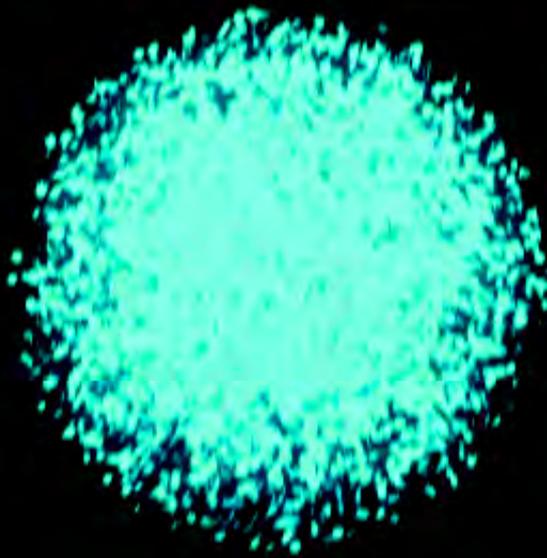


Lehrerbroschüre

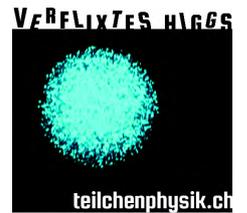
für Plakatserie

VERFLIXTES HIGGS



teilchenphysik.ch

Lehrerbroschüre



Impressum:

Autorin: Dr. Angela Büchler, abuechle@physik.uzh.ch, Universität Zürich

Herausgeber: Projekt 'Verflixtes Higgs' unter der Leitung von PD Hans Peter Beck, Universität Bern

Version vom 30. November 2012.

Die Autorin und der Herausgeber werden am Schluss der Lehrerbroschüre vorgestellt.

Rechte Bilder: Cern Document Server oder offen für freien Gebrauch von Wikipedia

Ein spezieller Dank geht an Rolf Landua, CERN für sein Quiz.

Die Entstehung dieser Broschüre wurde unterstützt mit einem finanziellen Beitrag der Universität Zürich.

Eine Zusammenarbeit von:

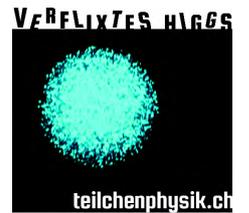


Universität
Zürich ^{UZH}

u^b

UNIVERSITÄT
BERN

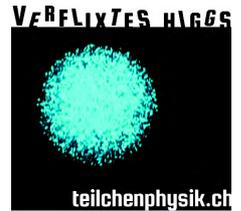
Lehrerbroschüre



Inhalt

Einleitung.....	4
Lektionsvorschlag 1: Einstieg.....	6
Lektionsvorschlag 2: Higgs, Urknall, Standard Modell.....	8
Lektionsvorschlag 3: CERN.....	10
Lektionsvorschlag 4: Fragen und Antworten, Quiz.....	11
Weitere Lektionen.....	11
Fragen und Antworten.....	12
Plakat 1: 'Neues Elementarteilchen entdeckt'.....	12
Plakat 2: 'Teilchenbeschleuniger LHC'.....	12
Plakat 3: 'Jetzt scheint das Higgs gefunden'.....	14
Plakat 4: 'Das Nichts existiert nicht'.....	16
Plakat 5: '25 Bausteine'.....	16
Links.....	19
Anhang.....	19

Lehrerbroschüre



Einleitung

Der Lehrerbroschüre ist dazu gedacht, Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern den Einstieg in die Teilchenphysik zu erleichtern und Zugang zur fünfteilige Plakatserie zur Higgs-Entdeckung zu finden:

- Plakat 1: **'Neues Elementarteilchen entdeckt'**
- Plakat 2: **'Teilchenbeschleuniger LHC'**
- Plakat 3: **'Jetzt scheint das Higgs gefunden'**
- Plakat 4: **'Das Nichts existiert nicht'**
- Plakat 5: **'25 Bausteine'**

Dazu werden einige konkrete Lektionsvorschläge (à 45min) gemacht, in deren Rahmen die Plakate ein fester Bestandteil sind.

Mögliche Fragen und ihre Antworten, die zu den Plakaten auftauchen könnten, sind im Kapitel Fragen und Antworten zu finden.

Weiterführende Links zu den Plakaten, zu weiteren Unterrichtsmaterialien und zur Teilchenphysik im Allgemeinen sind im letzten Kapitel zusammengestellt.

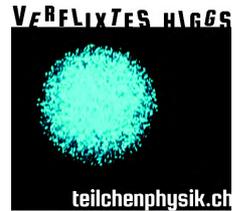
Auf www.teilchenphysik.ch sind aktuelle und interessante News zum Thema zu finden. Ausserdem werden fortlaufend Videointerviews aufgeschaltet, die unter anderem mit auf den Plakaten abgebildeten Forscherinnen und Forschern geführt wurden.

