Physik an kosmischen Beschleunigern

Internationaler Workshop in Bad Liebenzell

Vom 1.-4. April veranstaltete das Institut für Experimentelle Kernphysik (IEKP) gemeinsam mit dem Forschungszentrum Karlsruhe unter Leitung von Prof. Dr. K.-H. Kampert einen Workshop zum Thema „Physics at Cosmic Accelerators: Perspectives of High-Energy Astro-Particlephysics“. Das Tagungsprogramm beinhaltete insbesondere Themen der Gamma- und Neutrino-Astronomie sowie der geladenen kosmischen Strahlung. Neben aktuellen Beobachtungen wurden insbesondere neue Experimente und Experimentvorschläge diskutiert um daran das wissenschaftliche Potential der nächsten Jahre zu erörtern. Teilgenommen hatten etwa 60 Experten aus verschiedenen europäischen Ländern, den USA und Mexiko.

Die explosive Entwicklung der Teilchenphysik, Astrophysik und Kosmologie hat während der letzten beiden Jahrzehnte entscheidend zum tieferen Verständnis des Universums beigetragen und den Wissenschaftszweig der „Astroteilchenphysik“ als zugleich selbständiges aber auch interdisziplinäres Arbeitsgebiet hervorgebracht. Die relevanten astrophysikalischen und kosmologischen Prozesse überdecken einen außerordentlich breiten Energiebereich mit Maximalwerten, die auf unabsehbare Zeit nicht an irdischen Beschleunigern erreicht werden können. Sie bieten damit u.a. Zugang zu einer Reihe exotischer teilchentheoretischer Vorhersagen aus Phasen des sehr frühen Universums. Aber auch Hochenergieprozesse des gegenwärtigen Universums gelten in vielen Punkten als unverstanden. Hierzu gehören insbesondere die Entstehung bzw. Beschleunigung geladener kosmischer Teilchen auf Energien bis über 10^{20} eV, die Entstehung der Gammastrahlungsausbrüche (Gamma-Ray Bursts), oder die komplexen Mechanismen, welche in Kernen aktiver Galaxien (AGN) ablaufen und vermutlich durch massive schwarze Löcher verursacht werden. Der experimentelle Zugang zu diesen verschiedensten astronomischen Quellen wurde erst in den letzten Jahren durch innovative Experimentiertechniken auf Satelliten und bodengestützten Anlagen zugänglich. Die verschiedenen Experimente ermöglichen inzwischen umfangreiche Untersuchungen der kosmischen Gammastrahlung, der geladenen kosmischen Teilchenstrahlung und der nur schwer nachweisbaren Neutrinos aus astrophysikalischen Quellen. Diese drei Themen beherrschten daher auch das Tagungsprogramm. Hierin ausgewiesene Experten waren ebenso vertreten, wie Astronomen, Kosmologen und Hochenergiephysiker.

Zunächst wurden neueste experimentelle Ergebnisse und deren Interpretationen vorgestellt. Besonders hervorzuheben ist der erst kürzlich gelungene Nachweis der kosmischen Gammastrahlung oberhalb 1 TeV mit neuartigen Kamera- und Teleskopsystemen. Hierbei wird das Cherenkovlicht von durch Gammastrahlung induzierten Paarkaskaden (Elektronen und Positronen) in der oberen Atmosphäre nachgewiesen. Nahezu unmittelbar nach erfolgreicher Inbetriebnahme der ersten Teleskope konnten erstmals intensive Gammastrahlungsausbrüche einer aktiven Galaxie (Mrk 421) nachgewiesen werden, deren umfangreiches Datenmaterial schon jetzt eine Fülle neuer interessanter Informationen erbracht hat. Bei weiter fortschreitender Entwicklung der Cherenkov-Teleskope einerseits und der Satelliteninstrumente andererseits wird schon in wenigen Jahren die noch vorhandene Beobachtungslücke im interessanten Energiebereich zwischen 10 und 1000 GeV geschlossen werden können.

Im Bereich der Neutrinoastronomie hat eine Prototypanordnung von etwa 2 km tief ins antarktische Eis eingebetteter empfindlicher Lichtsensoren demonstriert, daß hochenergetische Neutrinos nach ihrem Durchlauf durch die Erde nachgewiesen werden können. Die gesamte Erde wird hierbei praktisch als Absorber zur Unterdrückung des ungewollten kosmischen Strahlungsuntergrundes benutzt. Als Nebenprodukte dieser Untersuchungen wurden darüber hinaus interessante Informationen über die Strukturierung der Eis- und eingelagerten Staubschichten erbracht. Im endgültigen und vollständigen Aufbau schließlich sollen Neutrinos aus fernen kosmischen Quellen nachgewiesen werden. Da Neutrinos ähnlich wie Lichtquanten keiner Ablenkung unterliegen und zugleich (im Gegensatz zu Lichtquanten) auch nur unmerklich absorbiert werden, stellen sie das einzige Fenster zu fernen Hochenergieobjekten des Universums dar. Ein weiterer Experimentvorschlag zur Neutrino-Astronomie wurde ebenfalls diskutiert. Hierbei sollen die Lichtsensoren an kettenartigen Strukturen in die Tiefen des Mittelmeers eingelassen werden.

Die Hauptkomponente des kosmischen Strahlungs- und Teilchenflusses wird jedoch nicht von Photonen oder Neutrinos sondern vielmehr von Protonen und Kernen gebildet. Ihre Quellen und die Mechanismen, die diese Teilchen auf die höchsten jemals auf der Erde beobachteten Teilchenenergien beschleunigen, gelten bislang als weitgehend unverstanden. Die Karlsruher Gruppe – bestehend aus Wissenschaftlern, Doktorand(inn)en und Diplomanden des IEKP und des IK (FZK) – betreibt zur Klärung dieser Fragen federführend ein internationales Großexperiment auf dem Gelände des Forschungszentrums. Hiermit soll u.a. die Elementzusammensetzung der hochenergetischen Strahlung bestimmt werden, da sie als Schlüsselgröße zum Verständnis der Quellen und Beschleunigungsmechanismen betrachtet wird. Zum Nachweis der höchstenergetischen Teilchen des Universums wird ein Experiment auf einer Fläche von 2¥3000 km^2 geplant. Ihre Herkunft gilt als völlig unverstanden und es wird u.a. vermutet, daß es sich hierbei um Relikte aus Phasenübergängen des sehr frühen Universums handeln könnte.

Die experimentellen und apparativen Berichte wurde von mehreren Theoriebeiträgen begleitet, in denen die konventionelle ebenso wie exotische astrophysikalische Modelle diskutiert und auch ihre Grenzen aufgezeigt wurden. Letztgenannte bedienen sich neuer Physik „jenseits des Standardmodells“ und stellen häufig nicht nur attraktive Alternativen, sondern sogar einzig plausible Lösungsvorschläge dar. Ihre Überprüfung wird eine Herausforderung der neuen Generation von Experimenten sein.

Um die themenübergreifende Zusammenarbeit auch nach Beendigung des Treffens aufrechtzuerhalten oder sogar noch intensivieren, wurden gemeinsame technische Entwicklungen verabredet und mehrere ineinander verzahnte Arbeitsgruppen gebildet. Sie sollen in den folgenden Monaten zunächst ein gemeinsames wissenschaftliches Dokument erstellen, welches den gegenwärtigen Wissenstand und die wesentlichen experimentellen und theoretischen Ansätze der nächsten Jahre ausgewogen umreißt. Zur Verbesserung der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses wurden zudem Konzepte und Fördermöglichkeiten zur regelmäßigen Durchführung einer europäischen Sommerschule erörtert.

Burg Liebenzell hat sich durch seine Abgeschiedenheit und besondere Burgatmosphäre einmal mehr als idealer Ort für einen fruchtbaren wissenschaftlichen Ideenaustausch auch über den eigentlichen Vortragssitzungen hinaus erwiesen. Die überschaubare Teilnehmerzahl hat zur Knüpfung neuer Kontakte geradezu animiert. Die Teilnehmer sehen daher eine Fortsetzung des Liebenzell-Treffens als äußerst wünschenswert an. Gefördert wurde der Workshop mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und des Forschungszentrums Karlsruhe.