

Technologischer Fortschritt durch Grundlagenforschung

Das ATLAS Projekt

Das ATLAS Experiment am Large Hadron Collider (LHC) des europäischen Forschungszentrums CERN in Genf ist ein Großprojekt der Grundlagenforschung. Mit hochmodernen Geräten werden die fundamentalen Bausteine und Kräfte und die zugrunde liegenden Gesetze erforscht, die unser Universum bestimmen.

Einige der Technologien, die von ATLAS Wissenschaftlern zunächst zu Forschungszwecken entwickelt wurden, spielen auch in anderen Feldern eine Vorreiterrolle. Wie Studien zeigen, bringt dieser Transfer von Wissen und Methoden aus der Grundlagenforschung eine Vielzahl von sozioökonomischen Vorteilen mit sich: Er beeinflusst unsere Kultur und Bildung und regt die Industrie zu Innovationen im Bereich der Spitzentechnologie an.

Diese Broschüre stellt einige herausragende Anwendungsmöglichkeiten vor, die sich aus für ATLAS entwickelten Technologien ergeben.



Medizin

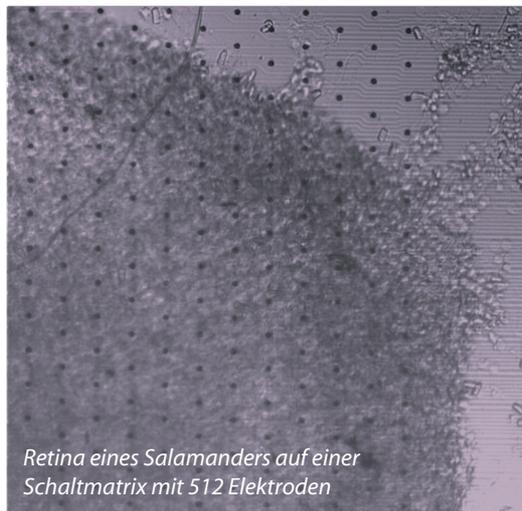
Neue winzige elektronische Silizium Chips wurden für den ATLAS Detektor entworfen, um die Spuren von Elementarteilchen in unmittelbarer Nähe des Kollisionspunktes der beiden Protonenstrahlen des LHC zu verfolgen. Diese Pixel-Halbleiterdetektoren zeichnen sich durch hohe Nachweiseffizienz und geringes Rauschen aus. Sie eignen sich daher in besonderer Weise auch für Röntgenuntersuchungen in der Radiologie, für Strukturuntersuchungen von Proteinen und für Anwendungen in den Materialwissenschaften. Selbst einzelne Photonen sind über einen weiten Energiebereich mit genauer Ortsbestimmung bei extrem kurzer Messdauer nachweisbar.

Medizin

Pixelmatrix bestehend aus 18 x 160 Pixelzellen. Rechts ein Streichholzkopf zum Größenvergleich.



3D Abbildung eines Mäuseskeletts mit PIXSCAN



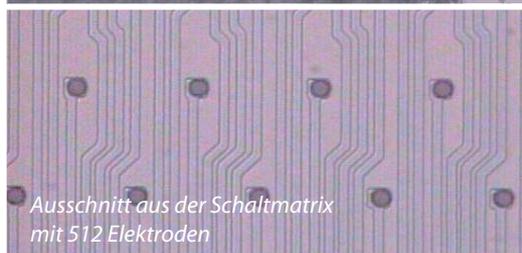
Retina eines Salamanders auf einer Schaltmatrix mit 512 Elektroden

Digitales Röntgen

Die innersten Bereiche des ATLAS Experiments bestehen aus Silizium-Pixeldetektoren. Nahezu 100 Millionen Detektorzellen, mit individuellen Verstärkern versehen, markieren exakt die Spuren der geladenen Elementarteilchen, die bei den Proton-Proton Kollisionen entstehen. Die gleichen Pixeldetektoren eignen sich für biomedizinische Bildgebungsverfahren, wenn hohe räumliche Auflösung erforderlich ist, zum Beispiel in der Mammographie. *Dabei wird in jede Pixelzelle ein Zähler integriert, der die einzelnen absorbierten Röntgenquanten registriert. So erhält man ein digitales Röntgenbild der absorbierten Strahlung.* Die Aufnahme entsteht in Echtzeit, eine Entwicklung von Röntgenfotos ist nicht mehr erforderlich. Detektormodule aus solchen Multi Picture Element Counters (MPECs), entstanden aus einer geringen Modifikation des ATLAS Pixeldetektors, ermöglichen somit digitale Röntgenaufnahmen.

