

■ Experimentelle Physik ■

Crashtest der Elektronen

Wissenschaftler beschleunigen Elementarteilchen auf Lichtgeschwindigkeit, um mehr über sie zu erfahren. Ein Projekt, das Geld und Strom frisst

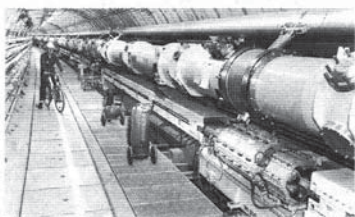
VON HANS-JÖRG MUNKE

■ Tastend schweift der Blick durch die Halle. Von der Rückwand her durchziehen Edelstahlrohre auf Trägern strahlenförmig den Raum. Sie enden in kleinen Betonverschlägen, vollgestopft mit oft improvisiert aussehenden Meßaufbauten. Es sind die „Beamlines“, die diesen Ort mit seinem wichtigsten Lebenssaft versorgen: Synchrotronstrahlung.

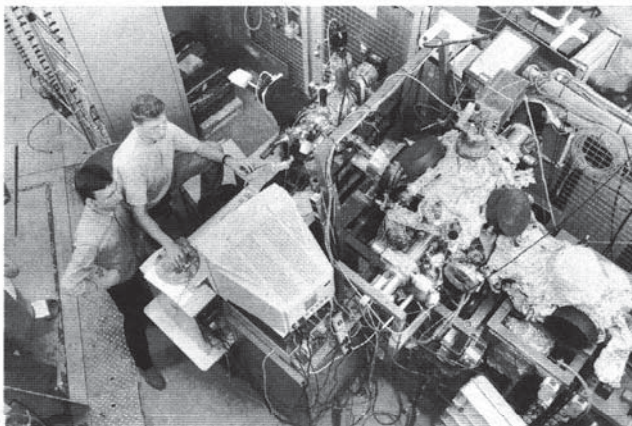
Das Hamburger Synchrotronstrahlungs-Labor, kurz HASYLAB, ist Teil des Deutschen Elektronensynchrotrons, DESY, eines der international bedeutendsten Zentren für Elementarteilchenphysik. Was hier gemessen und untersucht wird, liegt an der Grenze des noch Vorstellbaren, oft auch weit darüber.

Unter der Trabrennbahn sind Siege selten

Um zu verstehen, wonach hier geforscht wird, helfen bei aller Unzulänglichkeit Analogien aus dem täglichen Leben. Experimentelle Elementarteilchenphysik, wie sie mit den Hochleistungsbeschleunigern bei DESY betrieben wird, ist mit den Crashtests der Automobilindustrie vergleichbar: Stecknadelkopfgroße Pakete aus Elektronen, Protonen oder ihren weniger bekannten Antiteilchen werden auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und mit Energie angereichert, bevor man sie gezielt aufeinanderprallen läßt. Seit 1992 dient dazu der mehr als sechs Kilometer lange unterirdische Teilchenbeschleuniger HERA (Hadron-Elektron-Ring-).



Tief unter Hamburg rasen die Elektronen durch die Röhre Foto: DESY



Die wahren Paradiesvögel: Forscher im HASYLAB werten am Computer ihre Versuche aus.

Foto: Boris Rostami-Rabet

Anlage). Der Zusammenstoß findet 25 Meter tief im Hamburger Untergrund statt. Mehrere Detektoren sorgen an der Kollisionsstelle dafür, daß keins der beim Aufprall entstehenden subatomaren Bruchstücke unbemerkt bleibt. Tief unter der Bahnenfelder Trabrennbahn gibt es jedoch nur selten große Siege. Aus den Millionen von Kollisionen, zu denen es in Sekundenbruchteilen kommt, suchen Computer die wenigen heraus, die geeignet scheinen, die innere Struktur von Protonen weiter zu entschlüsseln und die in ihnen wirkenden fundamentalen Kräfte besser zu verstehen.

Auftrag des 1959 gegründeten Forschungszentrums ist die Erweiterung des klassischen physikalischen Weltbildes. Das besagt auch die Satzung: Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung, vor allem durch den Bau und Betrieb von Hochleistungsbeschleunigern und deren wissenschaftlicher Nutzung, sind die festgeschriebenen Aufgaben der Einrichtung.

Wofür hier letztlich die Grundlagen gelegt werden, weiß nie-

mand so ganz genau. An Argumenten fehlt es den DESY-Offiziellen indes trotzdem nicht. Ralf Krenzlin, Physiker und bei DESY für die Öffentlichkeitsarbeit zuständig, bringt es in seinen Worten auf den Punkt: „Das Wissen, das hier in der Grundlagenforschung entsteht, ist der Rohstoff für die Industrie von morgen.“ Heute verbraucht DESY dafür jährlich soviel Strom wie mehr als 100 000 Vierpersonenhaushalte zusammen.

Der finanzielle Aufwand ist immens

Im Hamburger Institut selbst arbeiten insgesamt 1400 feste Mitarbeiter, davon 300 Wissenschaftler. Im Brandenburger DESY-Ableger, dem Institut für Hochenergiephysik in Zeuthen, sind es noch einmal 170. Der finanzielle und technische Aufwand dieser Art von Forschung ist immens. Als nationale Eigenleistungen sind solche Anlagen schon lange nicht mehr finanzierbar. Der Etat von jährlich 250 Millionen Mark kommt zu 90 Prozent vom Bund und zu zehn Prozent von der Stadt Hamburg. Die Sparverordnungen der Bundesregierung greifen jedoch auch hier: „Einmalig 10 Prozent der Stellen jährlich einzusparen ist ein echtes Problem“, klagt Jochen Schneider, Leiter des HASYLAB. Außerdem werde zunehmend am Nachwuchs gespart. Dabei ist das DESY ein wichtiger Ausbildungsplatz: Heute forschen 450 Nachwuchswissenschaftler im Zentrum.

Ab und an rechtfertigt sich der Aufwand heute schon selbst. Bestes Beispiel für eine Anwendung in anderen Forschungsbereichen ist das HASYLAB. Mit den Synchrotronstrahlen, die bei der Be-

schleunigung als Nebenprodukt entstehen, lassen sich Oberflächenstrukturen viel genauer untersuchen, als es das Auflösungsvermögen von gewöhnlich sichtbarem Licht zuläßt. Institutsleiter Jochen Schneider drückt es so aus: „Stellen Sie sich vor, Sie stehen in Freiburg auf dem Marktplatz und breiten die Arme aus. Die Qualität dieser Strahlen würde ausreichen, um von Hamburg aus die rechte von der linken Hand unterscheiden zu können.“

Synchrotronstrahlung

■ Synchrotronstrahlung besteht aus elektromagnetischen Wellen mit besonderen Eigenschaften, die beim Betrieb von ringförmigen Teilchenbeschleunigern, sogenannten Synchrotrons, auftreten. Das Prinzip ist seit langem bekannt: 1888 entdeckte der deutsche Physiker Heinrich Hertz, daß elektrisch geladene Teilchen Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung abgeben, sobald sie beschleunigt oder abgebremst werden.

Werden Elektronen und Protonen in Ringanlagen im Kreis geführt, so müßten sie eigentlich ihrer Fliehkraft folgen und ihre Flugbahn tangential verlassen. Magneten entlang des Rings verhindern dieses Bestreben jedoch durch Beschleunigung in Richtung des Ringmittelpunktes. Die lichtschellen Teilchen reagieren darauf mit der Aussendung der begeherten Synchrotronstrahlung. Mit Spiegeln und Kristallen wird die Strahlung gebündelt und über Beamlines zu den Meßplätzen geführt. Synchrotronstrahlung zeichnet sich vor allem durch den hohen Energiegehalt und eine scharfe Bündelung ähnlich dem Laserlicht aus. Sie eignet sich zur Untersuchung von Oberflächenstrukturen in der Materialforschung bis zur Strukturanalyse von Biomolekülen mit extrem hoher Auflösung. Im DESY wird sie seit 1980 wissenschaftlich genutzt. mnk

bleiben dem Patienten auch lange Bestrahlungszeiten erspart.

Da es weltweit nur wenige Strahlenquellen dieser Güte gibt, ist Melzeit im HASYLAB begehrt. Synchrotronstrahlung ist auch für die Industrie, beispielsweise in der Materialforschung, sehr interessant. Der große Industrieaufmarsch stellte sich bisher noch nicht ein. Den Großteil der Kapazitäten belegen wissenschaftliche Projekte.

Um die Attraktivität der Anlagen zu erhalten und der Forschung weiter frische Impulse geben zu können, sucht man nach neuen Wegen. Derzeit führen fünf Firmen an den Meßplätzen des Labors eigene Forschungsprojekte durch. Jeweils zwei dieser Firmen finanzieren über ihren Jahresbeitrag einen Wissenschaftler, der die Forschungen von DESY-Seite begleitet. Eine produktive Zusammenarbeit für alle.

DESY ist aber nicht nur eine Schutzzone für intellektuelle und kreative Höchstleistungen. Unmerklich ist zwischen den High-Tech-Hallen mitten in der 1,8 Millionenmetropole Hamburg ein Naturparadies entstanden. Ornithologen vom Naturschutzbund Deutschland haben auf dem parkartigen DESY-Areal 46 seltene Vogelarten gesichtet. So ist die Anlage auch in ganz anderer Beziehung ein Gegenstand wissenschaftlichen Interesses geworden. Doch Institutsleiter Schneider weiß: Die wahren Paradiesvögel finden sich eher in den Hallen.

Am diesjährigen Tag der offenen Tür, dem 29. September, gewährt das DESY einen Blick hinter die Kulissen. Informationen über das DESY gibt es auch im Internet: <http://tsu.de-sy.de>

vision. Dann ein vertrauter Gegenstand aus der Gegenwart: Ein Tischfußballspiel füllt eine der letzten freien Flächen zwischen dem allgegenwärtigen High-Tech-Equipment. Auch Kreativität und Geistesleistung, wie sie hier gefordert sind, brauchen Entspannungsphasen.

Um zu verstehen, wonach hier geforscht wird, helfen bei aller Unzulänglichkeit manchmal Analogien aus dem täglichen Leben. Experimentelle Elementarteilchenphysik, wie sie mit den Hochleistungsbeschleunigern bei DESY betrieben wird, ist mit den den Crash-Tests der Automobilindustrie vergleichbar: Stecknadelkopfgroße Pakete aus Millionen von Elektronen, Protonen oder ihren weniger bekannten Antiteilchen werden auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und bis an die technisch machbare Grenze mit Energie angereichert, bevor man sie gezielt aufeinander prallen läßt.

Seit 1992 dient dazu der mehr als sechs Kilometer lange unterirdischen Teilchenbeschleuniger HERA (Hadron-Elektron-Ring-Anlage).

Der Zusammenstoß findet 25 Meter tief im Hamburger Untergrund statt. Mehrere Detektoren sorgen an der Kollisionsstelle dafür, daß keines der beim Aufprall entstehenden Millionen subatomarer Bruchstücke unbemerkt bleibt. Tief unter der Bahnenfelder Trabrennbahn gibt es aber nur selten große Siege. Aus den Millionen von Kollisionen zu denen es in Sekundenbruchteilen kommt, suchen Computer die heraus, die geeignet scheinen, die innere Struktur von Protonen weiter zu entschlüsseln und die in ihnen wirkenden fundamentalen Kräfte besser zu verstehen.

Auftrag des 1959 gegründeten Forschungszentrums ist die Erweiterung des klassischen physikalischen Weltbildes. Das besagt auch die Satzung: Naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung, vor allem durch den Bau und Betrieb von Hochleistungsbeschleunigern und deren wissenschaftlicher Nutzung sind die festgeschriebenen Aufgaben der Einrichtung.

Wofür hier letztlich die Grundlagen gelegt werden, weiß niemand so ganz genau. An Argumenten fehlt es den DESY-Offiziellen indes trotzdem nicht. Ralf Krenzlin, Physiker und bei DESY zuständig für die Öffentlichkeitsarbeit, bringt es in seinen Worten auf den Punkt: „Das Wis-

Crashtest der Elektronen

von Hans-Jörg Munk

erschieden am 26. Juli 1996 in

„DS - Deutsches Allgemeines Sonntagsblatt“

Tastend schweift der Blick durch die Halle. Von der Rückwand her durchziehen Edelstahlrohre auf Trägern strahlenförmig den Raum. Sie enden in kleinen Betonverschlägen, vollgestopft mit oft improvisiert aussehenden Meßaufbauten. Es sind die „Beamlines“, die diesen Ort mit seinem wichtigsten Lebenssaft versorgen: Synchrotronstrahlung.

Das Hamburger Synchrotronstrahlungs Labor, kurz HASYLAB, ist Teil des Deutschen Elektronen Synchrotrons DESY, einem der international bedeutendsten Zentren für Elementarteilchen-Physik. Was hier gemessen und untersucht wird, liegt an der Grenze des noch Vorstellbaren, oft auch weit darüber.

Installationen aus Elektronik, Blei und Beton füllen auch die Räume zwischen den Strahlenschutzwänden, die die Meßplätze verbergen. Fast menschenleer, erinnert die Szenerie mehr als alles andere an eine Realität gewordenen Zukunfts-

sen, daß hier in der Grundlagenforschung entsteht ist der Rohstoff für die Industrie von Morgen“. Heute verbraucht DESY dafür jährlich den Strom einer mittleren deutschen Kleinstadt.

Im Hamburger Institut selbst arbeiten insgesamt 1400 feste Mitarbeiter, davon 300 Wissenschaftler. Im Brandenburger DESY-Ableger, dem Institut für Hochenergiephysik in Zeuthen, noch einmal 170.

Der finanzielle und technische Aufwand dieser Art von Forschung ist immens. Als nationale Eigenleistung sind solche Anlagen schon lange nicht mehr finanzierbar. Der Etat von 250 Millionen Mark kommt zu 90 Prozent vom Bund und zu 10 Prozent von der Stadt Hamburg. Die Sparverordnungen der Bundesregierung verschonen jedoch auch diesen Bereich nicht. „Eineinhalb Prozent der Stellen jährlich einzusparen ist ein echtes Problem“, klagt Jochen Scheider, Leiter des HASYLAB. Außerdem werde zunehmend am Nachwuchs gespart. Dabei ist das DESY ein wichtiger Ausbildungsplatz. Heute forschen 450 Nachwuchswissenschaftler im Zentrum.

Ab und an rechtfertigt sich der Aufwand auch heute schon von selbst. Bestes Beispiel hierfür ist das HASYLAB. Mit den Synchrotronstrahlen, die bei der Beschleunigung als Nebenprodukt entstehen, lassen sich Oberflächenstrukturen um Größenordnungen genauer untersuchen, als es das Auflösungsvermögen von gewöhnlichem sichtbarem Licht zuläßt. Instituts-Leiter Schneider drückt es so aus: „Stellen Sie sich vor, Sie stehen in Freiburg auf dem Marktplatz und breiten die Arme aus. Die Qualität dieser Strahlen würde ausreichen, aus Hamburg zu erkennen, wo die rechte und wo die linke Hand ist.“

Schneider kommt ins Schwärmen, wenn er von den Möglichkeiten dieses Forschungsgebietes spricht. Die Strahlung macht beispielsweise die genaue Gestalt von Biomolekülen, etwa Enzymen, sichtbar. Neben derzeit 350 Biologen profitieren aber auch Mediziner von den Möglichkeiten des Labors. Im HASYLAB wurde in den letzten Jahren von Medizinern ein Verfahren zur Untersuchung der Herzkranzgefäße entwickelt, das auf Kontrastmittelgabe in die Aterie oder direkt in die betroffenen Gefäße verzichten kann. Statt dessen reicht eine Injektion in die Armvene. Mit dem Einsatz der Syn-

chrotronstrahlung bleiben den Patienten auch lange Bestrahlungszeiten erspart.

Da es weltweit nur wenige Strahlenquellen dieser Güte gibt, ist Meßzeit im HASYLAB begehrt. Synchrotronstrahlung ist auch für die Industrie, beispielsweise in der Materialforschung, sehr interessant. Seit der nachhaltigen Verbesserung der Strahlungsbedingungen durch längere Meßzeiten, mehr Meßplätze, mittlerweile 42, und einer in den letzten Jahren erheblich gestiegene Strahlungsqualität lassen sich die thematischen Schnittstellen jetzt auch praktisch nutzen. Der große Industrie-Aufmarsch stellte sich bisher noch nicht ein. Den Großteil der Kapazitäten belegen wissenschaftliche Projekte.

Um die Attraktivität der Anlagen zu erhalten und der Forschung weiter frische Impulse geben zu können, sucht man nach neuen Wegen. Derzeit führen 5 Firmen an den Meßplätzen des Labors eigene Forschungen durch. Jeweils zwei dieser Firmen finanzieren über ihren Jahresbeitrag einen Wissenschaftler, der die Forschungen von DESY-Seite begleitet. Eine produktive Zusammenarbeit für alle.

DESY ist aber nicht nur ein Schutzzone für intellektuelle und kreative Höchstleistungen. Umerklich ist zwischen den High-Tech-Hallen mitten in der 1,8 Millionen-Metropole ein Naturparadies entstanden. Ornithologen vom Naturschutzbund Deutschland haben auf dem parkartigen DESY-Areal 46 seltene Vogelarten gesichtet. So ist die Anlage auch in ganz anderer Beziehung ein Gegenstand wissenschaftlichen Interesses geworden. Doch Institusleiter Schneider weiß: Die wahren Paradisvögel finden sich aber doch eher in den Hallen.

Was ist Synchrotronstrahlung?

Synchrotronstrahlung besteht aus elektromagnetischen Wellen mit besonderen Eigenschaften, die beim Betrieb von ringförmigen Teilchenbeschleunigern, sogenannten Synchrotronen, auftreten. Das Prinzip ist seit langem bekannt: 1888 entdeckte der deutsche Physiker Heinrich Hertz, daß elektrisch geladene Teilchen Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung abgeben, sobald sie beschleunigt oder abgebremst werden.

Werden Elektronen und Protonen in Ringanlagen im Kreis geführt, so müßten sie eigentlich ihrer Fliehkraft folgen und ihre Flugbahn tangential verlassen. Magneten entlang des Rings verhindern dieses Bestreben jedoch durch Beschleunigung in Richtung des Ringmittelpunktes. Die lichtschnellen Teilchen reagieren darauf mit der Aussendung der begehrte Synchrotronstrahlung. Im DESY sind in die Speicherringe zusätzlich besondere Magnetstrukturen (Wiggler und Undulatoren) eingebaut. Darin werden die Teilchen auf eine wellenförmige Bahn gezwungen. Die dabei auftretende Strahlung ist um den Faktor 1000 intensiver als an anderen Stellen des Rings. Mit Spiegeln und Kristallen wird die Strahlung gebündelt und über Beamlines zu den Meßplätzen geführt.

Synchrotronstrahlung zeichnet sich vor allem durch den hohen Energiegehalt und eine scharfe Bündelung ähnlich dem Lasser-Licht aus. Von diesem unterscheidet sie sich allerdings durch das kontinuierliche Wellenspektrum, aus dem sich die gerade benötigten Wellenlängen herausfiltern lassen. Da Elektronen und Protonen in stecknadelgroßen „Paketen“ den Ring durchlaufen tritt die Strahlung in Lichtblitzern von der Dauer einer Zehnmilliardstel Sekunde auf. Dieser Stroboskop-Effekt ermöglicht die Erfassung von raschen dynamischen Prozessen. Synchrotronstrahlung eignet sich zur Untersuchung von Oberflächenstrukturen in der Materialforschung bis zur Strukturanalyse von Biomolekülen mit extrem hoher Auflösung. Im DESY wird sie seit 1980 wissenschaftlich genutzt.