



**Monte Carlo Modell  
des  
ČČCherenkov-  
Observatoriums  
und Beobachtungen  
bei ČMondschein mit  
den MAGIC-  
Teleskopen**

**Nikola Strah, Technische Universität Dortmund  
Lehrstuhl Vb (Astroteilchenphysik)  
nikola.strah@tu-dortmund.de**

- Motivation und Ziel
- Monte Carlo Modell des Cherenkov-Teleskops
- Streuungsmodell des Mondlichts in der Atmosphäre
- Fotometrische Messung
- Einfluss des Mondlichts auf Bildparameter des Gammaschauers
- Verbesserungen des Modells

- Atmosphäre ist der Bestandteil des Cherenkov-Detektors
- erhöhter Nachthimmeluntergrund führt zur falschen Einschätzung der Bildparameter
- Beobachtungen bei Mondschein:
  - Verlängerung des Arbeitszyklus (+50 %)
  - Bessere Möglichkeit für Monitoring der variablen Objekte
  - Erhöhung der Teleskop-Effizienz



*MAGIC Teleskope, Roque de Los Muchachos, 2200 m ü. M  
Insel La Palma (Kanarische Inseln)*

**Ziel:** den Einfluss des Nachthimmeluntergrunds mit und ohne Mond auf Events in der Kamera des Cherenkov-Teleskops untersuchen

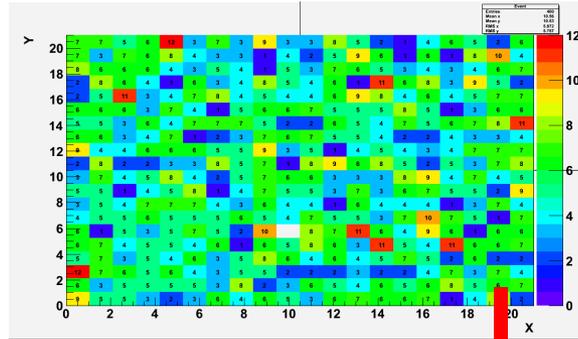
- Veränderung der charakteristischen Parametern, Abweichungen abschätzen

-kann mit einem Cherenkov-Observatorium überhaupt unter starkem Mondlicht beobachtet werden?

## 1. Schritt: Erzeugung des Gammaschauerbildes in der Kamera (20x20 Pixel) mit $N_{phe}$ Photoelektronen

$$\sigma_x = 2.5 \quad 1.0, \quad \sigma_x \quad [1.0, 4.0]$$

$$\sigma_y = 1.0 \quad 0.3 \quad \sigma_y \quad [0.5, 1.5]$$

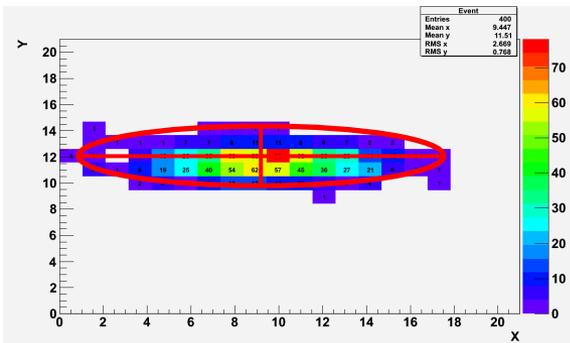


Nachhimmeluntergrund mit  $\langle nsb \rangle = 5 \text{ phe/pix}$

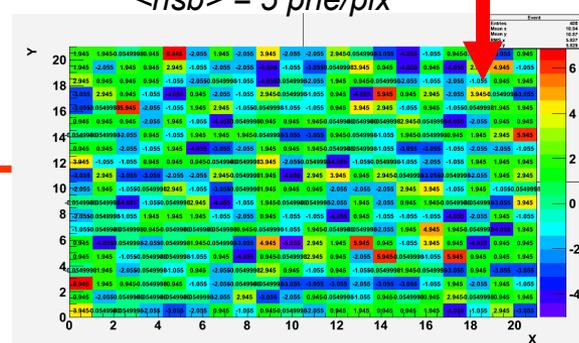
## 2. Schritt: Erzeugung des Nachhimmeluntergrunds

Effekt der kapazitiven AC-Kopplung:

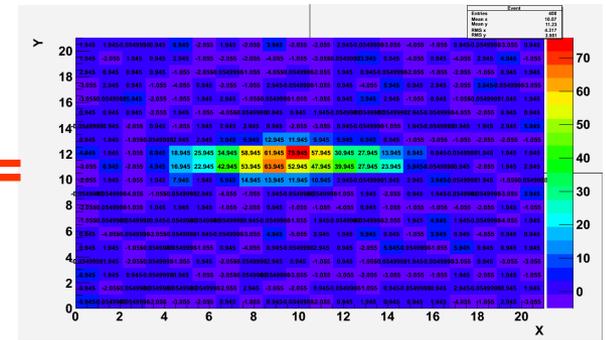
$$nsb - \langle nsb \rangle_{berechnet}$$



Beispiel eines Events mit 1000 Photoelektronen ( $N_{phe} = 1000$ )



Untergrund subtrahiert mit  $\langle nsb \rangle$

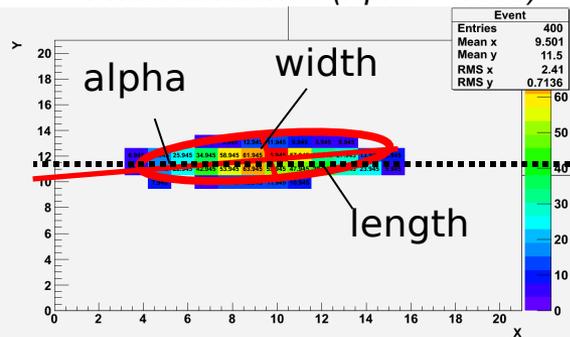


Event mit 1000 Photoelektronen und mit dem Untergrund

## 3. Schritt: Addieren des Untergrunds zum Event

Es folgt:

- Überprüfen der Trigger- Bedingungen
- Image Cleaning
- Berechnung der Hillas – Parametern (SIZE, WIDTH, LENGTH, ALPHA)



$N_{phe} = 1000$  nach dem Cleaning,  $\langle nsb \rangle = 5 \text{ phe/pix}$

# Streuungsmodell des Mondlichts in der Erdatmosphäre

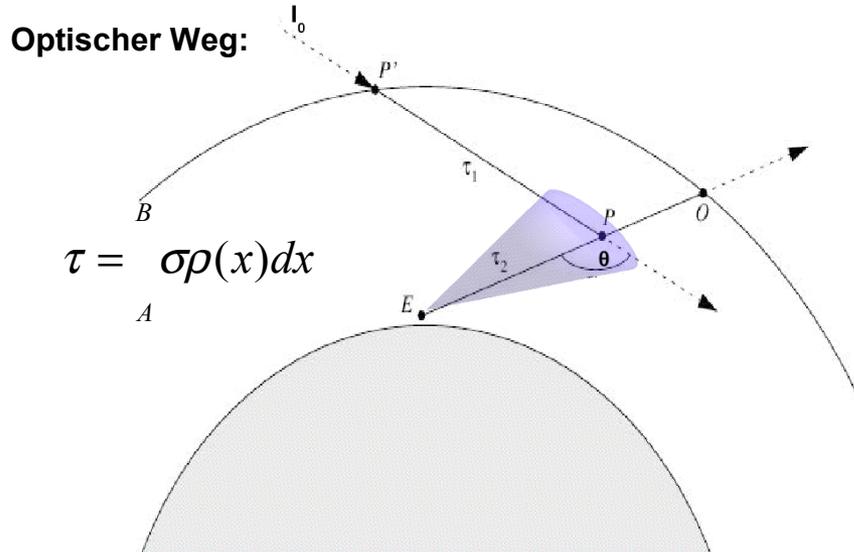
Beitrag des Mondlicht ist im Bereich 300 – 600 nm am stärksten (IACT-Beobachtungsbereich)

Streuungsprozesse: •Rayleigh- Streuung (Moleküle)

$$\frac{d\sigma_R}{d\Omega}(\theta) = \frac{\pi^2(n^2 - 1)}{N^2\lambda^4} \frac{1 + \cos^2 \theta}{2}$$

•Mie- Streuung, (Aerosole,  $a = 0.1 - 10 \text{ mm}$ )

