

Kalt ist Trumpf

Der International Linear Collider soll mit supraleitenden Beschleunigerstrukturen gebaut werden, die bei DESY in Hamburg entwickelt wurden.

Ende August hat das International Committee for Future Accelerators (ICFA) eine weitreichende Entscheidung für das nächste große Beschleunigerprojekt der Teilchenphysik bekannt gegeben. Der Inter-



Zentrale Bestandteile des International Linear Collider werden die bei DESY in Hamburg entwickelten supraleitenden Beschleunigerstrukturen aus Niob sein. (Foto: DESY)

national Linear Collider (ILC), ein Linearbeschleuniger für Elektronen und Positronen, soll demnach supraleitende Beschleunigerstrukturen verwenden, die von der internationalen TESLA-Kollaboration am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg entwickelt wurden. Dort wurde diese Entscheidung freudig aufgenommen. „Natürlich sind wir mit unseren Partnern stolz darauf, dass diese Technologie den Vorzug bekommen hat“, sagt Albrecht Wagner, Vorsitzender des DESY-Direktoriums, „aber genau so wichtig ist die wohl einmalige Tatsache, dass sich Amerika, Asien und Europa in einem sehr intensiven Prozess geeinigt haben und jetzt gemeinsam an einem Strang ziehen werden.“

In den vergangenen Jahren haben sich die Teilchenphysiker weltweit in bemerkenswerter Einhelligkeit dafür ausgesprochen, dass einem Linearcollider – neben der Fertigstellung des Large Hadron Collider (LHC) am CERN – die höchste Priorität zukommt.^{*)} Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass sich Beschleuniger für Protonen bzw. Antiprotonen wie der LHC sowie für Elektronen

und Positronen ideal ergänzen und beide notwendig sind, um die grundlegenden Fragen der Teilchenphysik nach der Struktur des Mikrokosmos und der Entstehung des Universums zu beantworten. So wurde zum Beispiel das Z-Boson an einem Protonenbeschleuniger am CERN entdeckt, aber erst der LEP-Beschleuniger hat es ermöglicht, seine Eigenschaften mit hoher Präzision zu bestimmen und damit das Standardmodell der Teilchenphysik glänzend zu bestätigen.^{*)} Dies liegt daran, dass die Streuprozesse der strukturlosen Elektronen viel leichter zu analysieren sind als Prozesse mit den aus Quarks und Gluonen aufgebauten Protonen. So hoffen die Teilchenphysiker zwar, mit dem Tevatron in den USA oder dem LHC das letzte Puzzlestück des Standardmodells, das Higgs-Boson, zu finden, ohne das die endlichen Massen der Elementarteilchen nicht zu verstehen sind. Möglicherweise werden an diesen Beschleunigern auch bereits neue Teilchen entdeckt, wie sie supersymmetrische Theorien zur Vereinheitlichung aller Kräfte voraussagen. Präzisionsexperimente mit dem Higgs-Boson oder neuen Teilchen aber wird erst ein Elektron-Positron-Beschleuniger ermöglichen können.

Der LHC ist ein Kreisbeschleuniger, der Protonen auf eine Energie von bis zu 14 TeV beschleunigen soll. Um die sehr viel leichteren Elektronen auf eine vergleichbare Energie zu bringen, kommt ein Kreisbeschleuniger allerdings nicht in Frage – zu hoch wären die unweigerlichen Verluste aufgrund der abgestrahlten Synchrotronstrahlung.

Daher werden seit rund einem Jahrzehnt weltweit Linearbeschleuniger geplant; neben TESLA am DESY sind dies das NLC-Projekt am Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) in den USA sowie das GLC-Projekt am KEK-Laboratorium in Japan. Im Gegensatz zu TESLA setzen jedoch sowohl das amerikanische als auch das japanische Projekt auf konventionelle, normalleitende Beschleunigerstrukturen aus Kupfer. Angesichts der prognostizierten Kosten von mehreren Milliarden Euro und knapper Budgets allerorten sind sich die Physiker inzwischen darüber im Klaren, dass es weltweit nur einen Collider geben wird. Aber mit welcher Technologie?

