



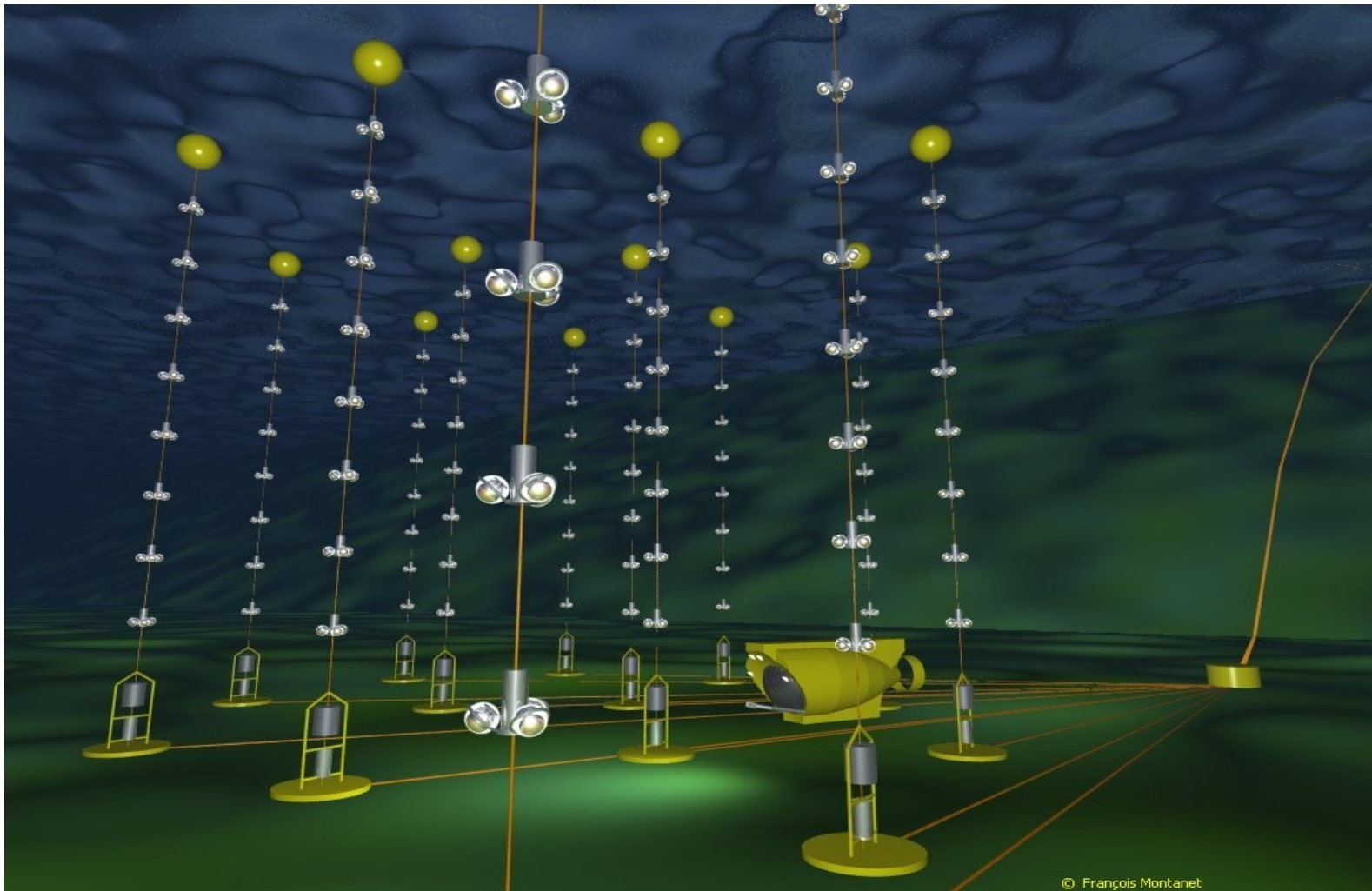
ERLANGEN CENTRE  
FOR ASTROPARTICLE  
PHYSICS



# Rekonstruktion hadronischer Schauer mit dem