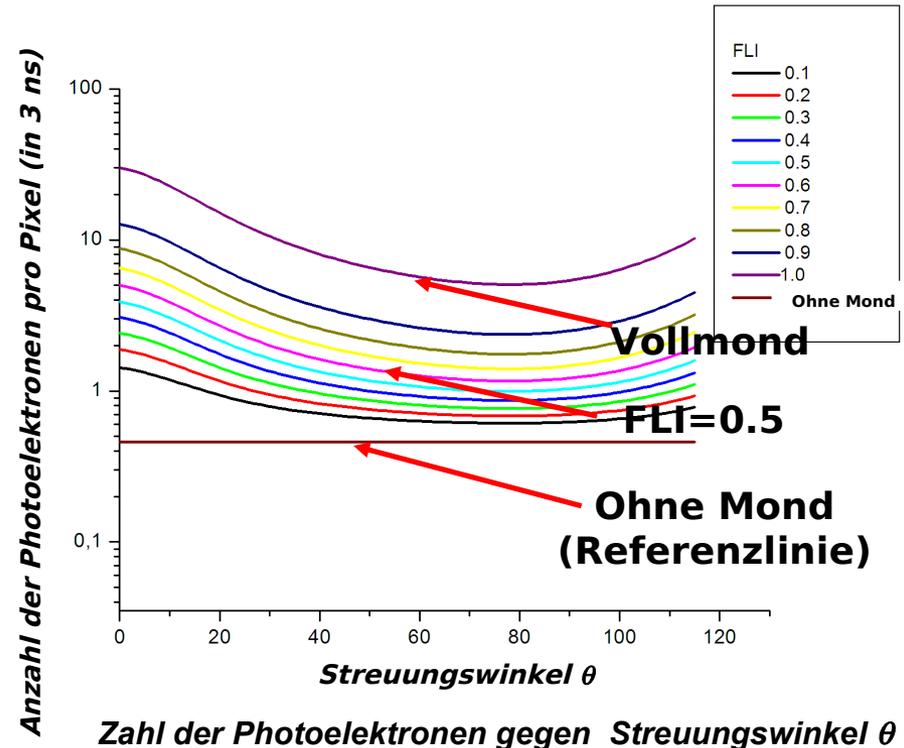
$$\frac{d\sigma_M}{d\Omega}(\theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{C}{\lambda^{0.5-2}} \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g \cos \theta)^{\frac{3}{2}}}$$



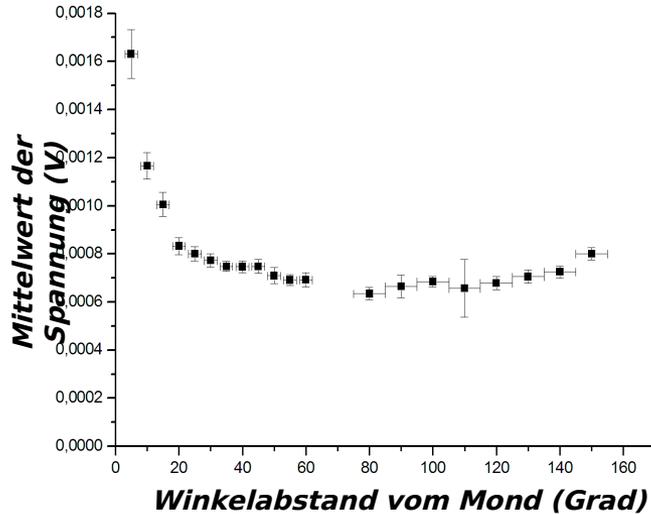
- einmalige Streuung
- planparallele Atmosphäre

Himmelhelligkeit hängt ab von

- Spektrale Bestrahlungsstärke  $I_0$
- Zenitwinkel des Mondes
- Zenitwinkel der Teleskoprichtung
- Differenz der Azimutwinkel des Mondes und der Teleskoprichtung
- atmosphärischen Parametern



▪ **Mittelwert der gemessenen Spannung**



Gemessene Spannung gegen Winkelabstand von der Mond

- höchster gemessener Wert (auf 5°) = 1.64 mV  
~  $1.2 \cdot 10^{15} \text{ ph m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- Modell -  $1.63 \cdot 10^{14} \text{ ph m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$
- höhere Aerosolkonzentration (mehrfache Streuung)
- höhere Lichtverschmutzung
- Reflexion von benachbarten Gebäuden
- genauere Kalibrierung nötig

Ort: Sternwarte Tican, Istrien, Kroatien

Datum und Zeit: 8.3.2009, 2 h MEZ

$h = 300 \text{ m}$

$FLI = 0.92$  ( $FIF = 0.45$ )

$Z_m$  (Mond) =  $50^\circ$

- Si PIN-Photodiode Hamamatsu S3590-03
- photometrisches Rohr für Begrenzung des Raumwinkels
- Nanoampermeter (MPI)
- NI DAQ PCI-4474



