

Neutron Stars, Pulsars and Supernova Remnants

270. WE-Heraeus-Seminar

Neutronensterne gehören zu den faszinierendsten Objekten im Universum. Sie entstehen, wenn massereiche Sterne ihren Brennstoffvorrat verbraucht haben und unter ihrer eigenen Last in sich zusammenstürzen. Während der Kern des Sterns implodiert, wird seine Hülle in einer gigantischen Explosion in den Weltraum hinaus geschleudert, wo sie als Supernova-Überrest für ca. 100 000 Jahre beobachtbar bleibt. Neutronensterne sind, bildlich gesprochen, überdimensionale, aus etwa 10^{56} Neutronen bestehende Atomkerne. Mit einem Radius von nur 10 km und einer Masse, die etwa dem Eineinhalbfachen der Sonnenmasse entspricht, übersteigt die Materiedichte in ihrem Innern die Dichte von Atomkernmaterie um ein Vielfaches. Diese hohe Massenkonzentration bedingt eine Schwerebeschleunigung, die an der Sternoberfläche mehr als hundert Milliarden mal größer ist als auf der Erde. Mit Magnetfeldstärken von bis zu 10^9 Tesla und Rotationsperioden bis hinab zu wenigen Millisekunden sind in Neutronensternen Extremzustände realisiert, die in keinem physikalischen Laboratorium auf der Erde erreicht werden können. Neutronenstern- und Pulsarforschung ist nicht zuletzt aus diesem Grund ein interdisziplinäres Gebiet mit vielen Facetten.

Vom 21. bis 25. Januar 2002 traf sich im Physikzentrum Bad Honnef eine international besetzte Gruppe mit mehr als 50 Astrophysikern und Astrophysikerinnen, um im Rahmen eines WE-Heraeus-Seminars den aktuellen Stand der Neutronensternphysik zu diskutieren. Wissenschaftlich organisiert wurde die Tagung von den drei Münchner Astrophysikern Joachim Trümper (MPE), Werner Becker (MPE) und Harald Lesch (LMU).

Die Vorträge über neue Beobachtungen enthielten viele Highlights und überdeckten ein weites Spektrum an Themen. Besonders erwähnenswert sind neue Ergebnisse die mit den Röntgenobservatorien der ESA (XMM-Newton) sowie der NASA (Chandra) an jungen Supernova-Überresten und Neutronensternen erzielt wurden. Weitere Themen waren die Beobachtung der Radio-, Röntgen- und Gammastrahlung von Pulsaren bis zur photosphärischen Emission von den Oberflächen einzelner kühlender Neutronensterne im Röntgen- und optischen Bereich. Rätselhaft ist das hochaufgelöste Röntgenspektrum eines der hellsten Objekte (RX J1856-37), das eine perfekte Planck-Verteilung zeigt, ohne die Abweichungen, die von einer realen Photosphäre zu erwarten sind. Weil Millisekundenpulsare äußerst präzise Uhren sind, eignen sie sich zur Detektion von Gravitationswellen (bei Wellenlängen von 1 Lichtjahr!) ebenso wie zur Vermessung der Gravitationsfelder in Kugelsternhaufen. Neue Möglichkeiten für einen Test der Allgemeinen Relativitätstheorie ergeben sich aus der Beobachtung der geodätischen Präzession des Doppel-Millisekundenpulsars PSR 1913+16.

Auf der theoretischen Seite waren neue

numerische Simulationen von besonderem Interesse, in denen erstmals ein kohärenter Strahlungsprozess in einer Neutronenstern-Magnetosphäre selbstkonsistent modelliert werden konnte. Gleiches galt für Simulationen zur Produktion von Elektron-Positron-Paaren direkt über der Neutronensternoberfläche. Erhebliche Verbesserungen beim Verständnis der Teilchenextraktion aus der Neutronensternoberfläche wurden durch Einbeziehung allgemeinrelativistischer Effekte erzielt. Mehrere Vorträge zeigten eine deutliche Präferenz für sog. *outer-gaps*, bei denen es sich um elektrische Potentialsprünge in den äußeren Bereichen der mit dem Stern rotierenden Magnetosphäre handelt. Vor allem Beobachtungen im Gammabereich weisen in diese Richtung. Nach wie vor unklar ist der Energietransport vom Neutronenstern in den Supernova-Überrest. Neue Modelle wurden vorgestellt, die den besonderen Charakter der relativistischen, magnetisierten Plasmawinde berücksichtigen, die sich von den Neutronensternen in den sie umgebenden Raum hinaus ausbreiten.

Nach allgemeinem Urteil der Teilnehmer war der intensive wissenschaftliche Austausch über eine ganze Woche äußerst gewinnbringend. Der Leitung des Physikzentrums und insbesondere der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung gebührt unserer herzlicher Dank. Der Konferenzband wird dieser Tage als MPE-Report erscheinen.