Computertomographie

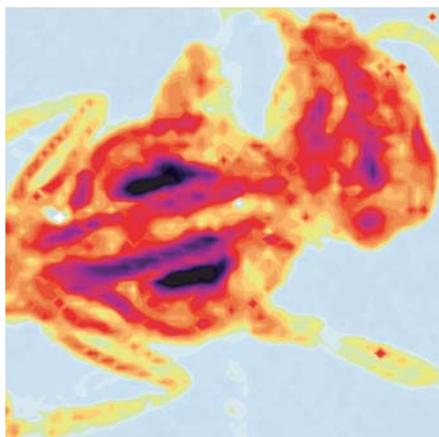
PIXSCAN ist eine neue Methode für die Computertomographie. Dabei wird der XPAD Chip eingesetzt, ein Photonen zählender Detektor auf der Basis des ATLAS Pixel-Chips. *Durch PIXSCAN erhöht sich der Kontrast bei der Abbildung von Gewebe, wobei 400 Aufnahmen in zwei Sekunden möglich sind.* Ein Prototyp zur Untersuchung kleiner Tiere wurde bereits entwickelt. Wegen der winzigen Organe ist eine besonders hohe räumliche Auflösung nötig. Erste Computertomographien belegen die Qualität der neuen Technik. Der extrem dünne Detektor kann in Positronen-Emissions-Tomographen (PET) eingebaut werden. Hierbei bildet der PET das Tumorgewebe ab, durch PIXSCAN wird die Lage des Tumors im Organ sichtbar.



Ausschnitt aus der Schaltmatrix mit 512 Elektroden

Retina Projekt

Gemeinsam mit Neurobiologen haben ATLAS Physiker untersucht, wie das Auge Informationen zum Gehirn übermittelt. Die Retina wirkt dabei wie ein hoch entwickelter Pixeldetektor, der die Bildinformationen in Form von codierten elektrischen Nervenimpulsen, so genannten "Spikes", zum Sehzentrum des Gehirns sendet. Um die Kodierung dieser Spikes zu entschlüsseln, wird lebendes Retinagewebe untersucht und dessen Nervenaktivität aufgezeichnet. Eine besonders präzise und großräumige Aufzeichnung gelingt mit der Technologie des ATLAS Siliziumstreifen Detektors. *Solche Experimente helfen Neurobiologen zu verstehen, wie unser Nervensystem Informationen verarbeitet und verschlüsselt, was eines Tages zu künstlichen Sehhilfen für Blinde führen könnte.*