Tican



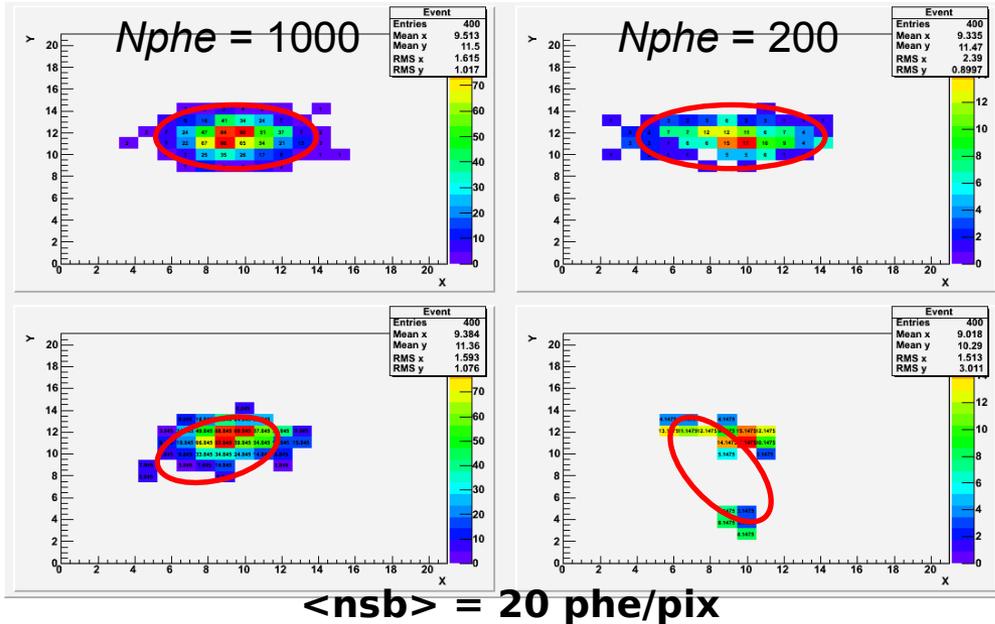
Photodiode



Photometer



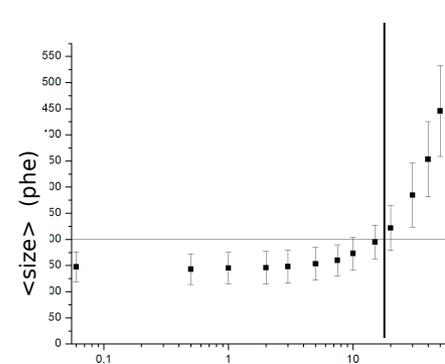
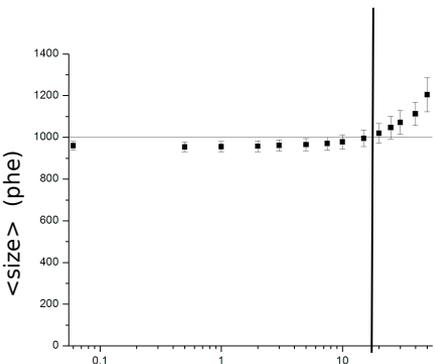
Nanoampermeter



- Erhöhung der Photoelektronenzahl wegen des Nachthimmeluntergrunds
- Hinzufügen der Photoelektronen zu den Kernpixeln
- Randpixeln werden weggenommen

$$\langle size \rangle < N_{phe} \quad \text{für } \langle nsb \rangle_{max} \leq 15 \text{ phe/pix}$$

- (Energie wird unterschätzt)
- Ähnliches gilt auch für andere untersuchte Hillas-Parametern
- $\langle nsb \rangle = 15 \text{ phe/pix} \sim 5.5 \cdot 10^{13} \text{ ph}/(\text{m}^2 \text{ sr s}) \Rightarrow$  in der Nähe des Mondes mit  $FLI = 0.9$  oder auf  $30^\circ$  vom Vollmond entfernt

