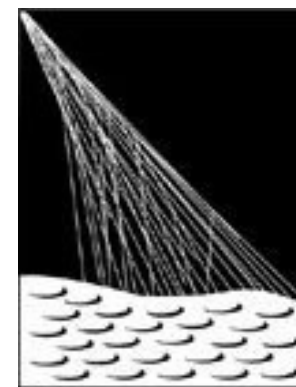


Schule für Astroteilchenphysik 2008
Universität Erlangen-Nürnberg

Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf die Rekonstruktion von Luftschauern

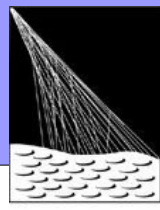
Martin Will

Institut für Kernphysik, Forschungszentrum Karlsruhe



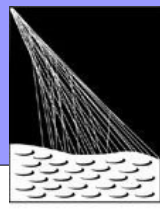
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

15. Oktober 2008



- Grundlagen
 - Hybrid-Detektor
 - Fluoreszenz-Messungen
- Messungen atmosphärischer Parameter
 - Ballonaufstiege
 - Wetterstationen
- Einfluss der Luftfeuchtigkeit
 - Fluoreszenz-Ausbeute
 - Rekonstruktion von Luftschauern
- Luftfeuchtigkeitsprofile
 - Monatsmittel
 - Bessere Profile mit Wetterstationsdaten
- Ausblick



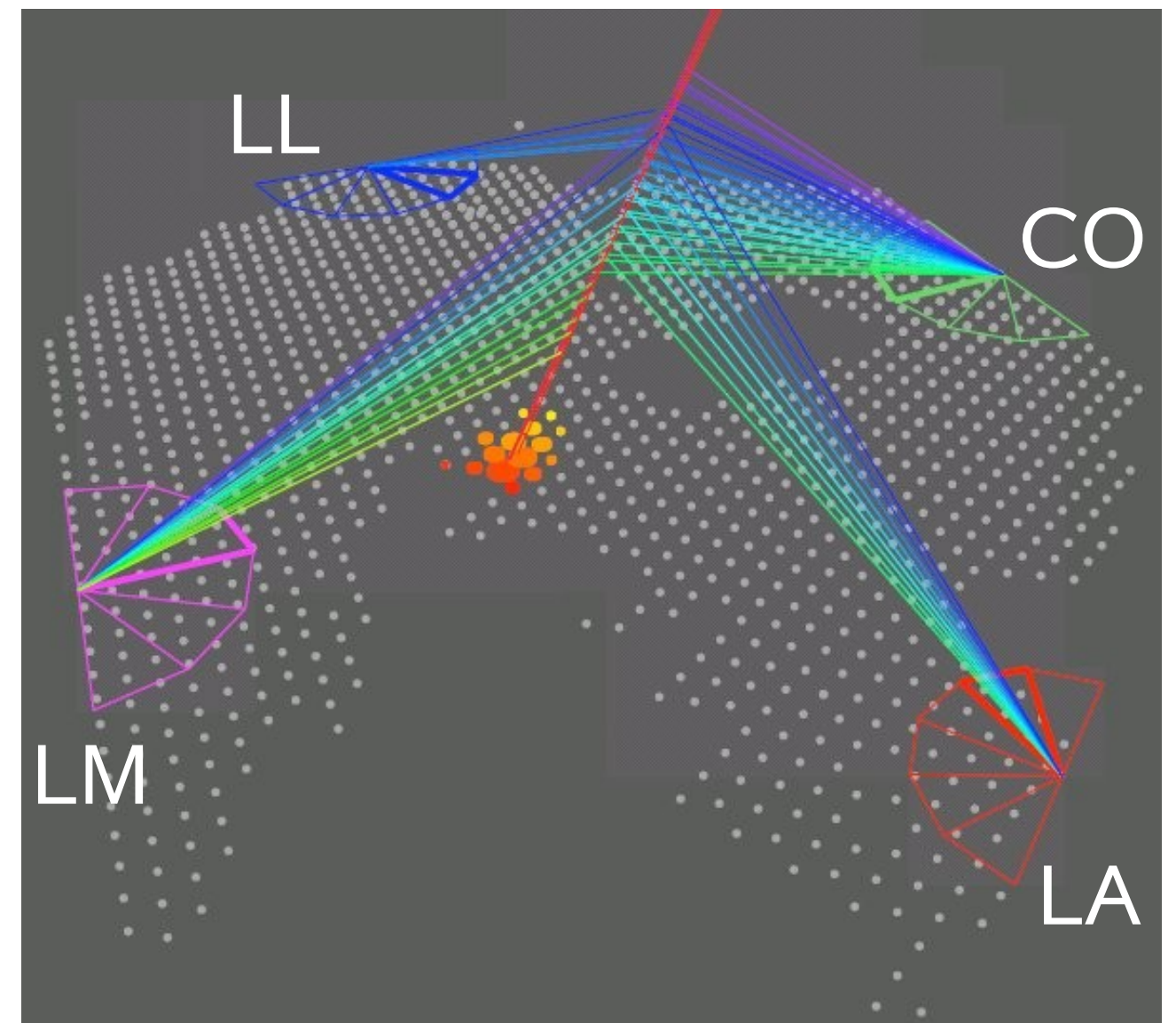
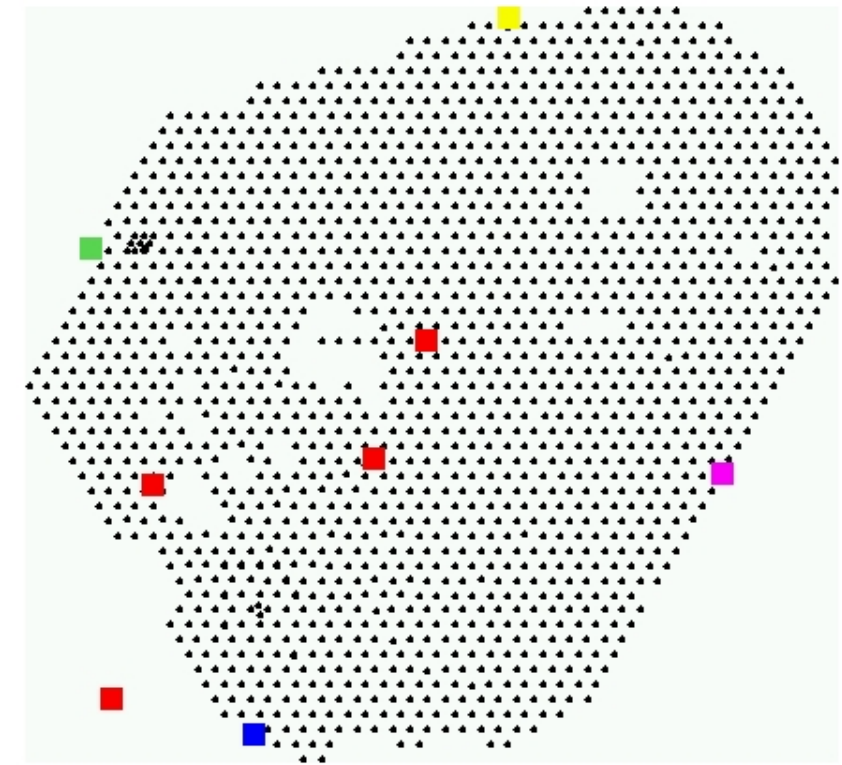


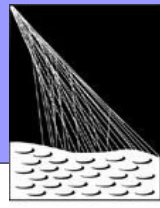
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Hybrid-Detektor



- 4 Teleskopstationen mit jeweils 6 Fluoreszenzteleskopen
- über 1600 Tscherenkow-Detektoren auf einer Fläche von ca. 3000 km²



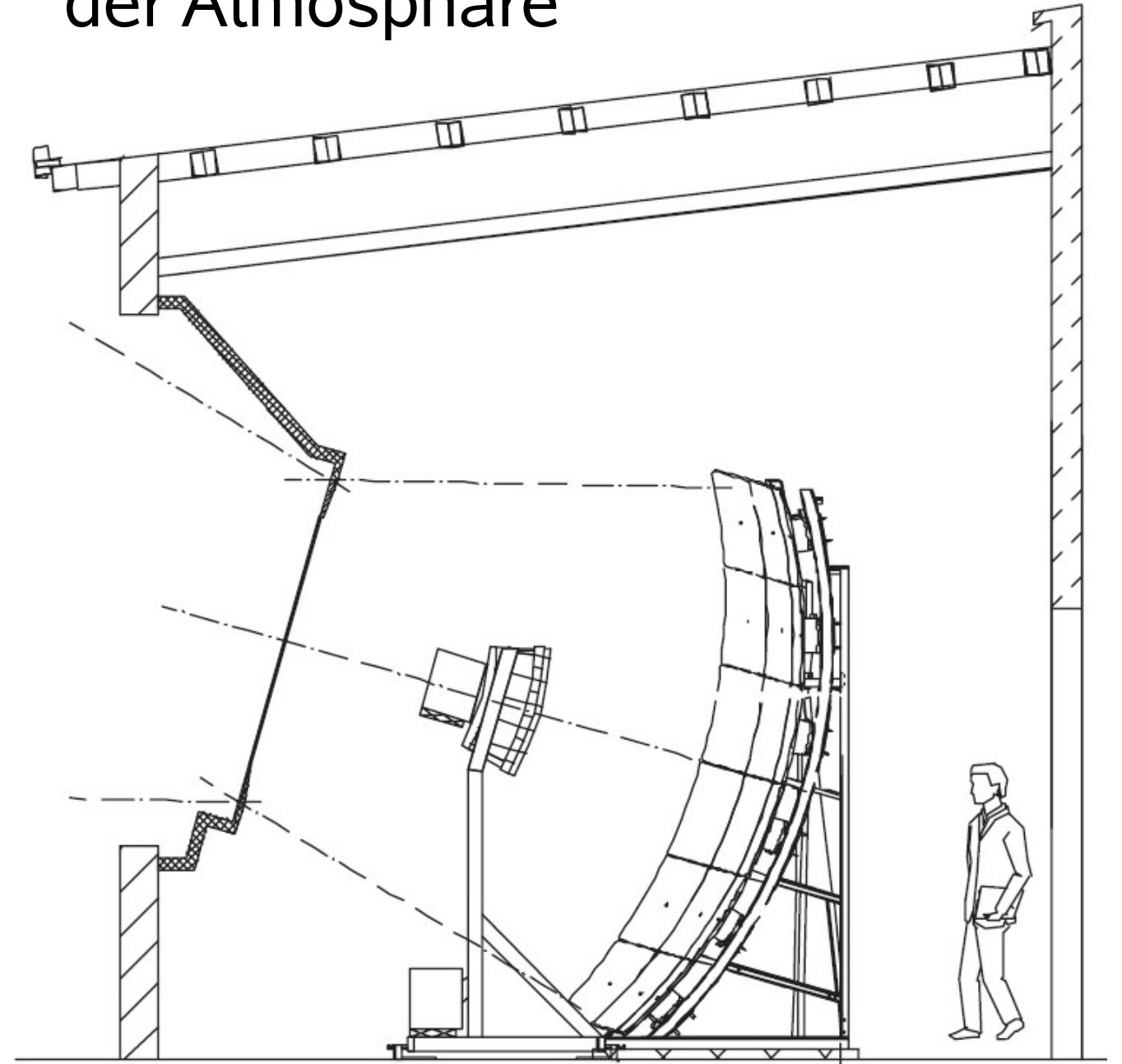


PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

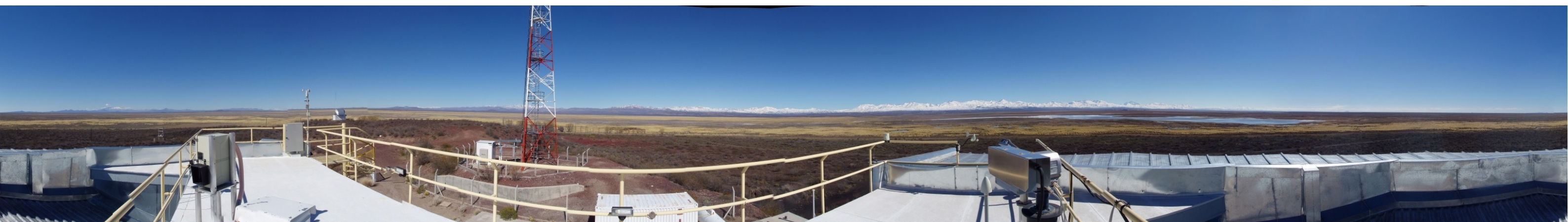
Fluoreszenz-Messungen

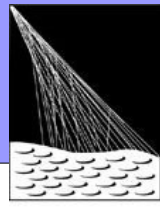


- Entwicklung von Luftschauern und Ausbreitung von Fluoreszenzlicht in der Atmosphäre



- Messung atmosphärischer Parameter wichtig für die Rekonstruktion von Luftschauern





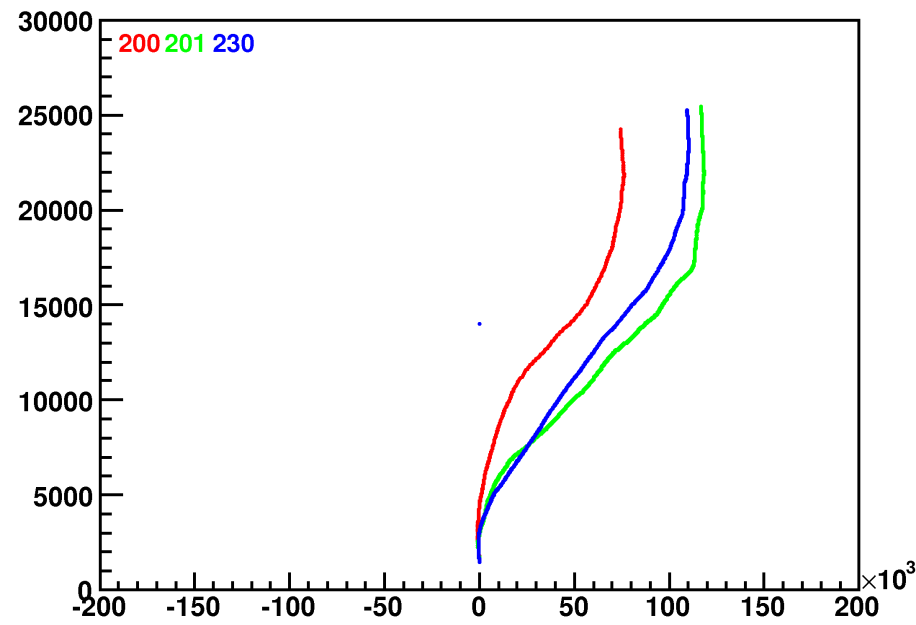
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Radiosonden

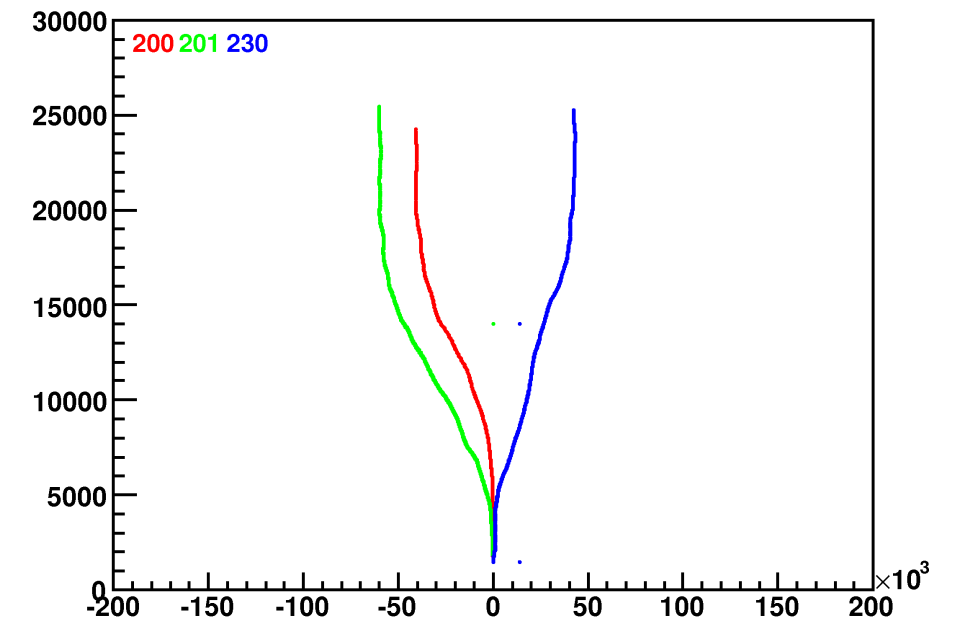


Balloon Launching Station (BLS)

