



Status von ANTARES und KM3NeT

KM3NeT



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



bmb+f - Förderschwerpunkt

Astroteilchenphysik

Großgeräte der physikalischen
Grundlagenforschung

Alexander Kappes
Physikalisches Institut
Universität Erlangen-Nürnberg

Astroteilchenphysik in Deutschland:
Status und Perspektiven 2005

04.- 05. Oktober 2005

DESY, Zeuthen

Astroteilchenphysik
in Deutschland: Status und Perspektiven 2005

4.-5. Oktober 2005,
DESY, Zeuthen

γ-Astronomie, kosmische Strahlung, Neutrino-Astrophysik,
Neutrino-massen, Dunkle Materie, Gravitationswellen, Kosmologie

Programmkomitee
G. Anton, T. Bergström, J. Blümer, K. Danzmann,
G. Drexler, F. v. Feilitzsch, W. Friedmann, J. Jochum,
G. Raffelt, C. Rolfs, C. Spiegler

Organisationskomitee
U. Bahrami, H. Kolanowski, M. Mando,
R. Nairauskas, C. Reising, M. Walter

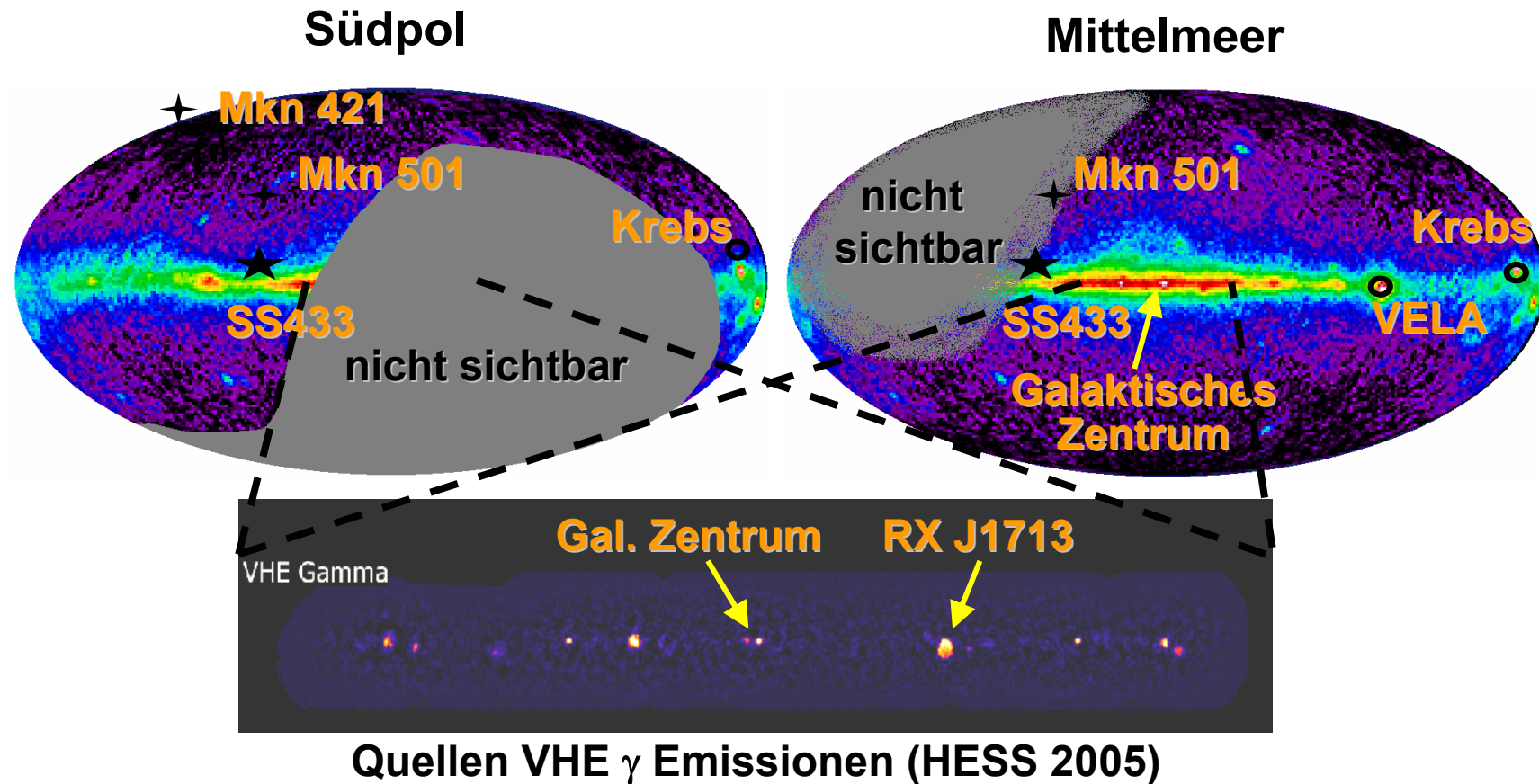
Anmeldung und weitere Informationen
Konferenzsekretariat
Martina Mendt
Tel. 0331/62-77 367
email: astro05@desy.de
www.zeuthen.desy.de/astro-workshop