ANTARES Neutrino Teleskop



# Der ANTARES Detektor



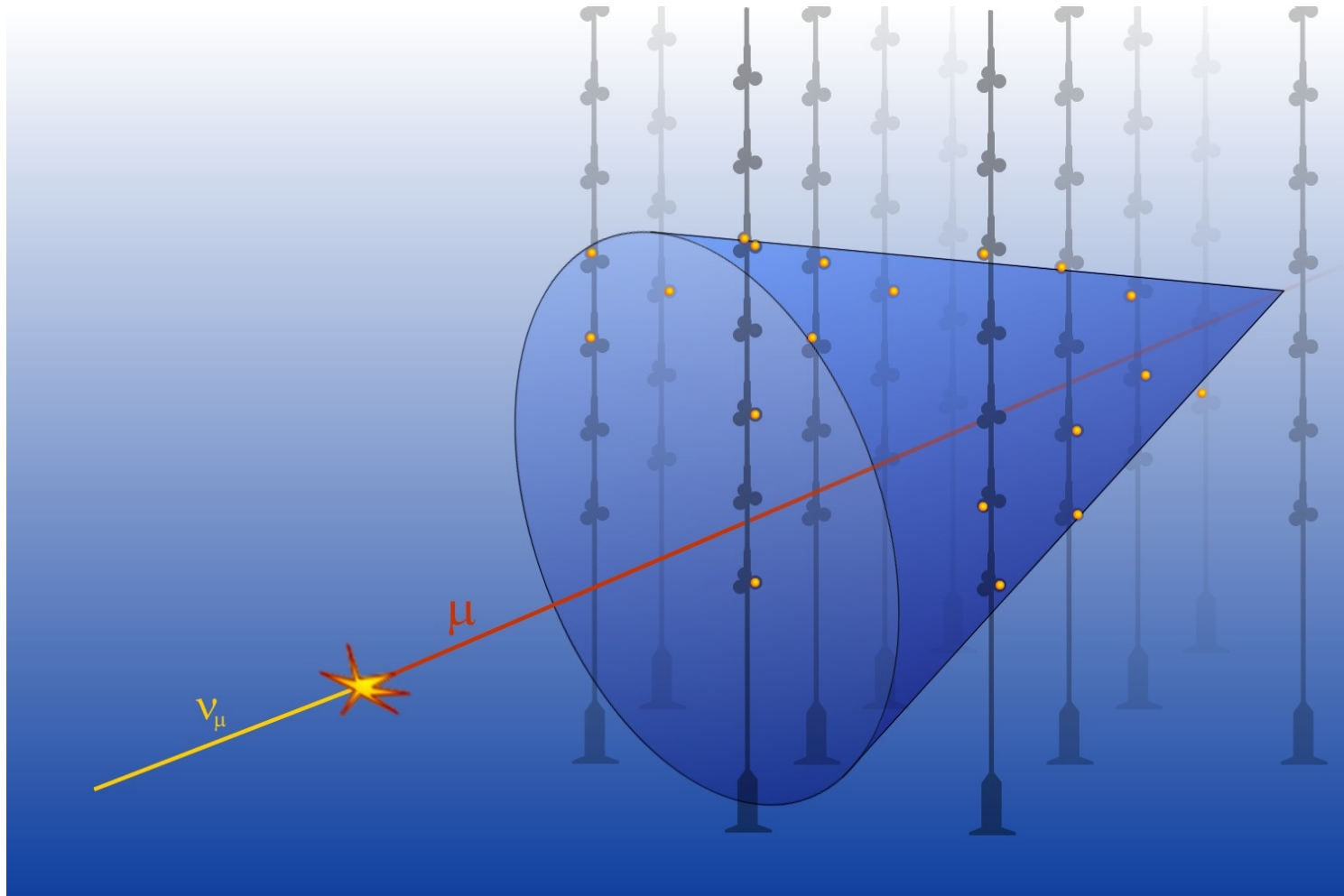
# Der ANTARES Detektor



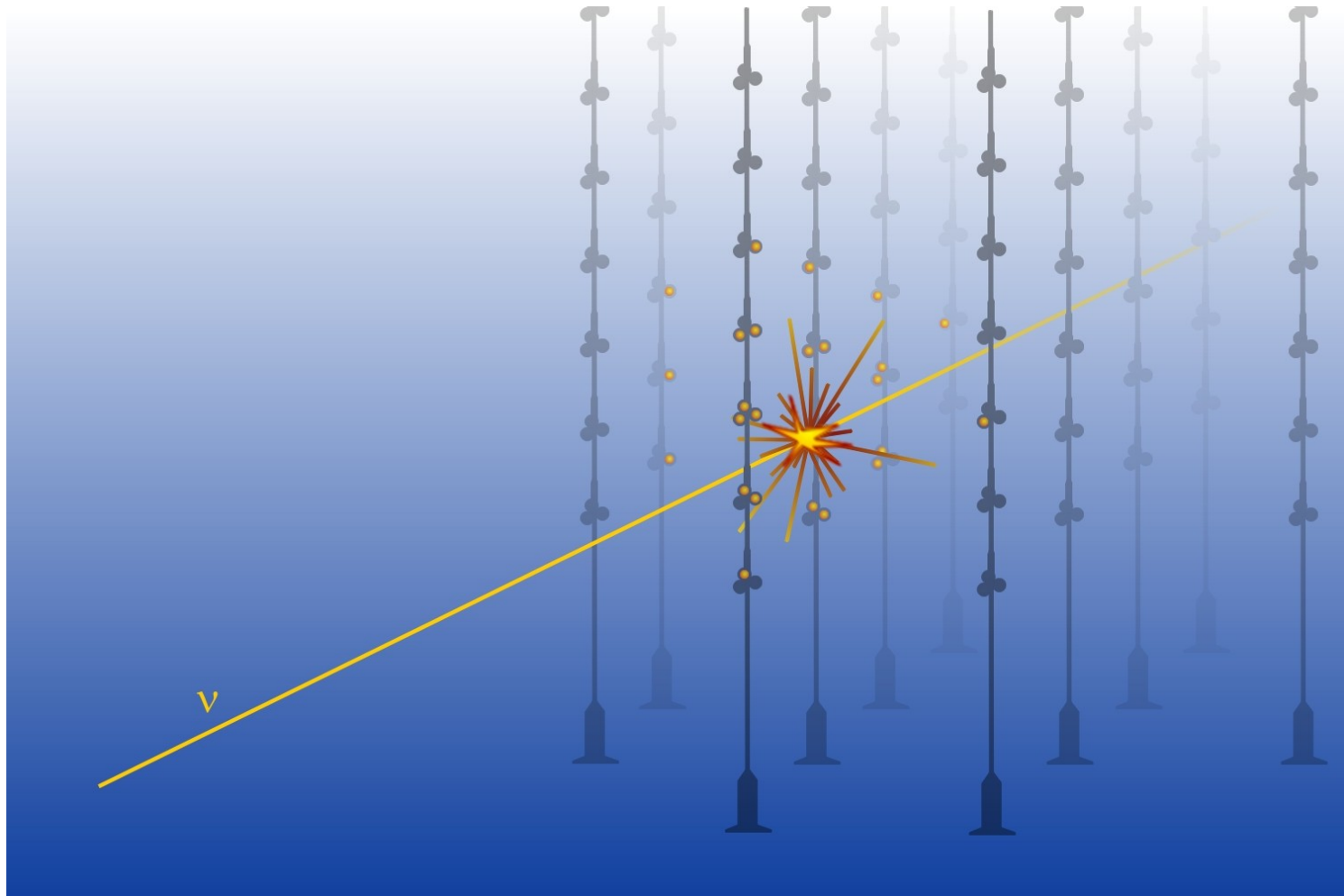