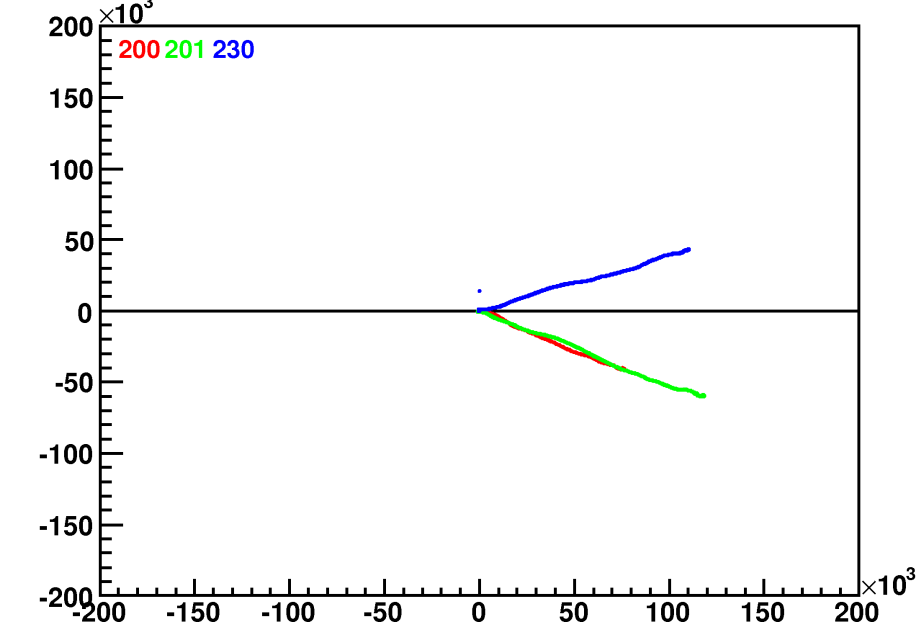
x-coordinate vs. height



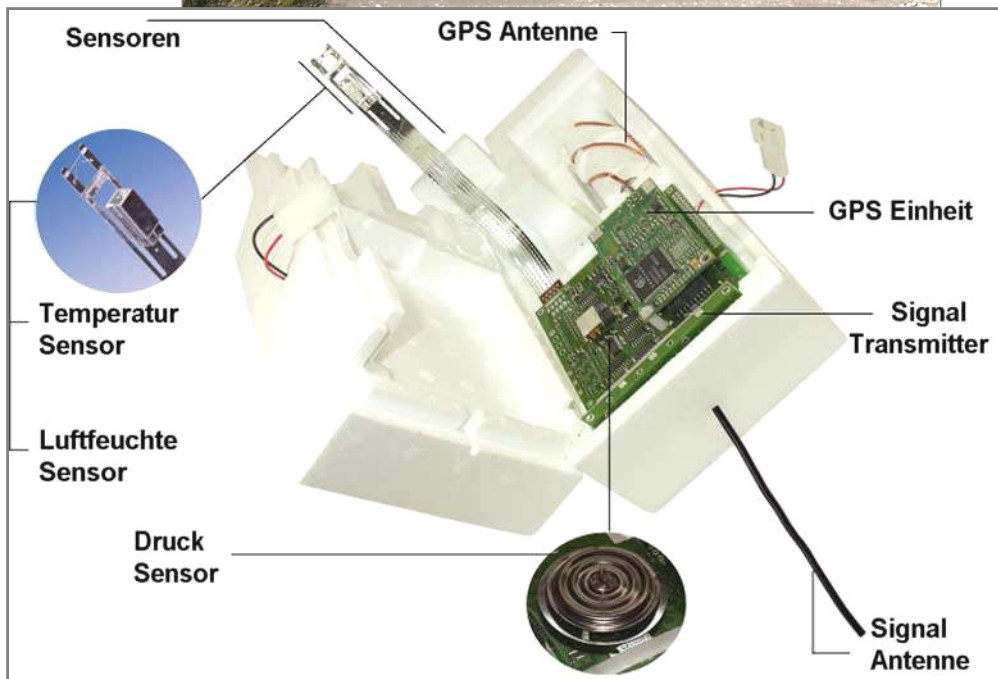
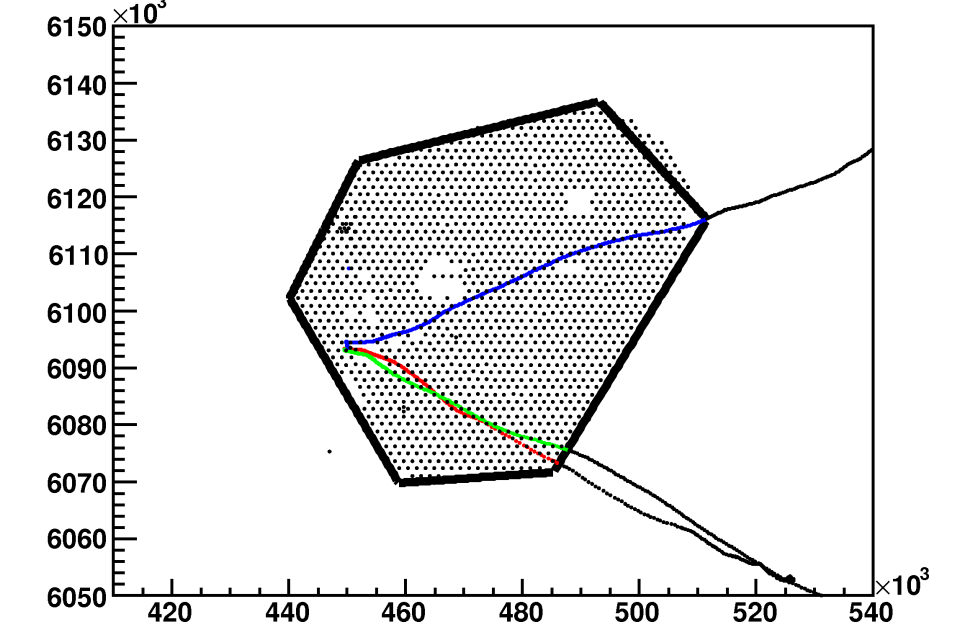
y-coordinate vs. height

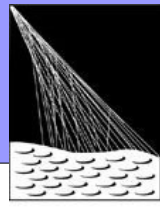


x- vs. y-coordinate



northing vs. easting





PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

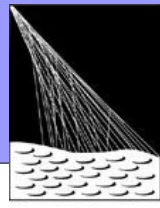
Ballonaufstiege



15. Oktober 2008

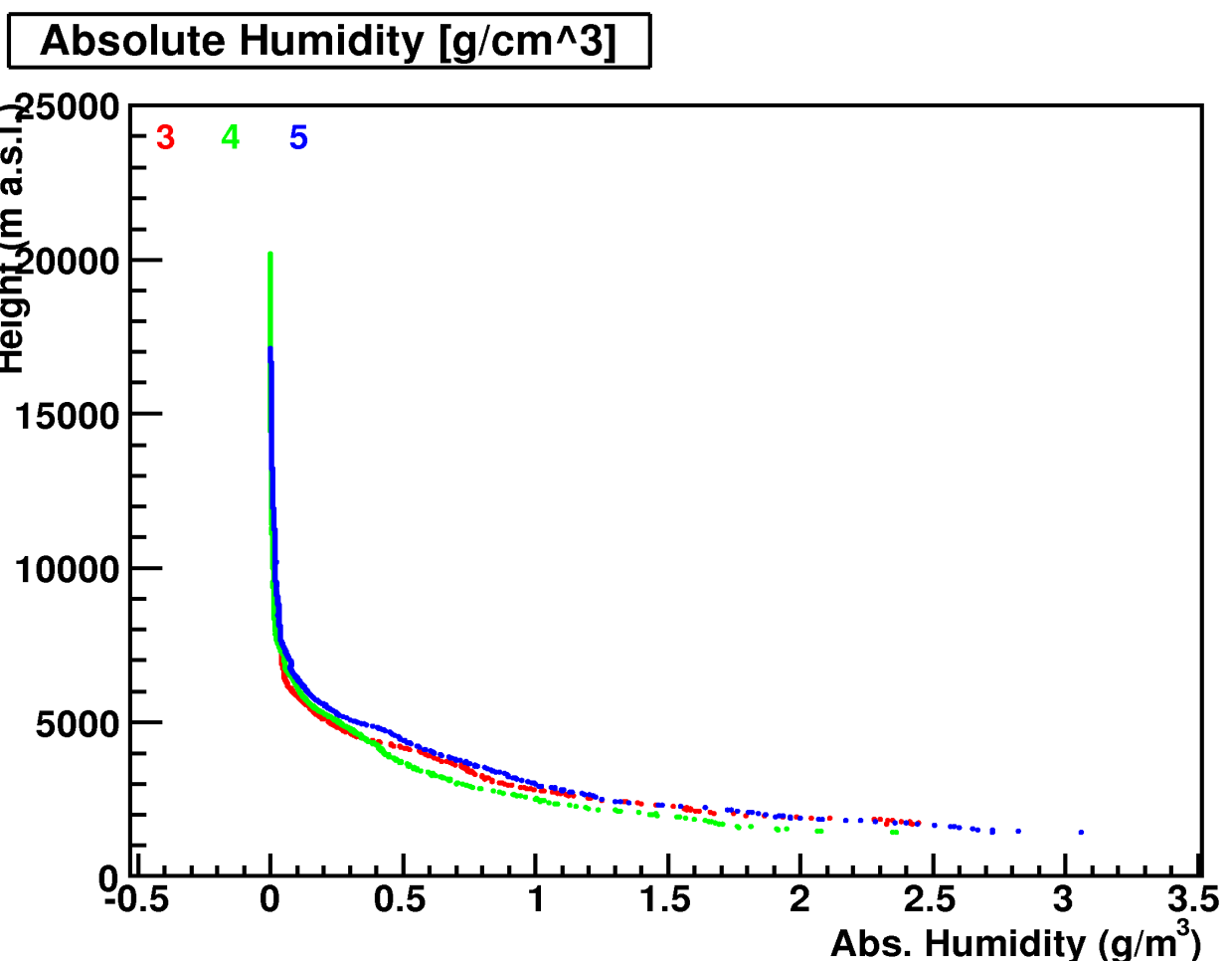
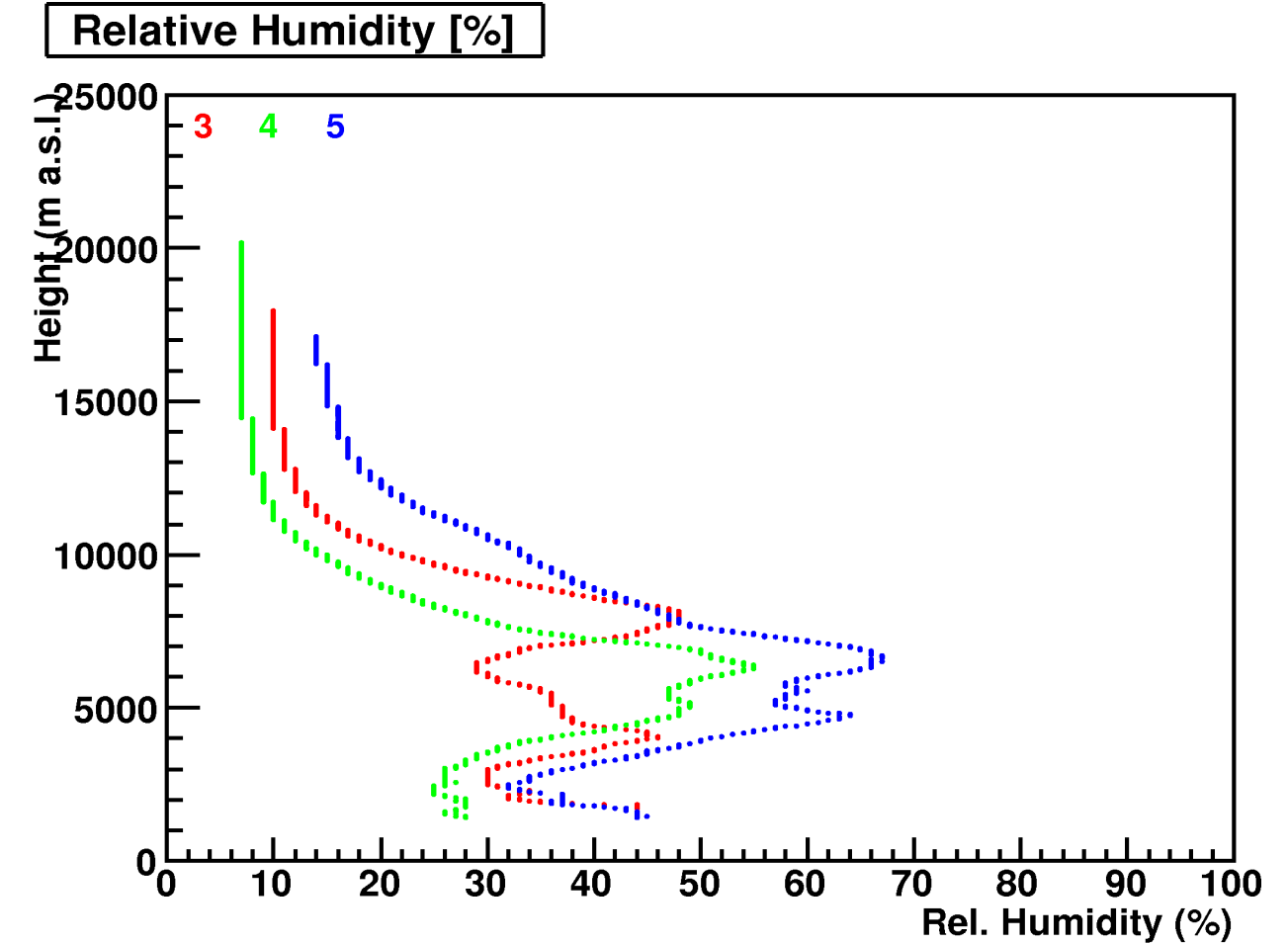
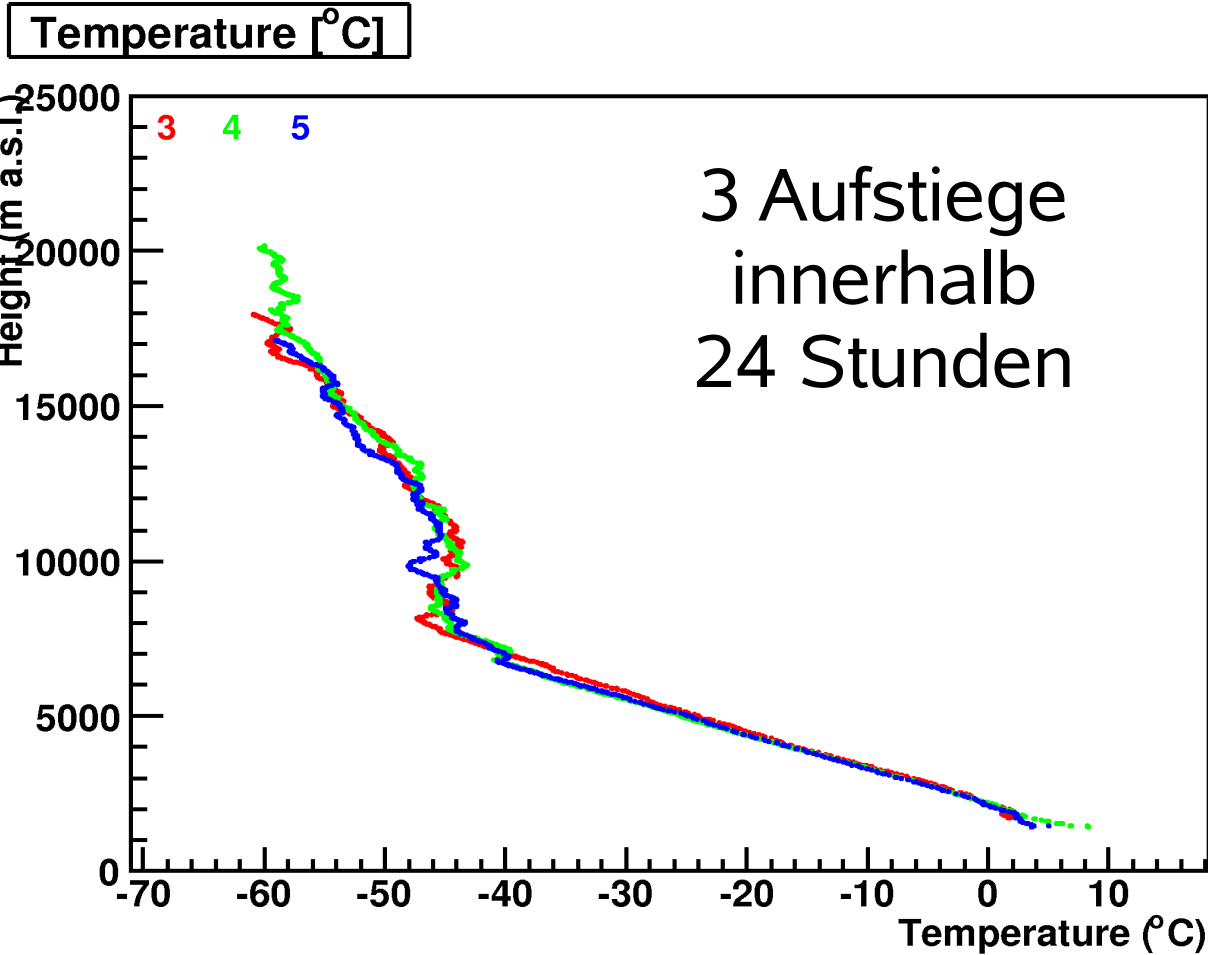
Martin Will

6

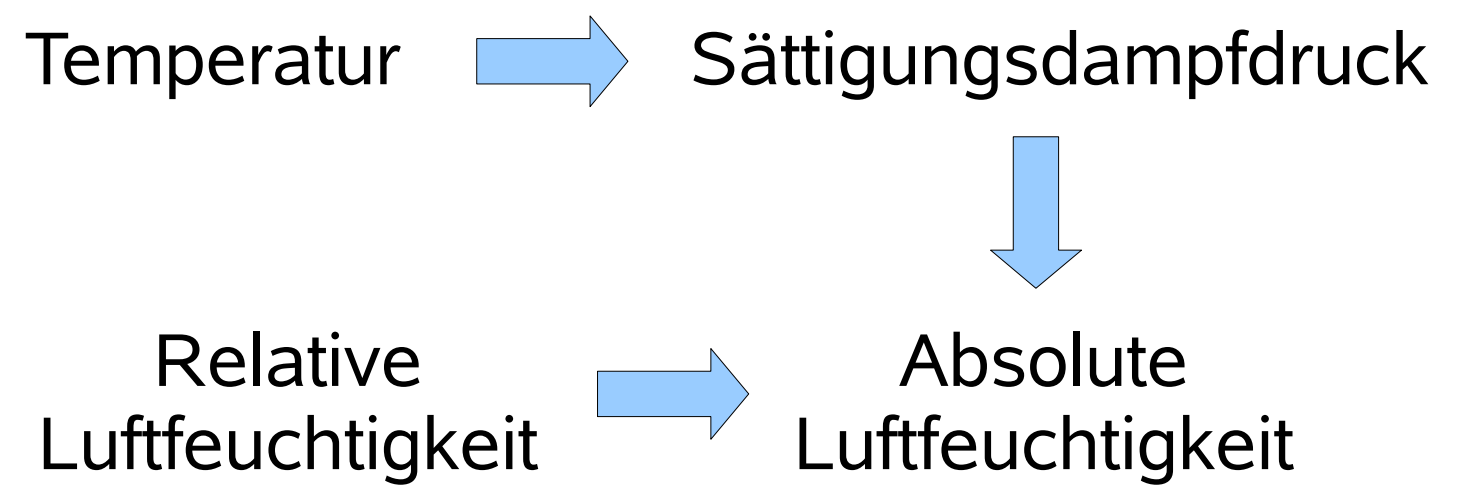


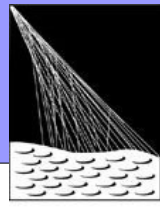
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Ballonmessungen



- Berechnung der absoluten Luftfeuchtigkeit:

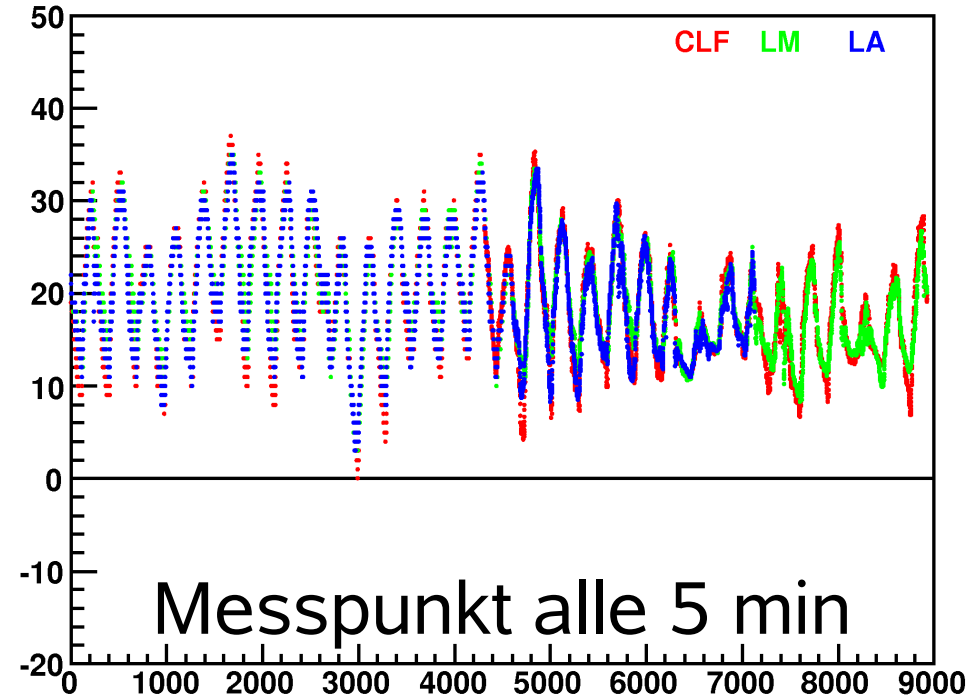




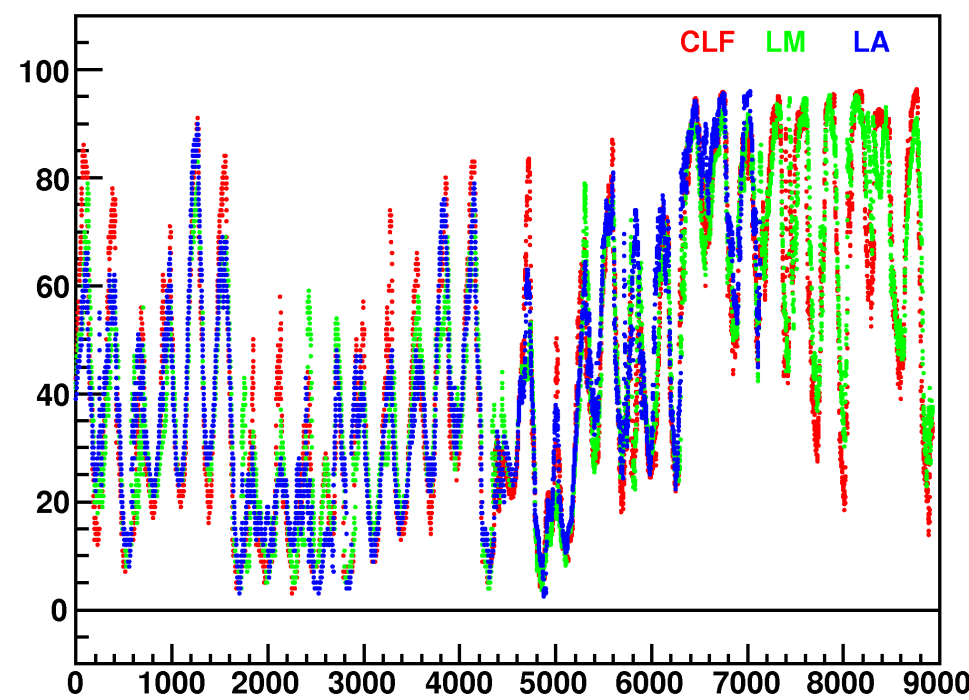
PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Wetterstationen

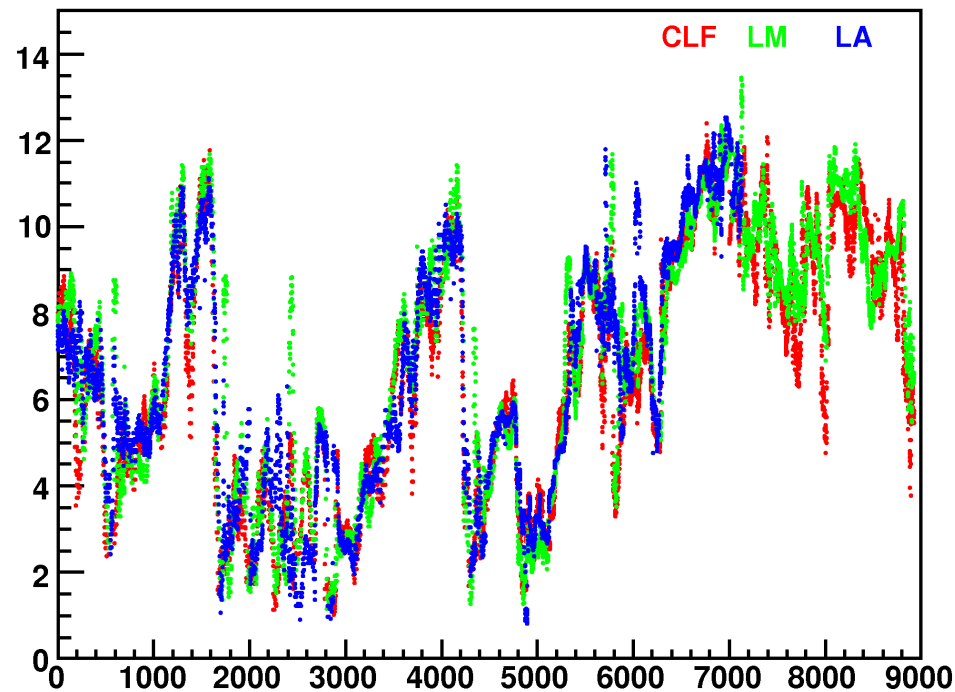
Temperature [°C]



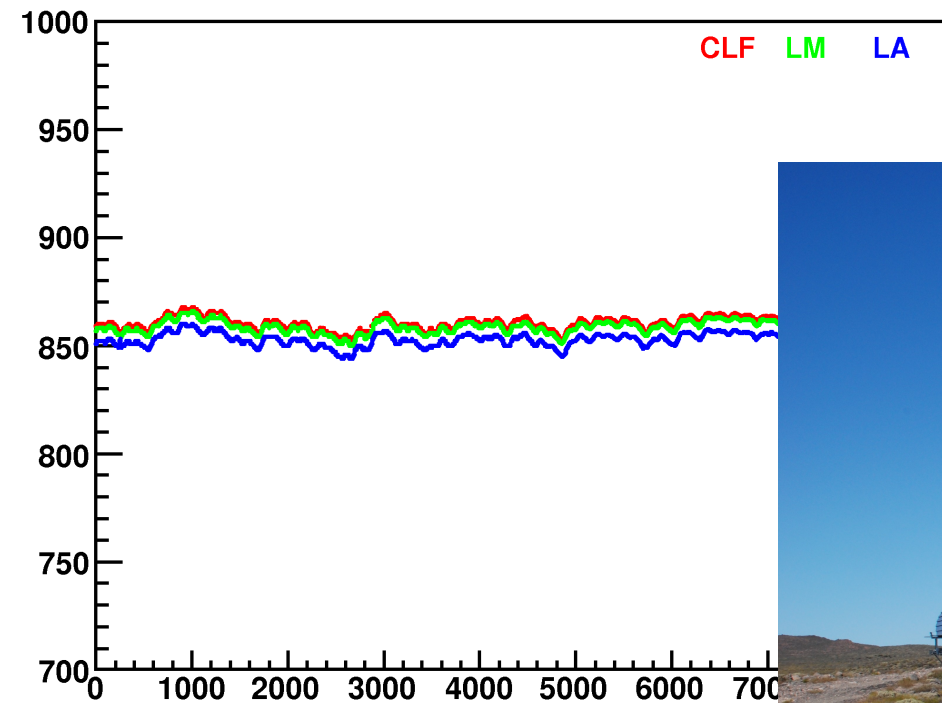
Relative Humidity [%]



Absolute Humidity [g/cm^3]

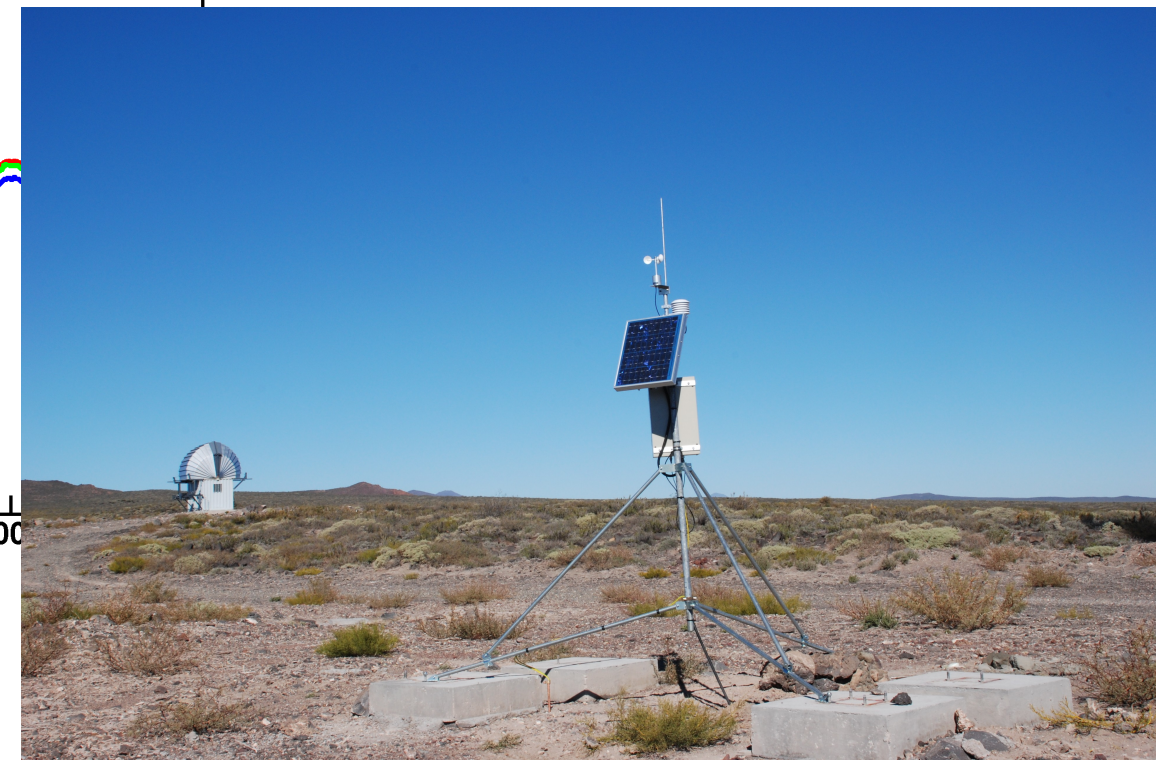


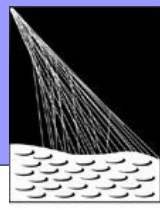
Pressure [hPa]



Januar 2008

- Stationen an allen vier Teleskopen, sowie an der Central Laser Facility (CLF)
- Gute Homogenität der Messdaten zwischen Rand und Zentrum des Arrays





Fluoreszenz-Yield:

$$FY_\lambda = \varepsilon_\lambda(p, T) \cdot \frac{\lambda}{hc} \cdot \frac{dE}{dX} \cdot \rho_{air} \left[\frac{\text{photons}}{\text{m}} \right]$$

Effizienz:

$$\varepsilon_\lambda(p, T) = \frac{\varepsilon_\lambda^0}{1 + (p/p'_{\nu'}(T))} = \frac{n \cdot E_\gamma}{E_{dep}} \quad \frac{\text{Energie der Fluoreszenzphotonen}}{\text{in Atmosphäre deponierte Energie}}$$

$$\frac{p}{p'_{\nu'}} = \frac{\tau_{0,\nu'} p_{air} \cdot N_A}{R \cdot T} \cdot \sqrt{\frac{kT N_A}{\pi}}$$

$$\cdot \left(4 \cdot C_v(\text{N}_2) \cdot \sigma_{\text{NN},\nu'}(T) \cdot \sqrt{\frac{1}{M_{m,N}}} \right.$$

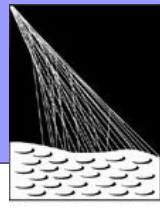
$$+ 2 \cdot C_v(\text{O}_2) \cdot \sigma_{\text{NO},\nu'}(T) \cdot \sqrt{2 \left(\frac{1}{M_{m,N}} + \frac{1}{M_{m,O}} \right)}$$

$$\left. + 2 \cdot C_v(\text{V}) \cdot \sigma_{\text{NV},\nu'} \cdot \sqrt{2 \left(\frac{1}{M_{m,N}} + \frac{1}{M_{m,V}} \right)} \right)$$