DFG
Deutsche Forschungsgemeinschaft

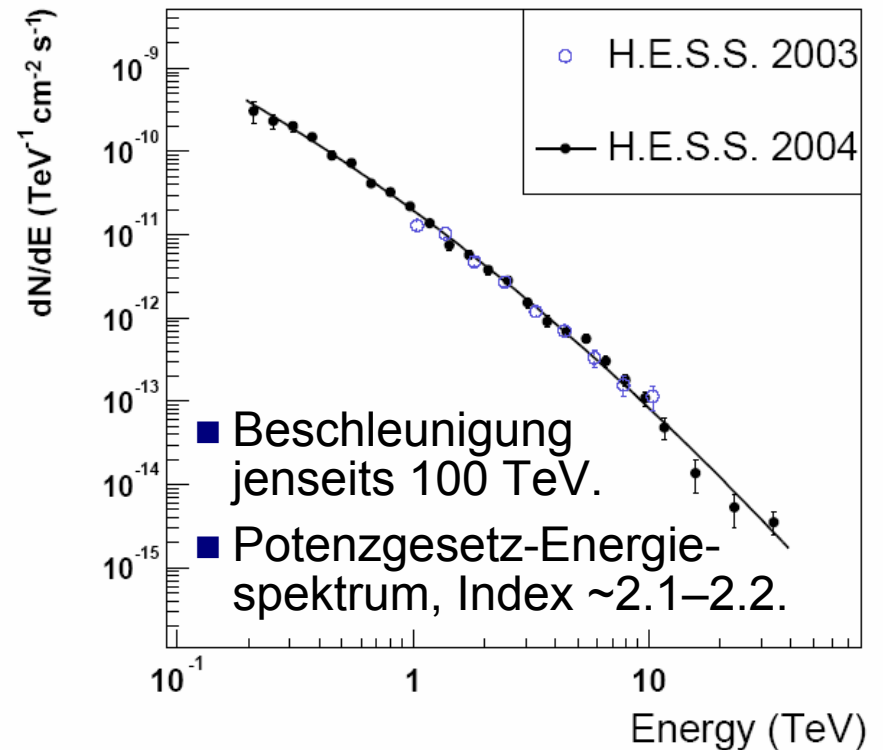
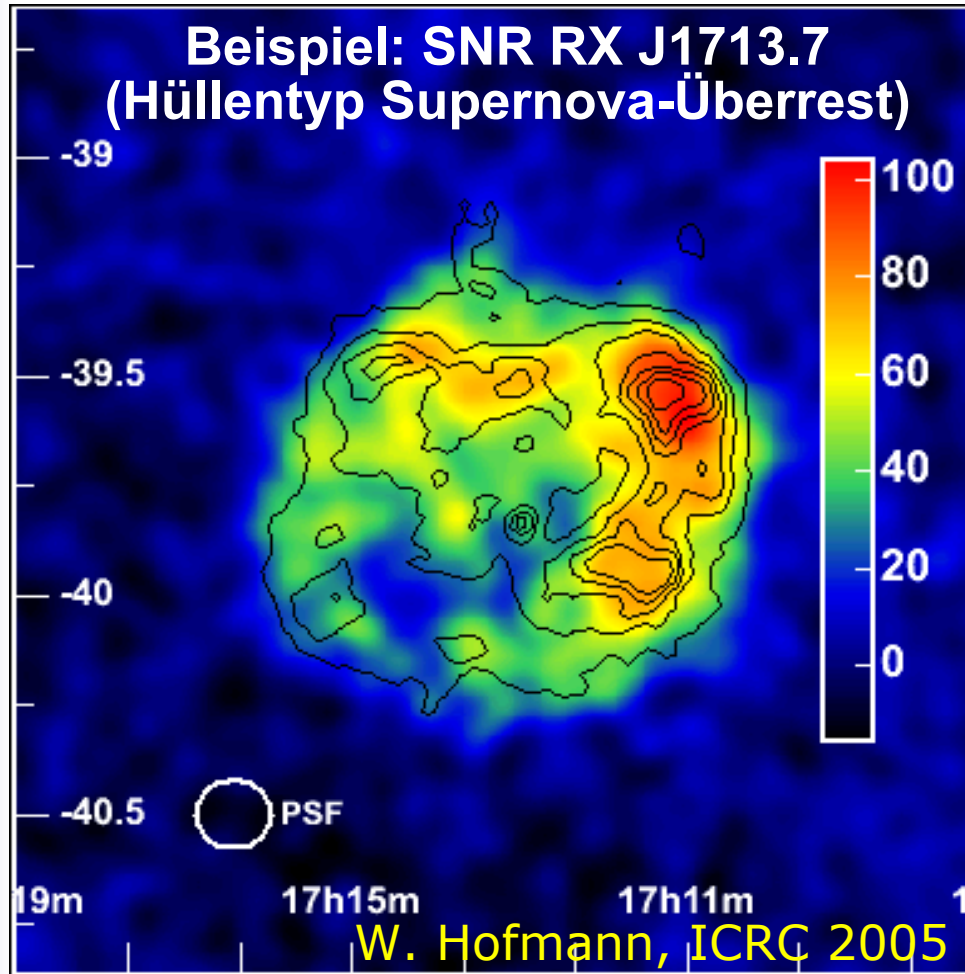
- Neutrino-Teleskopie im Mittelmeer
- Das ANTARES Neutrino-Teleskop
- Resultate von MILOM und Line0
- Die Zukunft: KM3NeT

Warum ein Teleskop im Mittelmeer?

- Himmelsabdeckung komplementär zu AMANDA/IceCube
- Erlaubt die Beobachtung des Galaktischen Zentrums



Neutrinos von H.E.S.S.-Quellen?

