

# ATLAS

Den Geheimnissen des Universums auf der Spur

## ATLAS in Zahlen

100 m Tiefe des Tunnels

7000 t Gewicht des ATLAS Detektors

27 km Umfang des LHC-Tunnels

3000 km Gesamtlänge aller Kabel und Glasfasern im Inneren des ATLAS Detektors

1 Milliarde Kollisionen pro Sekunde

10 Milliarden km So weit kann ein Strahl im LHC umlaufen. Das entspricht einem Flug zum Planeten Neptun und zurück.

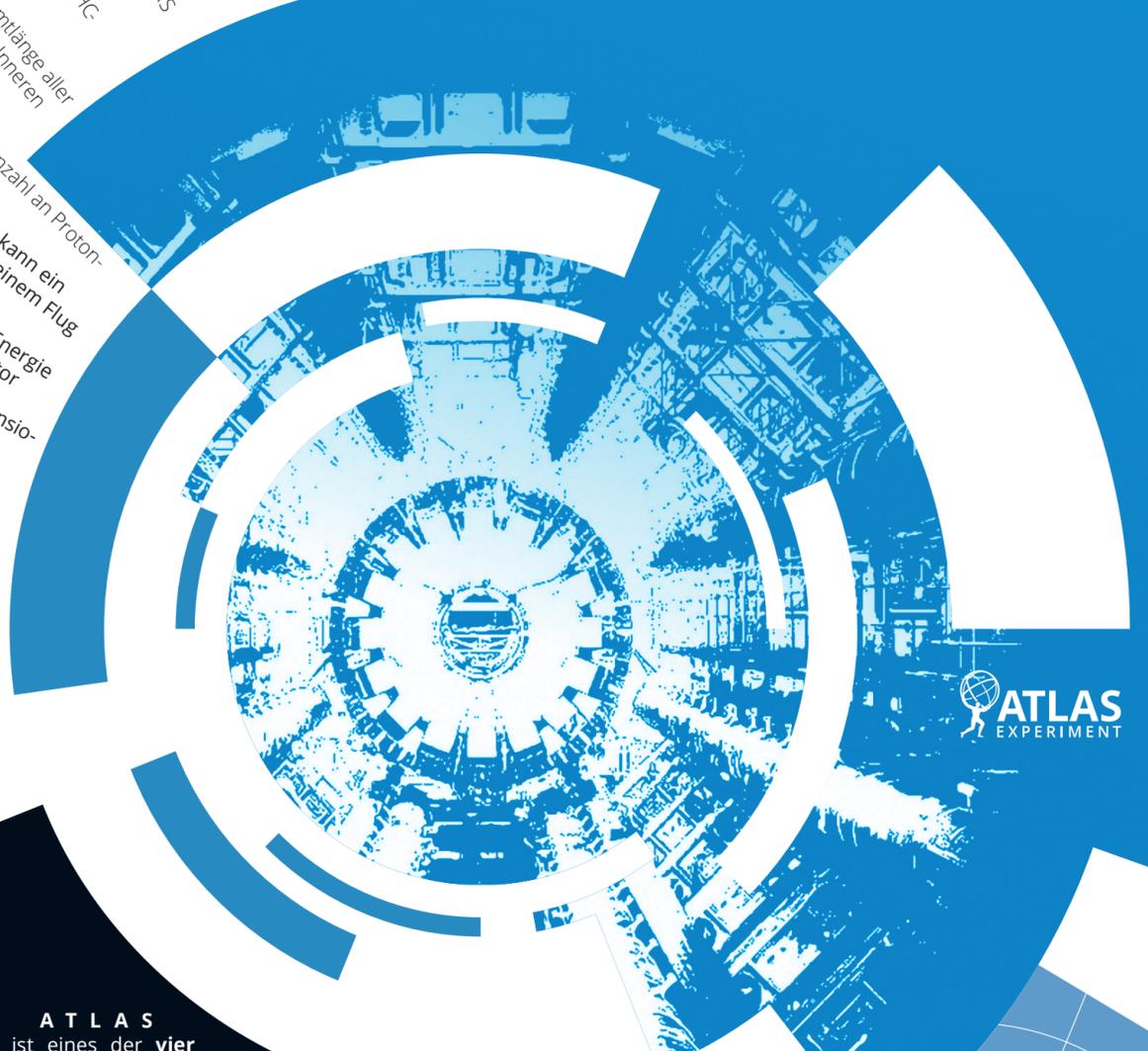
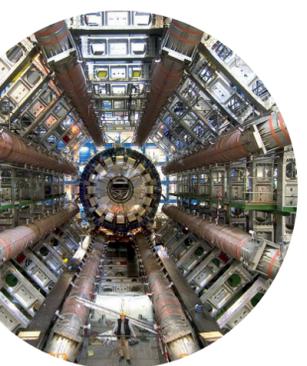
14 TeV (Tera-Elektronenvolt) Maximale Energie einer Proton-Proton-Kollision im ATLAS Detektor

46 m Länge 25 m Durchmesser - die Dimensionen von ATLAS

2808 Maximale Zahl an Protonen Paketen in einem Strahl

120 Milliarden Ungefähre Zahl der Protonen in einem Teilchenpaket

11,245 Mal pro Sekunde kreist ein Proton im LHC



## Das Experiment

ATLAS ist eines der vier großen Experimente am Large Hadron Collider am CERN. Es handelt sich um ein Allzweck-Experiment der Teilchenphysik, das von einer internationalen Kollaboration von Wissenschaftlern betrieben wird. ATLAS schöpft gemeinsam mit CMS das Entdeckungspotential und die breite Palette an physikalischen Möglichkeiten des LHC voll aus.

Um die Grenzen des Wissens zu erweitern macht ATLAS bei seinen wissenschaftlichen Untersuchungen Präzisionsmessungen und sucht Antworten auf grundlegende Fragen wie: Was sind die fundamentalen Bausteine der Materie? Was sind die fundamentalen Kräfte der Natur? Liegt unserem Universum eine tiefergehende Symmetrie zugrunde?

Die Physiker von ATLAS testen die Vorhersagen des Standardmodells, das unser aktuelles Verständnis von den Bausteinen der Materie und ihren Wechselwirkungen beschreibt. Diese Forschungen können zu bahnbrechenden Entdeckungen führen wie der des Higgs-Bosons, zu Physik jenseits des Standardmodells und zur Entwicklung neuer Theorien, die unser Universum besser beschreiben.

Die kommenden Jahre werden spannend, da ATLAS die experimentelle Physik in unerforschte Gebiete führt - vielleicht mit neuen Prozessen und Teilchen, die unser Verständnis von Energie und Materie verändern.

## Die Kollaboration

ATLAS umfasst 3000 Wissenschaftler aus 180 Institutionen weltweit, die 38 Länder aus allen besiedelten Kontinenten der Welt repräsentieren. Es ist eins der größten gemeinsamen Vorhaben, das jemals in der Wissenschaft unternommen wurde. Fast 1200 Doktoranden sind an der Detektorentwicklung, Datennahme und Analyse beteiligt. Die Kollaboration hängt von den Bemühungen unzähliger Ingenieure, Techniker und Verwaltungsangestellter ab.

ATLAS wählt seine Leitung und hat eine kollaborative Organisationsstruktur mit selbstverwalteten Teams. Die Mitglieder sind direkt in die Entscheidungsprozesse eingebunden. Wissenschaftler arbeiten meist in kleinen Gruppen und wählen die Forschungsgebiete und Daten, die sie am meisten interessieren, selbst aus. Die Ergebnisse werden von allen Mitarbeitern geteilt. Bevor sie veröffentlicht werden unterliegen sie einer strengen Überprüfung und Kontrolle aller Fakten. Der Erfolg der Zusammenarbeit wird durch das individuelle Engagement für die Physik und die Aussicht auf spannende neue Ergebnisse bestimmt. Dies kann nur durch intensiven und kohärente Einsatz erreicht werden.

Der einzige Weg, ein solch anspruchsvolles Projekt mit den nötigen intellektuellen und finanziellen Ressourcen zu verwirklichen und seine wissenschaftlichen Resultate zu maximieren, ist die internationale Zusammenarbeit. ATLAS wird von Geldgebern aus den teilnehmenden Ländern und Universitäten sowie vom CERN finanziert.

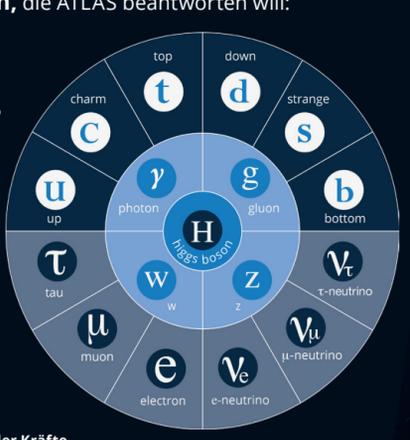


## Die Physik

ATLAS erforscht eine Reihe physikalischer Themen und will dabei unser Verständnis der grundlegenden Bestandteile der Materie verbessern. Hier sind einige der wichtigsten Fragen, die ATLAS beantworten will:

### Was sind die fundamentalen Bausteine der Materie?

Das Standardmodell beschreibt alle bekannten, experimentell beobachteten, elementaren, subatomaren Teilchen im Universum. ATLAS studiert diese Teilchen und sucht nach weiteren, um festzustellen, ob die uns bekannten Teilchen wirklich elementar sind oder ob sie aus anderen, noch fundamentalen Teilchen zusammengesetzt sind.

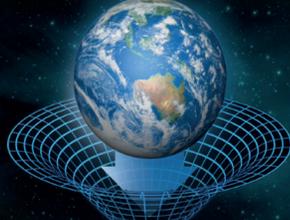


**FERMIONEN - Materie**  
Quarks (rot), Leptonen (blau)

**BOSONEN - Überträger der Kräfte**  
Eichbosonen (gelb), Higgs-Boson (orange)

### Wo ist die Antimaterie geblieben?

Indem wir nach einer Ungleichheit in der Produktion von Materie und Antimaterie suchen, wollen wir verstehen, warum unser Universum nur aus Materie zu bestehen scheint.



## Das Higgs-Boson

Im Jahre 1964 schlugen drei Teams von Physikern unabhängig voneinander einen Mechanismus vor, der erklärt, wie die Überträger der schwachen Wechselwirkung - die W- und Z-Bosonen - ihre Masse erhalten. Ihre Lösung (der BEH-Mechanismus) sagte die Existenz eines Teilchens vorher, das wir nun das Higgs-Boson nennen.

Am 4. Juli 2012 verkündeten das ATLAS und das CMS Experiment am CERN, dass sie unabhängig voneinander ein neues Teilchen entdeckt haben, das den Vorhersagen des Higgs-Bosons entspricht. Daraufhin wurde François Englert und Peter Higgs im Jahre 2013 der Physik-Nobelpreis verliehen.

Nachfolgende Studien haben gezeigt, dass das Higgs-Boson sowohl mit Bosonen als auch mit Fermionen wechselwirkt. Dies ist in Übereinstimmung mit der Vorhersage des Standardmodells, dass alle Elementarteilchen ihre Masse durch das Higgs-Feld erhalten. Das Higgs-Boson wird nun von den Physikern genutzt, um die hochenergetischen Kollisionen des LHC nach neuer Physik zu erforschen.

### Woraus bestand das frühe Universum, und wie wird es sich entwickeln?

In den vom LHC erzeugten Proton-Proton- und Schwerionen-Kollisionen werden Bedingungen geschaffen, wie sie kurz nach dem Urknall vorherrschten, als das Universum noch von hochenergetischen Teilchen und später von einer Ur-Suppe aus Quarks und Gluonen dominiert wurde. ATLAS kann mit Hilfe dieser Kollisionen fundamentalen Fragen nachgehen, wie z.B. dem Studium des Higgs-Feldes oder der dunklen Materie.

### Und was ist mit der Gravitation?

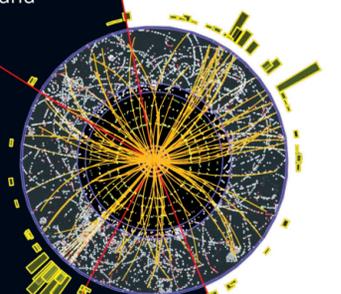
Die Gravitation ist im Vergleich zu den anderen Kräften extrem schwach. Um der Ursache dieses Unterschiedes nachzugehen, studieren wir exotische Phänomene wie z.B. Extra-Dimensionen, Gravitonen und mikroskopische schwarze Löcher.

### Sonst noch was?

Der vielleicht spannendste Aspekt des Physikprogramms von ATLAS ist die Suche nach dem Unbekannten. ATLAS ist in der Lage, nach neuen Phänomenen, die über die bestehenden theoretischen Vorhersagen hinausgehen, zu suchen und sie zu finden.

### Was ist „dunkle Materie“?

Astronomische Messungen deuten darauf hin, dass es Materie gibt, die man nicht direkt sehen kann. ATLAS kann diese „dunkle Materie“ beobachten, indem es nach fehlender Energie und fehlendem Impuls in Proton-Proton-Kollisionen sucht.



# Der ATLAS Detektor

ATLAS ist der Detektor mit dem größten Volumen, der jemals für Teilchenbeschleuniger gebaut wurde. Er ist 46 m lang, hat einen Durchmesser von 25 m und ist in einer Kaverne installiert, die sich fast **100 m unter der Erdoberfläche befindet**.

Der Detektor besteht aus sechs unterschiedlichen Teilsystemen, die den Kollisionspunkt in konzentrischen Lagen umschließen, um die Spuren, den Impuls und die Energie der auslaufenden Teilchen zu bestimmen. Dadurch wird die Identifikation und Vermessung der Teilchen gewährleistet. Ein riesiges Magnetsystem krümmt die Spuren der geladenen Teilchen, so dass ihr Impuls so genau wie möglich gemessen werden kann.

Die Teilchenstrahlen des LHC bewegen sich mit einer Energie von bis zu 7 Billionen Elektronenvolt oder einer Geschwindigkeit von bis zu **99.9999991%** der Lichtgeschwindigkeit. Sie kollidieren im Zentrum des ATLAS Detektors und produzieren dabei neue Teilchen, die vom Kollisionspunkt aus in alle Richtungen davonfliegen.

Über eine Milliarde Teilchen-Kollisionen finden jede Sekunde im ATLAS Detektor statt. Dies entspricht der Datenrate, die entstünde, wenn jeder Mensch der Erde gleichzeitigen 20 Telefongespräche führen würde.

Nur eine von einer Million Kollisionen ist potentiell interessant und wird zur näheren Analyse aufgezeichnet.

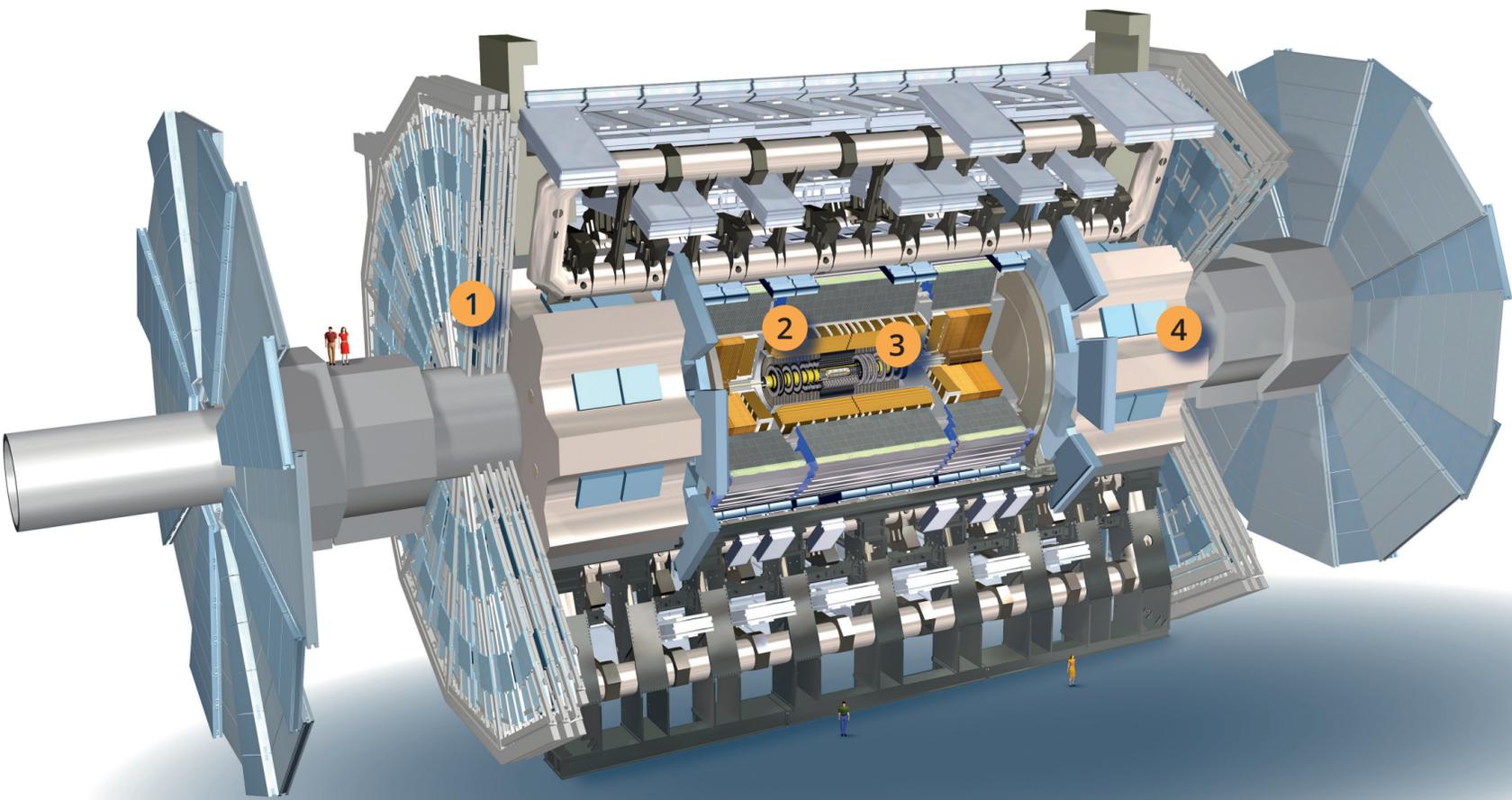
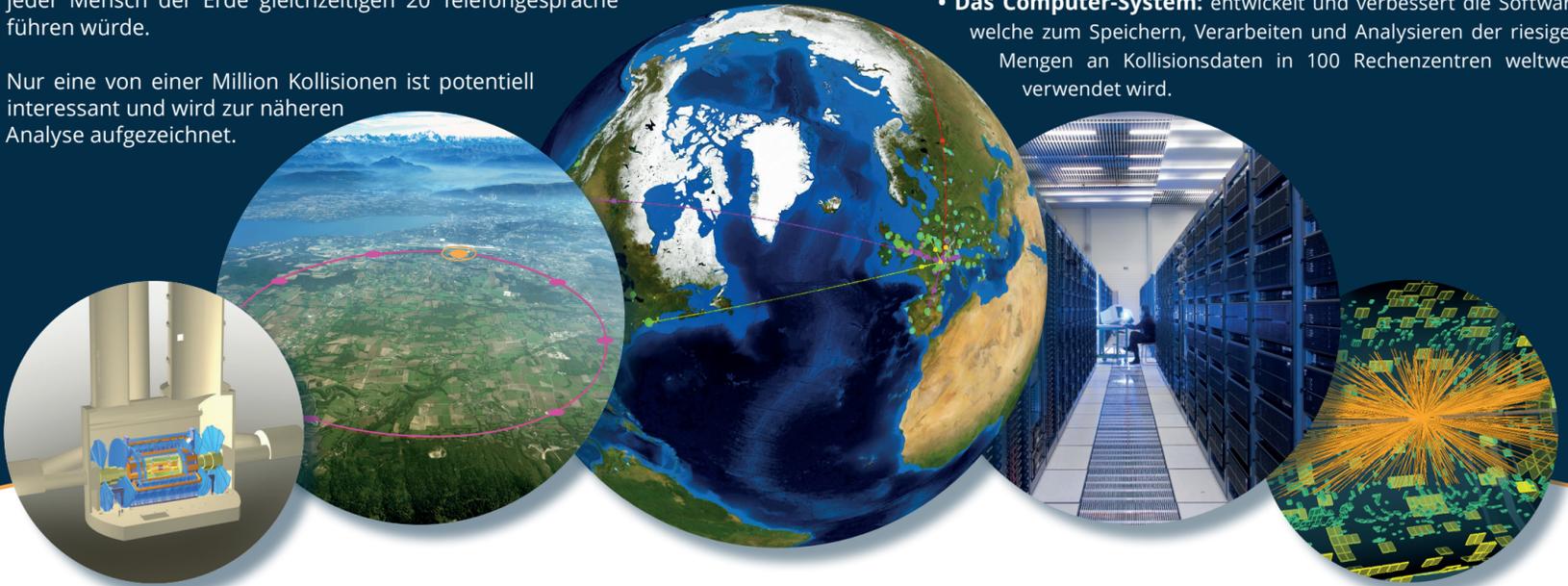
Der Detektor identifiziert die Teilchen und ihre Eigenschaften, um eine breite Palette an Physik zu untersuchen: Vom Studium des Higgs-Bosons und des Top-Quarks bis hin zur Suche nach zusätzlichen Dimensionen und Teilchen, aus denen sich die dunkle Materie zusammensetzen könnte.

Die vier Hauptkomponenten des ATLAS Detektors sind:

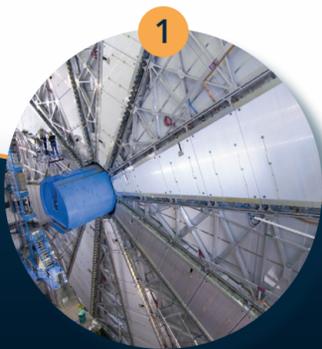
- **Der innere Detektor:** misst den Impuls der geladenen Teilchen
- **Das Kalorimeter:** misst die Energie von geladenen und neutralen Teilchen
- **Das Myon-Spektrometer:** identifiziert Myonen und misst ihren Impuls
- **Das Magnetsystem:** krümmt die Spuren der geladenen Teilchen, um die Messung ihres Impulses zu ermöglichen

In die Detektorkomponenten eingegliedert sind:

- **Das Trigger- und Datennahme-System:** spezialisiertes mehrstufiges System, das Teilchenkollisionen mit bestimmten Erkennungsmerkmalen auswählt
- **Das Computer-System:** entwickelt und verbessert die Software, welche zum Speichern, Verarbeiten und Analysieren der riesigen Mengen an Kollisionsdaten in 100 Rechenzentren weltweit verwendet wird.



## Die vier Hauptkomponenten des ATLAS Detektors



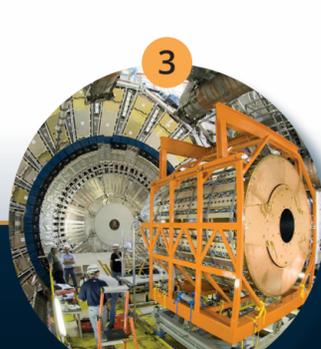
### Das Myon-Spektrometer

identifiziert Myonen und misst ihren Impuls



### Das Kalorimeter

misst die Energie von geladenen und neutralen Teilchen



### Der innere Detektor

misst den Impuls der geladenen Teilchen



### Das Magnetsystem

krümmt die Spuren der geladenen Teilchen, um die Messung ihres Impulses zu ermöglichen

## Anwendungen im Alltag

Die Suche nach Antworten auf grundlegende Fragen über die Eigenschaften der Materie und die Kräfte der Natur erfordert modernste Forschung und Entwicklung, die oft zu Innovationen führt. Beispiele dafür, wie das Wissen und die technologische Innovation von ATLAS auf den Alltag angewendet wurden, sind:

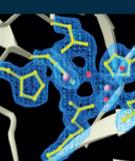


### Supraleitende magnetische Energiespeicher

Die Kenntnisse von ATLAS über die Herstellung supraleitender Spulen können den Bau hochleistungsfähiger Energiespeichersysteme ermöglichen.

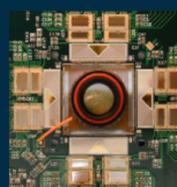
### Hadron-Therapie

Diamant-Sensoren, die für das Upgrade des ATLAS Detektors entwickelt wurden, werden zur Überwachung von Hadron-Strahlen eingesetzt. Diese Art von Strahlen ist wesentlich effektiver bei der Zerstörung von Tumoren als Röntgenstrahlen oder Elektronenstrahlen, wobei sie gesundes umliegendes Gewebe verschont.



### Bildgebende Verfahren in der Medizin

3D-Silizium Sensoren, die für das Upgrade des ATLAS Detektors entwickelt wurden, ermöglichen den Nachweis von Röntgenstrahlen mit verbesserter Auflösung. Die meisten medizinischen Bildgebungsverfahren erfordern die Erkennung von Photonen in verschiedenen Energiebereichen.

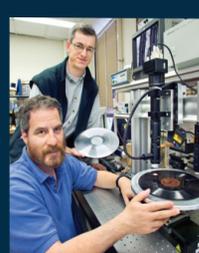
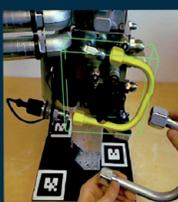


### Retina Projekt

Basierend auf der Silizium-Mikrostreifen Technologie, die im ATLAS Detektor verwendet wird, wurde ein Aufzeichnungssystem für großflächige neuronale Aktivitäten entwickelt. Dies ermöglicht es zu verstehen, wie lebende neuronale Systeme Informationen verarbeiten und kodieren. Dies könnte eines Tages Blinden helfen, künstliches Augenlicht zu erlangen.

### Erweiterte Realität

ATLAS untersucht Technologien zur innovativen Mustererkennung, ein Schlüsselbaustein für Anwendungen in erweiterter Realität. Mitarbeiter, die an heiklen Wartungsarbeiten beteiligt sind, können dadurch Arbeitsabläufe virtuell durchspielen, um die Zeit der Eingriffe und das Risiko von Fehlern zu minimieren. Diese Technologie hat eine Vielzahl industrieller Anwendungen.



### Klangwiedergabe

Die präzisen optischen Bildverarbeitungsverfahren, die zum Messen und Ausrichten jedes der 16000 Siliziumdetektoren des ATLAS Halbleiter-Spurdetektors verwendet werden, können auch auf mechanischen Tonträgern wie z.B. Plattenspielerplatten und Zylinderaufzeichnungen angewendet werden, um die Form der Rillen zu vermessen. Dieses Verfahren wird momentan für den Einsatz in Klangarchiven und -sammlungen entwickelt, um empfindliche oder beschädigte Aufzeichnungen sowie historische Tonaufnahmen wiederherzustellen und zu bewahren.