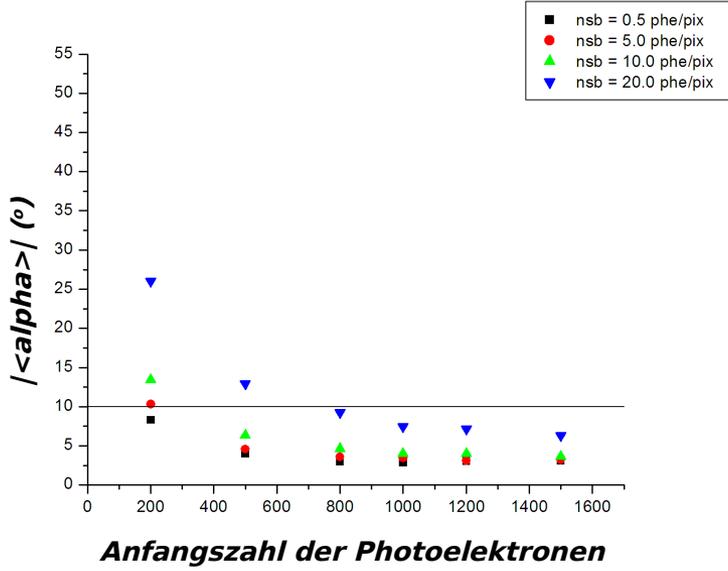


Mittelwert der Nachthimmeluntergrund (phe/pix) Mittelwert der Nachthimmeluntergrund (phe/pix)

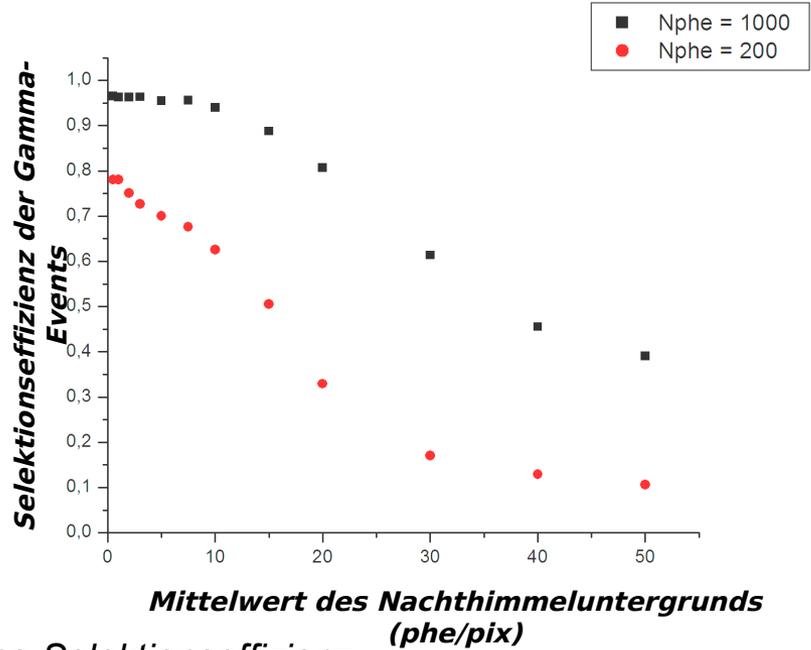
Mittelwert von size gegen Mittelwert der Nachthimmeluntergrund  $\langle nsb \rangle$

- Maximum von  $\alpha$  im Bereich von kleinen Winkeln
- Höheres Potential für Gamma/Hadron- Separation –  $\alpha$  cut
- Über  $\langle nsb \rangle_{max}$  Gamma-Selektion-Effizienz sinkt, für gewisses  $\alpha$  cut
- bei niedrigen Energien kann sich Gamma/Hadron-Separation nicht nur auf die  $\alpha$ -Verteilung stützen (falsche Energieabschätzung)