JOACHIM TRÜMPER, HARALD LESCH,
WERNER BECKER

Microoptics

274. WE-Heraeus-Seminar

Physikalische Grundlagen, neueste Technologien und zahlreiche interessante Anwendungen: Die Mikrooptik bildet ein vielseitiges Gebiet, welches mehr und mehr zu einer etablierten Disziplin der angewandten Forschung heranreift. In der Deutschen Agenda „Optische Technologien für das 21. Jahrhundert“ spricht man in diesem Zusammenhang von einer *enabling technology*, welche die Basis für eine Vielzahl weiterer Entwicklungen u. a. in der Informationstechnik, der Messtechnik bis hin zur Quantenoptik darstellt. Grund genug, das breite Interesse und die zahlreichen Aktivitäten zu bündeln und im Rahmen eines Seminars vom 22. bis 24. April den gegenwärtigen Stand darzustellen und Möglichkeiten sichtbar zu machen.

Was also ist der Stand der Dinge? Ein paar Zahlenbeispiele mögen einen Eindruck vermitteln: Es gibt integrierte Spektrometer (sog. *arrayed waveguide gratings*) für die optische Telekommunikation mit einer Auflösung von 0,2 nm. Es gibt faseroptische Gyroskope, welche Drehraten von 0,001 °/h messen können, und es gibt miniaturisierte Abstandssensoren von der Größe eines Fingernagels mit einer Auflösung von 100 nm und darunter. Voraussetzung für die kontinuierliche Steigerung der Funktionalität ist die ständige Verbesserung der Fertigung, die es erlaubt, immer feinere Strukturen zu erzeugen.

Neben klassischen lithographischen Strukturierungsverfahren, die der VLSI-Fertigung entlehnt sind, finden zunehmend Elektronen- und Laserstrahlung Verwendung. Ein wesentlicher Aspekt ist die Integration, insbesondere auch unterschiedlicher Technologien, z. B. von Mikrooptik mit Mikromechanik (man spricht hier von MOEMS: *micro-opto-electro-mechanical systems*). Interessant ist auch, nicht zuletzt von der Physik her, die Mikrostrukturierung mit Hilfe optischer fs-Pulse. Die Möglichkeit, immer feinere Strukturen zu erzeugen, bietet weiterhin die Voraussetzung dafür, „synthetische Materialien“ herzustellen, bei denen die Ausbreitung von Licht auf mikro- und nanoskopischer Skala kontrolliert wird („photonische Kristalle“). Solche Strukturen bieten neuartige Möglichkeiten der Führung einer optischen Welle, wodurch sehr kompakte optische Schaltkreise erzeugt werden können. Weiterhin ergibt sich über das Dispersionsverhalten dieser Strukturen z. B. die Möglichkeit, die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht auf 20 % von c_0 zu senken. (Vielleicht haben Sie eine Idee, wie man dies ausnutzen kann?) Von wesentlicher Bedeutung ist natürlich, dass mit der Verfeinerung der Strukturierungstechniken eine kontinuierliche Entwicklung von verfeinerten Berechnungsverfahren als Werkzeugen zur Modellierung und Simulation von mikrooptischen Strukturen einhergeht.

Die Mikrooptik mag einigen als noch sehr akademisch, anderen als schon sehr angewandt erscheinen, je nach Blickrichtung. Der Übergang von Grundlagenarbeit bis hin zur Kommerzialisierung – damit also nicht zuletzt der Wert langfristiger Forschung – wurde in Bad Honnef vor allem in zwei Übersichtsvorträgen durch G. M. Morris (Corning, Rochester, USA) und M. Oikawa (NSG, Kanagawa, Japan) deutlich, die hier als einzige namentlich erwähnt seien. Mehr zum Programm findet der Leser unter www.fernuni-hagen.de/ONT/LGONThome.html

Nicht zuletzt war es ein Anliegen dieses WE-Heraeus-Seminars, unterschiedliche *communities* zusammenzuführen: akademische und industrielle Forschung, Technologie und Anwendungen, konkurrierende Forschungsrichtungen, die sonst (meist) getrennt tagen. Für ein paar Tage gelang dies gut – nicht zuletzt dank des schönen Rahmens im Physikzentrum Bad Honnef. Heraeus sei Dank!

JÜRGEN JAHNS

Prof. Dr. Joachim Trümper, MPI für Extraterrestrische Physik Garching;
Prof. Dr. Harald Lesch, Universitätssternwarte München;
Dr. Werner Becker, MPI für Extraterrestrische Physik Garching

Prof. Dr. Jürgen Jahns, FernUniversität Hagen, Fachbereich Elektrotechnik, 58084 Hagen