# Der ANTARES Detektor



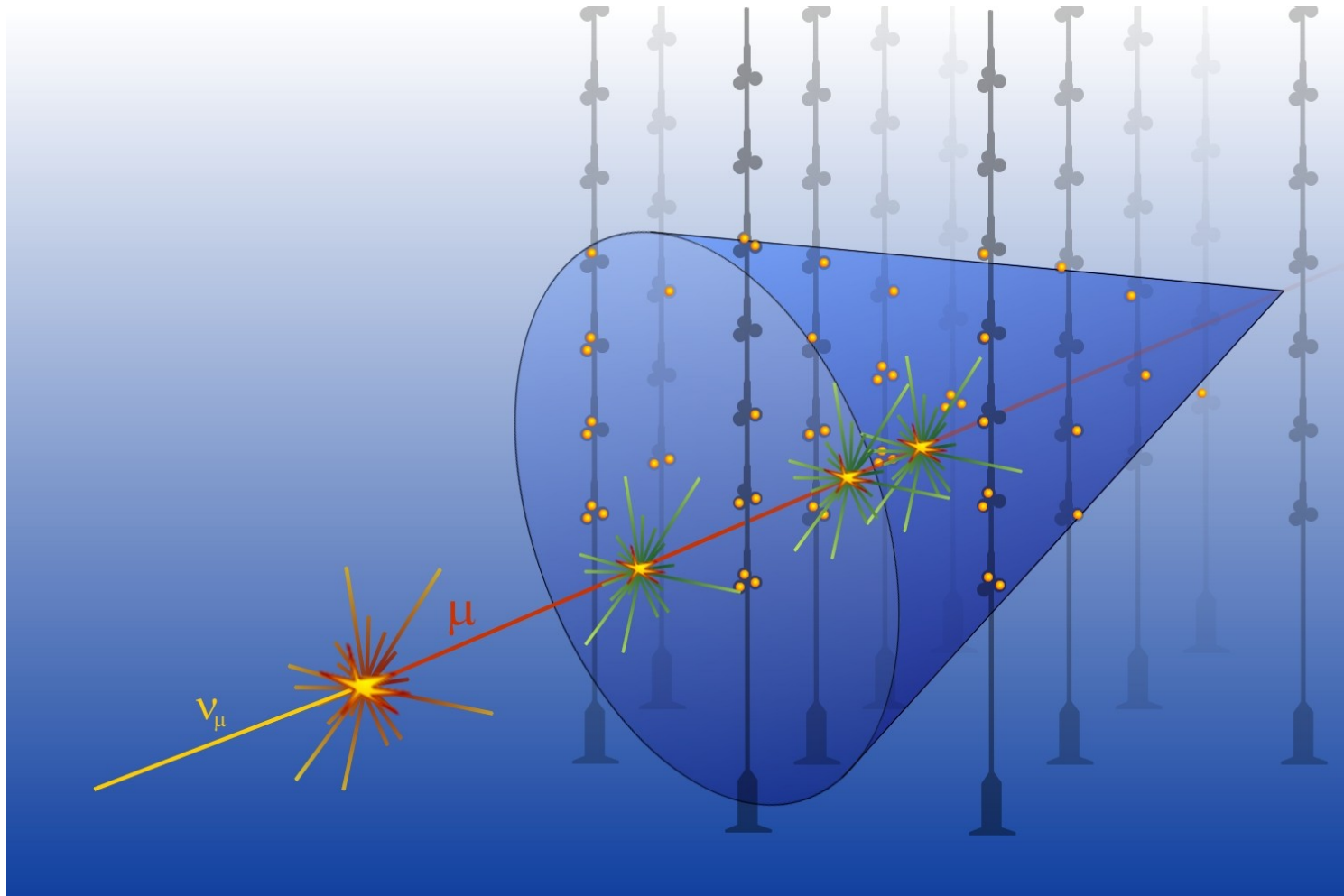
# Ereignis-Signaturen: Induziertes Myon in CC-Reaktion



