

Mit freundlicher  
Unterstützung von

**GEO**

# WELT MASCHINE

DIE KLEINSTEN TEILCHEN UND GRÖSSTEN RÄTSEL  
DES UNIVERSUMS

AUSSTELLUNG IM U-BAHNHOF BUNDESTAG, BERLIN

15. OKTOBER BIS 16. NOVEMBER 2008 • [WWW.WELTMASCHINE.DE](http://WWW.WELTMASCHINE.DE)



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung





# Ausstellung Weltmaschine in Berlin

15. Oktober bis  
16. November 2008  
im U-Bahnhof  
Bundestag, Berlin  
[www.weltmaschine.de](http://www.weltmaschine.de)

Was geschah beim Urknall? Woraus besteht das Universum? Woher kommt die Masse? Wo ist die Antimaterie? Mit dem leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger, der jemals gebaut wurde, versuchen Wissenschaftler aus aller Welt, diese fundamentalen Fragen zu beantworten: mit dem Large Hadron Collider LHC. Dieses größte Physik-Experiment der Menschheit ist im Sommer 2008 am Europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf angelaufen.

Rund 900 Kilometer weiter nördlich dokumentiert die Ausstellung Weltmaschine mit großformatigen Bildern des Fotografen Peter Ginter den Bau des LHC. Originalexponate erklären, wie der LHC funktioniert, und deutsche Physiker, die am Bau des LHC beteiligt waren und die in den nächsten Jahren dort forschen werden, beantworten Fragen rund um diesen Teilchenbeschleuniger.

Die folgenden Seiten geben einen Einblick in die Berliner Ausstellung und damit in die faszinierende Welt des LHC.

## Grußwort

Die Suche nach den Anfängen des Universums ist eines der eindrucksvollsten Beispiele für die Faszination, die von der Forschung ausgeht. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler suchen mit immer größeren Geräten nach immer kleineren Teilchen. Der Large Hadron Collider LHC, der weltweit stärkste Teilchenbeschleuniger, führt diese Suche zu einem neuen Höhepunkt.

Damit wird die mehr als 50-jährige Erfolgsgeschichte des CERN fortgeschrieben, die beispielhaft wissenschaftliche Spitzenleistungen und Völkerverständigung miteinander verbindet. Am CERN arbeiten 2 500 Menschen aus ganz Europa und mehr als 8 000 Gastwissenschaftler von 580 Forschungseinrichtungen aus der ganzen Welt. Etwa 1 000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stammen aus Deutschland.

Von den Experimenten am LHC erwarten die Forscherinnen und Forscher völlig neue Erkenntnisse über die Bausteine der Materie und die Kräfte, die sie zusammenhalten. Das CERN liefert aber nicht nur bahnbrechende Ergebnisse in der Grundlagenforschung. Viele der dort entwickelten Technologien und Prozesse – beispielsweise das World Wide Web – bereichern inzwischen unseren Alltag. Wissen, das am CERN gewonnen wurde, kommt auch in medizinischen Therapien und Untersuchungen zum Einsatz, etwa bei bildgebenden Verfahren.

Deutschland ist ein wichtiger Partner in diesem Projekt. Das CERN ist ein gutes Beispiel für die Internationalität der Forschung.