Abschwächung durch
N-N-Wechselwirkung

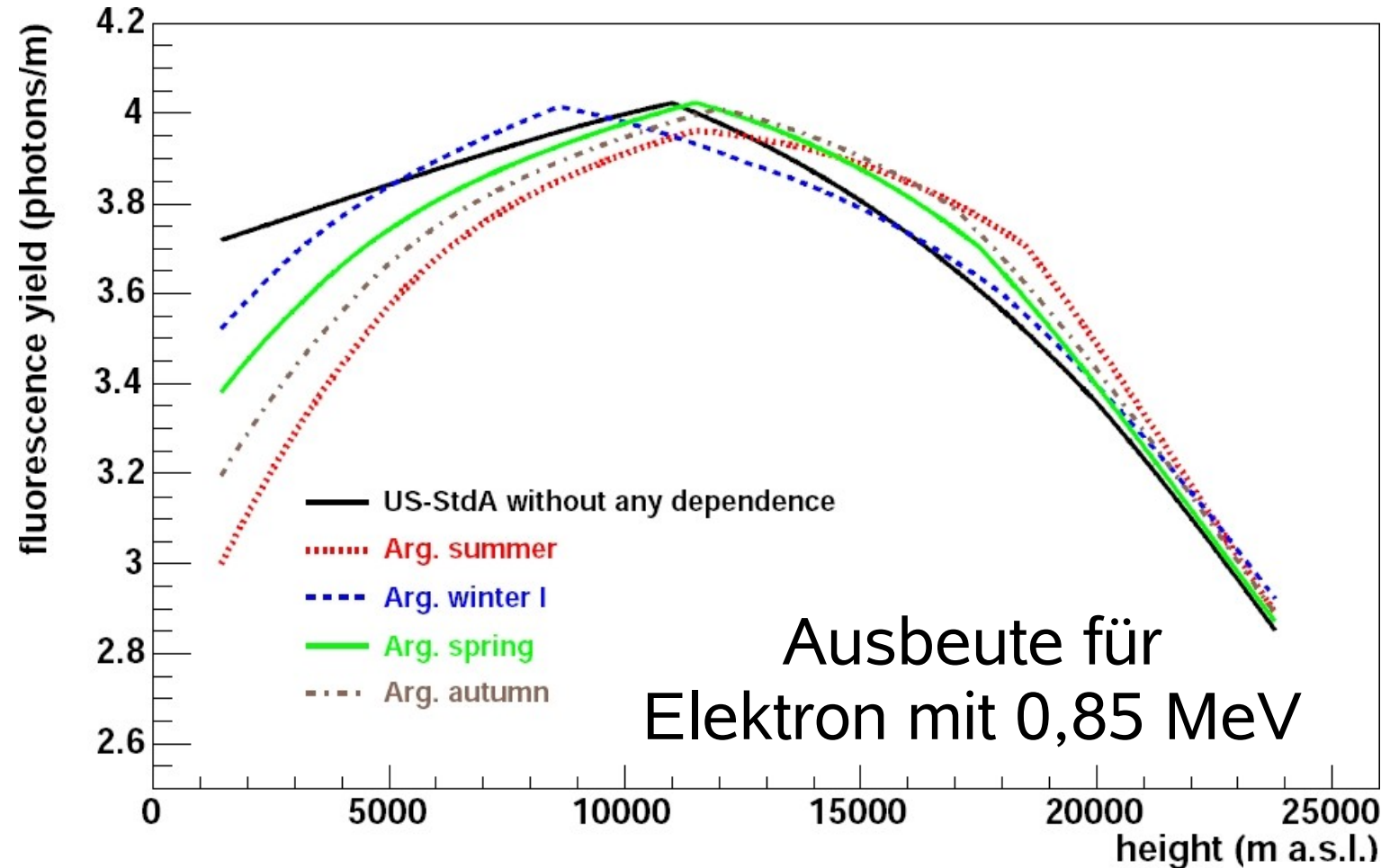
Abschwächung durch
N-O-Wechselwirkung

Abschwächung durch
H₂O-Wechselwirkung



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

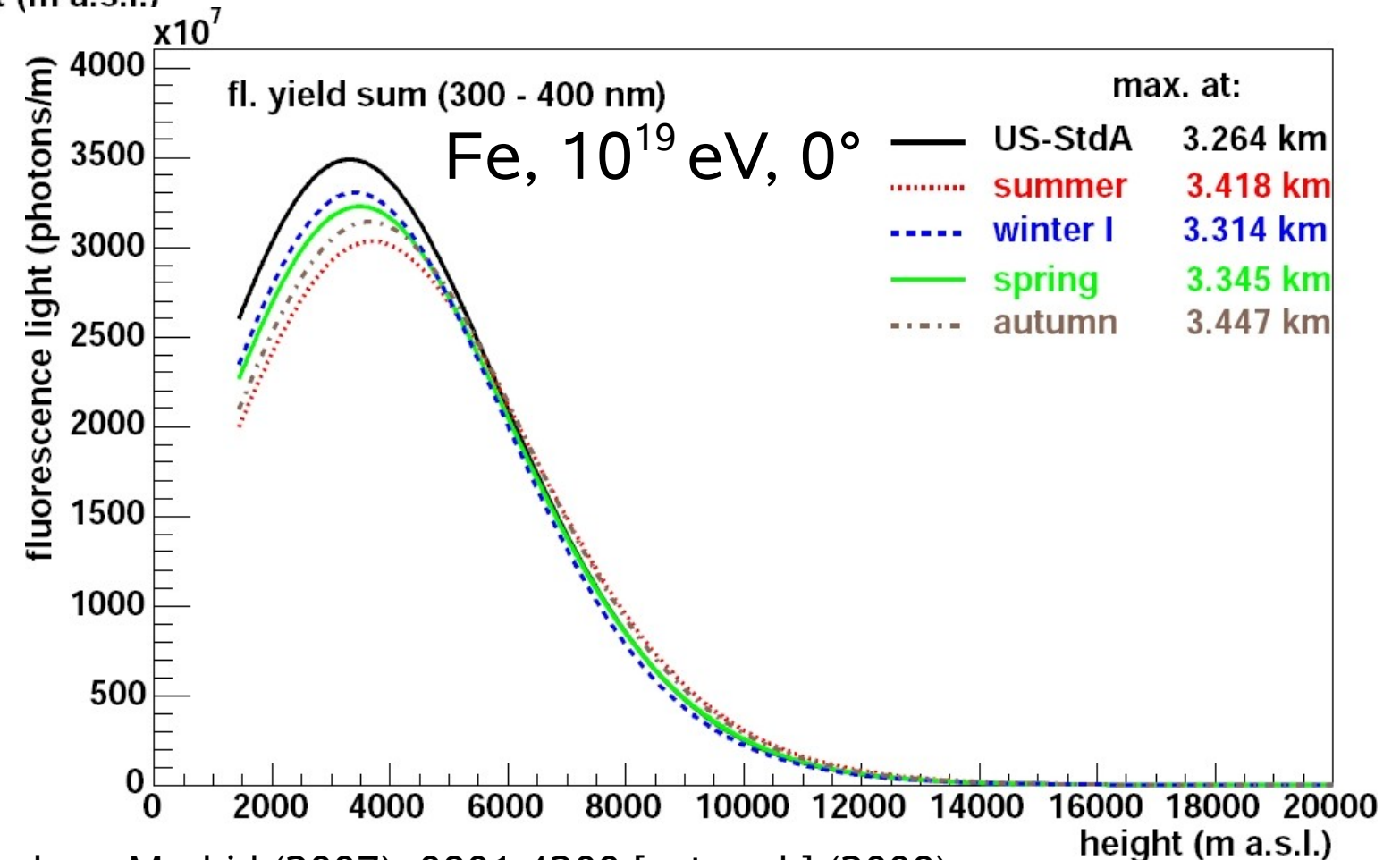
Fluoreszenz-Ausbeute



Simulationen mit vorläufigen Monatsmitteln

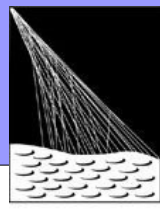
(temperaturabhängige Kollisionswirkungsquerschnitte nicht berücksichtigt)

- Luftfeuchtigkeit bedingt Reduktion des emittierten Lichts von Luftschauern
- Rekonstruierte Primärenergie ohne Luftfeuchtigkeit ist zu niedrig
- Position des Schauermaximums wird nur wenig beeinflusst.



B. Keilhauer et al., Proc. 5th Fluorescence Workshop, Madrid (2007); 0801.4200 [astro-ph] (2008)

- Fluoreszenz-Ausbeute wird mit Hilfe atmosphärischer Parameter von Ballonaufstiegen berechnet.
- Ca. 6 bis 12 Stunden vor und nach einem Aufstieg sinnvoll.
- Wenn keine Messdaten vorhanden sind werden Monatsmittel verwendet, jedoch nur Temperatur und Druck, Luftfeuchtigkeit ist auf Null gesetzt.

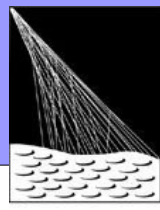


PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Probleme:

- keine Information über Luftfeuchtigkeitsprofile ohne Ballonmessungen
- lediglich 250 Aufstiege bisher, ca. einer pro Woche (auch tagsüber), einige Monate mit weniger als 10 Aufstiegen



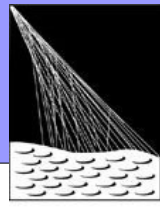


PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Lösungen:

- Kurzfristig: Balloon-the-Shower
nur Aufstiege bei Schauern, die es „verdienen“
- Luftfeuchtigkeitsprofile mitteln in Monatsmodellen
- Profile auf andere Weise ableiten, z. B. aus
 - Wetterstationsdaten
 - Ereignisraten und Schauerachsen-Abstände der Fluoreszenzteleskope





PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Balloon-the-Shower

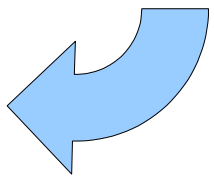
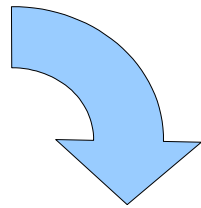
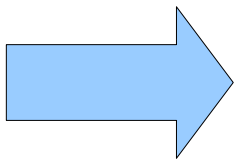


CDAS-Raum

Online-Hybrid-Rekonstruktion:

Schauer über Energieschwelle und nach Qualitäts-Cuts triggert Techniker per SMS.

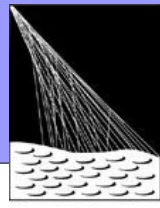
Qualitäts-Cuts u. a. auf σ_E , σ_{Xmax} ,
 X_{max} in FOV, χ^2 Gaisser-Hillas-Fit



Techniker fährt zur
Balloon Launching Station
und lässt Messballon steigen.



BLS

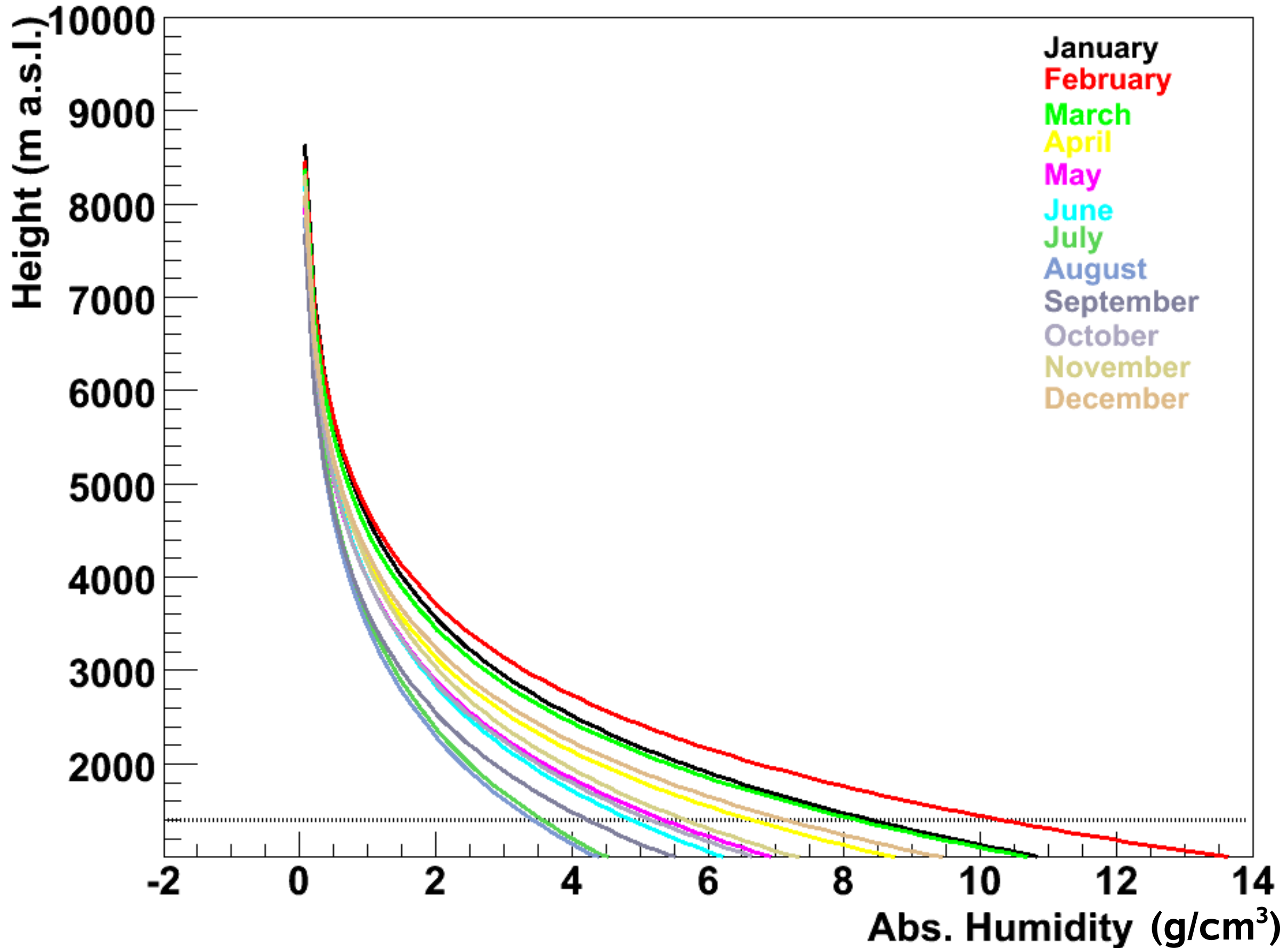


PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

Monatsmodelle



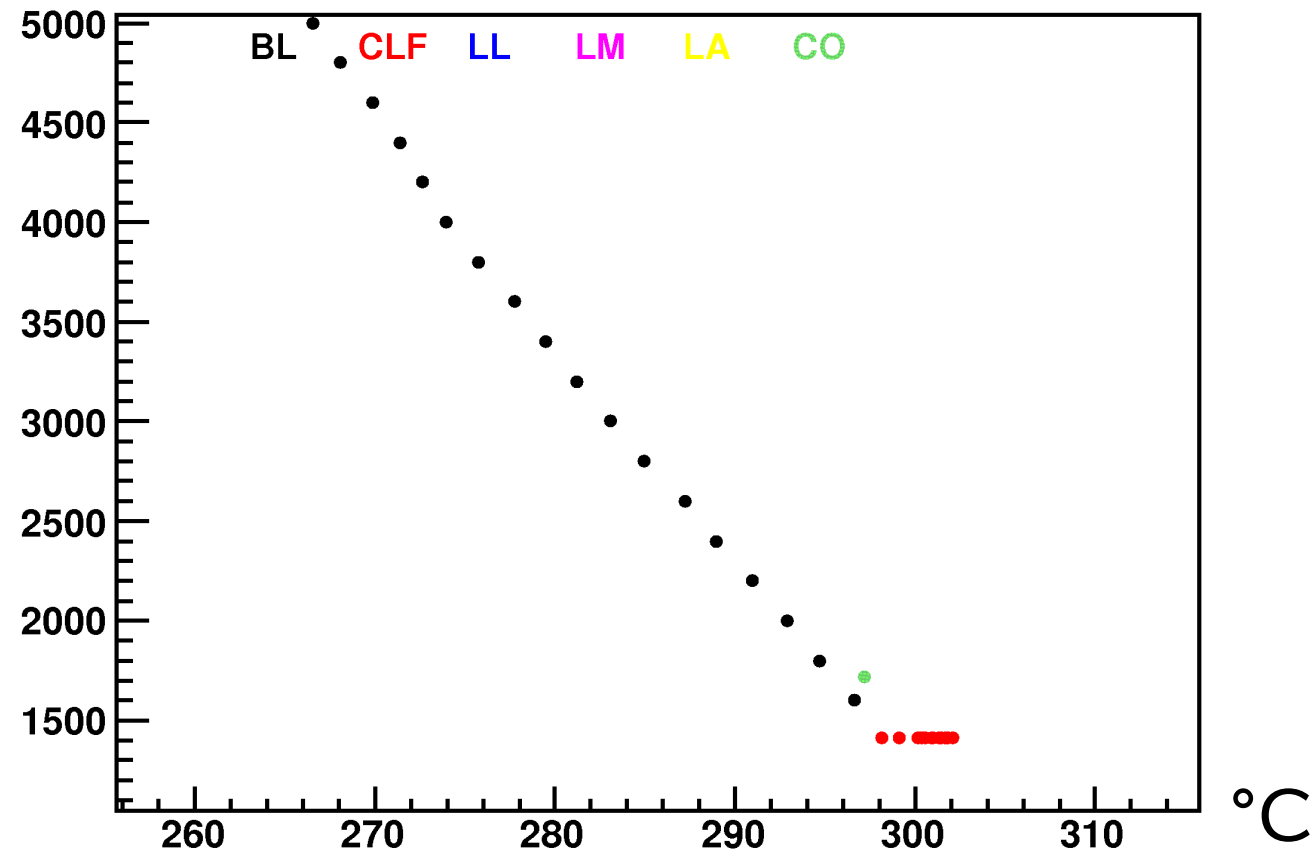
Absolute Humidity [g/cm³]



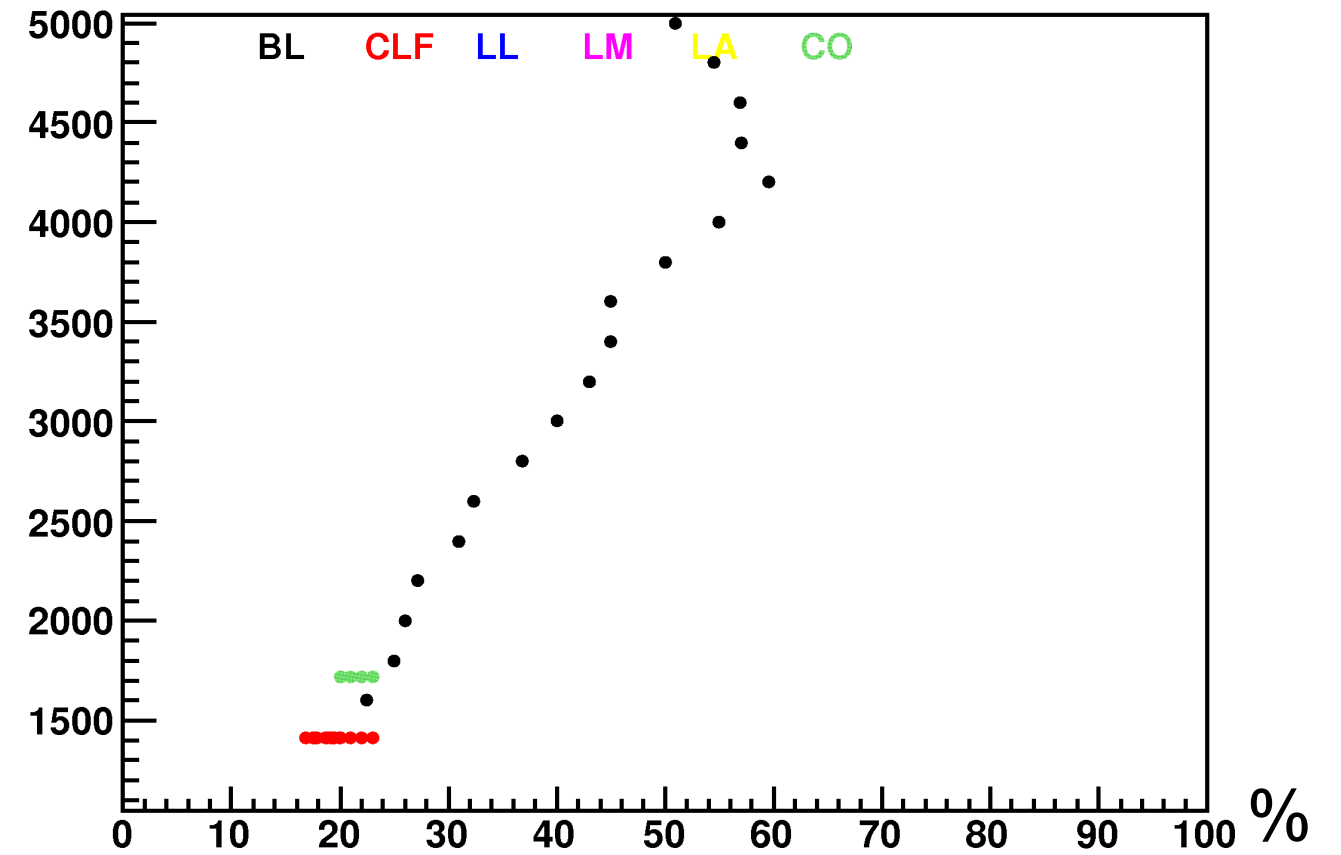
Wetterstationsdaten und Ballonaufstiege



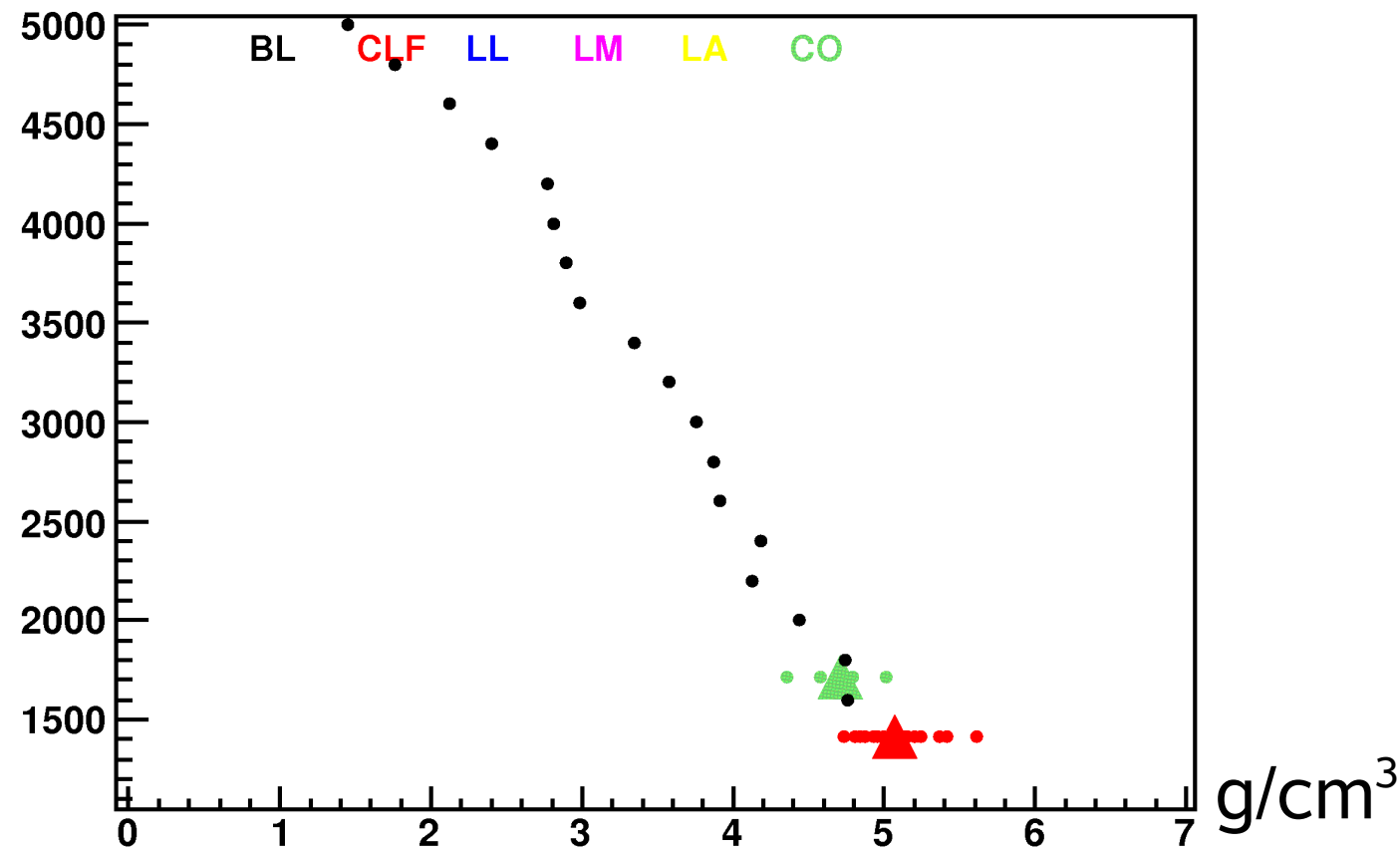
Temperature [°C]