# Ereignis-Signaturen: Hadronischer Schauer in NC-Reaktion

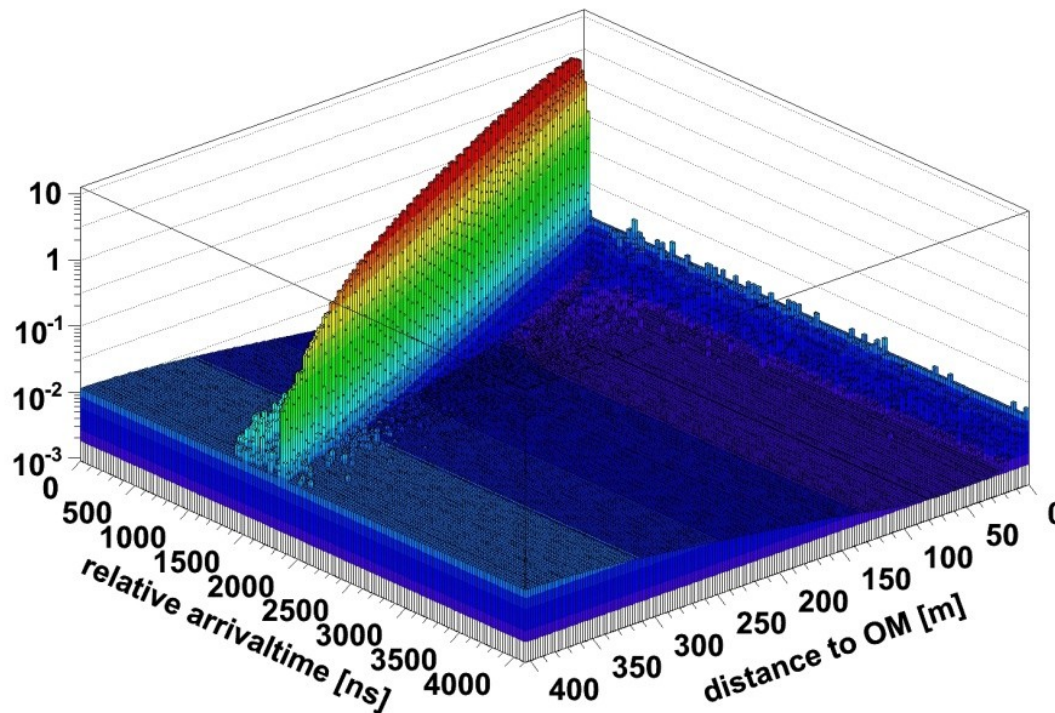


# Ereignis-Signaturen: Gemischtes Ereignis (+ em-Schauer)



# Der ShAuerReco Rekonstruktions-Algorithmus für hadronische Schauer

Cerenkov photon arrival time



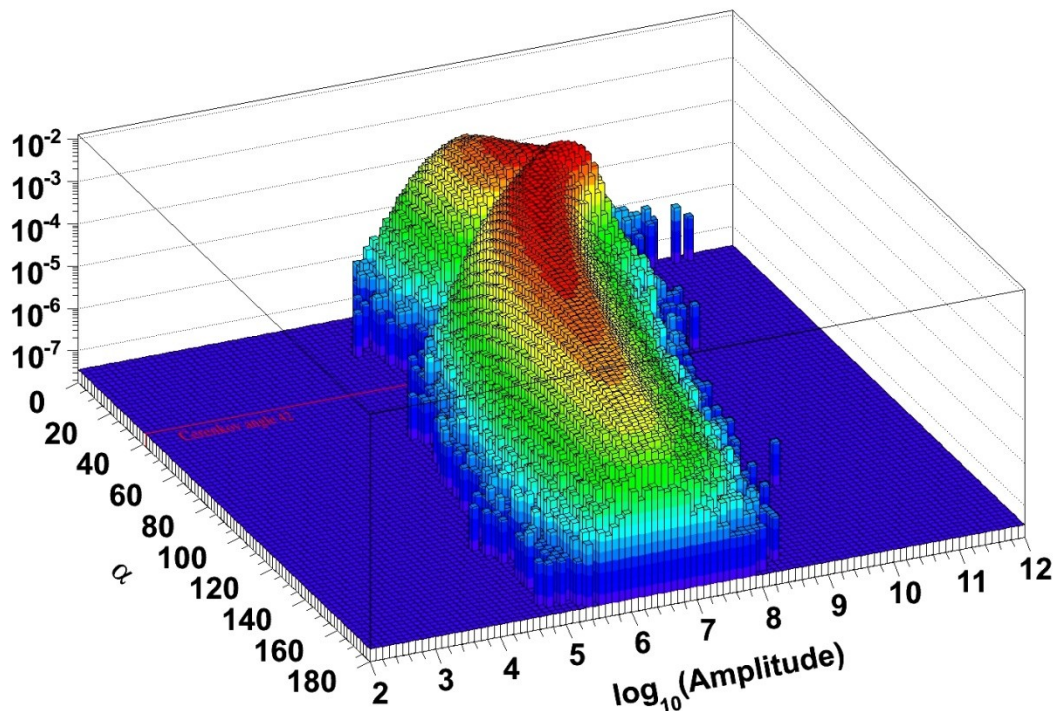
Schauer haben eine Ausdehnung von wenigen Metern und können daher als punktförmig angesehen werden.

Die Čerenkov-Photonen werden vom Vertex aus radial ausgesandt.



# Der ShAuerReco Rekonstruktions-Algorithmus für hadronische Schauer

Cerenkov photon distribution



Die Lichtausbreitung erfolgt isotroper als bei Myonspuren. Es werden auch Čerenkov-Photonen in Gegenrichtung emittiert.

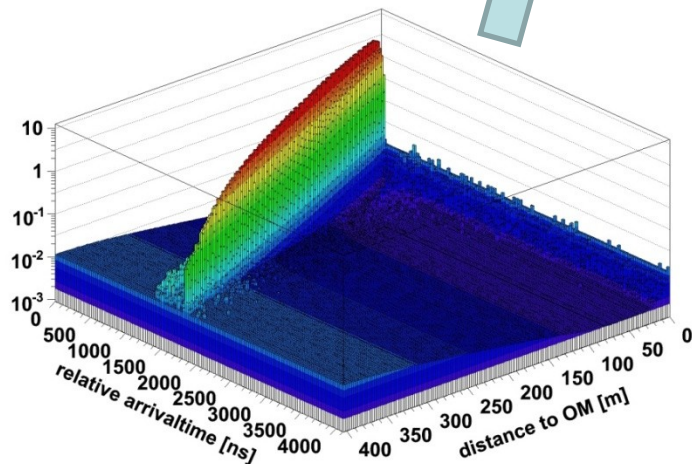
Wegen ihrer geringen Reichweite eignen sich Schauer zur Energie-Rekonstruktion.