Die von ICFA zur Klärung dieser Frage eingesetzte Expertengruppe



Albrecht Wagner

ist nun zu dem Schluss gekommen, dass beide Technologien weit entwickelt seien und die anvisierten wissenschaftlichen Ziele mit beiden zu erreichen wären. „Daher

gibt es auch keinen Gewinner und keinen Verlierer“, sagt Wagner, „letztlich ging es um das Zünglein an der Waage“. Für die bei Raumtemperatur betriebenen Kupferstrukturen („warme Technologie“) spricht demnach, dass sich mit ihnen höhere elektrische Feldstärken und somit bei vorgegebener Länge des Beschleunigers höhere Teilchenenergien erreichen lassen. Bei der angepeilten Teilchenenergie von

KURZGEFASST...

■ Volle Power für FRM II

Die Forschungs-Neutronenquelle FRM II der TU München in Garching hat am 24. August erstmals die nominelle Leistung von 20 Megawatt erreicht. Bis zum Ende des ersten Brennelementzyklus im Oktober werden unter Vollast weitere Testmessungen an den Experimenten vorgenommen.

■ Zukunft der Mikrosystemtechnik

In der vom BMBF in Auftrag gegebenen Studie „Die Zukunft der Mikrosystemtechnik“^{§)} untersuchen Thomas Heimer und Matthias Werner, basierend auf einer Befragung von Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Experten, Wachstumsmärkte der Mikrosystemtechnik (MST). Fast alle Befragten bewerteten dabei die Schnittstelle „MST/Biotechnologie“ (einschließlich Medizintechnik) als besonders wichtig.

■ Wissenschaft digital

Das BMBF fördert zwei Projekte, mit denen sich digitale Medien besser im Wissenschaftsbetrieb nutzen lassen sollen. So erhält der Kooperative Aufbau eines Langzeitarchivs digitaler Informationen (KOPAL) 4 Millionen Euro. Unter Leitung der Deutschen Bibliothek soll ein System entwickelt werden, mit dem die steigende Zahl elektronischer Veröffentlichungen in der Wissenschaft zuverlässig archiviert werden kann (www.langzeitarchivierung.de). Im Rahmen des Pilotprojekts eSciDoc (www.dl-forum.de/Foerderung/Projekte/escidoc1/) fördert das BMBF mit 6,1 Millionen Euro die Entwicklung einer integrierten Informations-, Kommunikations- und Open-Access-Publikations-Plattform für netzbasierendes wissenschaftliches Arbeiten.

*) vgl. z. B. Phys. Blätter, September 2001, S. 14 und Physik Journal, Januar 2003, S. 10

§) vgl. S. 47 in diesem Heft

§) Th. Heimer und M. Werner, Die Zukunft der Mikrosystemtechnik, Wiley-VCH, Weinheim 2004, ISBN 3-527-31053-3

1 TeV bedeutet das umgekehrt, dass ein rund 30 km langer Beschleuniger ausreicht, anstelle einer Länge von 40 km bei der „kalten Technologie“, deren Niob-Strukturen auf 2 K abgekühlt werden müssen. Insgesamt überwiegen jedoch die Vorteile der kalten Technologie: Dazu gehört unter anderem, dass die beiden gegenläufigen Beschleuniger für Elektronen bzw. Positronen „nur“ auf einen halben Millimeter genau ausgerichtet sein müssen, um die angepeilten Kollisionsraten zu erreichen. Bei der warmen Technologie müsste die Genauigkeit das Hundertfache betragen. Aufgrund der hohen Verluste bei den normalleitenden Kavitäten – nur ein Drittel der eingesetzten Energie beschleunigt tatsächlich die Teilchen – braucht die warme Technologie eine viel höhere Anzahl an Klystrons zur Erzeugung der Hochfrequenzfelder, die man in einem zweiten Tunnel parallel zum eigentlichen Beschleuniger unterbringen müsste, um jederzeit Reparaturen und damit einen möglichst kontinuierlichen Betrieb zu ermöglichen. Schließlich wird der Freie-Elektronen-Laser für harte Röntgenstrahlung XFEL, der voraussichtlich ab 2006 bei DESY errichtet wird, ebenfalls die kalte Technologie verwenden, die daher schon bald in industriellem Maßstab zur Verfügung stehen wird.