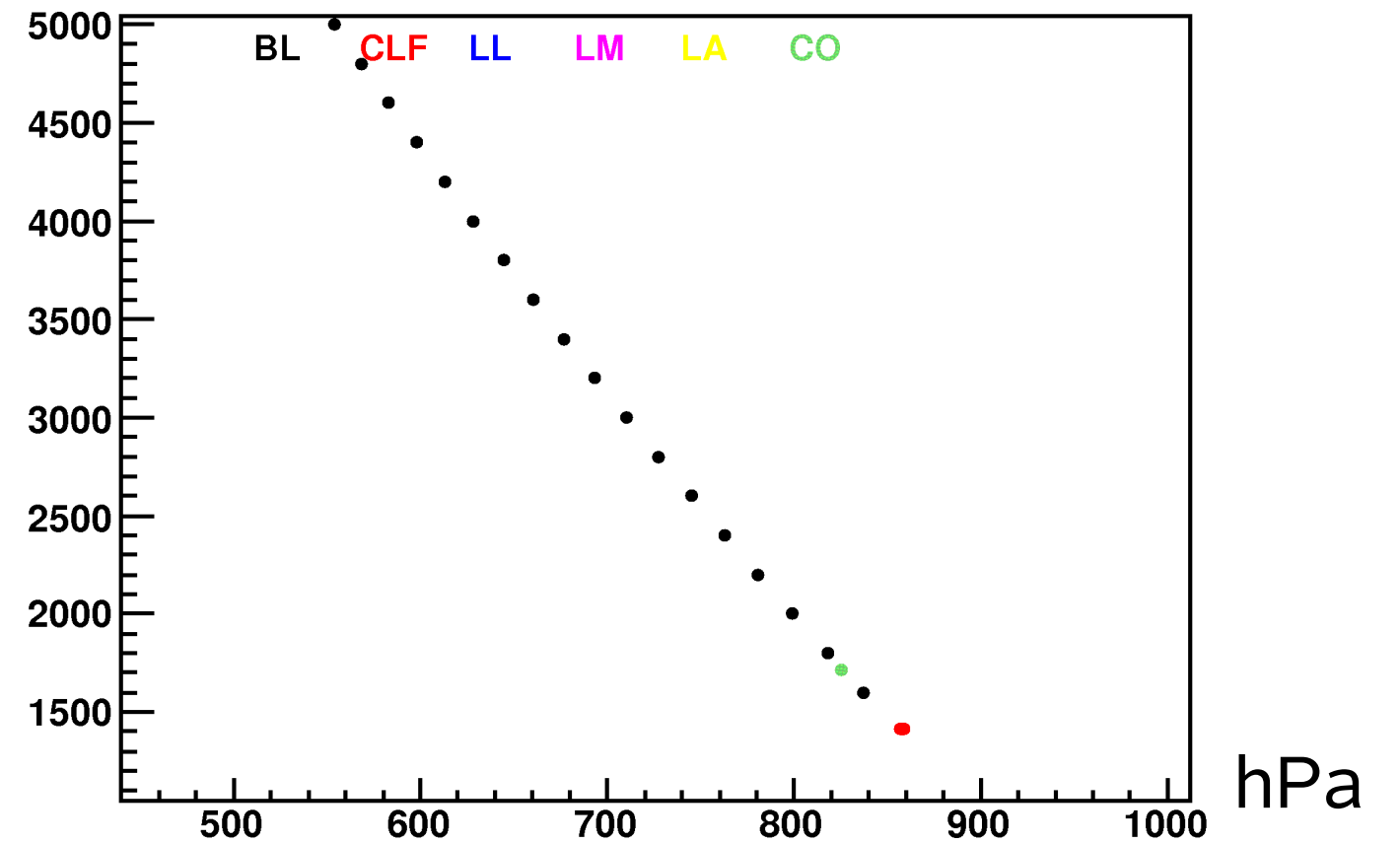
Relative Humidity [%]



Absolute Humidity [g/cm³]



Pressure [hPa]



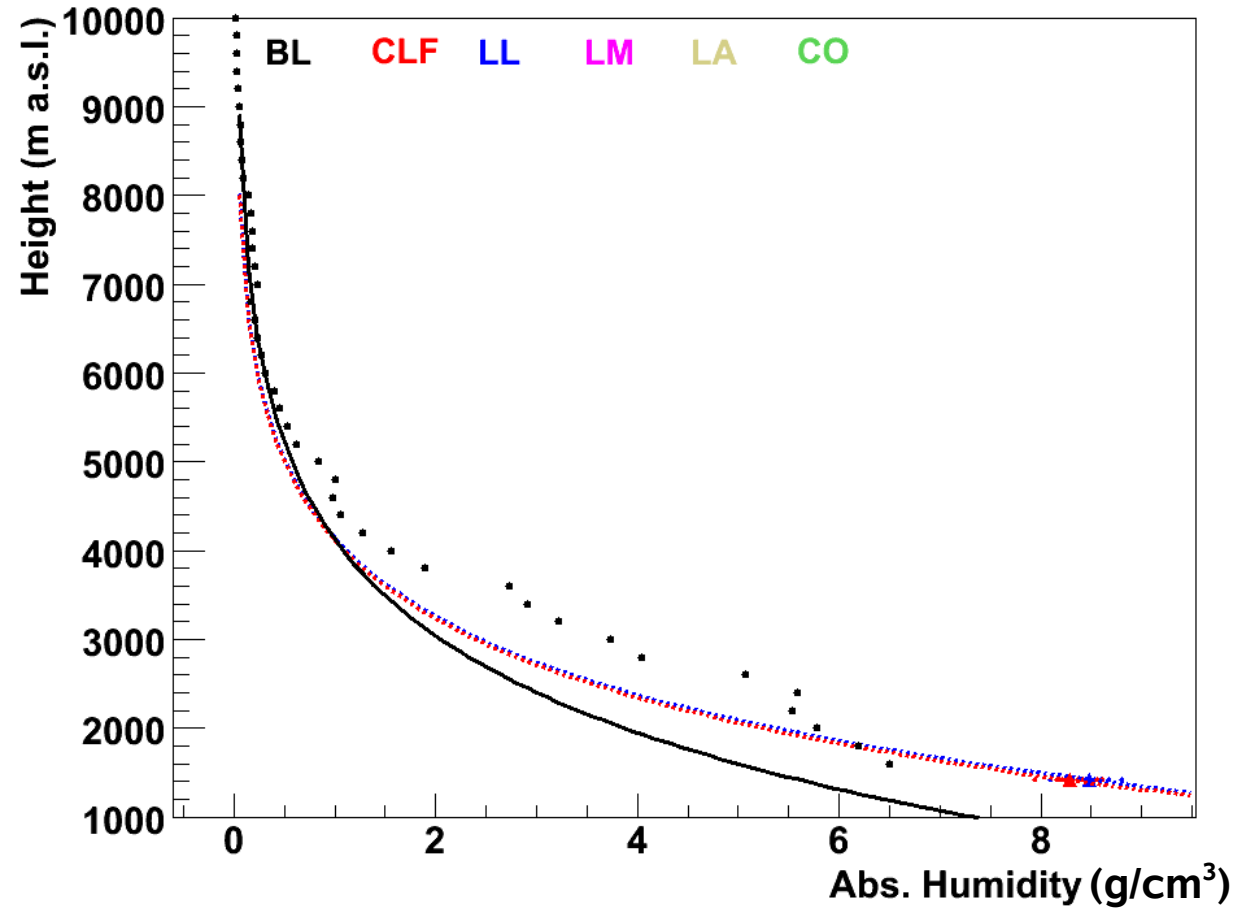


PIERRE AUGER OBSERVATORY

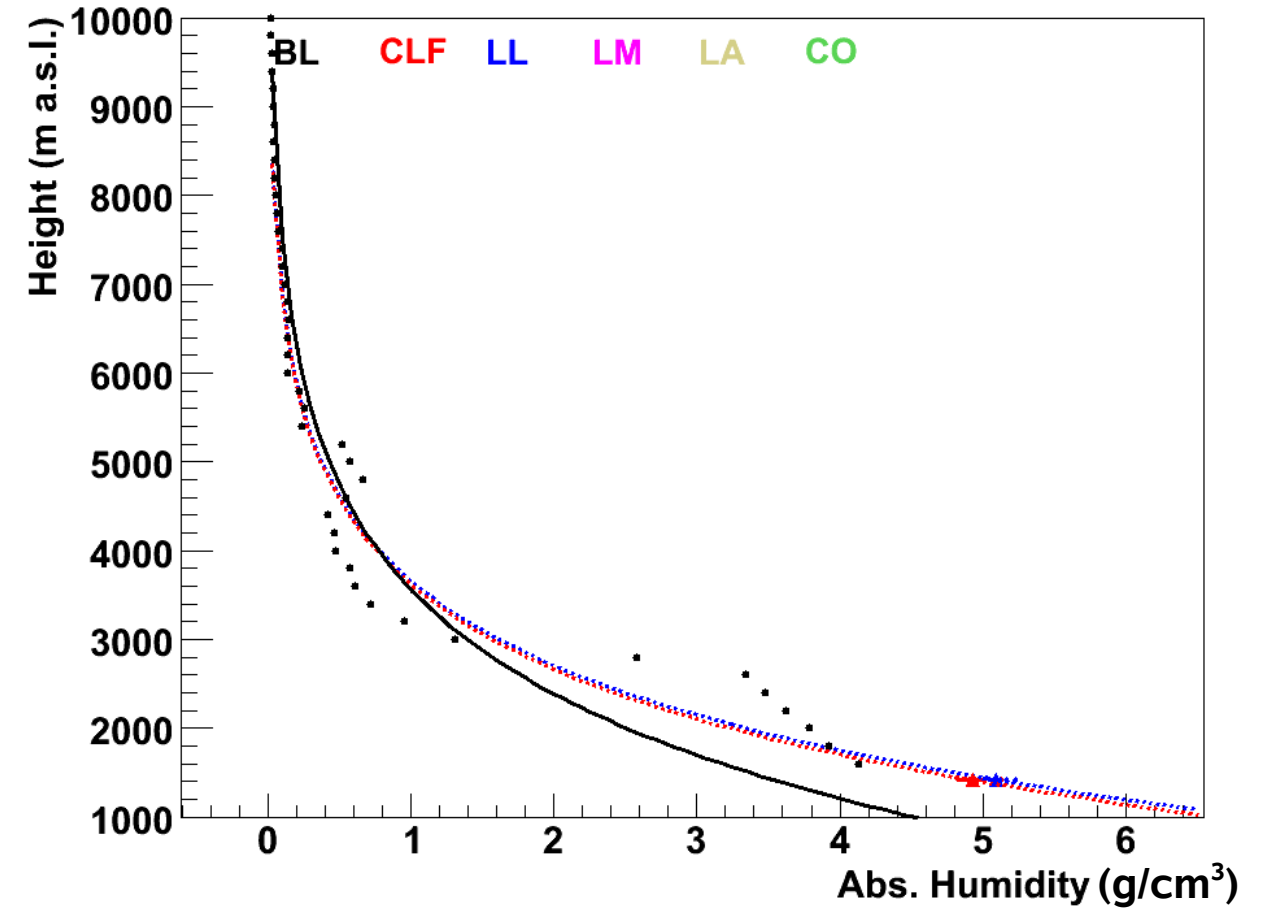
Wetterstationsdaten und Ballonaufstiege



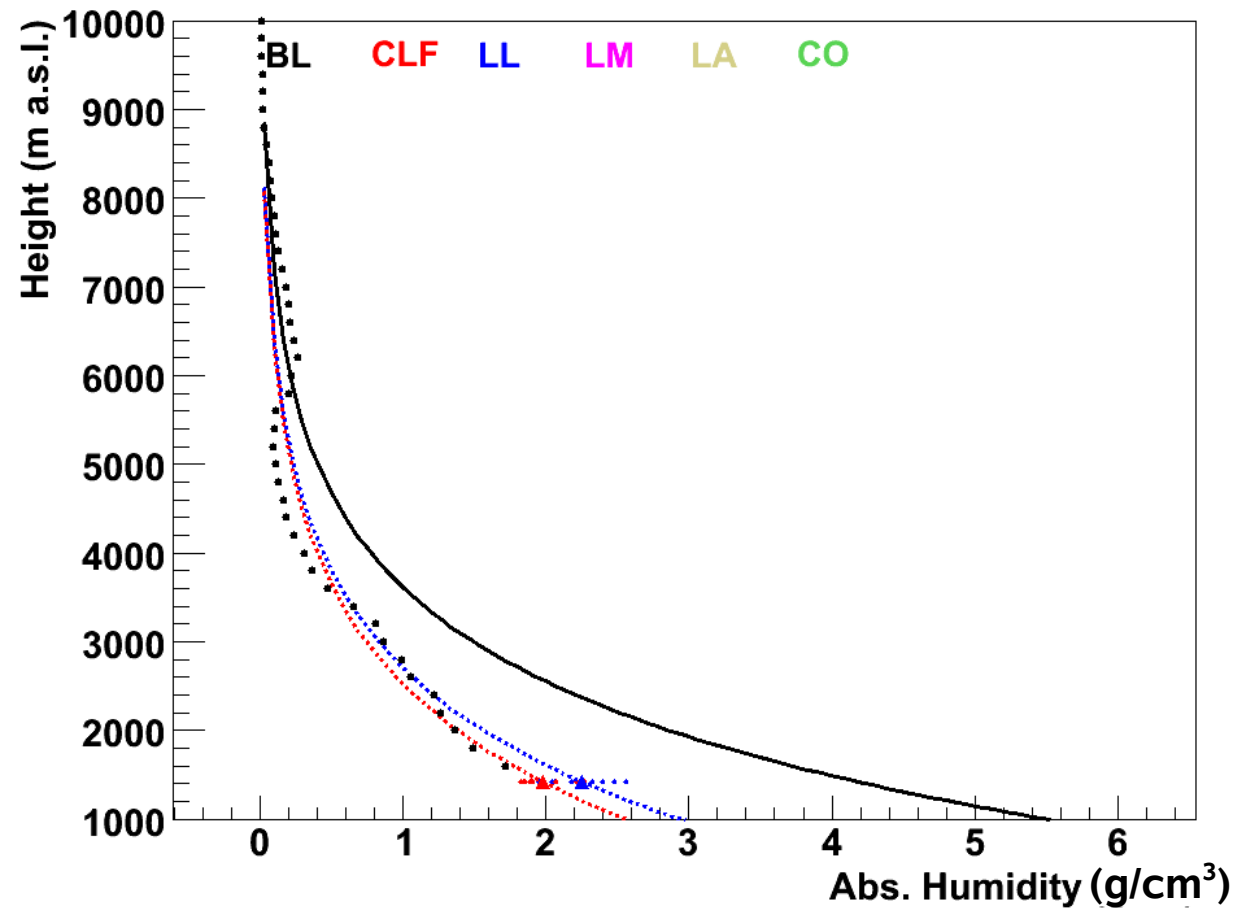
Absolute Humidity [g/cm³]