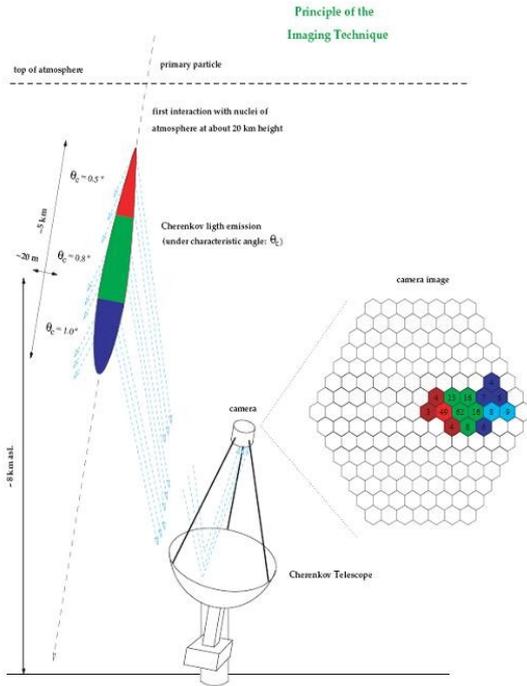
$\alpha$  - cut  $10^\circ$



$|\alpha| - N_{phe}$



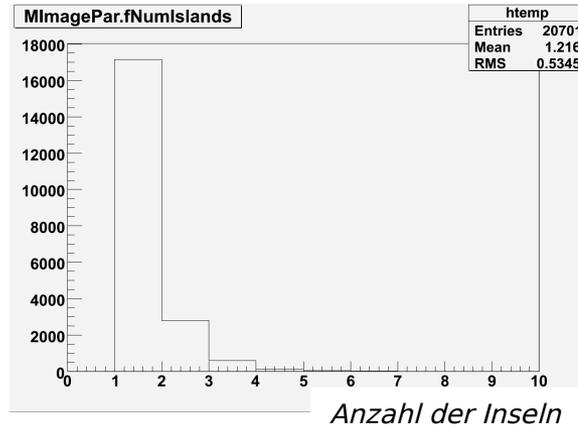
Gamma-Selektionseffizienz



Das Abbildungsprinzip von IACTs

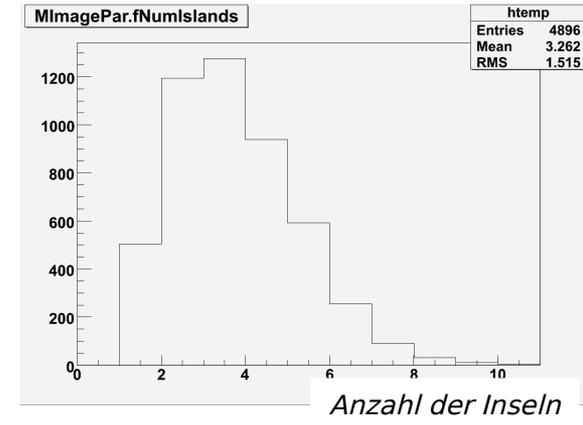
## 1. Time cleaning

- Die Zeitdimension ins Modell nicht eingebaut
- Benutzung von Timing würde Zeitbegrenzungen (*time cleaning*) ermöglichen
- MAGIC-I standard cleaning: 6/3 phe, 4.5 ns/1.5 ns



Verteilung von Anzahl der Inseln in Events nach dem Cleaning (MAGIC)