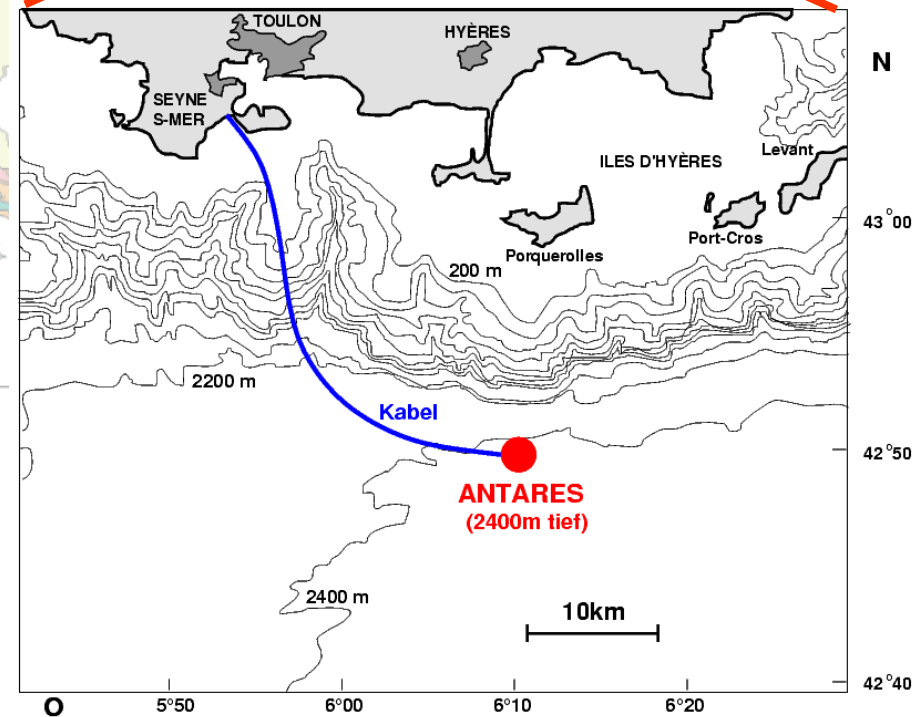
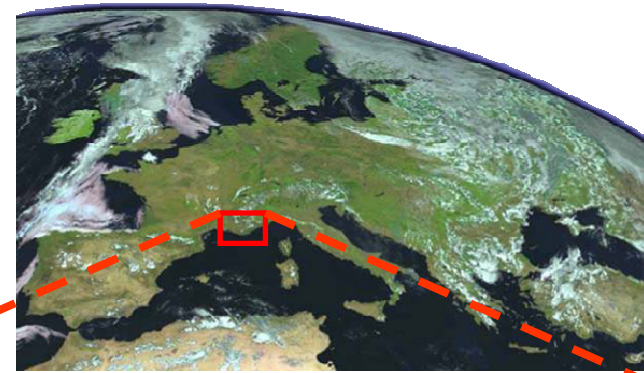
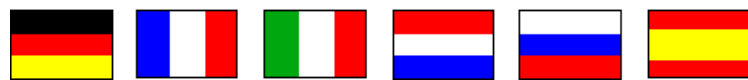


- Multi-wavelength Spektrum deutet auf Hadronbeschleunigung hin
→ Neutrino-Fluss $\sim \gamma$ -Fluss
- Nachweisbar in aktuellen bzw. zukünftigen Neutrino-Teleskopen?!

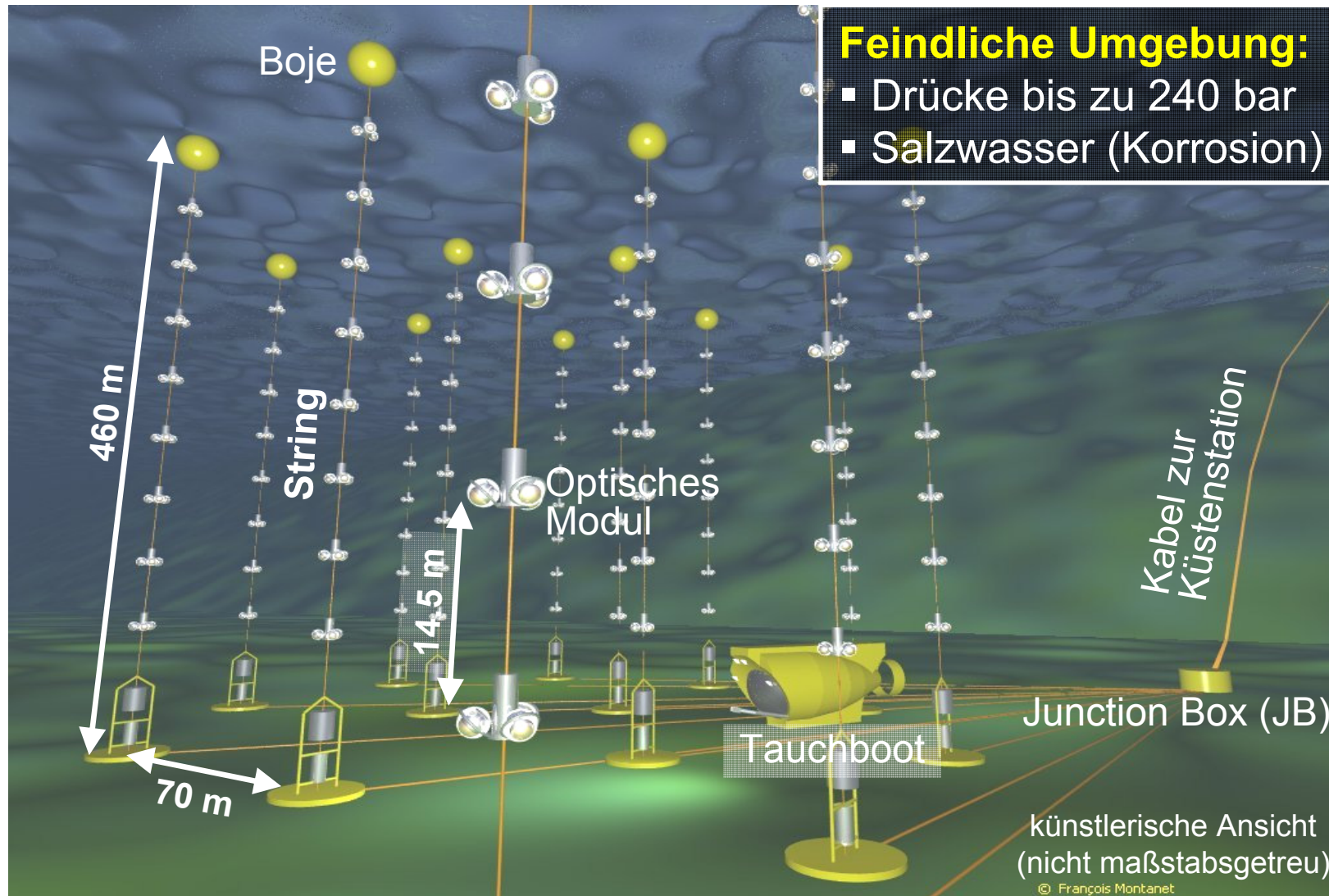
Die ANTARES-Kollaboration



**20 Partnerinstitute aus
6 europäischen Ländern**



Der ANTARES-Detektor



Einer von 12 ANTARES-Strings

■ Boje

- hält String in vertikaler Position (horizontale Abweichung < 20 m)