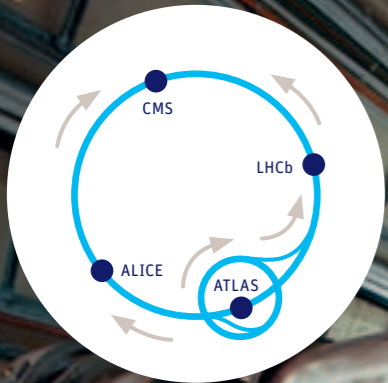
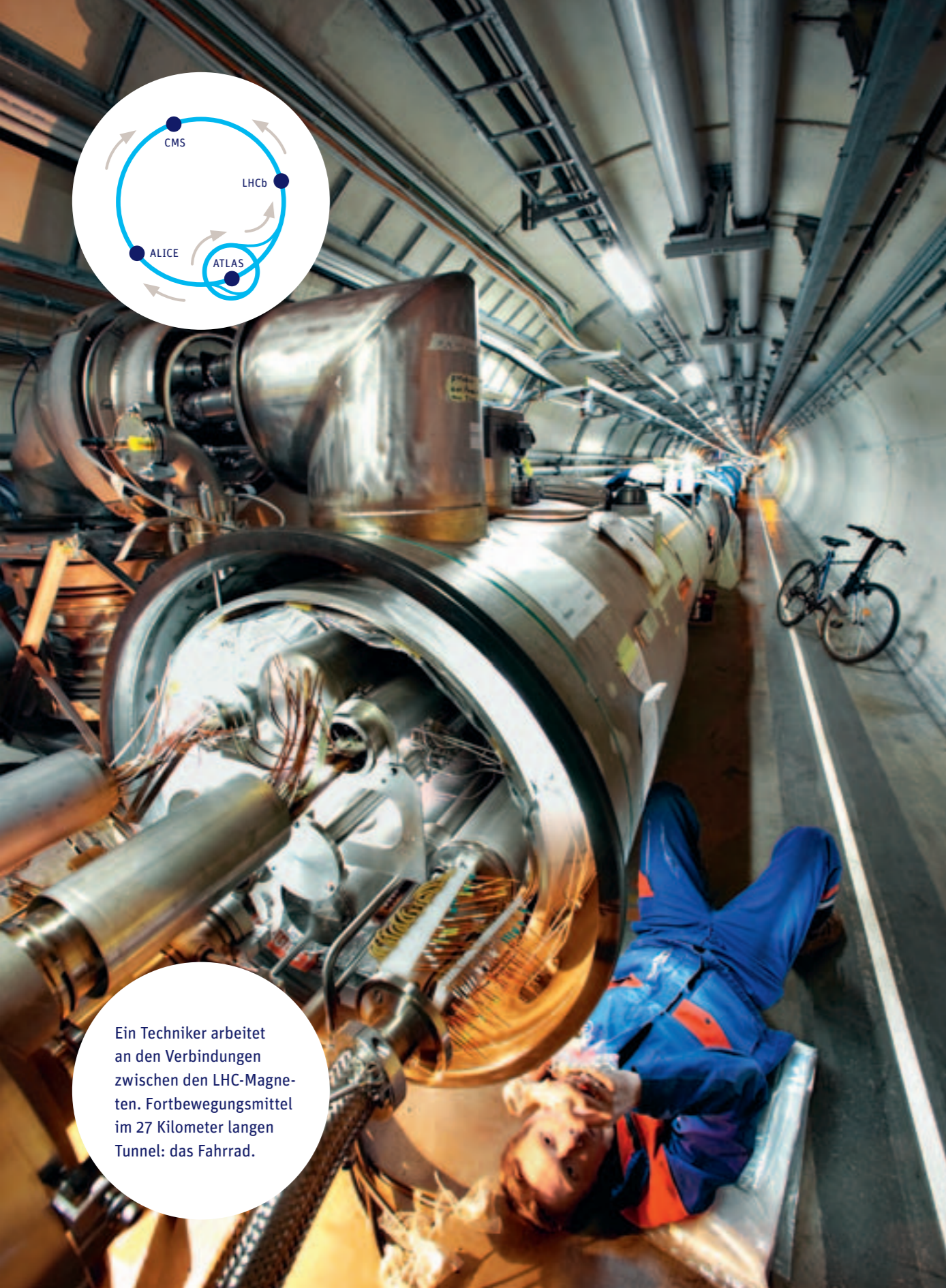
Die Ausstellung Weltmaschine und dieser Beileger eröffnen spannende Einblicke in die faszinierende Welt der Grundlagenforschung. Sie geben darüber hinaus eine Vorstellung von der Arbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am CERN und davon, wie die Internationalisierung der Wissenschaft an diesem Ort der Spitzenforschung gelebt wird.



*Annette Schavan*

Dr. Annette Schavan, MdB  
Bundesministerin für Bildung und Forschung





Ein Techniker arbeitet an den Verbindungen zwischen den LHC-Magneten. Fortbewegungsmittel im 27 Kilometer langen Tunnel: das Fahrrad.

# Dem Urknall auf der Spur

Von jeher suchen Wissenschaftler nach dem Ursprung des Universums. Seit September 2008 sind sie dafür so gut gerüstet wie noch nie: Der Large Hadron Collider LHC hat am Europäischen Kernforschungszentrum CERN seine Arbeit aufgenommen. Der größte und leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger der Welt erstreckt sich 100 Meter unter der Erdoberfläche im Grenzgebiet zwischen Frankreich und der Schweiz auf einer Länge von 27 Kilometern. Mehr als 14 Jahre lang haben Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker daran gebaut und wurden dabei maßgeblich vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF unterstützt. Rund 1000 deutsche Wissenschaftler sind an dem größten Experiment der Menschheit beteiligt.

## Am LHC sollen die Schlüsselfragen der Physik gelöst werden

Der LHC ermöglicht den Forschern eine Reise in die Vergangenheit – sie nutzen ihn, um Zustände wie unmittelbar nach dem Urknall zu erzeugen. Dazu lassen sie zwei gegenläufige Teilchenstrahlen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durch den Beschleuniger ring rasen. Die Teilchen umrunden den LHC 11 000-mal pro Sekunde, starke Magnetfelder halten sie dabei auf ihrer Bahn. Die Spulen der mehr als 1 000 Magnete sind aus supraleitenden Kabeln gewickelt, durch die Strom ohne Widerstand und damit ohne Energieverlust fließt. Dafür müssen sie mit flüssigem Helium auf minus 271 Grad Celsius heruntergekühlt werden. Diese Temperatur ist niedriger als die im Weltall und macht das Kühlsystem des LHC zum größten Kühlschranks der Welt.

An vier Stellen im Ring prallen die Teilchenstrahlen aufeinander. Dabei entstehen enorm viele neue Teilchen. Mit Hilfe der Detektoren ATLAS, CMS, ALICE und LHCb untersuchen die Forscher diese Teilchen und schließen so darauf, was kurz nach dem Urknall passiert ist.

## Grundlagenforschung nutzt auch im Alltag

Grundlagenforschung strebt nach Erkenntnisgewinn: Forscher wollen herausfinden, was die Welt im Innersten zusammenhält. Auf der Suche nach Antworten auf ihre Fragen machen sie Entdeckungen oder entwickeln neue Technologien, ohne die viele Bereiche unseres Lebens nicht mehr auskommen. Medizin, Kommunikation, Umwelttechnik, Unterhaltungsindustrie – sie alle profitieren von den hochentwickelten Beschleunigern, Detektoren und Methoden der Teilchenphysik.

An den Entwicklungen für die Teilchenphysik sind häufig Firmen beteiligt, die die neuen Technologien in andere Bereiche übertragen und durch diese Innovationen neue Geschäftsfelder erschließen. Deutsche Unternehmen haben an zahlreichen großen Hightech-Projekten am LHC mitgewirkt.

## Deutschland engagiert sich für Forschung und Ausbildung am LHC

Außerdem werden am CERN ebenso wie an anderen Forschungsinstituten und Universitäten der ganzen Welt jedes Jahr tausende hochqualifizierte junge Menschen ausgebildet, die mit ihren Kenntnissen und Fähigkeiten aus der Forschung die Wirtschaft und Wissenschaft vorantreiben. Damit Deutschland auch weiterhin eine starke Rolle bei der Grundlagenforschung spielt und von ihren Errungenschaften profitiert, unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF die Grundlagenforschung mit großem Engagement. Das BMBF trägt jährlich rund 130 Millionen Euro, das sind etwa 20 Prozent des CERN-Haushalts. Das Ministerium stellt außerdem jährlich 15 Millionen Euro für Projekte an Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland bereit, deren Wissenschaftler sich an der Arbeit am CERN beteiligen und die dortigen Forschungsanlagen nutzen.



# Vier Detektoren

## der Weltmaschine

### ATLAS

#### Der Riese

ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS) ist der größte Teilchendetektor, der jemals gebaut wurde:

Er ist etwa so groß wie ein fünfstöckiges Haus. Mehr als 2 200 Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure aus 37 Ländern haben an seiner Entwicklung gearbeitet.

ATLAS wird nach neuen physikalischen Phänomenen fahnden, beispielsweise nach dem Higgs-Teilchen, nach Teilchenkandidaten für die Dunkle Materie oder nach zusätzlichen Raumdimensionen.

Hauptmerkmal des ATLAS-Detektors ist sein Magnet-system. Es besteht aus acht 25 Meter langen supra-leitenden Magnetspulen, die zylinderförmig um das Strahlrohr angeordnet sind. Das Magnetfeld krümmt die Spuren der Teilchen, sodass ihr Impuls gemessen werden kann.

### CMS

#### Der Schwere

CMS (Compact Muon Solenoid) ist mit einem Gewicht von 12 500 Tonnen der schwerste Teilchendetektor der Welt. Wie ATLAS ist er ein Vielzweckdetektor und sucht nach dem Higgs-Teilchen, nach Teilchenkandidaten für die Dunkle Materie oder nach zusätzlichen Raumdimensionen.

Hauptbestandteil von CMS ist ein Magnet, dessen Feld etwa 100 000-mal stärker ist als das der Erde. Das Stahljoch zur Begrenzung dieses Feldes macht den Detektor so schwer. Es ist in drei Lagen unterteilt, deren Zwischenräume mit Gas gefüllt sind. In diesen Kammern können hochenergetische Myonen, die schwereren Geschwister der Elektronen, nachgewiesen werden.

### LHCb

#### Die Suche nach dem kleinen Unterschied

Wissenschaftler gehen am LHCb-Detektor (Large Hadron Collider beauty) der Frage nach, warum unser Universum hauptsächlich aus Materie und nicht aus Antimaterie besteht. Denn beim Urknall entstanden Materie und Antimaterie zu gleichen Teilen. Würden für beide die gleichen physikalischen Gesetze gelten, hätten sie einander vernichten müssen. Forscher untersuchen den kleinen Unterschied zwischen Materie und Antimaterie anhand so genannter beauty- oder b-Quarks.

Um die gesuchten beauty-Teilchen zu identifizieren, haben die Wissenschaftler am LHCb-Detektor besondere Spurdetektoren entwickelt.

### ALICE

#### Die Plasmaschmiede

Am ALICE-Detektor (A Large Ion Collider Experiment) soll der Urzustand der Materie erzeugt und untersucht werden, wie es ihn wenige millionstel Sekunden nach dem Urknall gab. Anders als bei den anderen drei Detektoren werden am ALICE-Detektor Blei-Atomkerne zur Kollision gebracht. Dabei entstehen Temperaturen, die mehrere 100 000-mal höher sind als die im Innern der Sonne.

Wissenschaftler erwarten, dass die Bestandteile der Kerne, die Protonen und Neutronen, in dieser unvorstellbaren Hitze zusammenschmelzen und ihre inneren Bindungen verlieren. So soll die Ursuppe nachgebildet werden, der Plasmazustand aus Quarks und Gluonen, wie er wenige millionstel Sekunden nach dem Urknall existiert haben soll.





**ATLAS**

Länge 46 m

Höhe 25 m

Masse 7000 t

Forscher 2200

Die Windungen der mächtigen ATLAS-Toroid-Magnetspule sind sichtbar. Beim Zusammenbau mussten sich Techniker wie Bergsteiger anseilen.



**CMS**

**Länge 21 m**

**Höhe 15 m**

**Masse 12 500 t**

**Forscher 2 000**

Hier zählt jeder Milli-  
meter: Techniker fügen  
in der unterirdischen  
Kaverne die Bestandteile  
des CMS-Detektors exakt  
zusammen.



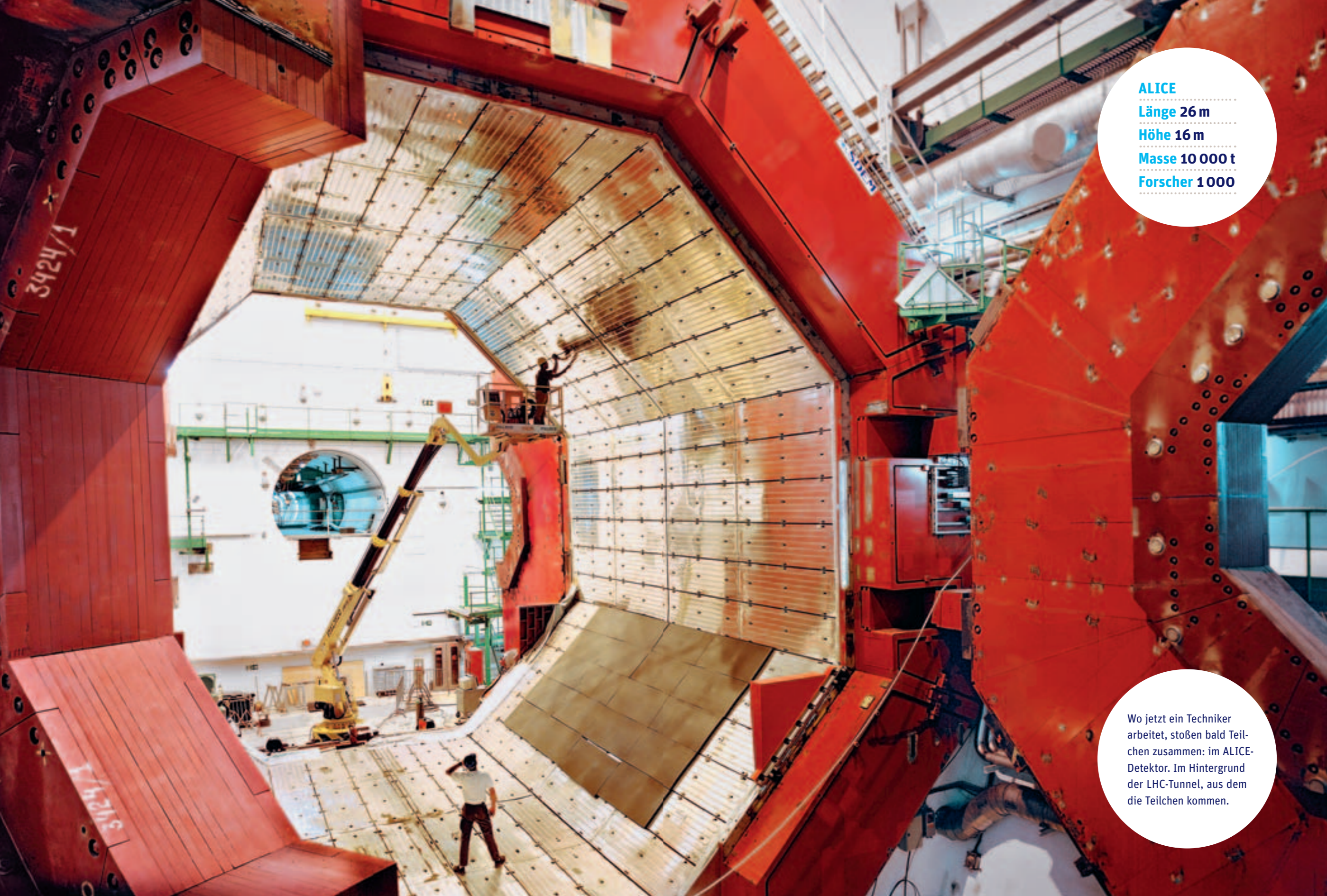




**LHCb**  
Länge 21 m  
Höhe 10 m  
Masse 5600 t  
Forscher 680

Schwungvoll gebogene Magnete bilden das Herzstück des LHCb-Detektors. Das sie umgebende Eisenjoch verstärkt und formt ihr Magnetfeld.





**ALICE**  
Länge 26 m  
Höhe 16 m  
Masse 10 000 t  
Forscher 1 000

Wo jetzt ein Techniker arbeitet, stoßen bald Teilchen zusammen: im ALICE-Detektor. Im Hintergrund der LHC-Tunnel, aus dem die Teilchen kommen.

3424/1

3424/1



# Weltmaschine

## Die kleinsten Teilchen und größten Rätsel des Universums

### Ausstellung im U-Bahnhof Bundestag, Berlin

#### Öffnungszeiten

15. Oktober bis 16. November 2008

Montag bis Sonntag 10–19 Uhr · Donnerstag 10–22 Uhr

#### Adresse und Anfahrt

U-Bahnhof Bundestag, Berlin

Paul-Löbe-Allee gegenüber dem Bundeskanzleramt

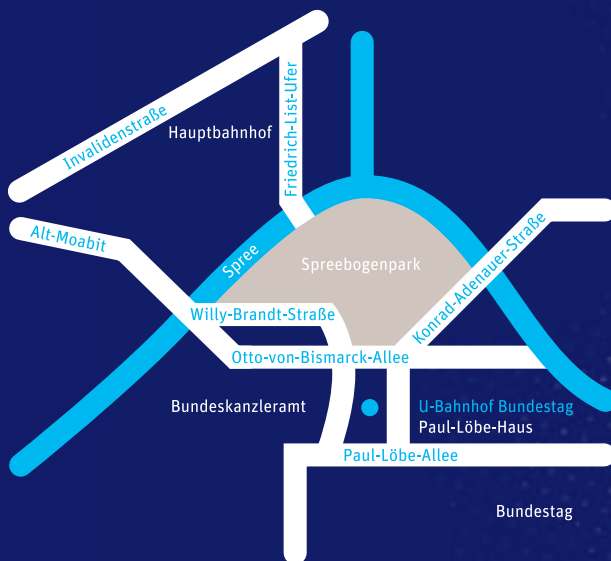
Informationen und Anmeldung von Gruppen unter

[www.weltmaschine.de](http://www.weltmaschine.de)

**Der Eintritt ist frei.**

**Es finden regelmäßig kostenlose Führungen statt.**

**Ein behindertengerechter Zugang ist vorhanden.**



#### Impressum

Herausgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF,

Referat für Europäische Forschungsorganisationen, 53170 Bonn

Idee, Konzeption und Umsetzung: Scholz & Friends Berlin GmbH

Redaktion: K. Voß und B. Warmbein,

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg

Fachbeirat: German Executive LHC Outreach Group GELOG

Fotos: Peter Ginter · Druck: Appl Aprinta · Bonn, Berlin 2008

Weitere Informationen finden Sie unter [www.weltmaschine.de](http://www.weltmaschine.de)