# Der ShAuerReco Rekonstruktions-Algorithmus für hadronische Schauer

Likelihood-Funktion für die  
Ankunftszeit der Photonen

$$-\ln(P^T) = -\frac{1}{900} \sum_{i=1}^{900} \ln(p_i^T(x, y, z, E, t))$$

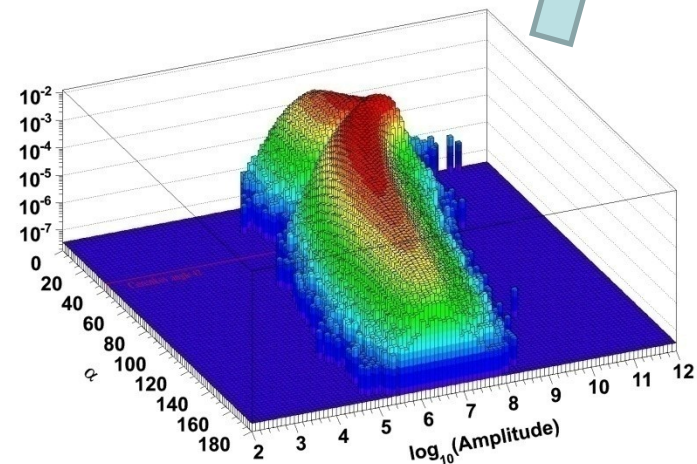
Cerenkov photon arrival time



Likelihood-Funktion für die  
Amplitude der Signale

$$-\ln(P^A) = -\frac{1}{900} \sum_{i=1}^{900} \ln(p_i^A(x, y, z, \Theta, \Phi, E))$$

Cerenkov photon distribution



# Der ShAuerReco Rekonstruktions-Algorithmus für hadronische Schauer



Likelihood-Funktion für die  
Ankunftszeit der Photonen

$$-\ln(P^T) = -\frac{1}{900} \sum_{i=1}^{900} \ln[p_i^T(x, y, z, E, t)]$$

Likelihood-Funktion für die  
Amplitude der Signale

$$-\ln(P^A) = -\frac{1}{900} \sum_{i=1}^{900} \ln[p_i^A(x, y, z, \Theta, \Phi, E)]$$



