

## IceCube Observatorium

### Erforschung des Hochenergie-Universums mit Hilfe von Neutrinos und Kosmischer Strahlung

Das IceCube Observatorium ist ein sich kilometertief im Eis des Südpols befindlicher Cherenkov-Detektor, gebaut um die Energie, Herkunftsrichtung und Sorte von extraterrestrischen Neutrinos und kosmischer Strahlung zu bestimmen. Diese Neutrinos haben das Potential das Rätsel über die Herkunft und den Beschleunigungsmechanismen von kosmischer Strahlung zu lösen.

Um die Anzahl an nachgewiesenen hochenergetischen Neutrinos kosmischen Ursprungs zu erhöhen, befindet sich die nächste Generation des Observatoriums, IceCube-Gen2, in Entwicklung. An IceCube-Gen2 ist die Arbeitsgruppe an der Erforschung und Entwicklung neuer Detektor Prototypen und Datenerfassungssystemen beteiligt.



Wir sind eingebettet in die CRT- Gruppe (Cosmic Ray Technology Gruppe) am Campus Nord des KIT. Wir sind ca. 30 Personen, die sich neben IceCube noch mit KCDC ([www.kcdc.iap.kit.edu](http://www.kcdc.iap.kit.edu)), Virgo und dem Einstein-Teleskop zur Detektion von Gravitationswellen, oder Radiomessungen am Pierre Auger Observatorium beschäftigen. Wir treffen uns regelmäßig zu Gruppenmeetings und je nach Corona-Lage finden gemeinsame Kaffeepausen oder auch mal ein gemeinsamer Grillabend statt.

Als Bachelor- und MasterstudentIn werdet ihr in eurer täglichen Arbeit von Doktoranden oder Postdocs und den Gruppenleitern Andreas Haungs, Tim Huege oder Frank Schröder begleitet und von Prof. Ralph Engel betreut.

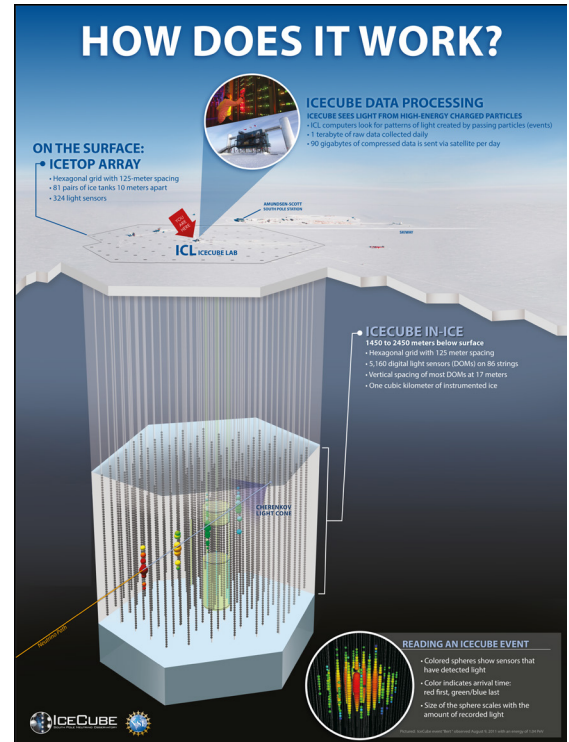
Wir freuen uns über euer Interesse und sind sicher, dass wir für jeden Geschmack ein passendes Thema finden werden!

#### Bei Interesse oder Fragen melde dich bei

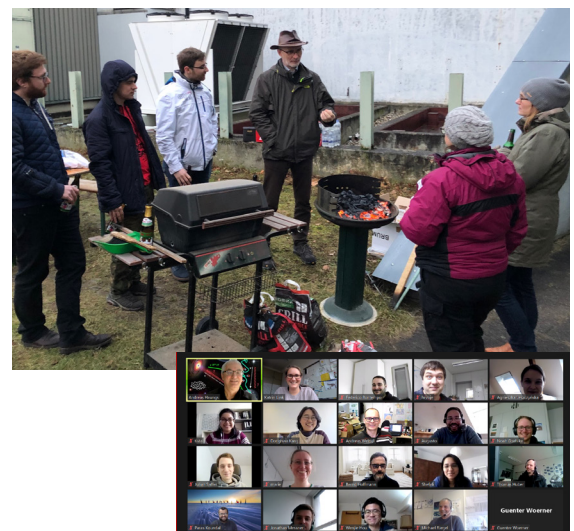
Dr. Andreas Haungs: [andreas.haungs@kit.edu](mailto:andreas.haungs@kit.edu)

Prof. Dr. Ralph Engel: [ralph.engel@kit.edu](mailto:ralph.engel@kit.edu)

Prof. Dr. Frank Schröder: [frank.schroeder@kit.edu](mailto:frank.schroeder@kit.edu)



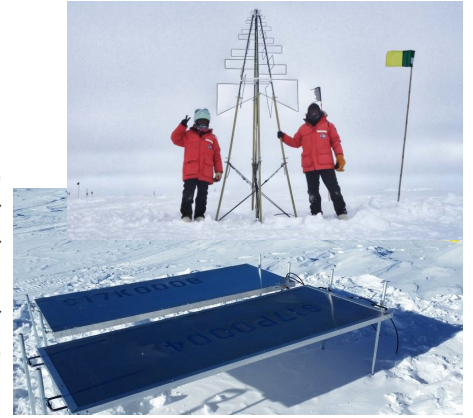
Ein am KIT neu entwickelter Prototyp einer Oberflächendetektor-Station besteht aus acht Szintillationsdetektoren und drei Radio Antennen. Eine Vielzahl dieser Stationen, großflächig am Südpol verteilt, werden verwendet um kosmische Strahlung und Gamma-Strahlung, zum Beispiel aus dem galaktischen Zentrum, nachzuweisen.



# Beispielhafte Themengebiete für Master- und Bachelorarbeiten

## Sensitivität der neuen Oberflächendetektoren - Simulationsstudien

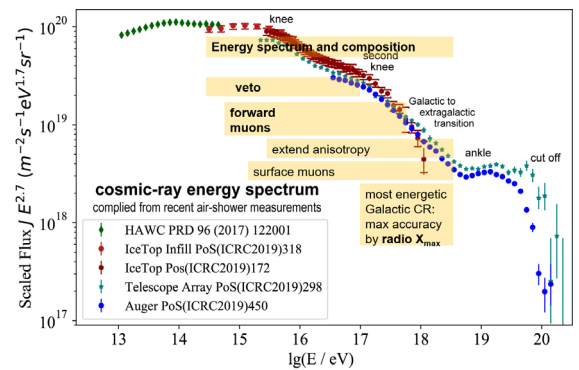
Die geplante Erweiterung der Oberflächeninstrumentation für IceCube und Gen2, mit am KIT gebauten Oberflächendetektoren, wird die indirekten Messungen der kosmischen Strahlung signifikant verbessern. Das hybride Design wird es ermöglichen, die Daten verschiedener Luftschauerkomponenten zu kombinieren, was die Sensitivität auf die Energie und Masse der kosmischen Strahlung erhöht. Die Massenzusammensetzung und damit ihr Ursprung ist eine der wichtigsten offenen Fragen in der Astroteilchenphysik. Eine Verbesserung der Rekonstruktion der Daten dieses Detektors auf der Grundlage umfangreicher Simulationsstudien wird dazu beitragen diese Fragen zu beantworten und ist Gegenstand der hier vorgeschlagenen Arbeiten.



## Bestimmung des Energiespektrums und der Zusammensetzung der kosmischen Strahlung

### - Datenanalyse

Messung mit dem Oberflächendetektor IceTop und den neuinstallierten Detektoren ermöglichen sowohl das Energiespektrum als auch die Zusammensetzung der kosmischen Strahlung in einem Energiebereich von etwa 100 TeV bis 1 EeV zu bestimmen. Dies entspricht gerade dem Übergang von kosmischer Strahlung aus galaktischen zu extragalaktischen Quelle. Die Zusammensetzung der kosmischen Strahlung kann mit Hilfe der Myondichte bestimmt werden. Hierzu muss das Signal mit Luftschauersimulationen verglichen und analysiert werden. Durch eine kombinierte Analyse mit dem IceCube-Detektor im Eis wird eine verbesserte Massenbestimmung erwartet, welche eine genauere Identifizierung möglicher Quellen erlaubt. In diesem Themenbereich gibt es auch die Möglichkeit KI und Maschinelles Lernen einzusetzen.



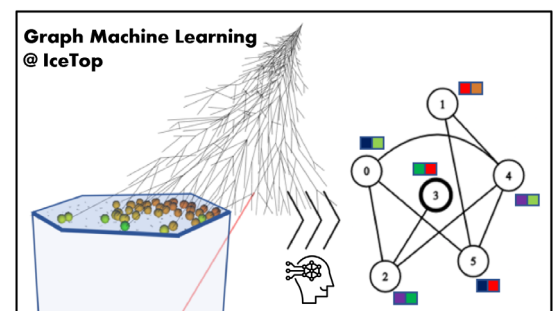
## Charakterisierung und Weiterentwicklung von Detektoren - Datenanalyse und Hardware

Anfang 2020 wurde die erste Prototyp-Oberflächenstation am Südpol aufgestellt. Die ersten Messdaten sollen analysiert werden, um das Verhalten der Station zu charakterisieren. Mit den Ergebnissen dieser Messungen und den Erfahrungen, die wir während dem Aufbau gesammelt haben, werden Verbesserungen an den Detektoren vorgenommen. Die neu entwickelten Stationen sollen vor dem Aufbau noch getestet und kalibriert werden. Vielfältige hardwarenahe Arbeiten können in diesem Umfeld angeboten werden, von Bau und Test der benötigten Elektronikboards und Detektoren, über Kalibrierung der Detektoren bis hin zur FPGA oder ARM Programmierung.



## Moderne Methoden der Datenanalyse - Datenanalyse mit maschinellem Lernen

Das IceTop-Array misst hauptsächlich die elektromagnetische Komponente zusätzlich zu den niederenergetischen Myonen der durch kosmische Strahlung ausgelösten Luftschauer. Die Abschätzung des Anteils der Myonen an der elektromagnetischen Komponente und damit der Myonenzahl ist entscheidend für das Verständnis der kosmischen Strahlung. IceTop ist jedoch derzeit nicht in der Lage, zwischen myonischen und elektromagnetischen Anteilen zu unterscheiden. In dieser Arbeit wird versucht, dieses Problem zu beheben, indem die einzelnen IceTop-Stationen als Knoten eines Graphen abgebildet werden und dann ein Graph Neural Network verwendet wird, um eine stationsweise Schätzung des Anteils der Myonen an den elektromagnetischen Strahlen für jedes Ereignis zu liefern.



... und immer weitere aktuelle spannende und interessante Themen!