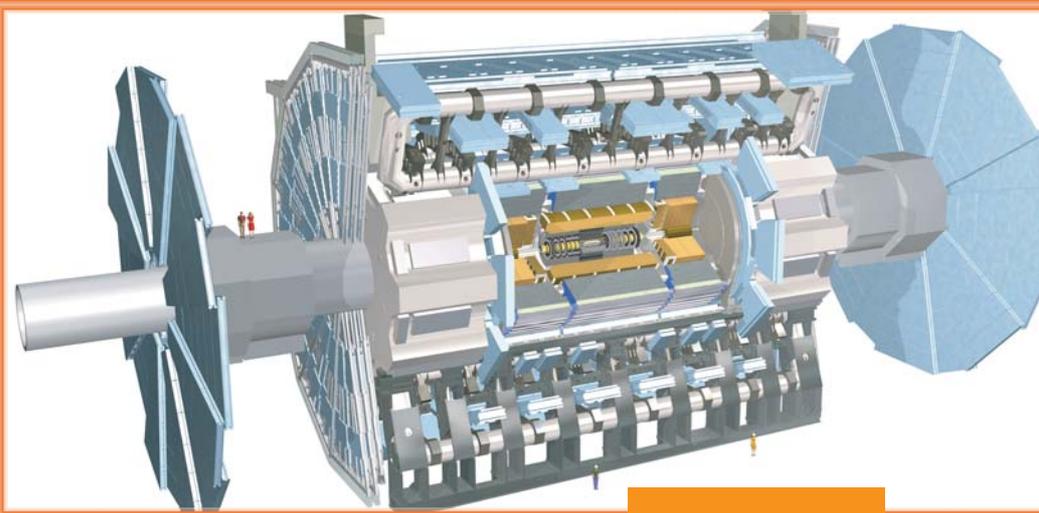


Digitale Röntgenaufnahme einer Hornisse

Technik

Alle Detektorteile des ATLAS Experiments sind hoch entwickelte Geräte, deren Technologie und Leistungsanforderungen oft über das vorhandene industrielle Know-how hinausgehen. Neue Technologien, die zunächst für die Grundlagenforschung der Teilchenphysik erarbeitet wurden, finden anschließend vielfältige Anwendung in anderen Bereichen.

Technik



Schematische Darstellung des ATLAS Detektors



Der ATLAS Detektor hat etwa die Größe eines fünfstöckigen Gebäudes



Pixeldetektor von $6,8 \times 6,5 \text{ cm}^2$ Größe, aufgebaut aus 8 Modulen

Detektoren für Materialforschung

XPIX ist ein neuartiger Röntgendetektor, bei dem der für das ATLAS Experiment speziell entwickelte XPAD Chip eingesetzt wird. Dieser Detektor eignet sich besonders für die Forschung mit Synchrotronstrahlung aus hochintensiven Strahlungsquellen, wie sie heute zur Erforschung von Eiweißstrukturen und in der Kristallographie verwendet wird. Ein Prototyp mit einer Fläche von $6 \times 6 \text{ cm}^2$ ist schon bei der europäischen Strahlungsquelle ESRF in Grenoble im Gebrauch. *Die ersten Experimente zeigen eine deutlich verbesserte Bildqualität. Gleichzeitig konnte die Bestrahlungszeit und somit auch die Beschädigung des untersuchten Materials erheblich reduziert werden.*

Gasanalyse mit Ultraschall

Für das ATLAS Experiment wurde eine Ultraschall-Analysetechnik entwickelt, um die Zusammensetzung der Fluorkohlenstoffdämpfe zu kontrollieren, die den inneren Detektor kühlen. Das gleiche Verfahren dient jetzt in der industriellen Halbleiterproduktion dazu, den Anteil schwerer Elemente in der Gasphase zu regeln. Die Zusammensetzung der Gase wird dabei mit einer Präzision von einem in 100 000 Gasatomen gemessen. *Eine Testanwendung in der klinischen Anästhesie ergab, dass sich mit dieser Methode die Zusammensetzung typischer Anästhesiemixturen mit hoher Genauigkeit bestimmen lässt.* In Ö Raffinerien wird diese Technik zur Analyse von Kohlenwasserstoffen eingesetzt.

Lokalisierung von Personen

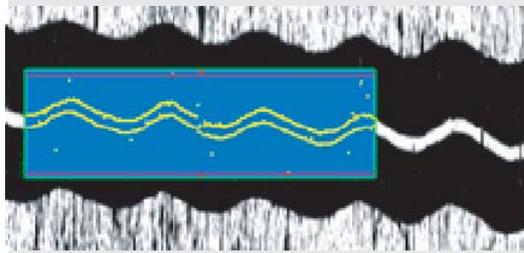
Um bei einem Unfall in der ATLAS Experimentierhalle gefährdete oder verletzte Personen zu lokalisieren, wurde ein spezielles System entwickelt.

Eine Vielzahl von in der Detektorhalle installierten Infrarotsensoren ermöglicht es den Mitarbeitern im Kontrollraum, den Bewegungen sämtlicher Personen in der Halle zu folgen. Ein ähnliches System kann kostengünstig überall dort eingesetzt werden, wo Personen schwer aufzufinden sind, etwa in Minen. In Notfällen, speziell wenn Nebel oder Rauch die Sicht behindert, werden Rettungsteams über dieses System zu den gefährdeten Personen geführt.

Kultur

Elementarteilchenphysiker und Kosmologen erforschen, wie sich die fundamentalen Bausteine der Materie verhalten, wie unser Universum begann, und wie es sich zu dem entwickelt hat, was wir heute beobachten. Das Bestreben, die Grenzen unseres Wissens zu erweitern und nach den Ursprüngen zu suchen, ist Teil unseres Wesens und unserer Kultur. Über die ATLAS Webseite und verschiedene Formen von Informationsmaterial, darunter Liveübertragungen und Demonstrationsfilme, lassen die Forscher des ATLAS Experiments die Öffentlichkeit uneingeschränkt an den Ideen und Erkenntnissen dieser modernen Forschung teilhaben.

Optische Verfahren ermöglichen die Rekonstruktion von alten Schallplattenaufnahmen



Durch das LHC Computing Grid können weltweit verteilte Rechner- und Speicherkapazitäten für die Datenauswertung genutzt werden



Montage des Silizium-Spurdetektors, bestehend aus 16 000 einzelnen Siliziumdetektoren mit insgesamt 6,3 Millionen Auslesekanälen, die in 4 088 Modulen angeordnet sind.



Reproduktion von Tonträgern

Mit Hilfe von präzisen Verfahren der Bildverarbeitung justieren die Forscher beim ATLAS Experiment die 16 000 Siliziumdetektoren für die Rekonstruktion der Teilchenspuren. Mit dem gleichen Verfahren lassen sich auch die Rillen mechanischer Tonträger, wie Schallplatten oder Zylinder, exakt ausmessen. Um aus der Form der Rillen die akustischen Informationen zu extrahieren, finden Datenreduktionsverfahren und Angleichungsstrategien Anwendung, wie sie auch zur Rekonstruktion von Teilchenbahnen im ATLAS Detektor genutzt werden. So konnten Aufnahmen mit hoher Wiedergabequalität und geringem Rauschen reproduziert werden. *Da das Verfahren ohne Kontakt zu den Oberflächen arbeitet, ist es auch für empfindliche oder beschädigte Tonträger und historische Aufnahmen geeignet.* Diese Technologie wird derzeit für die Anwendung in großen Tonarchiven und Sammlungen weiterentwickelt.

Grid Computer- vernetzung

ATLAS und die anderen LHC Experimente produzieren jährlich mehrere Millionen Gigabyte an Daten. Um die Messergebnisse zu speichern und den über 5 000 beteiligten Wissenschaftlern auf allen Kontinenten zur Verarbeitung zugänglich zu machen, entsteht ein globales Computernetz (Grid). Zwischen einigen großen Regionalen Rechenzentren, wie dem GridKa am Forschungszentrum Karlsruhe, und mehreren hundert weiteren Standorten, die alle über Hochgeschwindigkeitsleitungen vernetzt sind, wird eine automatische Daten- und Lastverteilung vorgenommen. *Das weltweite LHC Computing Grid Projekt (LCG) betreibt das Computernetzwerk für die LHC Experimente in Zusammenarbeit mit anderen bedeutenden Grid Projekten, die – wie die deutsche D-Grid Initiative – Forschung und Wirtschaft verbinden.* Mehr als 20 Anwendungen gibt es bereits 2006, wie z.B. Erdbeobachtung, Klimavorhersagen, Erkundung von Erdölvorkommen und Medikamentenforschung. Mehrere Fachpreise für außerordentliche Innovationen im Hochleistungsrechnen belegen die herausragende Qualität der Grid Initiativen.

Ausbildung

An Instituten in aller Welt beteiligen sich Studenten und Nachwuchswissenschaftler sowie an einigen Orten auch Lehrer und Schüler an Entwicklung, Bau und Test von Teilen des ATLAS Detektors. *Diese Projekte vermitteln Kompetenzen in moderner Laborarbeit, aktueller Forschung, Zusammenarbeit in internationalen Kollaborationen und der Lösung komplexer Probleme.* Eine solche Ausbildung bereitet die Studenten auf ein breites Spektrum von Tätigkeiten in Wissenschaft und Industrie, in Ausbildungsberufen und Verwaltung vor.



Die ATLAS Kollaboration

Um die Natur der Materie und die grundlegenden Kräfte unseres Universums zu erforschen, untersuchen Physiker die Kollisionen hochenergetischer Elementarteilchen im Labor. Protonen werden im Large Hadron Collider (LHC), einem unterirdischen Beschleunigerring von 27 km Umfang am europäischen Forschungszentrum CERN in der Nähe von Genf auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Im Zentrum des ATLAS Detektors prallen die Teilchenstrahlen aufeinander. Aus den dabei entstehenden Bruchstücken gewinnen die Physiker Informationen über die fundamentalen Kräfte und Prozesse zwischen Elementarteilchen. Die Energiedichte ist bei diesen Experimenten so hoch wie bei den Teilchenkollisionen im frühen Universum, weniger als eine Billionstel Sekunde nach dem Urknall.

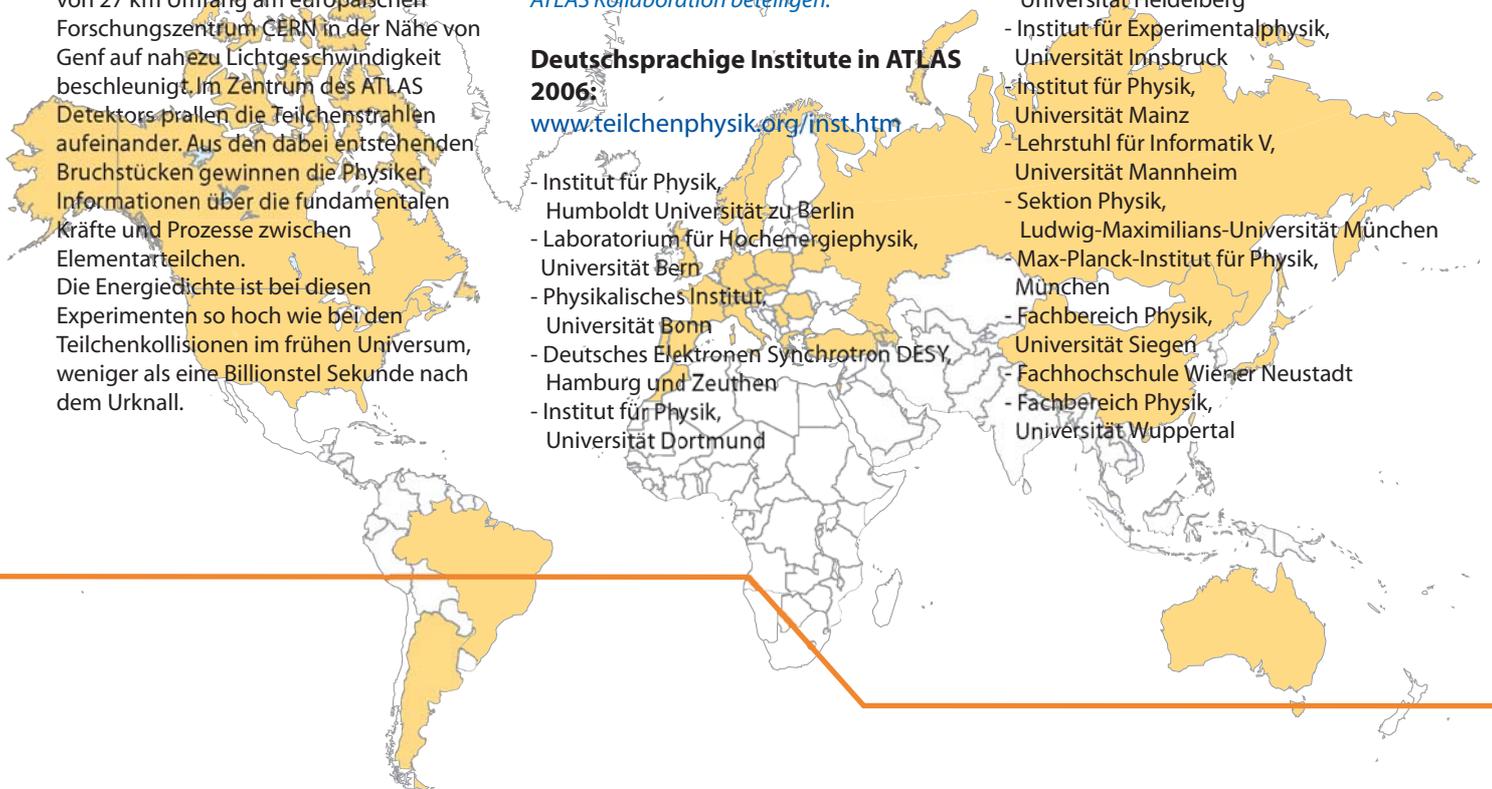
Das ATLAS Projekt ist eines der größten und komplexesten Physikexperimente aller Zeiten. Dieses Unternehmen wird nur möglich durch die engagierte Arbeit von 1700 Wissenschaftlern, davon 400 Studenten, aus mehr als 160 Universitäten und Forschungsinstituten in 35 Ländern, die sich an der ATLAS Kollaboration beteiligen.

Deutschsprachige Institute in ATLAS 2006:

www.teilchenphysik.org/inst.htm

- Institut für Physik, Humboldt Universität zu Berlin
- Laboratorium für Hochenergiephysik, Universität Bern
- Physikalisches Institut, Universität Bonn
- Deutsches Elektronen Synchrotron DESY, Hamburg und Zeuthen
- Institut für Physik, Universität Dortmund

- Institut für Kern- und Teilchenphysik, TU Dresden
- Physikalisches Institut, Universität Freiburg
- II. Physikalisches Institut, Universität Gießen
- Institut für Hochenergiephysik, Universität Heidelberg
- Institut für Experimentalphysik, Universität Innsbruck
- Institut für Physik, Universität Mainz
- Lehrstuhl für Informatik V, Universität Mannheim
- Sektion Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Max-Planck-Institut für Physik, München
- Fachbereich Physik, Universität Siegen
- Fachhochschule Wiener Neustadt
- Fachbereich Physik, Universität Wuppertal



Weitere Informationen unter
www.atlas.ch und www.fsp101-atlas.de

Digitales Röntgen

Norbert Wermes
Physikalisches Institut der Universität Bonn
wermes@uni-bonn.de

Computertomographie und Detektoren für Materialforschung

Pierre Delpierre
Centre de Physique des Particules de Marseille (CPPM)
delpierre@cppm.in2p3.fr

Retina Projekt

Alan Litke
Santa Cruz Institute for Particle Physics (SCIPP)
University of California Santa Cruz
alan.litke@cern.ch

Gasanalyse mit Ultraschall

Gregory Hallewell
Centre de Physique des Particules de Marseille (CPPM)
gregh@cppm.in2p3.fr

Lokalisierung von Personen

Gianpaolo Benincasa
Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de
Partículas (LIP)
gianpaolo.benincasa@cern.ch

Reproduktion von Tonträgern

Vitaliy Fadeyev and Carl Haber
Lawrence Berkeley National Laboratory
chhaber@lbl.gov

Grid Computervernetzung

Dario Barberis
University of Genova
dario.barberis@cern.ch

Technologietransfer

Beatrice Bressan
CERN
beatrice.bressan@cern.ch

Programme für Schülerinnen und Schüler

www.teilchenphysik.org/schuelerprogramme.htm

ATLAS Education & Public Outreach

Michael Barnett
barnett@lbl.gov
Erik Johansson
kej@physto.se

Informationen über neuere Projekte und Entwicklungen

www.atlas.ch/transfers

Redaktionelle Leitung

Michael Kobel
kobel@physik.tu-dresden.de

Redaktion

Elisabeth Lahr-Nilles
e.lahr-nilles@gmx.de

CERN
European Organization
for Nuclear Research
CH-1211 Geneva 23
www.cern.ch

atlas.ch

Druck
Köllen Druck+Verlag, Bonn