Ohne Mond, extragal. Quelle



In der Nähe des Mondes

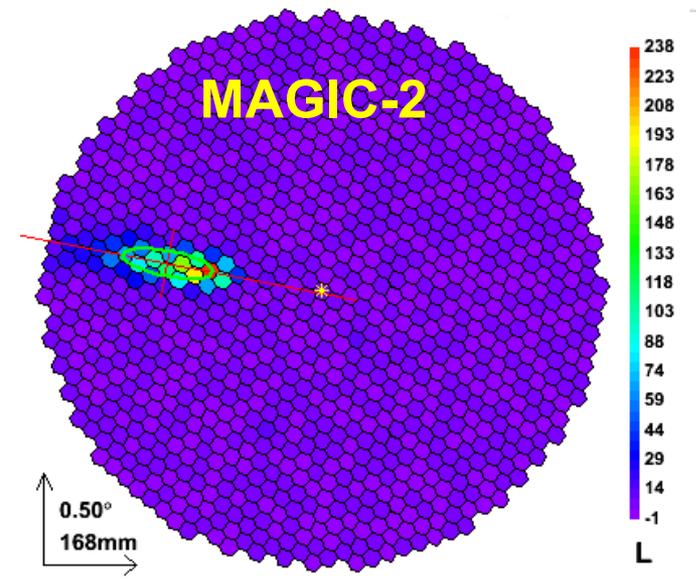
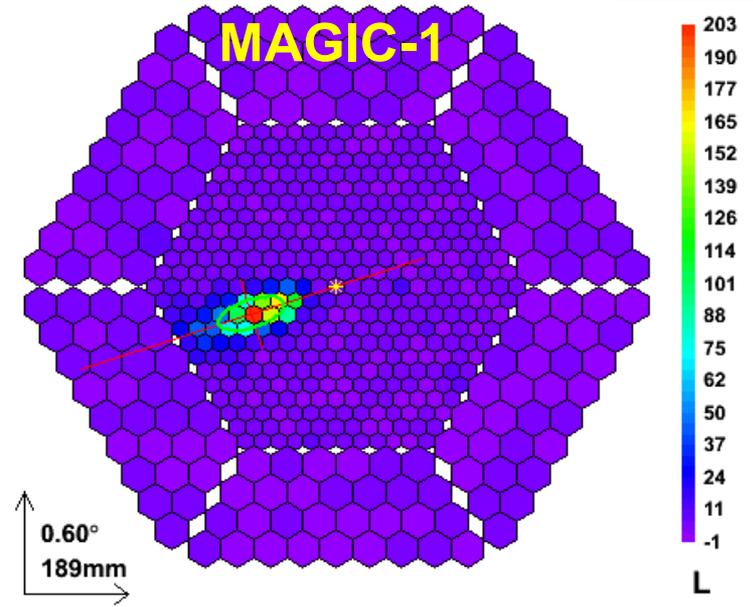
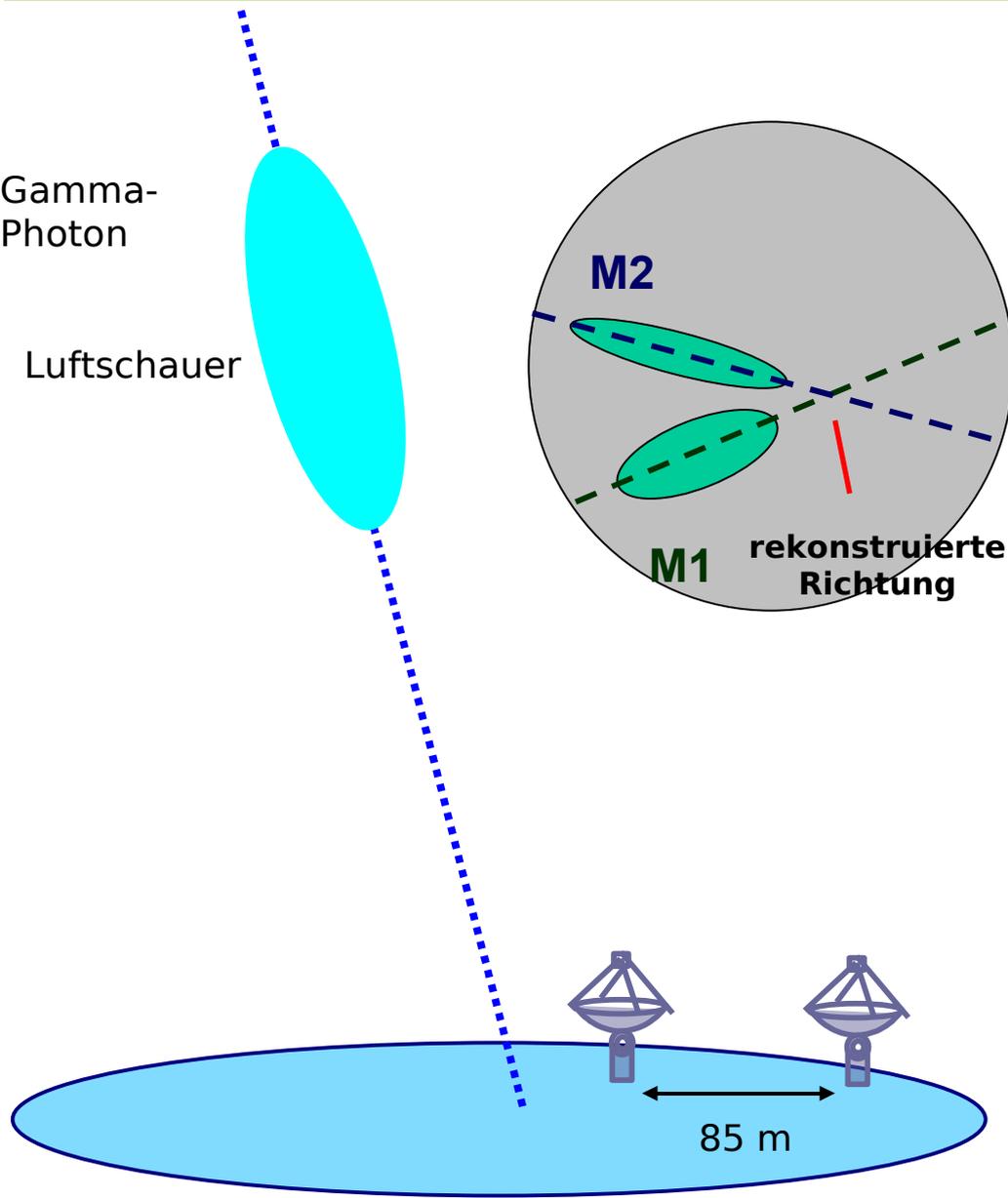
## 2. Island cleaning

- *Number of islands* – ein Qualitätsparameter für gute Signal/Untergrund-Trennung
- Mehr Inseln -> größere Relativabweichungen der Hillas-Parametern und falsche Abschätzungen (z.B. Energie