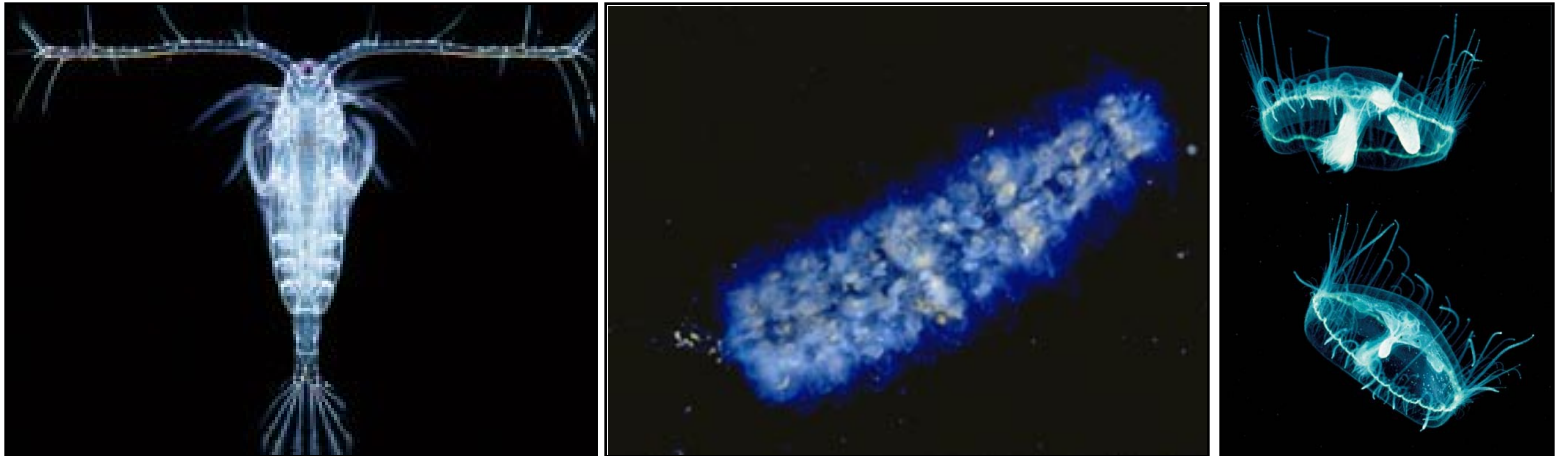
**Kombinierte Likelihood-Funktion**

$$-\ln(P) = -W_A * \ln(P^A) - W_T * \ln(P^T)$$

Minimierung mittels Simulated Annealing-Algorithmus

# Optischer Untergrund im Detektor

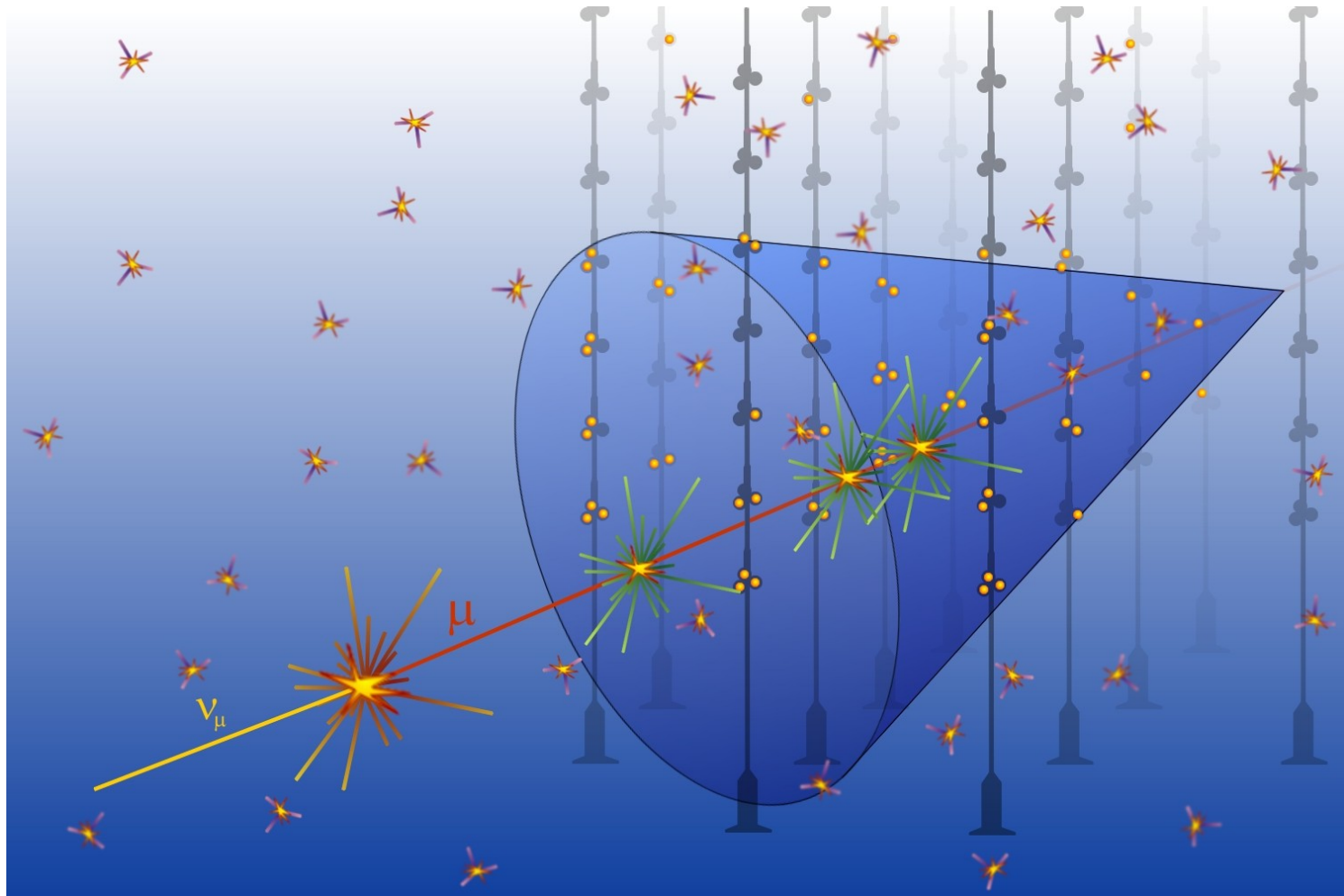
- Lebewesen in der Tiefsee erzeugen **Biolumineszenz**  
→ Triggeralgorithmen zur Erkennung von Neutrino-Ereignissen  
und Filterung von Störquellen



Jessica Craig – Talk on VLvT-Workshop 2008, Toulon

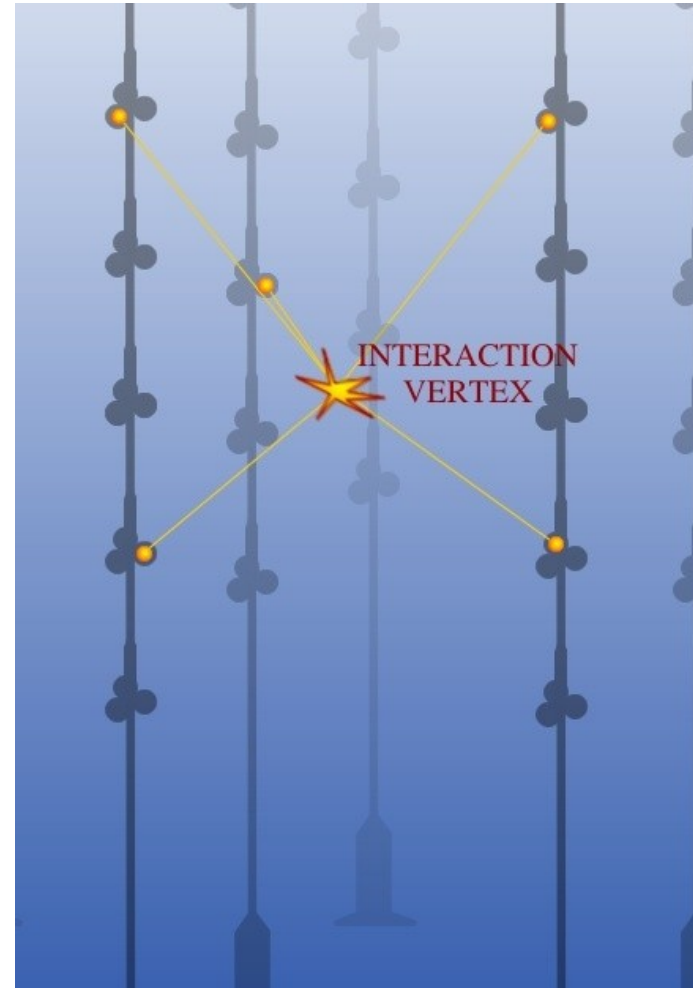
- Einzelsignale aus **Zerfällen von radioaktivem  $^{40}\text{K}$**  verzauscheln das physikalische Ereignis  
→  $^{40}\text{K}$ - Zerfälle sind in jedem Event enthalten und müssen vor der Rekonstruktion entfernt werden.