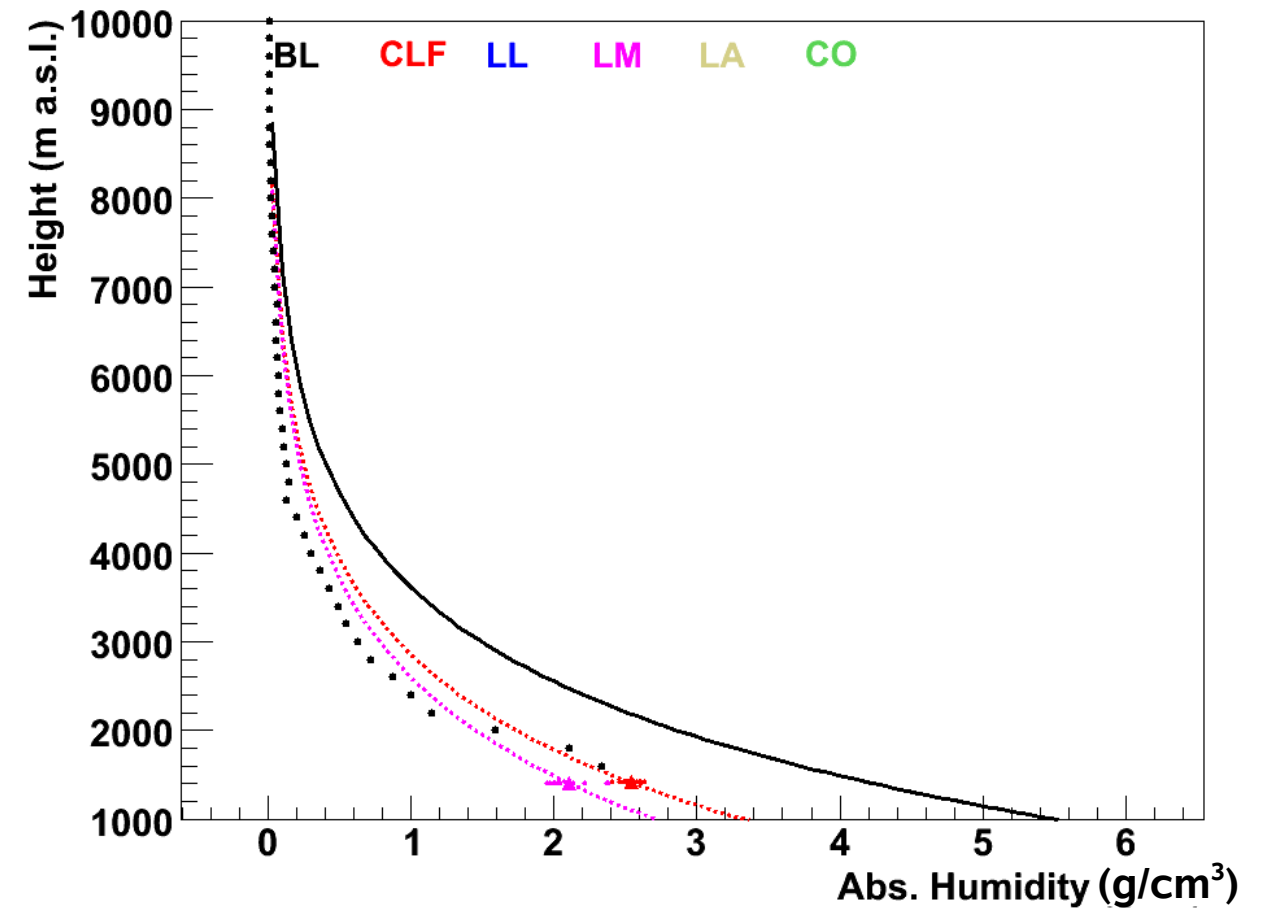
Absolute Humidity [g/cm³]



Absolute Humidity [g/cm³]



Absolute Humidity [g/cm³]

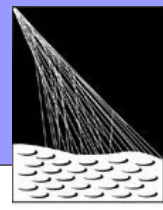


- Neue Monatsmodelle mit Wetterstationsdaten.
- Eventuell stündliche Profile aus Wetterstationsdaten.
- Einfluss der Luftfeuchtigkeit auf Ereignisraten und Schauer-Abstand von den Fluoreszenzteleskopen. Ist es möglich das aktuelle Profil aus diesen Parametern zu bestimmen?
- Vergleich von Rekonstruktionen mit Messdaten von Ballonaufstiegen und Rekonstruktionen mit Luftfeuchtigkeitsmodellen.

Danke für die Aufmerksamkeit!

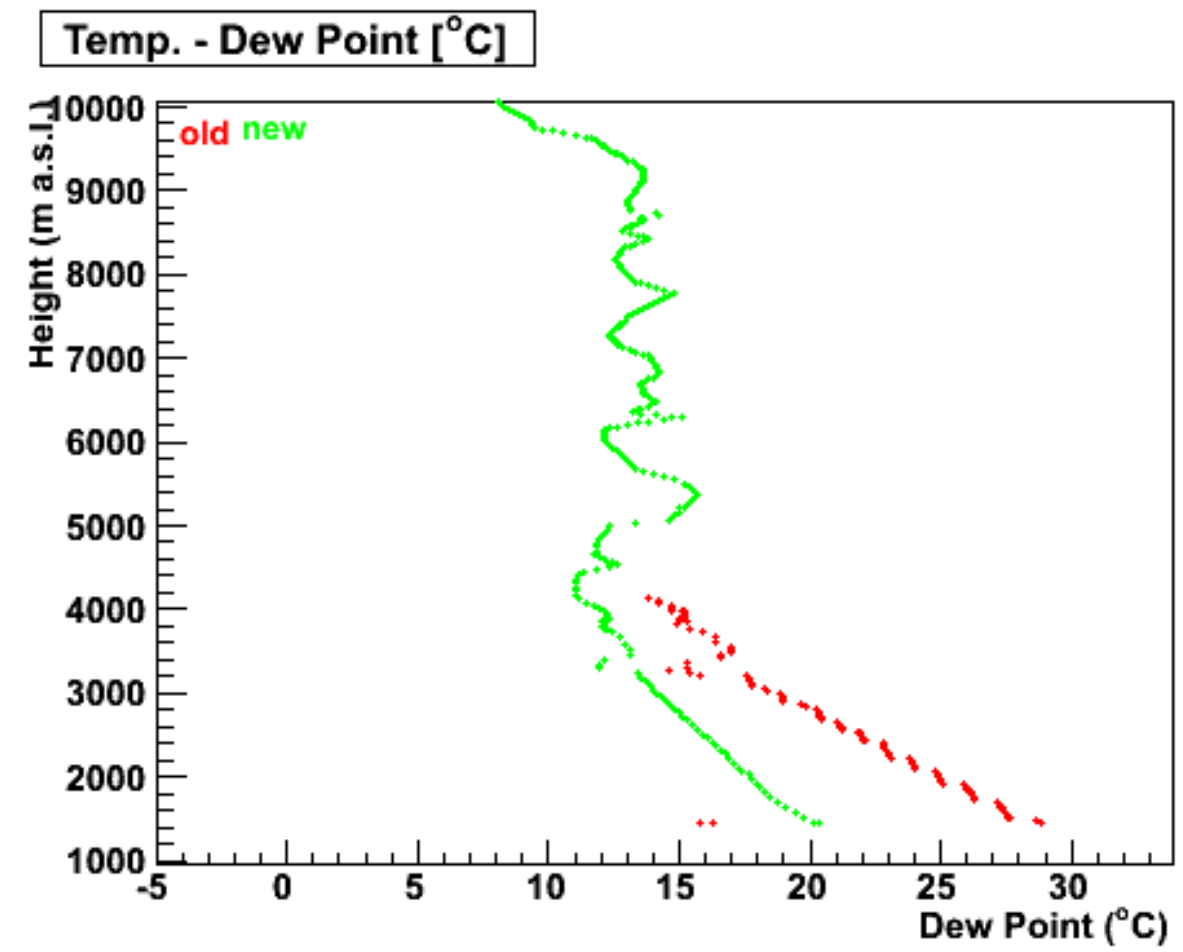
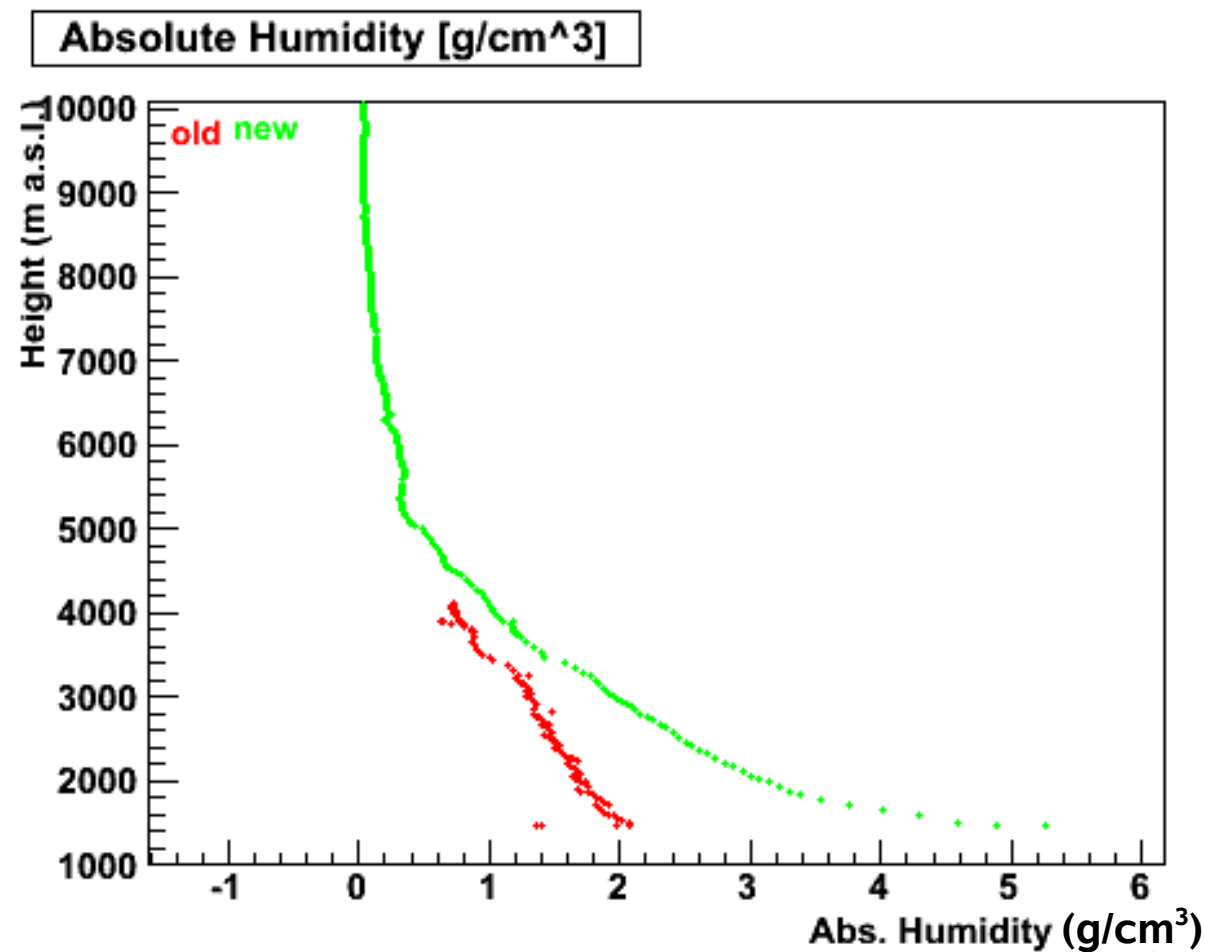
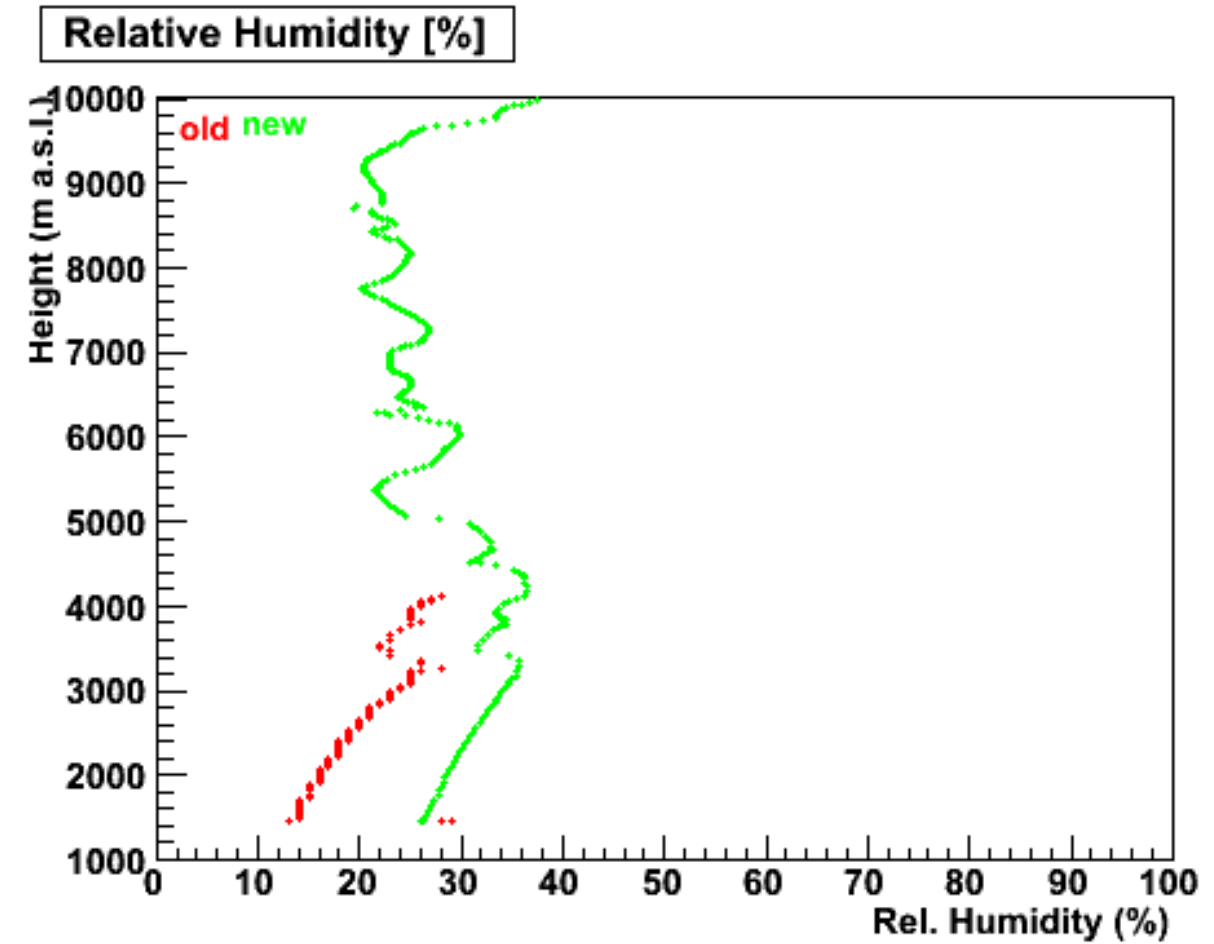
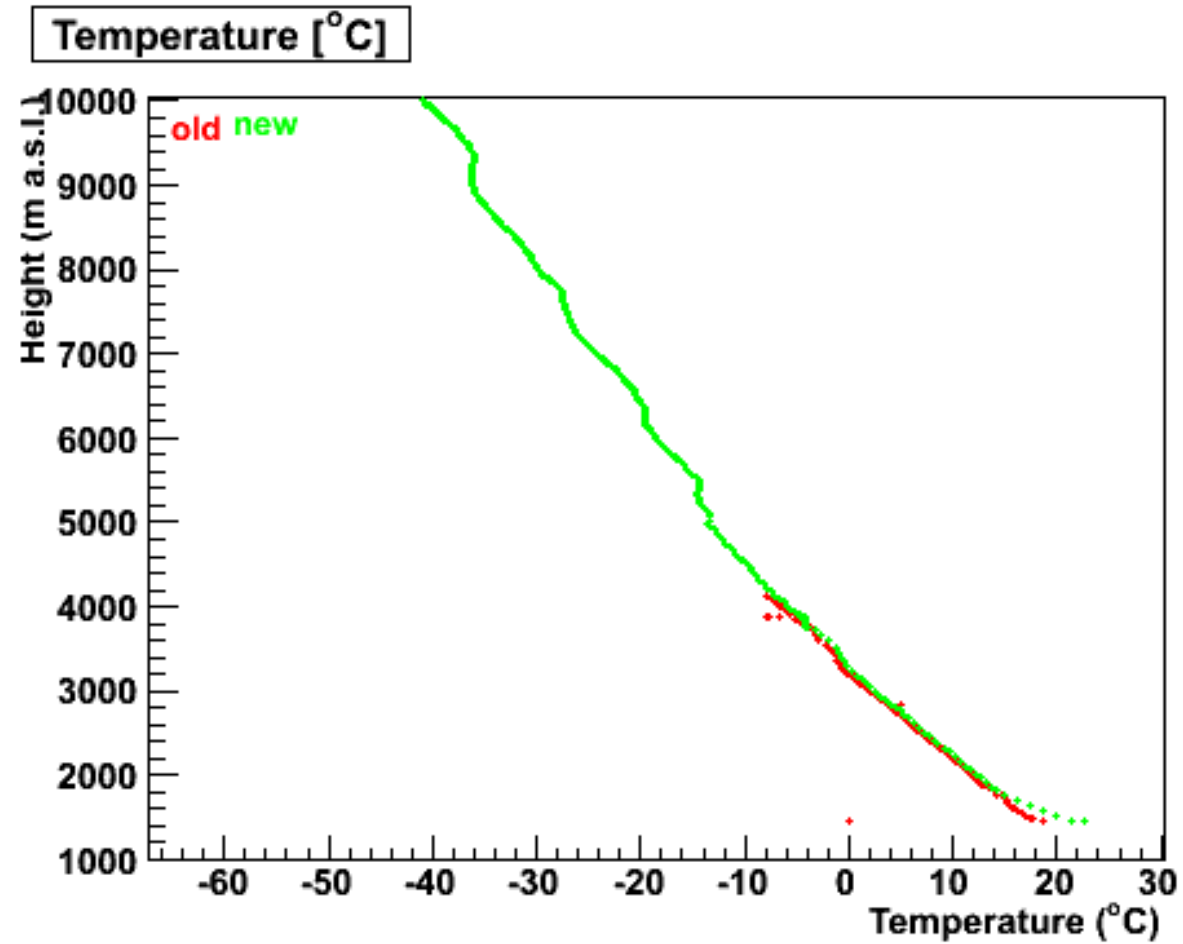
Bilder: Julia Parrisius, Clemens Batrla, Frank Schröder