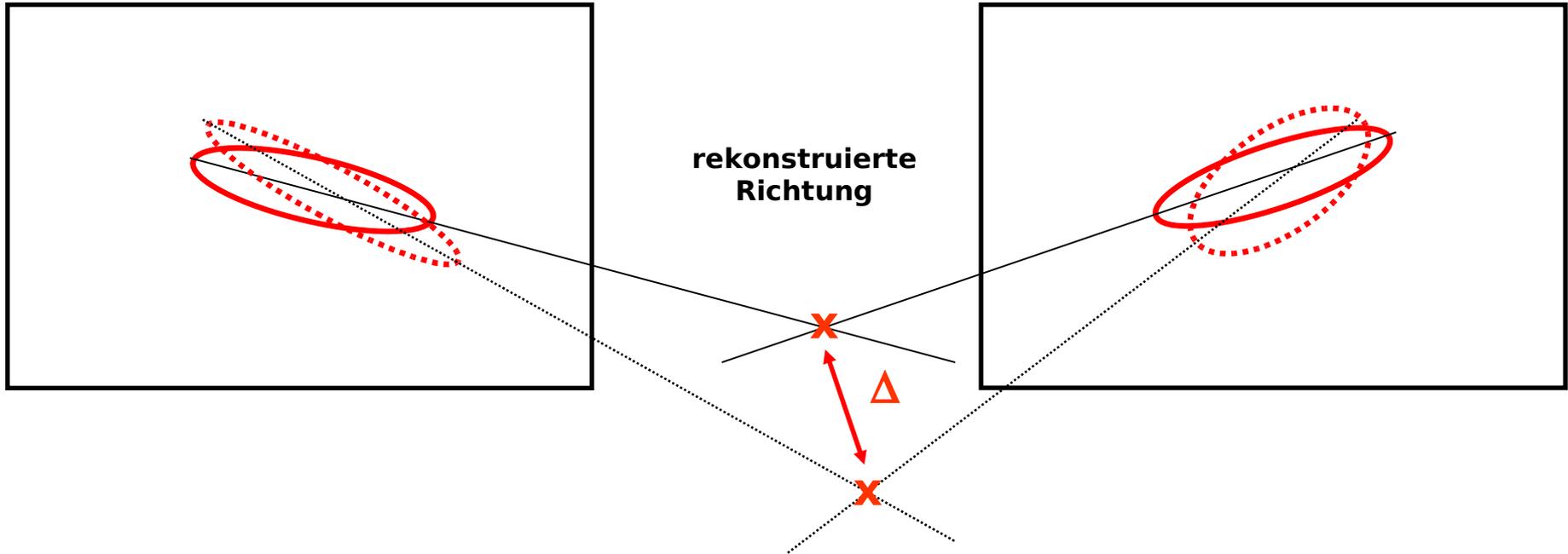
der eintreffenden Gamma-Photonen)

- Entfernung von Inseln (Image Cleaning) – sehr wichtig für höheres  $\langle n_{sb} \rangle$

## 3. Gekrümmte Atmosphäre (statt planparallele) – wichtig für $Z_M > 70^\circ$



- Ohne Mond
- ⋯ Mit Mond



- Untersuchung der Verschiebung der rekonstruierten Richtung bei Mondschein
- falsche Abschätzung der rekonstruierten Richtung und des Auftreffpunkt auf dem Boden führt zur falschen Abschätzung der Luftschauerhöhe

- MC Simulationen zeigen, daß die Beobachtungen unter starkem Mondlicht möglich sind (kritischer Bereich:  $N_{phe} \leq 200$  phe )
- Über  $\langle nsb \rangle = 15$  phe/pix große Relativabweichungen (Inseln)
  - Geringere Triggereffizienz, aber höhere Rekonstruktionseffizienz
  - Gamma-Selektionseffizienz wird kleiner, dadurch auch schlechtere Gamma/Hadron-Separation
  - Schlechtere Abschätzung der Energie des einfallendes Photons wegen des kleineren Eventssamples und grösseren Abweichung von Hillas-Parametern
- Es ist möglich, das Modell zu verbessern: Einbauung des Time Cleanings, bessere Methode für Island Cleaning, gekrümmte Atmosphäre
- Stereo-Rekonstruktion: Abweichungen der rekonstruierten Richtung
  
- einfache MC Simulationen geben einen schnellen Überblick über die Grundprinzipien der Cherenkov Beobachtungen
- Prinzipien der Analyse schnell analysierbar und können danach schneller in die benutzte Monte Carlo- und Analysenkette eingebaut werden



*Danke!*