■ Stockwerk

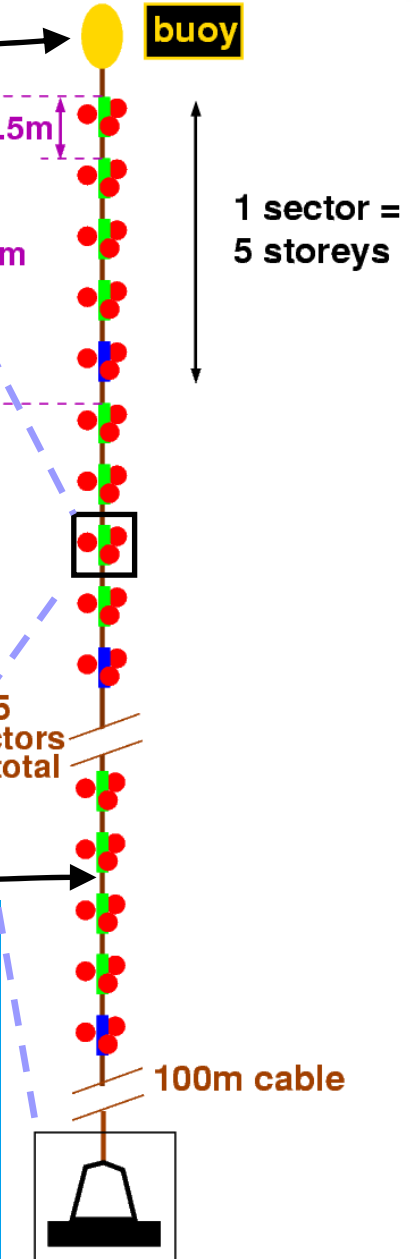
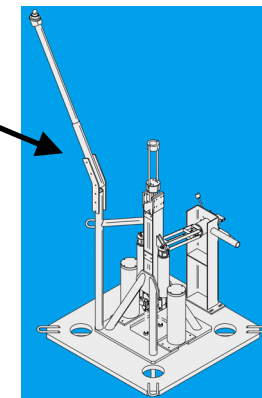
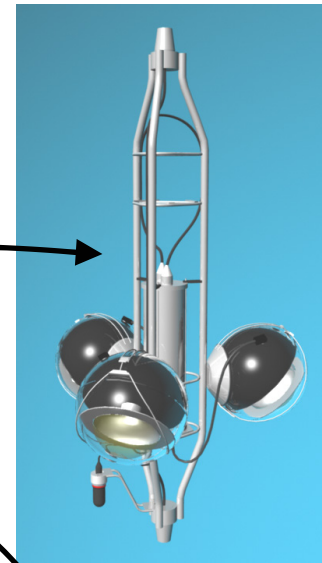
- 3 optische Module (45° abwärts)
- Elektronik in einem Titan-Zylinder

■ EMC Kabel

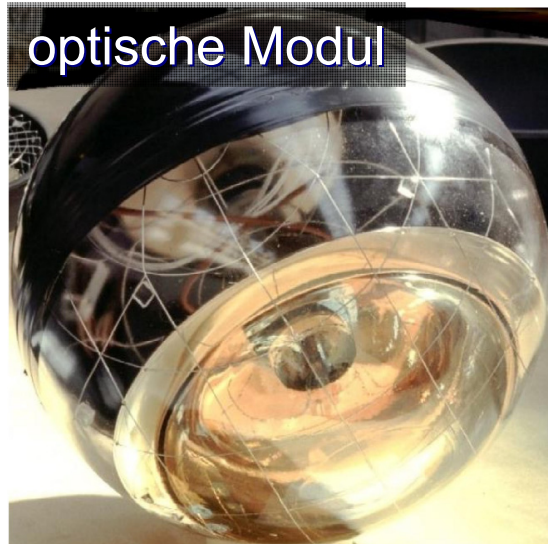
- Kupfer- + Glasfaser-Kabel
- mech. Verbindung der Stockwerke

■ Anker

- Stecker für Verbindung zur JB
- Kontrollelektronik für String
- Ballast
- akustischer Auslösemechanismus



Optisches Modul von ANTARES



Glaskugel:

- Material: Borosilikat-Glas (frei von ^{40}K)
- Durchmesser: 43 cm; 1.5 cm dick
- zugelassen für Drücke bis 650 bar

Photomultiplier (PMT):

- \varnothing 10 inch (Hamamatsu, R 7081-20)
- Transfer time spread (TTS) $\sigma = 1.3$ ns
- Quanteneffizienz:
> 20% @ 1760 V ($360 < \lambda < 460$ nm)

B-Abschirmung



Kalibrationssysteme

(mit Erlanger Beteiligung)

■ Zeitkalibration mit gepulsten Lichtquellen

- erforderliche Präzision: 0.5 ns (1ns = 20 cm)
- 1 LED in jedem optischen Modul
- Optische Emitter
 - LED-Sender an 4 verschiedenen Stockwerken
 - Laser am Anker

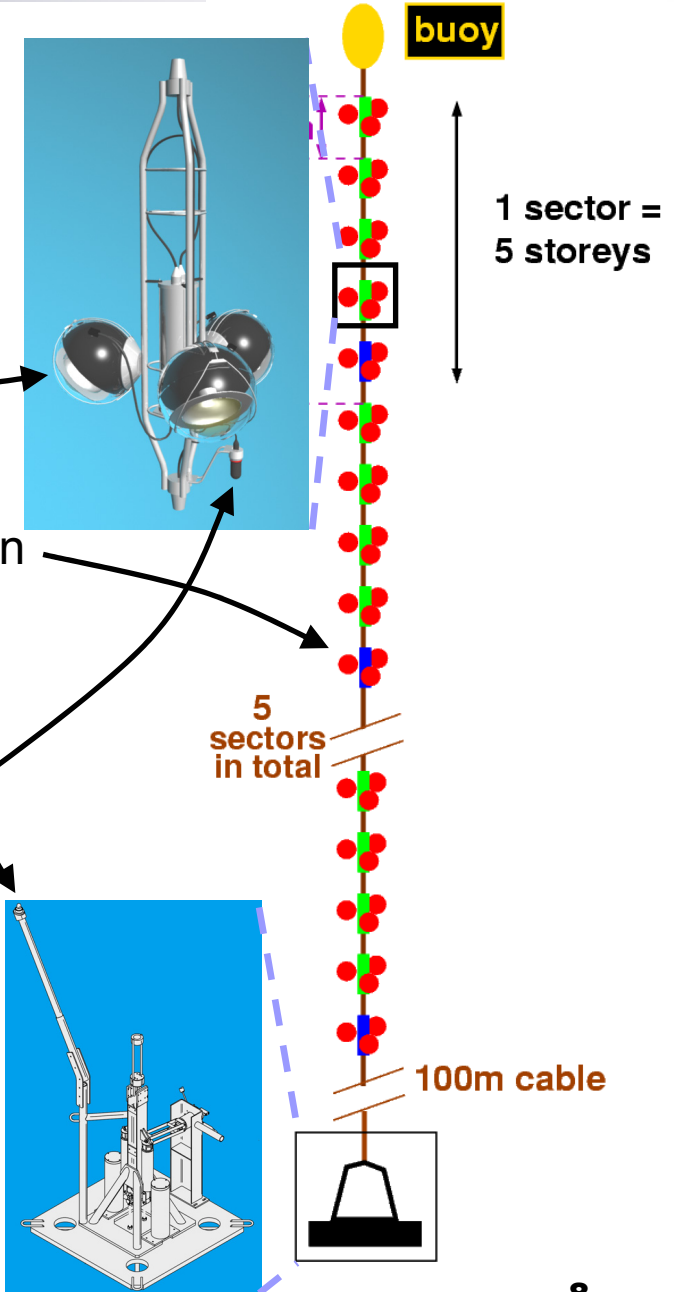
■ Akustisches Positionierungssystem

- erforderliche Präzision: < 10 cm
- Empfänger (Hydrophone) an 5 Stockwerken
- 1 Transceiver (Sender+Empfänger) am Anker
- autonome Transceiver am Meeresboden

■ Neigungsmesser und Kompass in jedem Stockwerk

Alexander Kappes
Universität Erlangen-Nürnberg

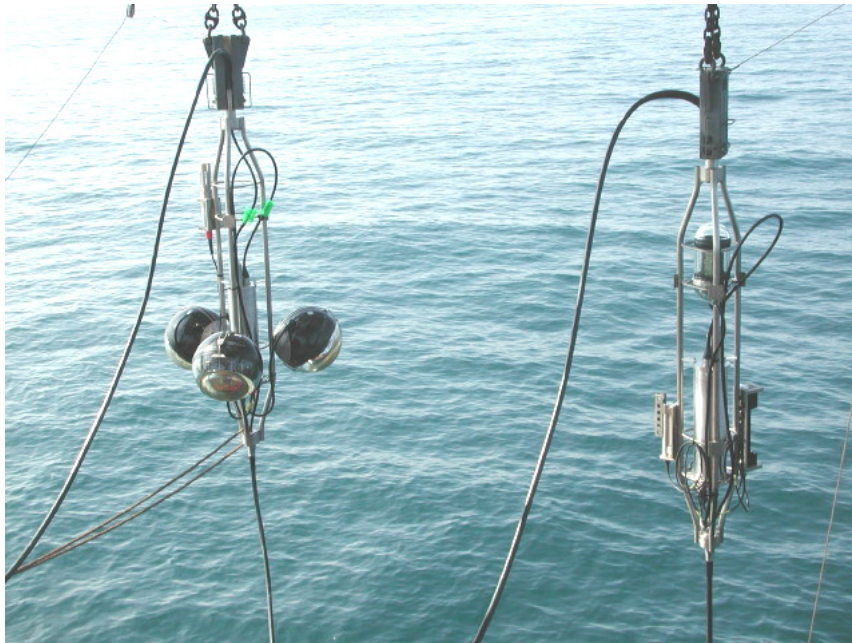
5. Oktober 2005
DESY, Zeuthen



Test-Lines: MILOM und Line0

Installiert März 2005, verkabelt April 2005

MILOM: Mini Instrumentation Line
mit **Optischen Modulen**



Line0: String ohne Elektronik und PMTs
(Test der mechanischen Struktur)



MILOM-Aufbau

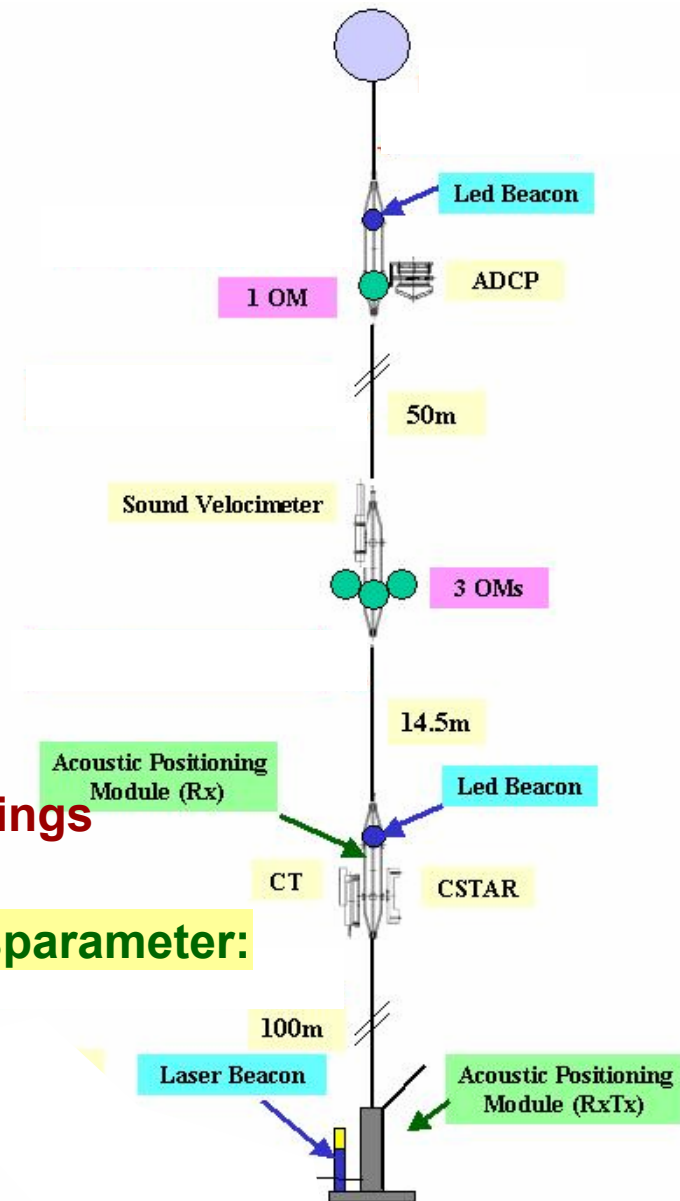
Optische Komponenten:

- ausgestattet mit finaler Elektronik
- 3+1 optische Module an zwei Stockwerken
- **Zeitkalibrationssystem:**
 - zwei LED-Sender an zwei Stockwerken
 - Laser am Anker
- **akustisches Positionierungssystem:**
 - Empfänger am ersten Stockwerk
 - Transceiver am Anker

erlaubt Test aller Aspekte des optischen Strings

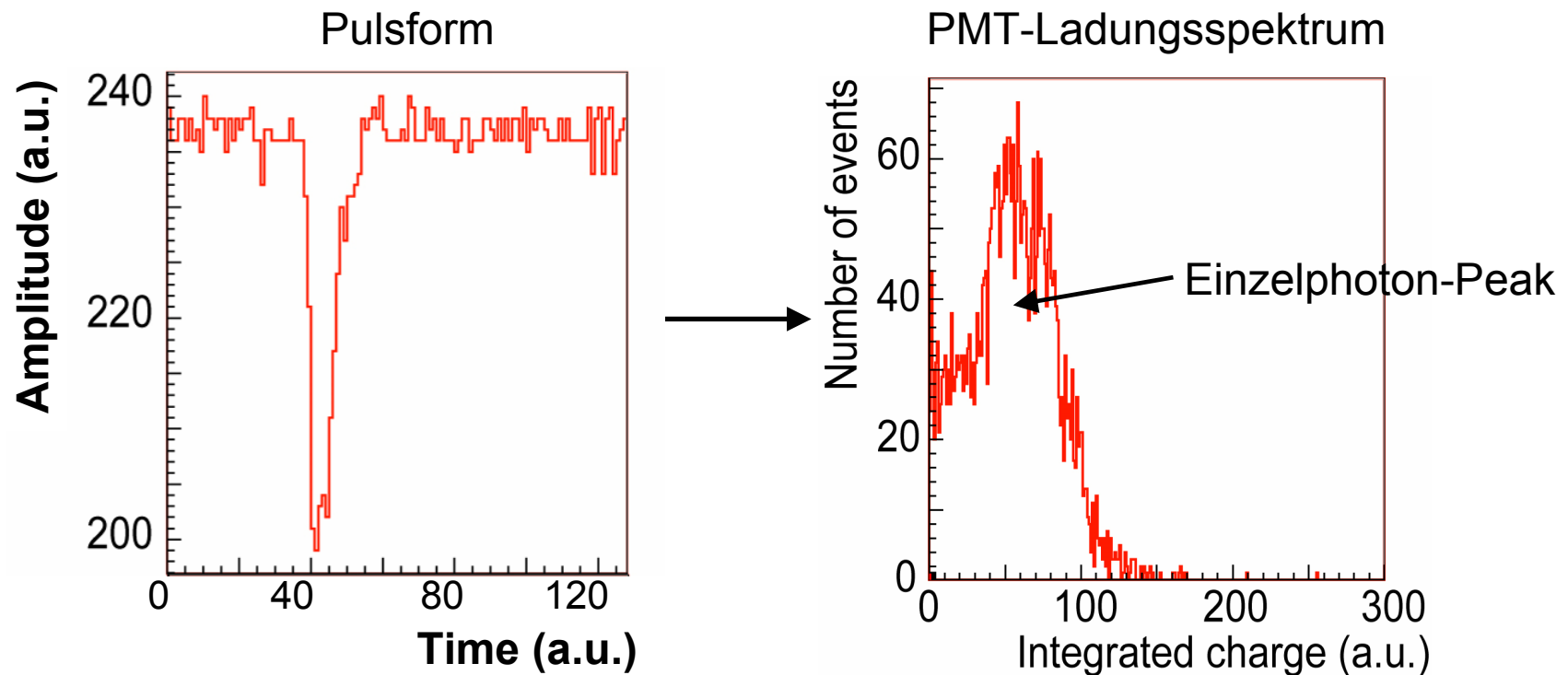
Komponenten zur Messung der Umgebungsparameter:

- Strömungsprofil (ADCP)
- Schallgeschwindigkeit
- Wassereigenschaften (CSTAR, CT)



Erste Resultate der MILOM (Auswahl)

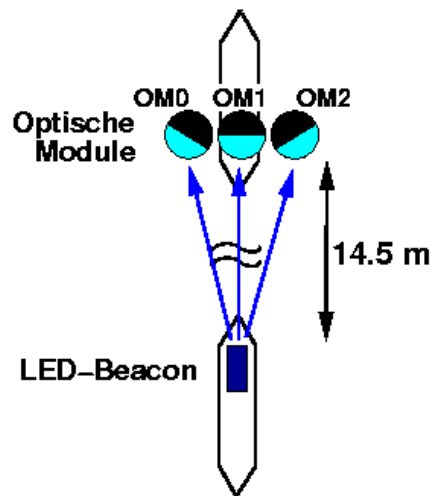
Einzelphoton-Auflösung (Schwelle 4 mV \approx 0.1 SPE)



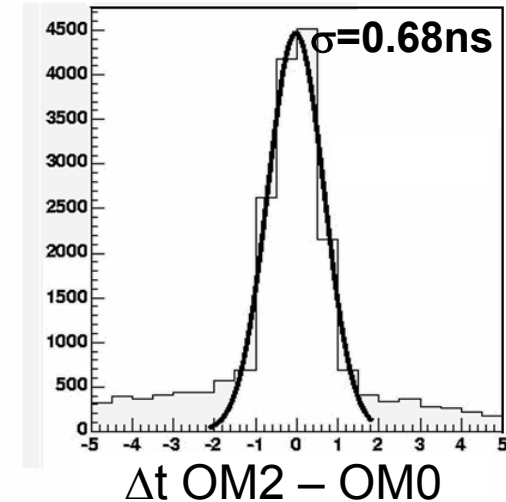
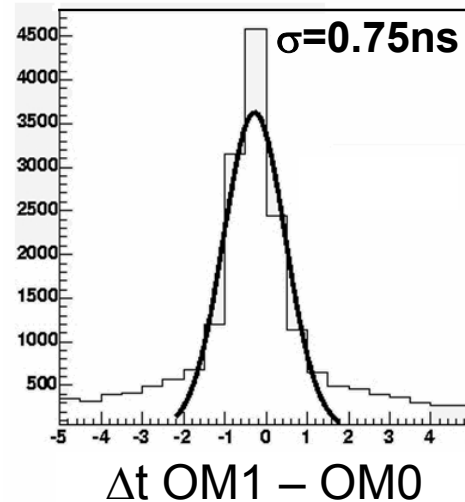
Erste Resultate der MILOM (Auswahl)

Zeitkalibration mit den LED-Sender:

- Messung des relativen Zeit-Offsets von 3 optischen Modulen am selben Stockwerk
- Verwendung von großen Lichtpulsen \Rightarrow TTS der PMTs klein



Zeitdifferenz zwischen optischen Modulen



- Beitrag der Elektronik zur Zeitauflösung ca. 0.5 ns

Erste Resultate der MILOM

MILOM ist ein Erfolg:

- Datenauslese arbeitet wie erwartet und liefert Nanosekunden-Zeitpräzision
- Zeitkalibration in situ erreicht benötigte Präzision für angestrebte Neutrino-Winkelauflösung ($< 0.3^\circ$ für $E_\nu \gtrsim 10$ TeV)
- Alle Umgebungssensoren arbeiten zuverlässig
- Kontinuierliche Daten der Slow-Control (Überwachung verschiedener Detektorkomponenten)
- Große Mengen an Umgebungs- und PMT-Daten stehen zur Verfügung und werden z.Z. analysiert

Line0

- installiert zum Test der mechanischen Struktur
- ausgerüstet mit autonomen Aufzeichnungsgeräten
 - Wasserleck-Sensoren
 - Sensoren zur Abschwächungsmessung in elektrischen und optischen Leitungen
- geborgen im Mai 2005



Resultate:

- keine Wasserlecks
- optische Transmissionsverluste beim Eintritt/Austritt der Kabel in/aus den Elektronik-Behältern
 - Effekt durch statischen Wasserdruck verursacht; Ursache verstanden und in Drucktests reproduziert
 - Lösungen gefunden; Detektorinstallation nicht wesentlich verzögert

ANTARES: weiterer Zeitplan

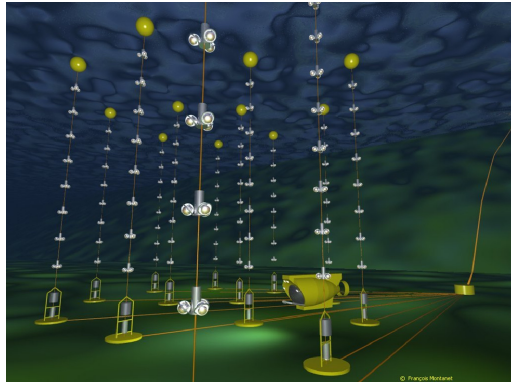
- Zusammenbau des ersten kompletten Strings (Line 1) fängt diese Tage an
- Installation und Verkabelung ca. Januar 2006
- Fertigstellung des gesamten Detektors bis 2007
- Ab 2006: Physikdaten!

Die Zukunft: km³-Detektor im Mittelmeer

HENAP Report für PaNAGIC, Juli 2002:

- Die Beobachtung von kosmischen Neutrinos über 100 GeV ist von großer wissenschaftlicher Bedeutung.
- ... ein km³-großer Detektor in der nördlichen Hemisphäre sollte gebaut werden, um den IceCube-Detektor am Südpol zu ergänzen.
- Der Detektor sollte km³ -Größe haben, wobei dessen Bau als technisch machbar angesehen wird.

Wege zu einem km³-großen Detektor



~~hochskalieren~~

Existierende Teleskope „mal 50“:

- zu teuer
- zu kompliziert:
Produktion/Installation braucht ewig,
Wartung unmöglich
- nicht skalierbar
(Bandbreite, Stromversorgung, ...)

~~ausdünnen~~

~~neues Design~~

Großes Volumen mit gleicher PMT-Zahl:

- **PMT-Distanz:**
gegeben durch Absorptionslänge in
Wasser (~60 m) und PMT-Eigenschaften
⇒ **Effizienzverlust bei größerem Abstand**

F&E erforderlich:

- **kosteneffektive Lösungen:** Reduktion
Preis/Volumen um Faktor $\gtrsim 2$
- **Stabilität**
Ziel: wartungsfreier Detektor
- **schnelle Installation**
Zeit für Zusammenbau & Installation
kürzer als Detektor-Lebensdauer
- **verbesserte Komponenten**

Die Zukunft: KM3NeT

EU FP6: Design-Studie für eine “Deep-Sea Facility in the Mediterranean for Neutrino Astronomy and Associated Sciences”

- Start der Initiative Sept. 2002; Intensive Diskussionen und Koordinations-Meetings seit Anfang 2003
- VLVnT Workshop, Amsterdam, Okt. 2003
→ zweiter Workshop 8.-11. Nov. 2005 in Catania
- ApPEC review, Nov 2003.
- Proposal-Einreichung bei EU 4. März 2004
- EU-Angebot über 9 M€, Juli 2005 (Gesamtvolumen ~20 M€);
- Beginn der Design-Studie Anfang 2006;
Ziel: Technical Design Report nach 36 Monaten
- Zeitnaher Baubeginn

Die Zukunft: KM3NeT

Partner der Design-Studie (beinhaltet ANTARES, NEMO, NESTOR Projekte):

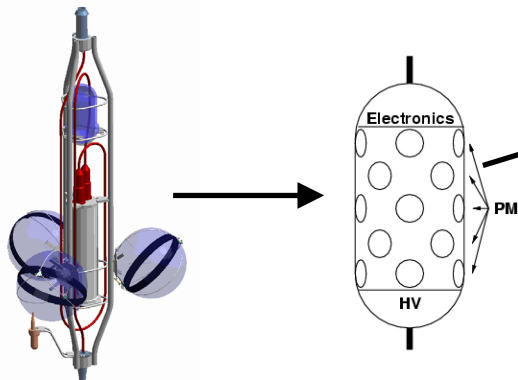
- Deutschland: Univ. Erlangen, Univ. Kiel
- Frankreich: CEA/Saclay, CNRS/IN2P3 (CPP Marseille, IreS Strasbourg, APC Paris), UHA Mulhouse, IFREMER
- Italien: CNR/ISMAR, INFN (Univ. Bari, Bologna, Catania, Genua, Neapel, Pisa, Rom-1, LNS Catania, LNF Frascati), INGV, Tecnomare SpA
- Griechenland: HCMR, Hellenic Open Univ., NCSR Democritos, NOA/Nestor, Univ. Athen
- Niederlande: FOM (NIKHEF, Univ. Amsterdam, Univ. Utrecht, KVI Groningen)
- Spanien: IFIC/CSIC Valencia, Univ. Valencia, UP Valencia
- UK: Univ. Aberdeen, Univ. Leeds, Univ. Liverpool, Univ. Sheffield
- Zypern: Univ. Zypern

Koordinator – Teilchen/Astroteilchenphysik-Institute (16) –
Meeresforschungs- und Unterwassertechnologie-Institute (6)

Die Zukunft: KM3NeT

Erste Studien laufen bereits seit einigen Monaten

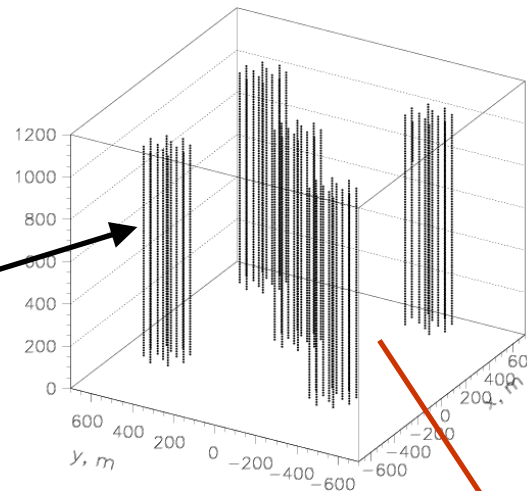
Beispiel (NIKHEF):



Vorteile:

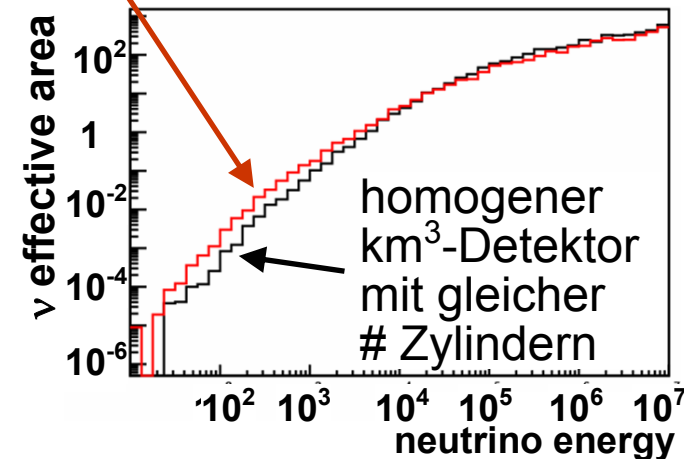
- höhere Quanteneffizienz
- bessere Zeitauflösung
- Richtungsinformation
- fast 4π -Sensitivität
- weniger Kabeldurchführungen

Detektorstudien in Erlangen (S. Kuch)



Beispiel: Inhomogener km³-Detektor

**Faktor ~3
besser für
E < 1 TeV**



Zusammenfassung

- **ANTARES: MILOM ist ein Erfolg**
 - Datenauslese funktioniert wie erwartet
 - in situ Zeitkalibration ausreichend für Winkelauflösung ($< 0.3^\circ$ für $E > 10$ TeV)
 - große Menge an Daten zu analysieren
- **ANTARES: Line0-Resultate**
 - mechanische Konstruktion wasserdicht und druckfest
 - optische Verluste in Glasfasern an Kabeldurchführungen \Rightarrow Lösungen verfügbar
- **ANTARES: Installation des ersten vollen Strings bis Januar 2006; Fertigstellung des gesamten Detektors bis 2007**
- **KM3NeT: zukünftiges km^3 -großes ν -Teleskop im Mittelmeer**
 - km^3 ν -Teleskop auf Nordhalbkugel komplementär zu IceCube am Südpol
 - 3-jährige EU-finanzierte Design-Studie (~ 20 M€): erwarteter Start Anfang 2006
 - Konsortium beinhaltet mit ANTARES-, NEMO- und NESTOR-Gruppen die führende Expertise auf diesem Gebiet