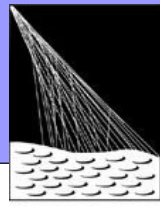




PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

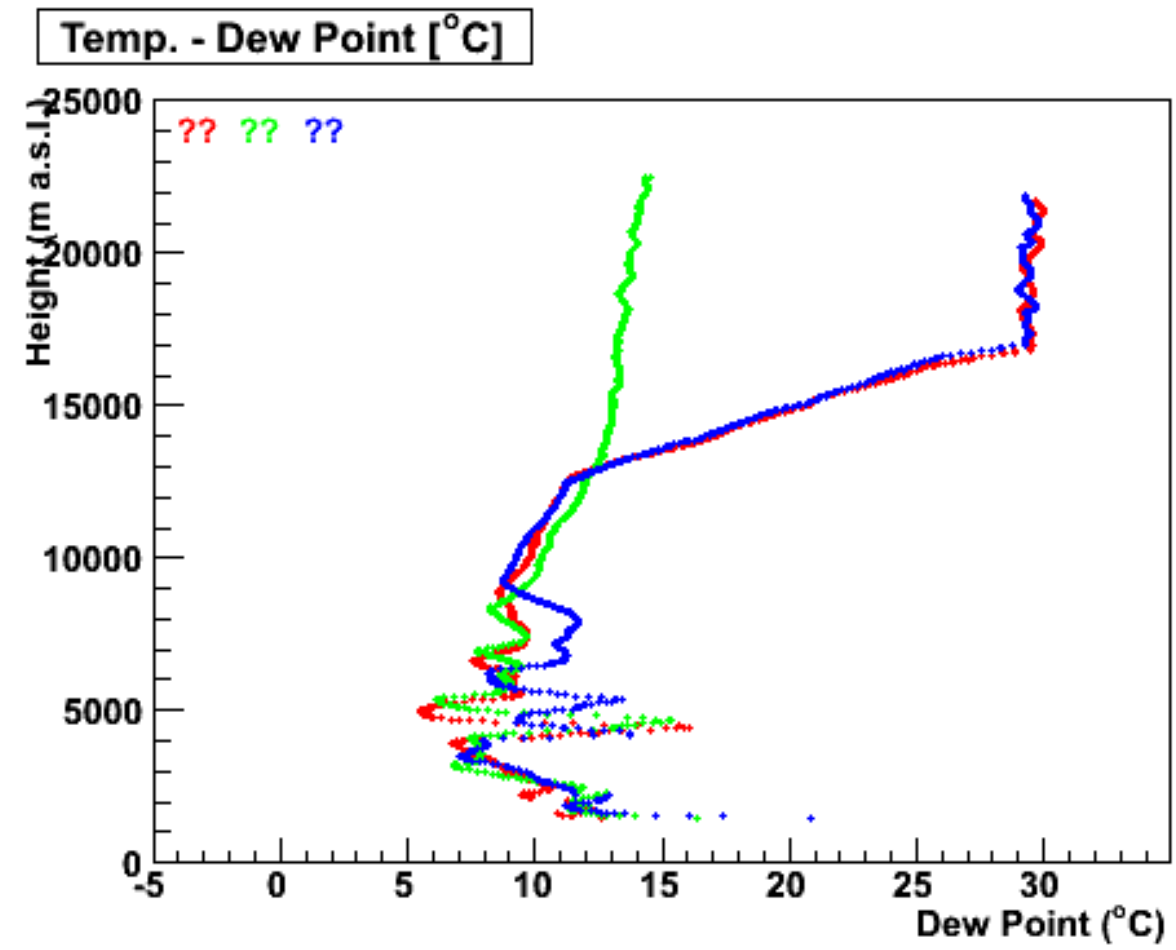
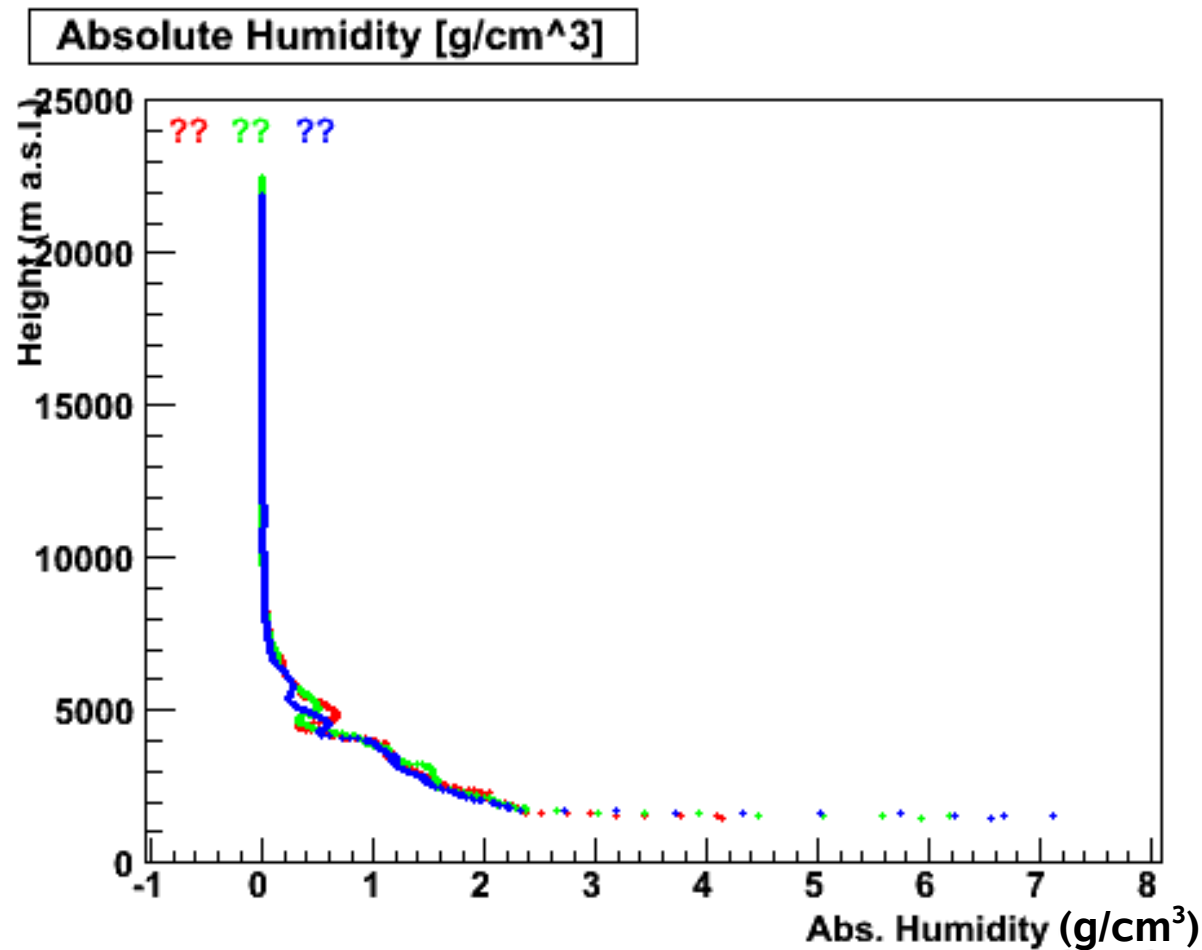
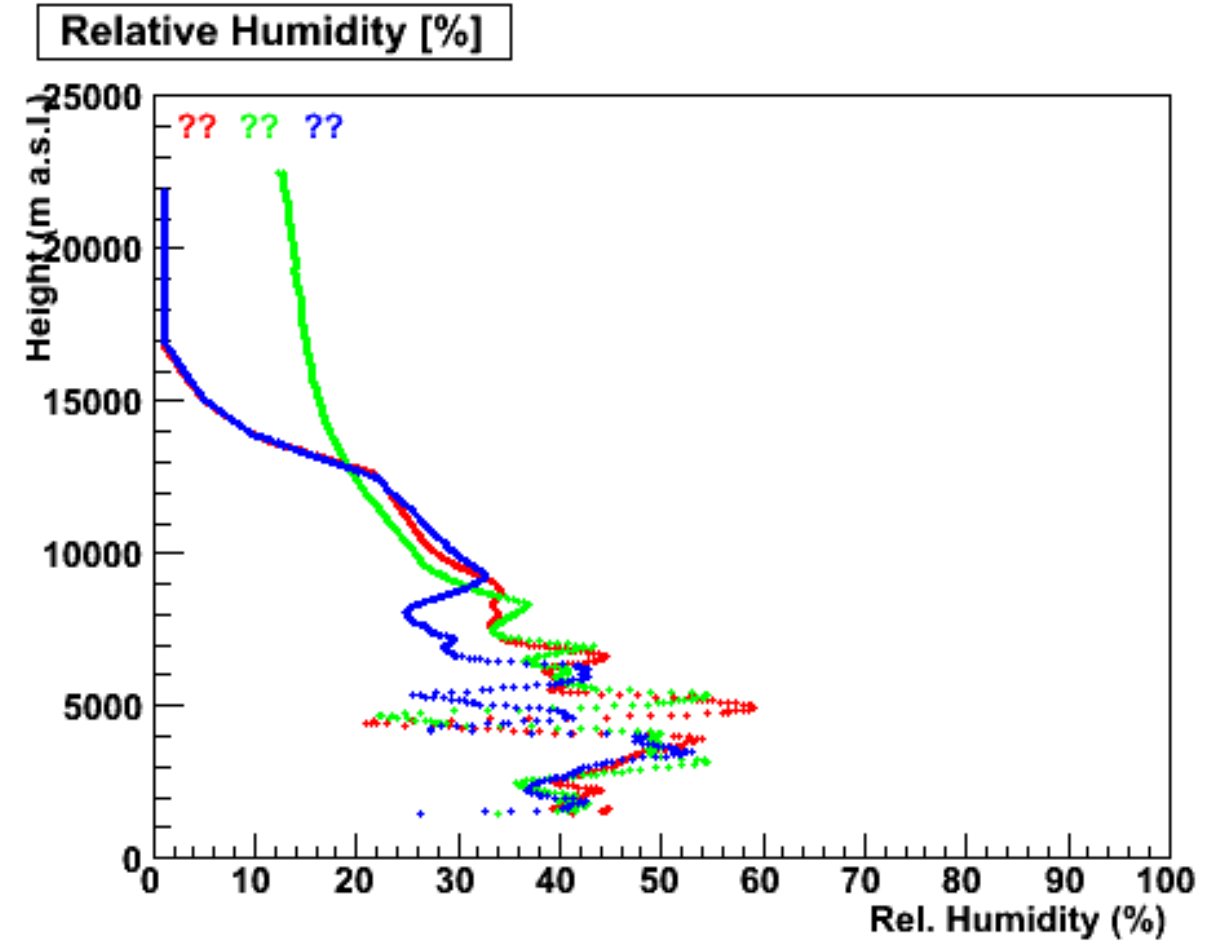
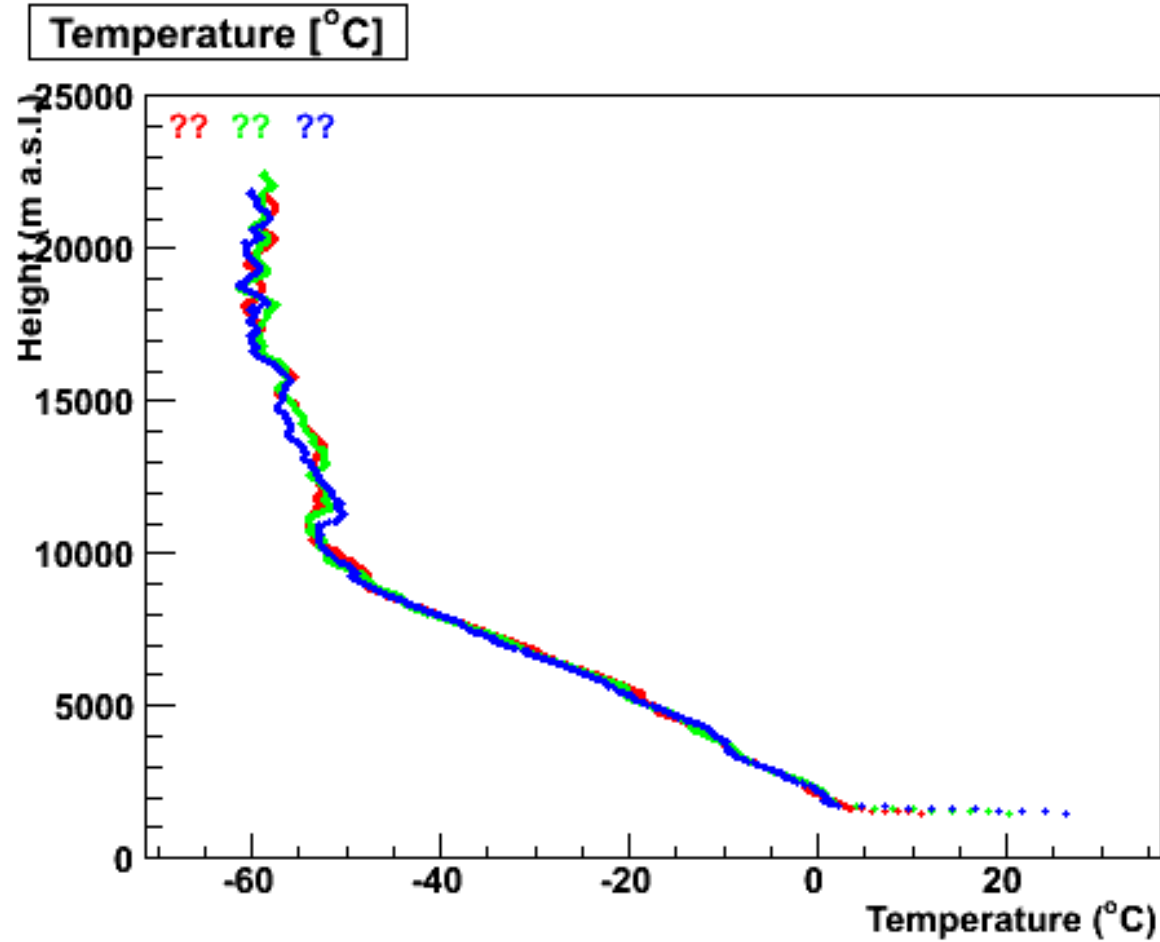
Vergleich: alter/neuer Luftfeuchtigkeitssensor