Bei der Entscheidung des ICFA ging es zunächst nur um die Technologie, nicht aber um ein vollständiges Design des ILC, das nun in internationaler Kollaboration vorangetrieben wird. Albrecht Wag-

ner ist überzeugt davon, dass sich schließlich viele Ideen von TESLA darin wieder finden werden, erkennt aber auch neidlos an, dass manche Komponenten, die in den letzten zehn Jahren für das NLC- oder das GLC-Projekt entwickelt wurden, besser sind als die entsprechenden TESLA-Komponenten. „Jeder der internationalen Partner wird am Ende ein wesentliches Element beigetragen haben.“, sagt Wagner. Das TESLA-Projekt eines Beschleunigers in Hamburg und Schleswig-Holstein, für den vor drei Jahren ein detaillierter Technical Design Report¹⁾ vorgelegt wurde, ist damit „gestorben“. Anfang 2005 wird sich nun eine Global Design Initiative bilden, die bis in drei Jahren ein detailliertes Design für den ILC vorlegen soll. Anschließend sind zwei Jahre eingeplant, um sich international über Standort und Finanzierung zu einigen. Läuft alles glatt, wäre 2009/2010 mit dem ersten Spatenstich zu rechnen, und 2015 könnte der Beschleuniger in Betrieb gehen.

STEFAN JORDA

■ Serienreife Forschung

Alle anderthalb Jahre verdoppelt sich die Anzahl der Transistoren auf den Computerchips, so lautet das berühmte Gesetz von Moore. Doch da es sich dabei nicht um ein unumstößliches Naturgesetz handelt, kämpft die Industrie mit großem Aufwand darum, dass das Moore'sche Gesetz wenigstens noch einige

Zeit seine Gültigkeit behält. Ein neues Forschungszentrum in Dresden, das Center for Nanoelectronic Technologies (CNT), soll die dafür nötigen Forschungen möglichst bis zur Serienreife vorantreiben.¹⁾ Das CNT wird gemeinsam von der Fraunhofer-Gesellschaft, Infineon und Advanced Micro Devices



+) vgl. Phys. Blätter, April 2001, S. 6

(AMD) als Fraunhofer-Einrichtung aufgebaut. Infineon, AMD und Dupont Photomasks (DPI) betreiben bereits gemeinsam das Advanced Mask Technology Center (AMTC), in dem seit Oktober 2003 Masken für die photolithographische Fertigung modernster Chips und Prozessoren mit Linienbreiten von 193 nm produziert werden.²⁾

Erstmals wird mit dem CNT eine Fraunhofer-Einrichtung direkt vor Ort an die Fertigungsstätten angegliedert sein. Das CNT nutzt modernste Reinräume (Gesamtfläche etwa 1500 Quadratmeter) sowie Infrastruktur im neuen Infineon-Entwicklungszentrum für Speicherprodukte. Hier sollen neue Optiken, Photolacke (Resists) und

Auf dem Dresdner Infineon-Gelände entsteht ein neues Fraunhofer-Forschungszentrum für Nanoelektronik. (Foto: Infineon)

1) Ähnliche Forschungszentren gibt es z. B. bereits in Frankreich (CEA Leti, <http://www.leti.cea.fr>) und Belgien (IMEC, www.imec.be).

2) s. Physik Journal, Dezember 2003, S. 9