# Ereignis-Signaturen mit statistischem Untergrundrauschen

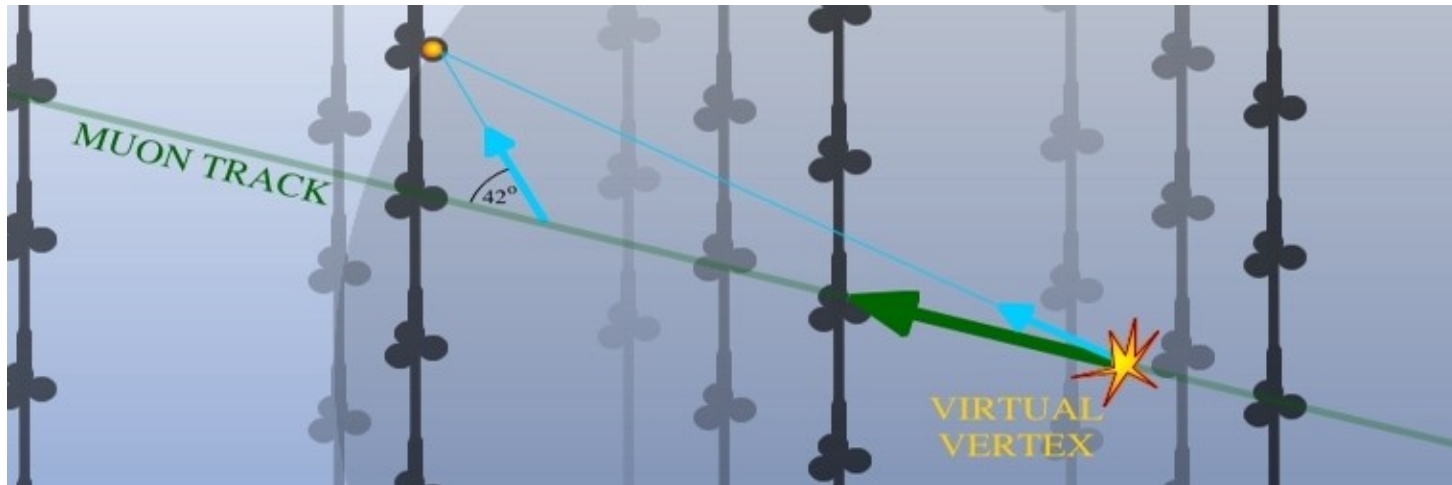


# Minimalanforderungen an ein Event für eine gute Rekonstruierbarkeit

- Nur Hits mit Amplitude  $> 3 \text{ pe}$  zur Unterdrückung des Untergrundes
- Aus geometrischen Gründen:
  - mindestens 5 Hits
  - 5 verschiedene Stockwerke
  - 3 verschiedene Strings



# Beispiel für einen Schnittparameter zur Ereignisklassifikation



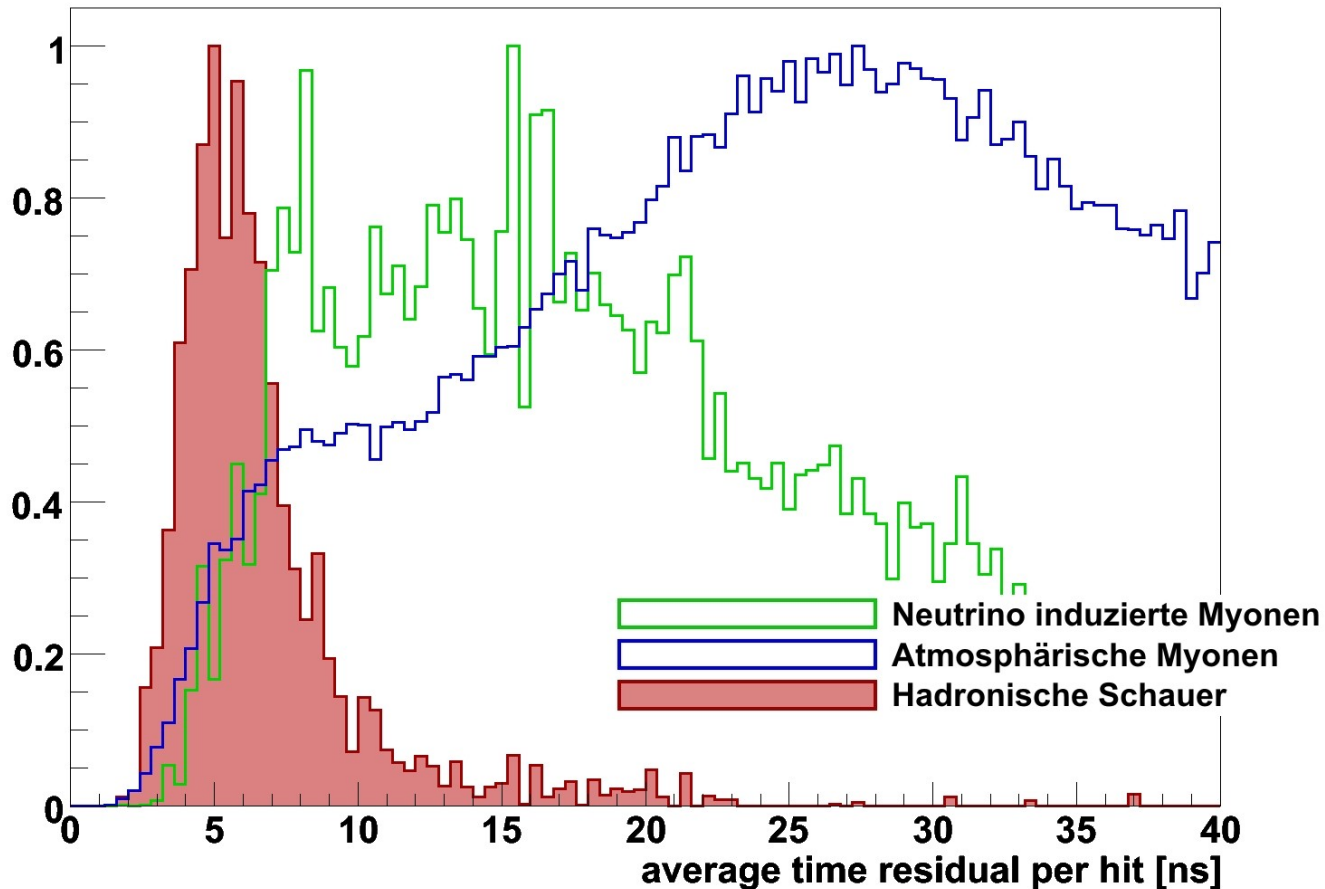
Berechnet wird die Ankunftszeit der Photonen unter der Annahme einer sphärischen Lichtausbreitung vom Vertex.

