

Special Relativity – Will it survive the next 100 years?**339. WE-Heraeus Seminar**

Unter den Erläuterungen, die Newton seinen Axiomen der Mechanik voranschickt, steht der berühmte Satz: „Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.“ Nach Machs Kritik und spätestens durch Poincaré und Einstein wurde diese „abgehobene“ Erklärung durch die nüchterne Feststellung ersetzt, dass Zeit das sei, was durch Uhren gemessen wird, also durch reale periodische Vorgänge. Die schon um die Jahrhundertwende oft diskutierte Frage, wie Uhren an verschiedenen Orten verglichen werden können, sowie die Inkonsistenz zwischen der Mechanik und der Elektrodynamik führten Einstein vor genau 100 Jahren zu seiner Revision des Zeitbegriffs, zu den neu interpretierten Lorentz-Transformationen, und damit zu einer neuen relativistischen Physik. Im 339. WE-Heraeus-Seminar, einer der ersten wissenschaftlichen Tagungen im Rahmen des Einstein-Jahres, wurde Bilanz der 100 Jahre Spezielle Relativitätstheorie (SR) gezogen.

Zunächst stellten J. Ehlers (Golm) und D. Giulini (Freiburg) die Grundlagen und wesentlichen Implikationen dieser Theorie dar. B. Mashhoon (Missouri) sprach über quantenmechanische Systeme in nichtinertialen Bezugssystemen. R. Verch (Leipzig) berichtete über den Stand der exakten Quantenfeldtheorie und die Beschreibung verschränkter Zustände darin. Einen weiteren Seminarschwerpunkt bildete die experimentelle Bestätigung der Lorentz-Invarianz. Dazu konnten führende Experimentatoren – A. Peters (Berlin), G. Saathoff (Heidelberg), S. Schiller (Düsseldorf), M. Tobar (Perth), R. Walsworth (Harvard) und P. Wolf (Paris) – gewonnen werden, die die z. Zt. besten Tests der Isotropie und Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, der Zeitdilatation sowie der Lorentz-Invarianz bei Teilchen durchgeführt haben. Dabei wurde auch von neuen, wesentlich verbesserten Tests der Isotropie der Lichtgeschwindigkeit berichtet, was die Aktualität und Bedeutung dieser Forschungsrichtung belegt. Insbesondere ist jeder neue Test der Lorentz-Invarianz auch ein Test der modernen Metrologie, wie F. Riehle (Braunschweig) überzeugend ausführte. Die technische Anwendung der Lorentz-Invarianz bei Positionierungssystemen beschrieb P. Wolf, und C. Lämmerzahl (Bremen) stellte Formalismen vor, in denen solche Test beschrieben werden können. F. Hehl (Köln) präsentierte eine Axiomatik des Elektromagnetismus, in der wohldefinierte Kriterien an elektromagnetische Phänomene gestellt werden, durch die sich die Minkowski-Metrik der SR einführen lässt. Schließlich berichtete R. Drever (Caltech) als „special guest“ mitreißend von seinen vor 50 Jahren unter pionierhaften Bedingungen durchgeführten ersten, unglaublich präzisen Tests zur Isotropie der trägen Masse von Elementarteilchen.

So wie zur Zeit der Entstehung der SR eine Inkompatibilität zwischen Elektrodynamik und Mechanik vorlag und aufgelöst wurde, liegt heute eine Inkompatibilität zwischen Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantentheorie vor, deren Auflösung die größte Herausforderung an die Theoretiker ist. Alle Ansätze zu einer Quantengravitationstheorie wie die Stringtheorie, die „loop quantum gravity“ oder nichtkommutative Geometrien führen immer auch zu einer winzigen Verletzung der Lorentz-Invarianz. Solche Zugänge erörterten J. Wess (München), G. Amelino-Camelia (Rom), L. Urrutia (Mexico-Stadt) und R. Bluhm (Colby), der auch einen Überblick über den Formalismus der „Standard-Model Extension“ gab, wobei mögliche Verletzungen der Lorentz-Invarianz zur Sprache kamen. Ein experimenteller Nachweis einer Verletzung der Lorentz-Invarianz wäre eine Sensation und ein wesentlicher Schritt auf dem Wege zur Formulierung einer Quantengravitation. Schließlich beleuchtete M. Carrier (Bielefeld) in einem sehr interessanten und kurzweiligen Abendvortrag den Zusammenhang von verfügbarer Technologie, gesellschaftlichen Anforderungen und Grundlagenforschung und explizierte dies am Beispiel von Einsteins Suche nach der SR.

Die ausgewählten Themen und die Qualität der Sprecher führten zu lebhaften Diskussionen und werden hoffentlich zu weiteren Arbeiten anregen. Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige Unterstützung, ohne die das Seminar nicht zustande gekommen wäre. Die Seminarbeiträge werden in Kürze in den „Lecture Notes in Physics“ erscheinen.

JÜRGEN EHLERS UND
CLAUS LÄMMERZAHL

**100 Jahre Einstein: vom Quant zum Kosmos
WE-Heraeus Lehrerfortbildung**

Relativitätstheorie, die Grundlagen der Quantenmechanik und die Brownsche Bewegung haben viele Gemeinsamkeiten: Es sind die drei Themen der Einsteinschen Arbeiten von 1905. Sie sind die tragenden Säulen im Weltbild der Physik. Sie sind ein wichtiger Motor des technologischen Fortschritts. Und – sie spielen keine oder nur eine unwesentliche Rolle im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe.

Es scheint, als habe sich der Physikunterricht – zumindest was diese drei Themenfelder betrifft – von der Moderne verabschiedet. Es dominieren die schiefe Ebene, der schiefe Wurf und die diversen Varianten von „ungleich-er-mal-i“. Vielleicht ist das ein Grund, warum Physik zunehmend als verstaubt oder lästig eingeschätzt, so früh wie möglich abgewählt und immer weniger im Leistungskurs gewählt wird.

Andererseits sind es gerade die Schwarzen Löcher, die Quantencomputer und die Dunkle Materie, die interessierten Schülerinnen und Schülern unter den Nägeln brennen. Nun sind aber weder die Einsteinschen

Gleichungen noch die Quanteninformation Bestandteil unseres Lehramtsstudiums. Wie also soll der Lehrer reagieren, wenn er mit Wurmlochern oder Verschränkung konfrontiert wird?

Der Workshop „100 Jahre Einstein: Vom Quant zum Kosmos“, der mit finanzieller Unterstützung der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung vom 20. – 25. Februar 2005 in Potsdam stattfand, hatte sich die Aufgabe gesetzt, Physiklehrerinnen und -lehrern die theoretischen Grundlagen zu vermitteln und sie auf den neuesten Stand der Forschung zu bringen. Die große Resonanz – der Workshop war mit 100 Teilnehmern bei ca. 200 Anmeldungen aus dem gesamten Bundesgebiet zweifach überbucht – unterstreicht das ausgeprägte Bedürfnis, hier Hilfestellung zu bekommen.

Den Auftakt bildete eine kritische Würdigung des Stellenwerts der Relativitätstheorie im Physikunterricht, die von Helmut Mikelskis (Uni Potsdam) vorgetragen wurde, und eine an der Praxis orientierte Rekonstruktion der legendären Formel $E = mc^2$ durch Dierk Ekkehard Liebscher (AIP Potsdam).

Die physikalischen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie, ihre mathematischen Aspekte und ihre Kollision mit der Quantentheorie wurden von Jürgen Ehlers, Gerhard Huiskens und Herrmann Nicolai (MPI für Gravitationsphysik, Potsdam) zu einem Paket geschnürt, das die Lehrer von den Grundlagen bis an die vorderste Forschungsfront führte. Für die Verknüpfung mit den Beobachtungsdaten sorgten die Vorträge von Günther Hasinger (München), Joachim Wambganß (Heidelberg) und Peter Aufmuth (Hannover), und die Inventur des Universums wurde von Matthias Steinmetz (AIP Potsdam) vorgestellt. Illustriert wurden die relativistischen Effekte durch eine grandiose Vorführung von Hanns Ruder, Tübingen, bei der man selbst erleben durfte, wie es ist, mit Fast-Lichtgeschwindigkeit durch Tübingen zu sausen, oder in ein Schwarzes Loch zu schauen.

Die Bohr-Einstein-Debatte um das Einstein-Podolsky-Rosen-Gedankenexperiment und die Darstellung ihrer Konsequenzen für die Grundlagen der Quanteninformationsverarbeitung erläuterte Reinhard Werner, TU Braunschweig. Jürgen Kurths, Uni Potsdam, arbeitete Einsteins Theorie der Brownschen Molekularbewegung für den Schulunterricht auf und illustrierte sie anhand zahlreicher Anwendungen aus der täglichen Erfahrungswelt.

Der Workshop schloss mit „standing ovations“ der Teilnehmer und einer nachdrücklichen Bitte, solche hochkarätigen Workshops in Zukunft regelmäßig anzubieten.

Seitens der Veranstalter bleibt festzuhalten: Trotz aller Unbilden – unsere Physiklehrerinnen und -lehrer sind bestens motiviert. Sie leisten Kärnerarbeit in einem komplexen, zum Teil feindlichen Terrain. Dass wir in den Universitäten überhaupt noch Studienanfänger in der Physik verzeichnen, ist zum großen Teil ihr Verdienst. Die Ausbildung der zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer verdient also höchste Aufmerksamkeit. Was nützt denn selbst der schönste Superstring, wenn es niemanden mehr gibt, ihn zu bewundern?

MARTIN WILKENS

Prof. Dr. Jürgen Ehlers, MPI für Gravitationsphysik, Golm; Priv.-Doz. Dr. Claus Lämmerzahl, ZARM, Universität Bremen

Prof. Dr. Martin Wilkens, Universität Potsdam, Institut für Physik, Am Neuen Palais 10, Potsdam