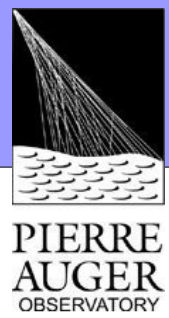


PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

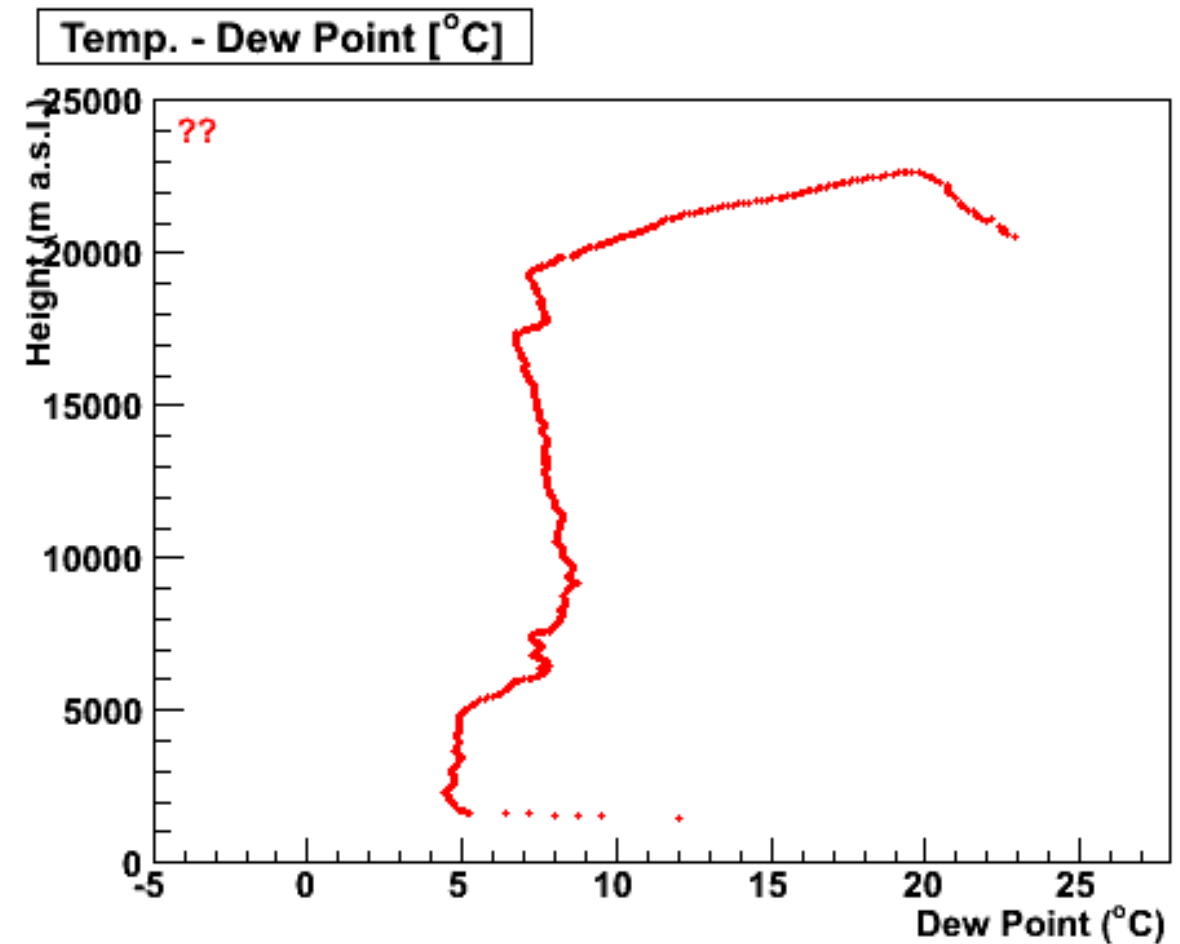
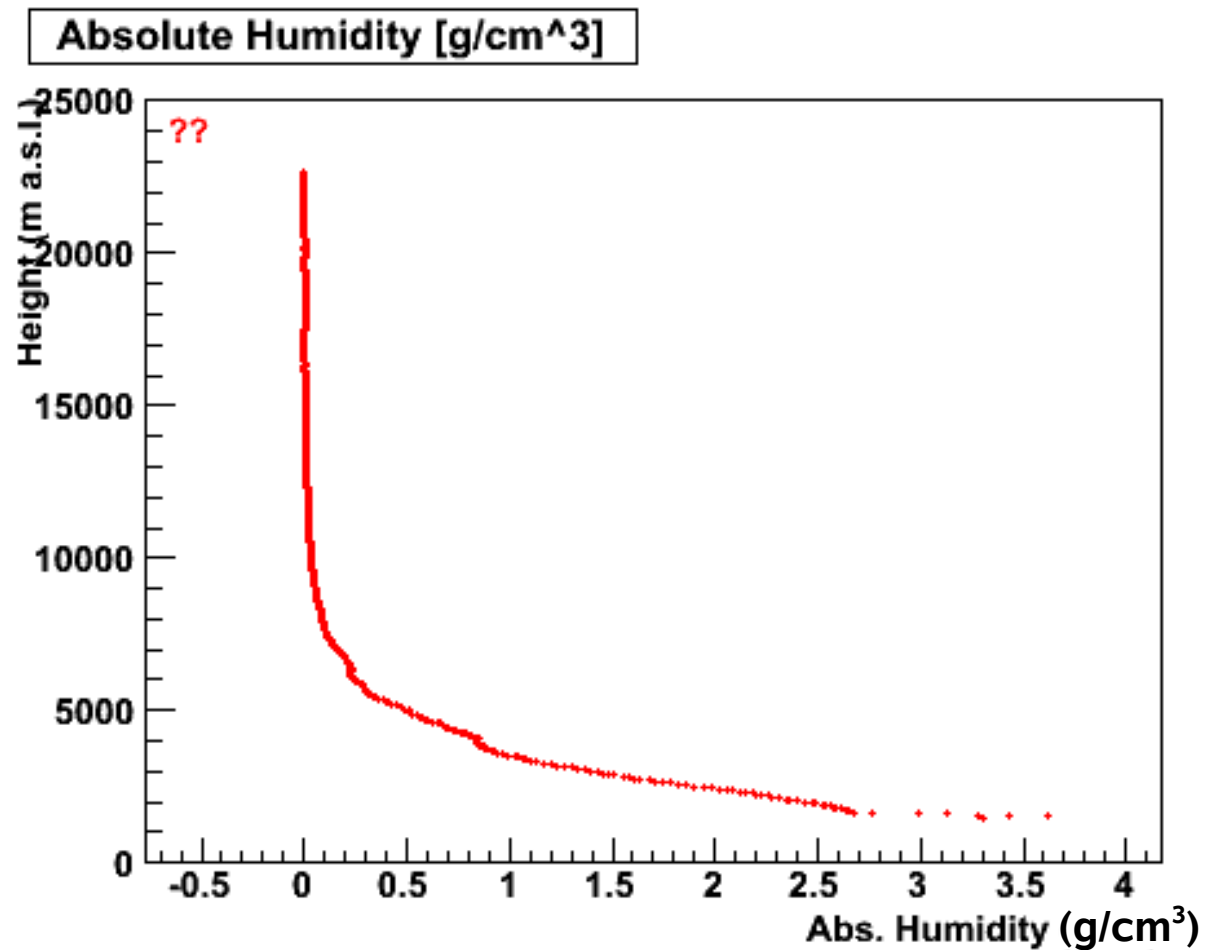
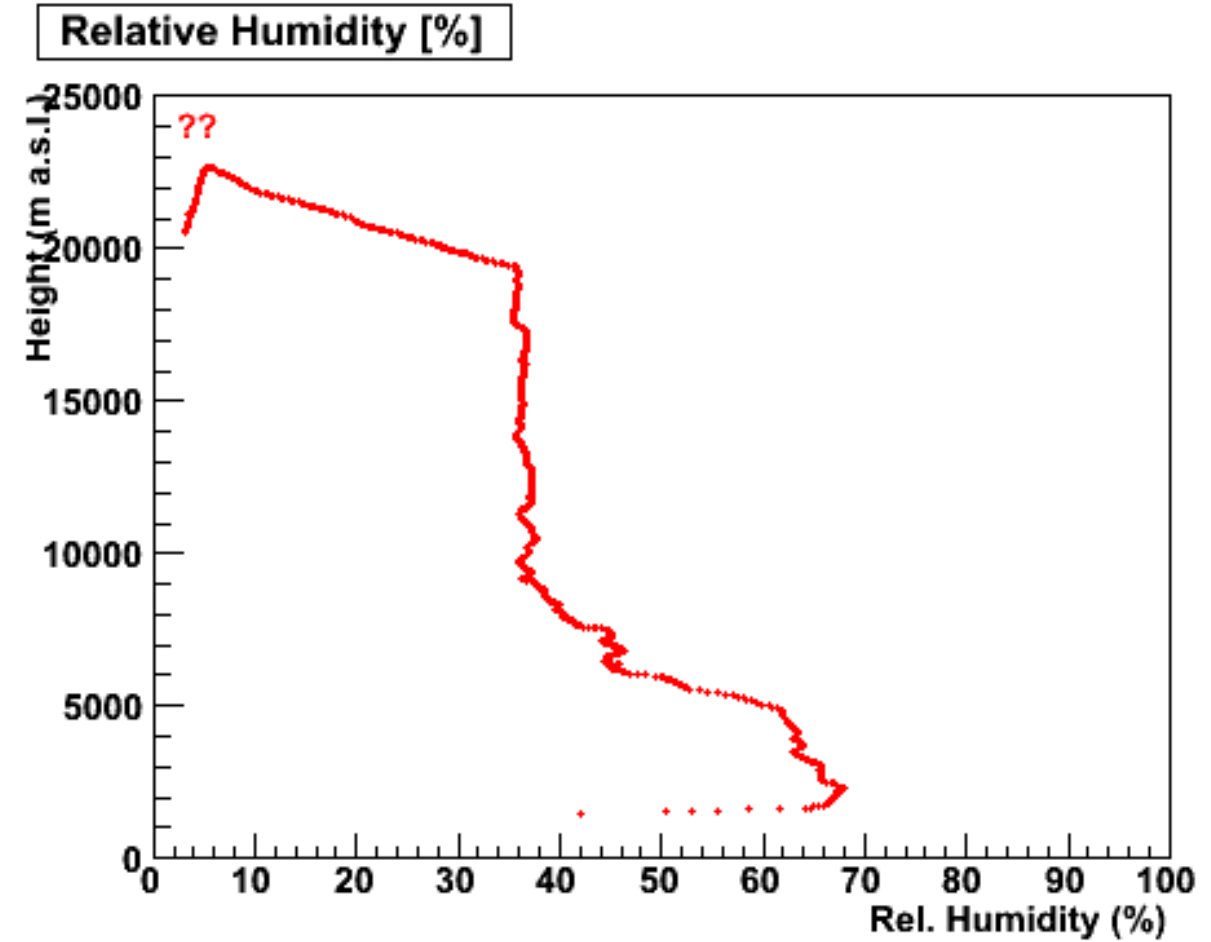
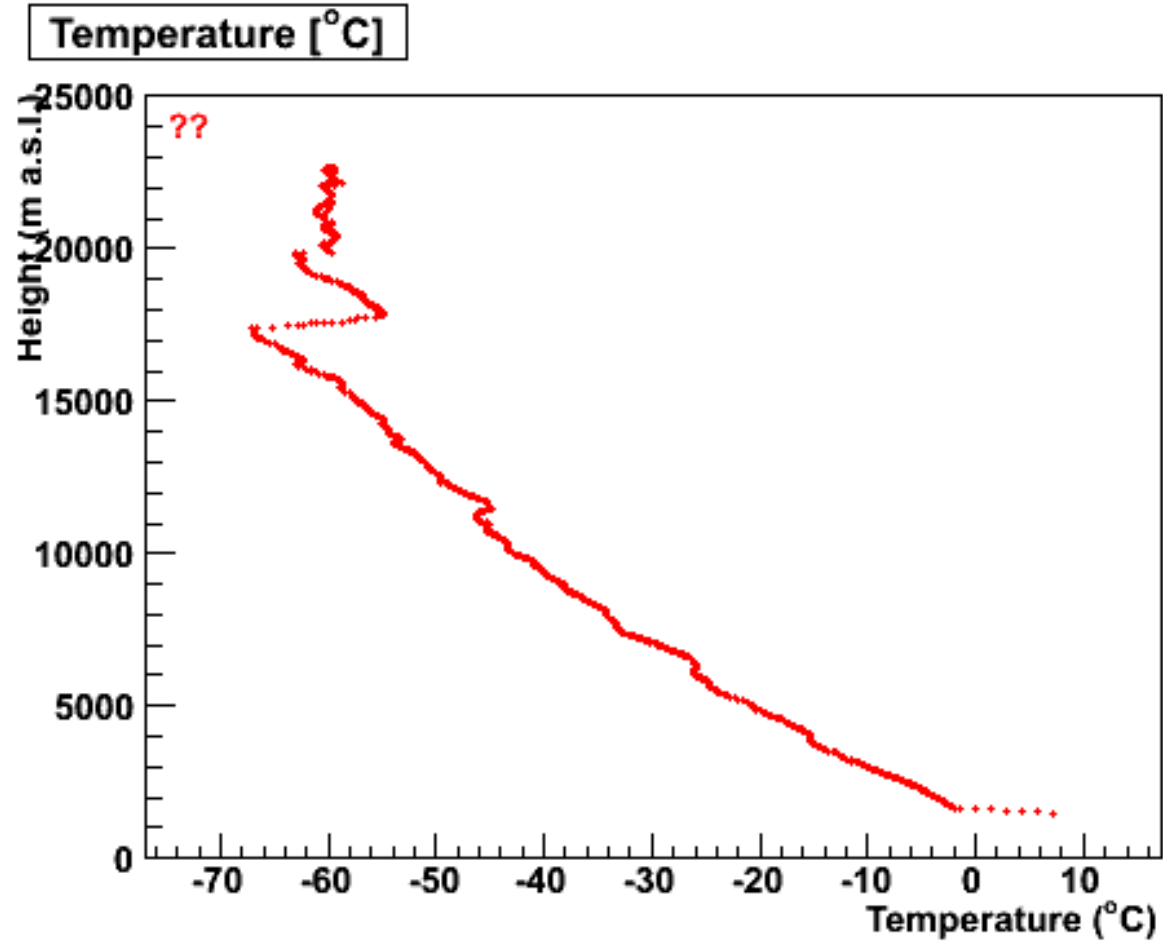
Drei Aufstiege in einer Nacht

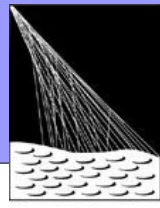


Start in Wolke bei leichtem Schneefall



PIERRE
AUGER
OBSERVATORY



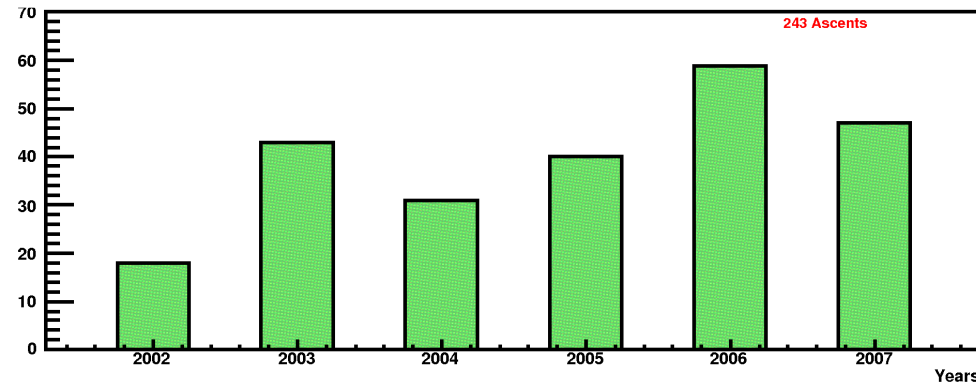


PIERRE AUGER OBSERVATORY

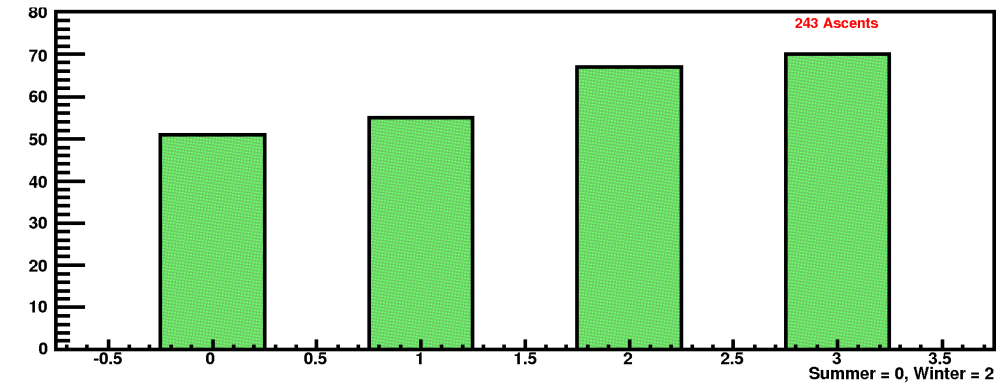
Statistiken



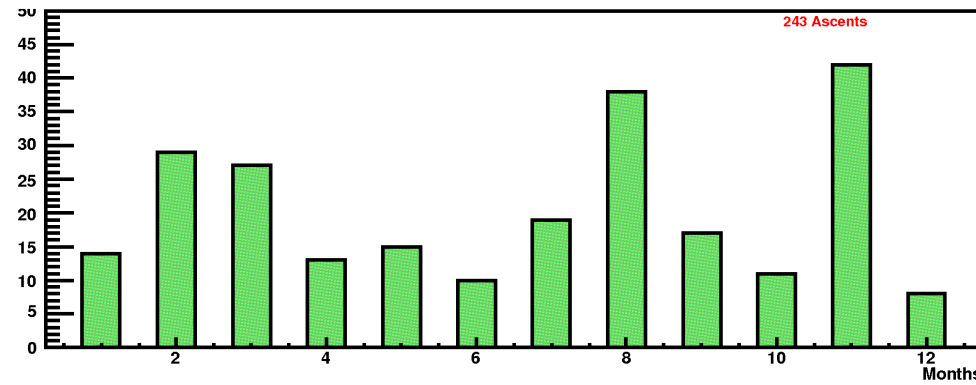
Jahre



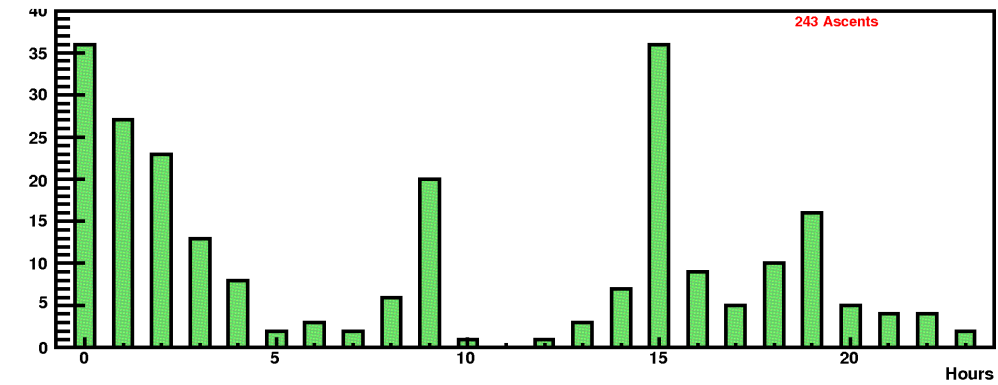
Jahreszeiten



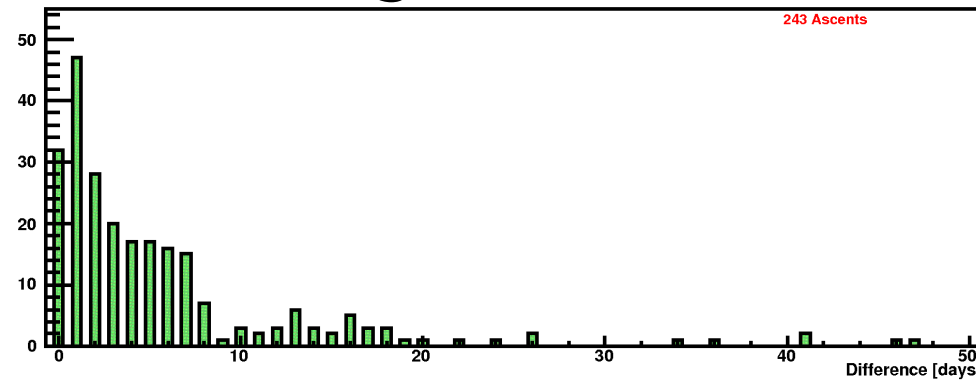
Monate



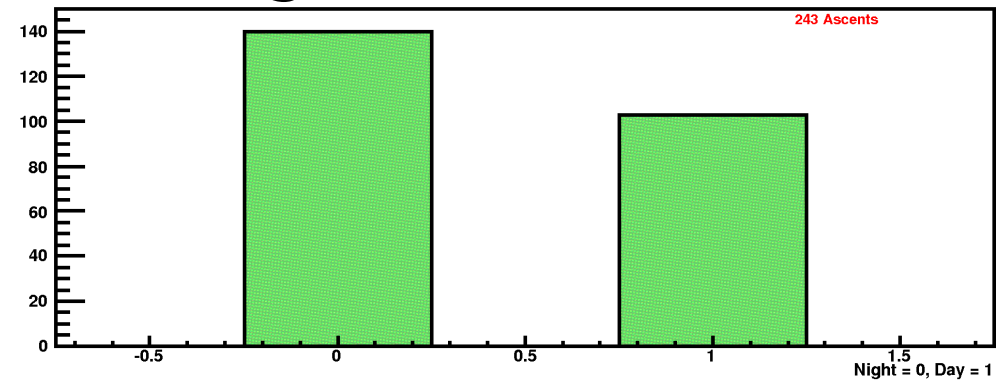
Stunden



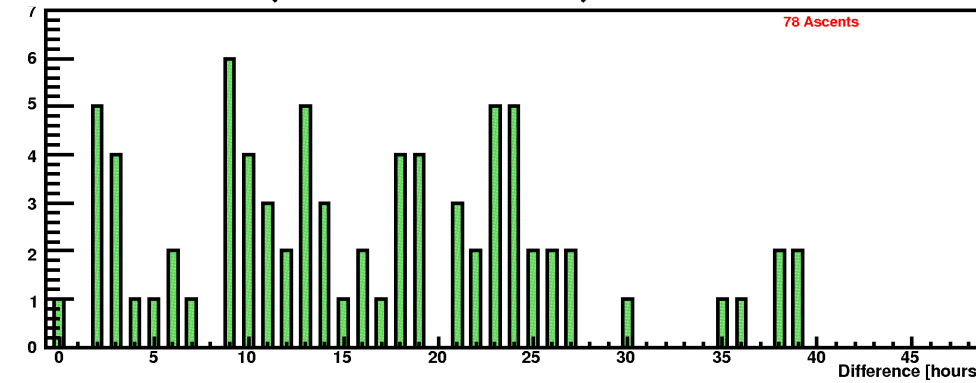
Abstand (Tage)



Nacht/Tag



Abstand (Stunden)



alle Ballonaufstiege
2002 – 2007