$$t_{arr} = \frac{|\vec{r}_{dm} - \vec{r}_{vertex}|}{v_{photon}}$$

Von Myonenspuren induzierte Photonen in Spurrichtung erreichen entfernte Photomultiplier jedoch früher.

# Spherical Shower Parameter als Schnittkriterium

## Spherical shower parameter





# Rekonstruktionsqualität & Reinheit (für ANTARES 12 Line)

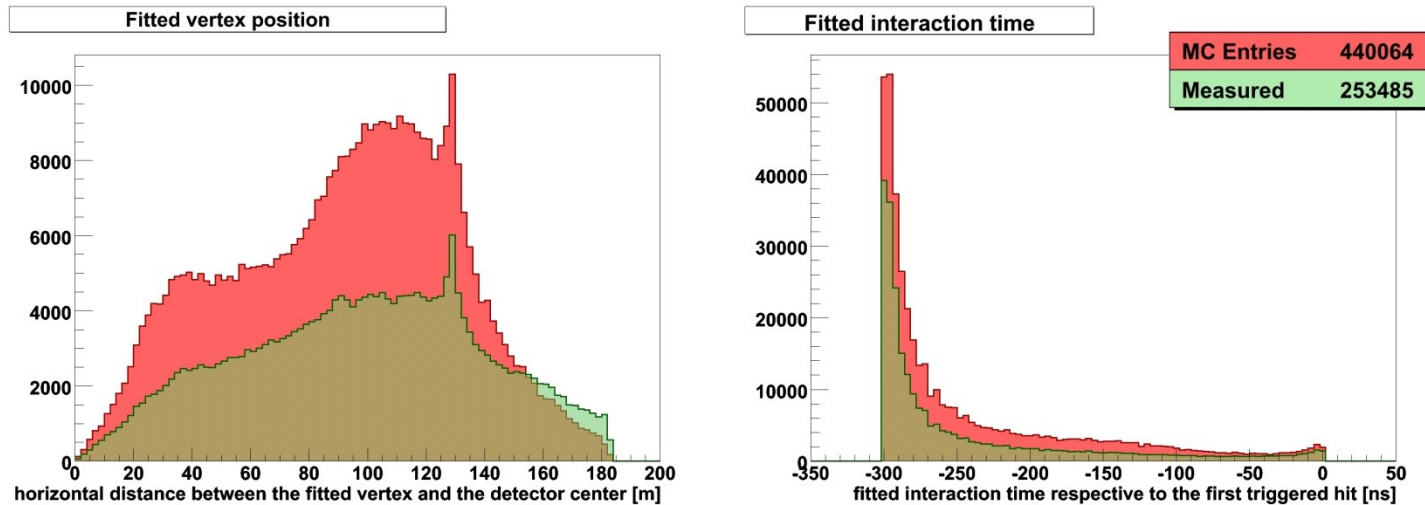


- Rekonstruktionsfehler nach Qualitäts- und Reinheitsschnitten:

Richtung	Vertex	Energie (log)	Schauer / Jahr	Effizienz	Reinheit
7 °	2,5 m	0,4	49	3,0 %	1,1 %

- Ein zuverlässiger Schnitt zur Entfernung aller Myon-Ereignisse ist noch nicht gefunden.

# Erster Vergleich von MC und echten Detektor Daten



Die Verteilungen von MC und echten Daten stimmen in ihrer Form überein.

# Zusammenfassung und Ausblick



- Die Schauerenergie kann auf 0,4 Größenordnungen genau rekonstruiert werden.
- Die Verteilungen der MC und echten Daten stimmen im Groben gut überein.
- Eine geeignete Kombination der (und weiterer) Schnitte zur Unterdrückung von Myon-Ereignissen muss noch ermittelt werden.
- Andere Vorselektionen mit besserer Effizienz sind wünschenswert.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung