ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

Neutrinoastronomie: ANTARES, IceCube, KM3NeT-ARCA
Neutrinooszillationen: KM3NeT-ORCA
Radio-Detektion von Neutrinos: ARIANNA
Neutrinoloser Doppelbetazerfall: nEXO

Ansprechpartner:

Thema	Name (Email)	Telefon	Raum
ANTARES: Datenanalyse	Thomas Eberl (thomas.eberl@fau.de)	27061	318
Radio-Detektion von Neutrinos	Robert Lahmann (robert.lahmann@fau.de) Anna Nelles (anna.nelles@desy.de)	27147	223
KM3NeT-ARCA: Simulation und Analyse	Kay Graf (kay.graf@fau.de) Matthias Bissinger (matthias.bissinger@fau.de)	27265	319
KM3NeT: Computing und Software	Kay Graf (kay.graf@fau.de)	27265	319
KM3NeT-ORCA: Simulation und Analyse	Thomas Eberl (thomas.eberl@fau.de) Jannik Hofestädt (jannik.hofestaedt@fau.de)	27061 28961	318 317
IceCube: Optische Module/PMTs	Oleg Kalekin (oleg.kalekin.kalyekin@fau.de)	27118	314
IceCube: Simulation und Analyse	Thorsten Glüsenkamp (thorsten.gluesenkamp@fau.de)	27118	314
nEXO: Detektorentwicklung, Simulation	Thilo Michel (thilo.michel@fau.de)	27121	217

Die Neutrinogruppe des ECAP ist im Physikalischen Institut, Erwin-Rommel-Str. 1 untergebracht. Telefon: 09131 – 85 - Nebenstelle

www.ecap.nat.fau.de ⇨ Search: “theses topics“

ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

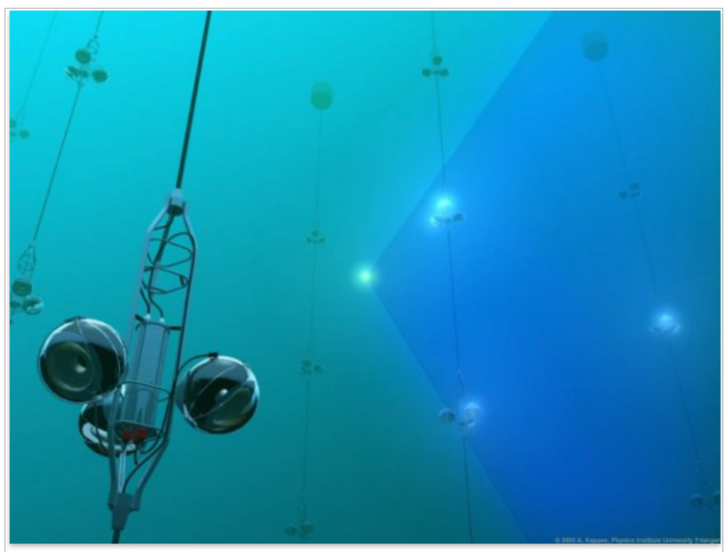
FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

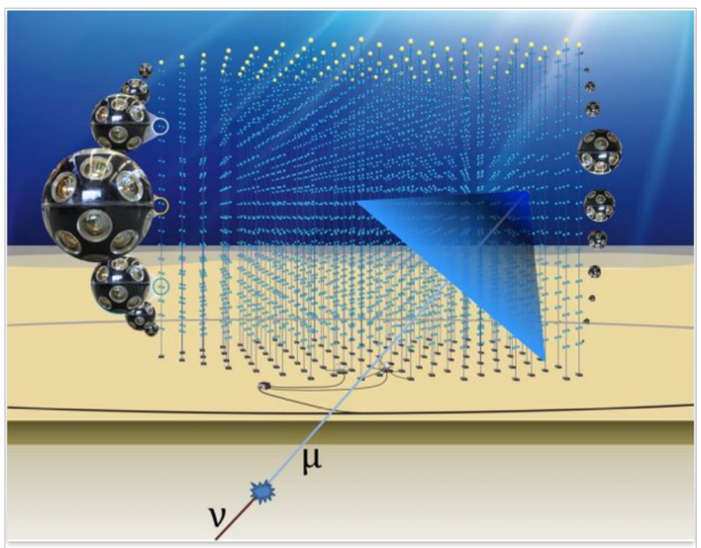
ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

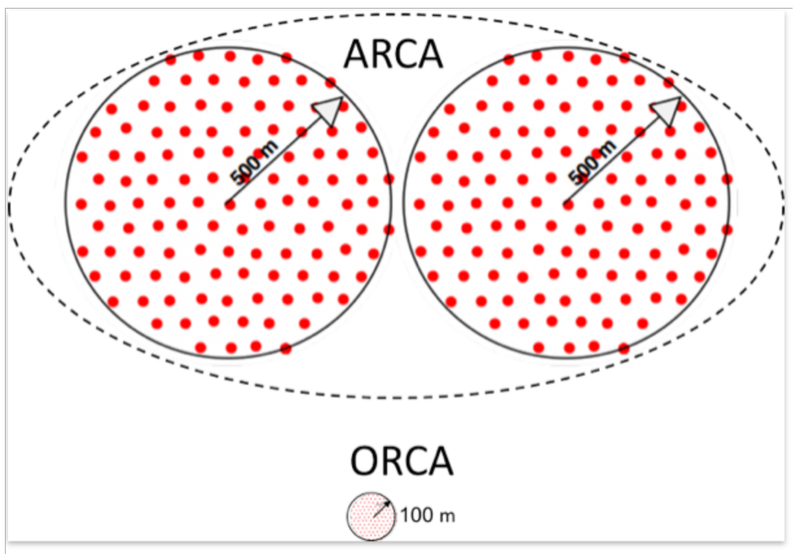
Neutrinoastronomie: ANTARES, IceCube, KM3NeT-ARCA
Neutrinooszillationen: KM3NeT-ORCA
Akustische Teilchendetektion: AMADEUS
Neutrinoloser Doppelbetazerfall: nEXO



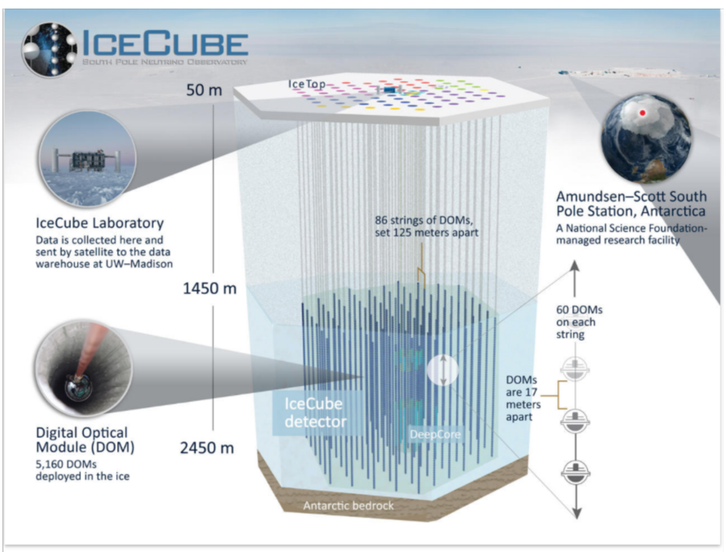
Simulation of a muon in the ANTARES detector



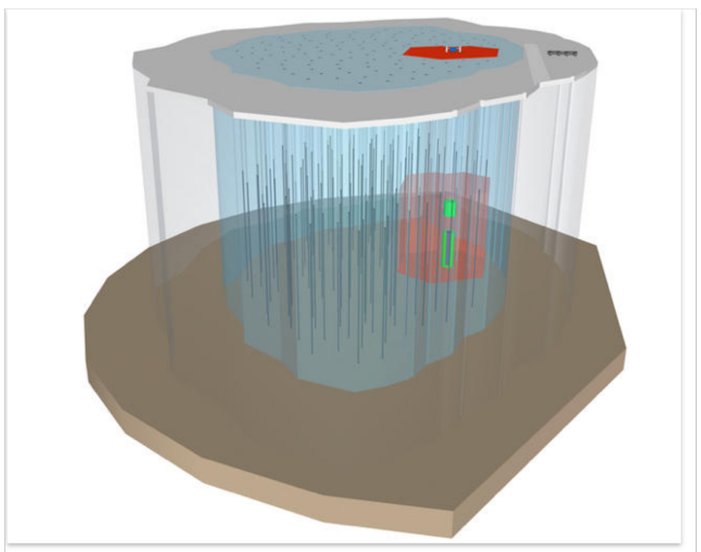
Artist's view of the KM3NeT Observatory with a Cherenkov light cone induced by a muon.



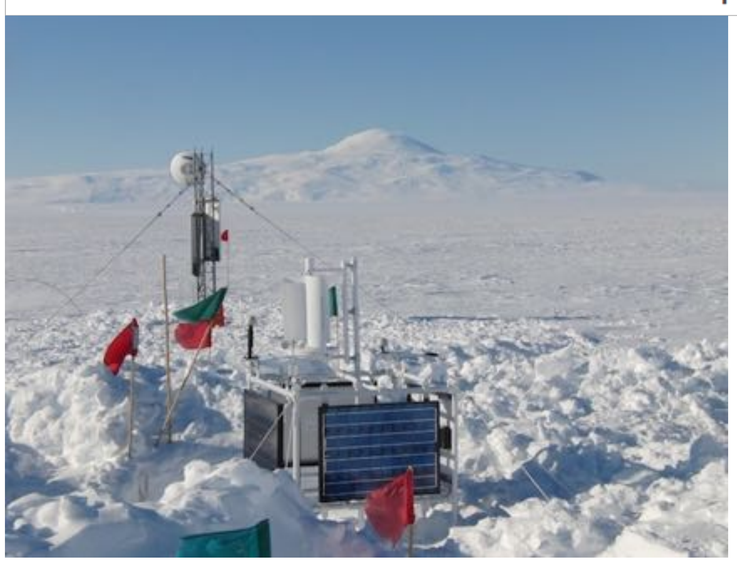
The layout and relative sizes of the phase 2.0 KM3NeT neutrino telescopes.



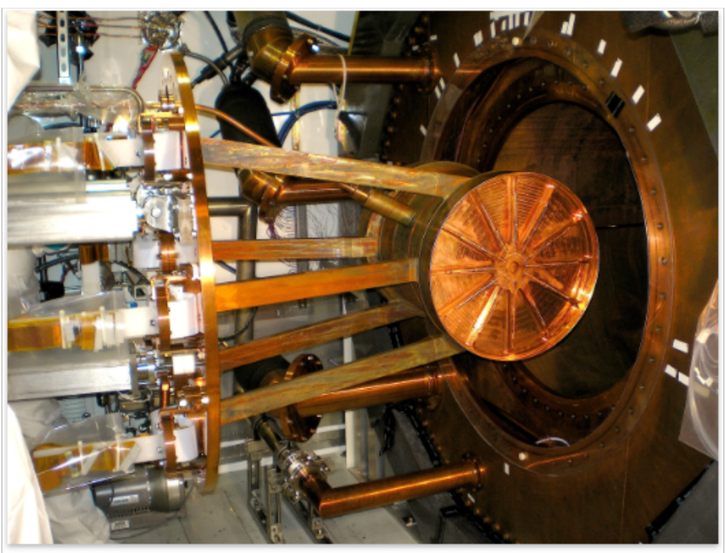
IceCube at the South Pole (Credit: The IceCube collaboration)



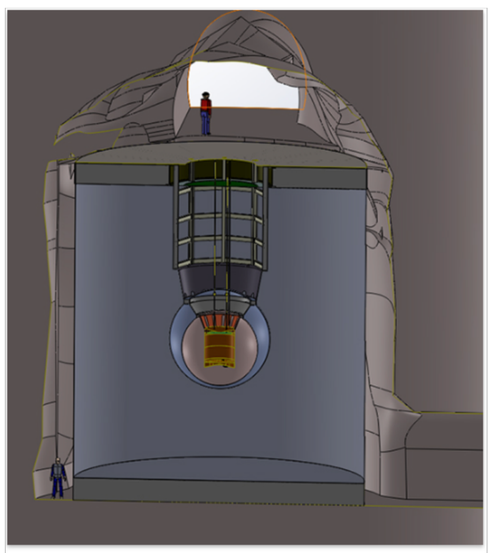
Artists rendition of IceCube (red) with a possible Gen2 detector update (Credit: IceCube collaboration)



ARIANNA station (Credit: ARIANNA Collaboration



The EXO-200 detector is assembled with the cryostat (right).



Artist's view of nEXO at the SNOlab underground laboratory.

ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

IceCube

- Implementierung von BSpline Faltung in höheren Dimensionen:
  Likelihood-basierte Rekonstruktionen physikalischer Größen können mit sog. "B-Splines", mathematischen Objekten welche kontinuierliche Funktionen beschreiben können, effizient und gleichzeitig exakt durchgeführt werden. Bisherige Implementierungen existieren nur in 1-D, n-D Implementierungen sind für mehrdimensionale Probleme wichtig. Solch eine Implementierung soll erfolgen und nach open-source Kriterien veröffentlicht werden.
- Studien zur Richtungsauflösung startender Tracks:
  Startende Myonspuren, besonders „down-going tracks“, sind wichtige Signaturen astrophysikalischer Neutrinos, da Hintergrundereignisse nur von außen in den Detektor eindringen können. Die Richtungsauflösung und Fehlerabschätzung dieser wichtigen Ereignisse ist nicht vollständig verstanden und soll mit den neuesten Algorithmen besser untersucht werden.
- Anwendung von Machine-Learning-Algorithmen:
  Hier steht eine Reihe von Arbeiten zur Auswahl, deren Kern die Anwendung von Machine Learning Algorithmen auf die Analyse von IceCube-Daten bildet:
  - Klassifikation von Ereignissen:
    Systematische Unterschiede zwischen Daten und Monte Carlo Ereignissen sollen mit Hilfe von tiefen neuronal Netzen studiert werden. Visualisierungstechniken zur Darstellung von Unterschieden sollen untersucht werden.
  - Regularisierung:
    Regularisierung mit sogenanntem "DropOut" ist ein wichtiger Bestandteil in modernen neuronalen Netzen, und ist eine Möglichkeit Unsicherheiten besser zu berücksichtigen. Verschiedene DropOut Varianten sollen bezüglich Rekonstruktionsfragestellungen in IceCube verglichen werden.
  - Rekonstruktion von niederenergetischen Neutrinoereignissen:
    Ereignisse mit Energien unter 100 GeV sind schwer zu rekonstruieren. Hier können Machine-Learning-Algorithmen wie Deep Neural Networks deutliche Verbesserungen in der Bestimmung von Parametern wie Energie und Richtung der Neutrinos erzielen.
- IceCube optische Module:
  Für die nächste Generation des IceCube-Detektors werden neuartige optische Module für den indirekten Nachweis von Neutrinos gebaut. In Erlangen werden Prototypen des sogenannten „mDOMs“ gebaut, welches eine Fliegenaugen ähnliche Struktur und Sensitivität hat.
  Die hierbei zum Einsatz kommenden Photomultiplier Röhren (PMT) werden am ECAP auf ihre Eigenschaften, insbesondere bei niedrigen Temperaturen, untersucht. Zusätzlich wird die PMT Elektronik zur Spannungsversorgung und die Signalverarbeitung in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Technische Elektronik in Erlangen entwickelt. Hierzu soll der Einfluss verschiedener Filter auf die Eigenschaften der PMT Signale untersucht werden.

ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

ANTARES: Datenanalyse

- Suche nach Anisotropien in den Ankunftsrichtungen atmosphärischer Myonen:
  Der mit ANTARES und anderen Detektoren beobachtete atmosphärische Myonenfluss ist das Resultat von Interaktionen kosmischer Strahlungsteilchen mit der Erdatmosphäre. Die Ankunftsrichtungen der Myonen am Detektor sind im Wesentlichen isotrop verteilt, weisen aber bei genauer Betrachtung räumliche Anisotropien im Promille-Bereich auf, deren Ursprung unbekannt ist. In der Arbeit soll untersucht werden, ob sich diese Anisotropien auch mit dem ca. 10^9 Myonen umfassenden Datensatz von ANTARES nachweisen lassen. Die Studie wird, ausgehend von den Erkenntnissen und Methoden anderer Experimente, die nötigen Analysetechniken entwickeln und auf die ANTARES-Daten anwenden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen soll eine erste Einschätzung für die Sensitivität von KM3NeT/ARCA auf die Anisotropien gewonnen werden.
- Suche nach Neutrinos von den Fermi-Bubbles mit ANTARES:
  Die Fermi-Bubbles sind zwei großräumige Strukturen mit elektromagnetischer Emission oberhalb und unterhalb der galaktischen Scheibe. Neue Messungen mit dem Fermi-Satelliten zeigen, dass ein Gebiet am Fuß der Bubbles, bei niedrigen galaktischen Breiten, ein überraschend hartes Gammastrahlenspektrum bis zu TeV-Energien aufweist. Dies macht eine Suche nach assoziierter Neutrinoemission aus diesem Himmelsbereich mit dem ANTARES Neutrinoteleskop aussichtsreich. In der Arbeit soll, aufbauend auf ähnlichen früheren Analysen, erstmals der gesamte ANTARES-Datensatz von mehr als 10 Jahren im Hinblick auf Neutrinos des zentralen Bereichs der Bubbles untersucht werden.

KM3NeT-ARCA: Datenanalyse und Simulation

- Bestimmung der Sensitivität von KM3NeT/ARCA auf Neutrinoemissionen der Fermi-Bubbles bei niedrigen galaktischen Breiten:
  Die Suche nach Neutrinoemission aus dem Himmelsbereich der Fermi-Bubbles (s.o.) mit Neutrinoteleskopen hat ein hohes Entdeckungspotenzial. KM3NeT wird aufgrund seiner geographischen Lage und seiner exzellenten Nachweiseigenschaften für Neutrinos zukünftig das empfindlichste Instrument für neutrinoastronomische Beobachtungen der Fermi-Bubbles sein. Die Arbeit soll die Sensitivität und das Entdeckungspotenzial von KM3NeT mithilfe detaillierter Monte-Carlo-Simulationen bestimmen und in Zusammenarbeit mit Gammaastronomen am ECAP verschiedene Emissionsszenarien untersuchen.
- Optimierung einer Echtzeit-Ereignisrekonstruktion:
  Um die Detektorleistungsfähigkeit in Realzeit zu überwachen wurde eine geeignete Rekonstruktionsstrategie entworfen. Diese soll bezüglich der Eingangsparameter bzw. interner Paramater der Strategie optimiert werden. Ein zweites Projekt soll mit dieser Strategie atmosphärische Myonen in der Aufbauphase des Detektors analysieren.

www.ecap.nat.fau.de ⇨ Search: “theses topics“

ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

KM3NeT-ORCA: Simulation und Analyse

- Untersuchung von Deep-Learning-basierten Autoencoder-Methoden für die Ereignisrekonstruktion bei ORCA:
  Tiefe neuronale Netze werden in der Neutrinohysik typischerweise auf die Vorhersagen von detaillierten Monte-Carlo-Simulationen trainiert. Vorarbeiten haben gezeigt, dass der Einsatz von sogenannten Autoencodern, die es erlauben zunächst unsupervised direkt auf Messdaten statt auf Simulationen zu trainieren, die Ergebnisse robuster gegen systematische Unsicherheiten in den Simulationen machen. Diese Studien sollen systematisch fortgesetzt und vertieft werden, mit dem Ziel eine Ereignisrekonstruktion und Flavourbestimmung für Tauneutrinos in ORCA mithilfe von Autoencoder-Techniken zu entwickeln.
- Entwicklung einer Ereignisrekonstruktion auf Basis von Deep Learning für Super-ORCA:
  Mithilfe eines 5-10 Mal dichter als ORCA instrumentieren Detektors lässt sich der noch unbekannte Wert eines der fundamentalen Parameter der Neutrinophysik, der Dirac-Phase δCP, durch die Vermessung der Oszillationswahrscheinlichkeiten atmosphärischer Neutrinos bestimmen. Diese Messung ist von entscheidender Bedeutung bei der Klärung der Frage, ob die CP-Symmetrie im Bereich der Leptonen verletzt oder erhalten ist. In diesem Projekt soll eine Deep-Learning-basierte Rekonstruktion für Wechselwirkungsereignisse von Neutrinos im geplanten Super-ORCA-Detektor entwickelt werden.
- Entwicklung einer Ereignisrekonstruktion auf Basis von Deep Learning für einen Neutrinostrahl:
  Die Sensitivität von ORCA auf die Neutrinomischungsparameter und insbesondere auf die CP-verletzende Dirac-Phase lässt sich verbessern, indem man einen Neutrinostrahl vom Beschleunigerkomplex Protvino (Russland) auf den ORCA-Detektor im Mittelmeer richtet. Es wird erwartet, dass sich die Genauigkeit, mit der die Eigenschaften der ankommenden Neutrinos (z.B. Flavour, Energie) bestimmt werden können, im Vergleich zu atmosphärischen Neutrinos deutlich steigern lässt. In diesem Projekt soll eine Deep-Learning- und/oder Maximum-Likelihood-basierte Ereignisrekonstruktion für dieses Szenario entwickelt werden.
- Kalibrationsstudien mit atmosphärischen Myonen:
  Atmosphärische Myonen stellen einen gut verstandenen Untergrund für Neutrinodetektoren dar, und können damit auch zur Kalibration der Detektoren dienen. In diesem Projekt soll diese Kalibrierungsmethode für die Effizienzbestimmung der Photosensoren von ORCA/ARCA entwickelt werden.
- Datenanalyse zur ersten Identifikation von neutrino-induzierten Teilchenkaskaden:
  Die ersten Detektionseinheiten des ORCA-Detektors werden voraussichtlich im Frühjahr 2019 ihren Messbetrieb aufnehmen. In diesem Projekt sollen die ersten Messdaten untersucht und mit bestehenden, detaillierten Monte-Carlo-Simulationen des Detektors verglichen werden. Ziel des Projekts ist dabei die erstmalige Identifikation von neutrino-induzierten Teilchenkaskaden und die Anwendung bzw. Adaption bestehender Algorithmen zur Ereignisrekonstruktion.

↶ Bitte wenden

ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

nEXO: Detektorentwicklung, Simulation

Das zukünftige next-generation Enriched Xenon Observatory nEXO (Nachfolger des laufenden EXO-200 Experiments) wird das erste Multi-Tonnen-Experiment zur Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall sein. Ein eventueller neutrinoloser Doppelbetazerfall von ^{136}Xenon wird über die Messung von in flüssigem Xenon befreiten Elektronen sowie die gleichzeitige Messung der Anzahl an erzeugten Szintillationsphotonen nachgewiesen werden. Am ECAP forschen wir an den Lichtsensoren (Siliziumphotomultiplier) zum Nachweis des sehr kurzwelligen (178 nm) Szintillationslichts von flüssigem Xenon. Im Rahmen von Bachelor- sowie Masterarbeiten können folgende Aspekte untersucht werden:

- Charakterisierung von Siliziumphotomultiplier (SiPM) in flüssigem Xenon (LXe): (Master)
  Die nEXO-Kollaboration hat eine Reihe von Anforderungen an einen geeigneten SiPM-Kandidaten. SiPM-Parameter wie Übersprechen, späte Pulse und die Effizienz der Photonendetektion müssen bestimmte Kriterien erfüllen, um im endgültigen Detektor die geforderte Empfindlichkeit zu erreichen. Da nEXO seine Fotosensorarrays in flüssigem Xenon einsetzen wird, müssen alle SiPM-Kandidaten auch darin charakterisiert werden. Dies erfordert ein dediziertes Experiment, einschließlich eines Xenon-Verflüssigungs- und Rekuperationssystems, eines geeigneten Vakuum- und Wärmeregelungssystems sowie einer Detektorzelle für die tatsächlichen Experimente. Der derzeitige Aufbau erlaubt nur Untersuchungen in gasförmigem Xenon und muss für den Betrieb von Charakterisierungsstudien auf Basis von Edelgasflüssigkeiten erneut in Betrieb genommen werden.
- Bestimmung von SiPM IV-Eigenschaften (Bachelor)
  Die meisten charakteristischen Eigenschaften von SiPMs hängen von der Temperatur ab, z.B. die Durchbruchspannung des pn-Übergangs. Ein einfacher Weg, um Kenntnisse über das SiPM-Verhalten zu erlangen, ist die Analyse der Eigenschaften der IV-Diode im Rückstrom- und Durchbruchzustand. Dazu werden mehrere SiPM in einer Klimakammer bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Zusätzlich kann die Beleuchtung des SiPM manipuliert werden. Ein weiterer Schritt besteht darin, die Variationen zwischen einzelnen Geräten eines Satzes von SiPMs zu untersuchen. Da nEXO mehrere Quadratmeter lichtempfindliche Fläche verwenden wird, ist die Variation zwischen vielen SiPMs ein wichtiger Faktor. Der letzte Schritt wäre eine Parametrisierung verschiedener SiPM-Eigenschaften und eine Anpassung dieses Modells an die IV-Kurven, um die charakteristischen Parameter direkt zu extrahieren.

ERLANGEN CENTRE FOR ASTROPARTICLE PHYSICS

FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG

NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

ECAP – Forschung mit Neutrinos

Themen für Abschlussarbeiten – Stand: 01.2019

Radio-Detektion von Neutrinos:

- Studien zur Signalausbreitung im Eis (Bachelor/Master):
  Die Ausbreitung von Radiowellen ist noch wenig erforscht. Es gibt klassische Modelle mit vereinfachten Annahmen, die in der Realität komplexer sein müssen. Hier gibt es die Möglichkeit sowohl praktische (Transmitterbau, Antennenstudien, Empfängerbau), als auch mehr theoretische Abschlussarbeiten (Modellierung der Signalausbreitung, Auswertung von Daten aus der Antarktis) zu bearbeiten.
- Bestimmung des Einflusses von Gewitterwolken auf kosmische Teilchen (Bachelor/Master):
  Die Radiodetektion ist sehr wetterunabhängig und kann zu nahezu jeder Zeit stattfinden. Die einzige Ausnahme sind Gewitter. Hier finden normalerweise keine Messungen statt, weil die Effekte noch nicht verstanden sind. Mit Daten des OVRO-LWA (Kalifornien), von LOFAR (Europa) und von AERA (Argentinien) soll studiert werden, welchen Effekt (Gewitter-)wolken genau haben und wie dies unsere Messungen beeinflusst.
- Suche nach Neutrinos von extremer Energie:
  Die Radiodetektion wird benutzt um Neutrinos zu suchen, die über zwei Größenordnungen mehr Energie haben, als bisher mit IceCube gemessen. Dieser Neutrinofluss wird aus der Interaktion von komischer Strahlung mit dem kosmischen Mikrowellen-Hintergrund erwartet, die Stärke des Flusses ist allerdings unklar. Teststationen laufen in der Antarktis und es wird in nächster Zeit ein groß-skaliger Detektor gebaut. Hier werden sich viele Themen in der Datenanalyse und Simulation ergeben. So zum Beispiel die Simulation von verschiedenen Standorten für die Detektoren oder der zu erwartenden Signals.

www.ecap.nat.fau.de ⇨ Search: “theses topics“