Bitte kontaktieren Sie uns (abuechle@physik.uzh.ch, Hans.Peter.Beck@cern.ch) wenn Sie:

- Anregungen haben zur Lehrerbroschüre,
- jemand von uns für eine Schulstunde einladen möchten,
- eine Führung ans CERN organisieren möchten.

Wir freuen uns, wenn die Teilchenphysik ein fester Bestandteil Ihres Unterrichts wird und das Interesse der Lernenden nachhaltig geweckt werden kann.

Lehrerbroschüre



Die fünf Plakate zur Higgs-Entdeckung und diese Lehrerbroschüre mit Arbeitsblättern und Folien können heruntergeladen werden unter www.teilchenphysik.ch/unterricht.

Zusätzliche Plakatserien und Lehrerbroschüren in gedruckter Form können bestellt werden bei:

PD Dr. Hans Peter Beck
Universität Bern, Sidlerstr. 5
3012 Bern
Hans.Peter.Beck@cern.ch.

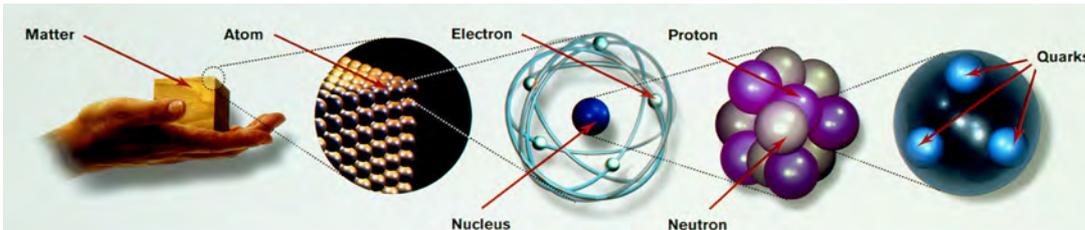
Das Arbeitspaket für die Lehrerbroschüre umfasst folgende Dateien:

- Lehrerbroschuere.pdf
- ArbeitsblattElementarteilchen.pdf
- ArbeitsblattCern.pdf
- FolieLektion2.pdf
- ArbeitsblattFragenUndAntworten.pdf

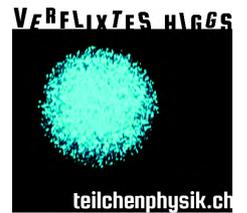
Lektionsvorschlag 1: Einstieg

Material:

ca. 30x20 cm grosse Zettel, Periodensystem der Elemente, ArbeitsblattElementarteilchen.pdf

Zeit	Tätigkeiten
5'	<p>Einstieg: Kleiner Wettbewerb: Wer findet mit seinem Handy am schnellsten heraus, warum der 4. Juli 2012 für die Physik ein besonderer Tag war? Das Higgs Teilchen wurde gefunden.</p> <p>Das Higgs Teilchen ist ein Elementarteilchen. Alle Handys weglegen.</p>
5'	<p>Wer kennt noch ein anderes Elementarteilchen? Nach vorne zur Wandtafel kommen und das entsprechende Elementarteilchen an die Wandtafel schreiben. Für jedes Elementarteilchen gibts einen Sugas.</p>
10'	<p>Was sind überhaupt Elementarteilchen? Arbeitsblatt verteilen. -> Grundbausteine der Materie. An folgendem Bild erklären.</p>  <p><i>Illustration 1: Ausschnitt von Grafik vom Cern Document Server</i></p> <p>Wir alle und das gesamte Universum sind aus Elementarteilchen zusammengebaut.</p> <p>Der Mensch ist neugierig und versucht die Vorgänge um ihn herum zu verstehen und zu erklären. Man möchte eine stimmige Beschreibung finden für die Vorgänge. Als erster Schritt ist ein Ordnungssystem zu finden nach Funktion oder Eigenschaften der untersuchten Gebilde. Ein Beispiel dafür ist das Periodensystem der Elemente. -> Periodensystem zeigen und kurz erklären wie die Elemente nach Funktion und Anzahl Protonen geordnet sind.</p>

Lehrerbroschüre



Das Periodensystem geht von 3 Bausteinen aus: Elektronen, Protonen und Neutronen.
Später fand man heraus, dass die Protonen und Neutronen nicht elementar sind und aus Quarks bestehen.
Die Elementarteilchenphysiker haben nun ein ähnliches Ordnungssystem.

Schon bekannte Elementarteilchen gemeinsam ins Standard Modell eintragen.

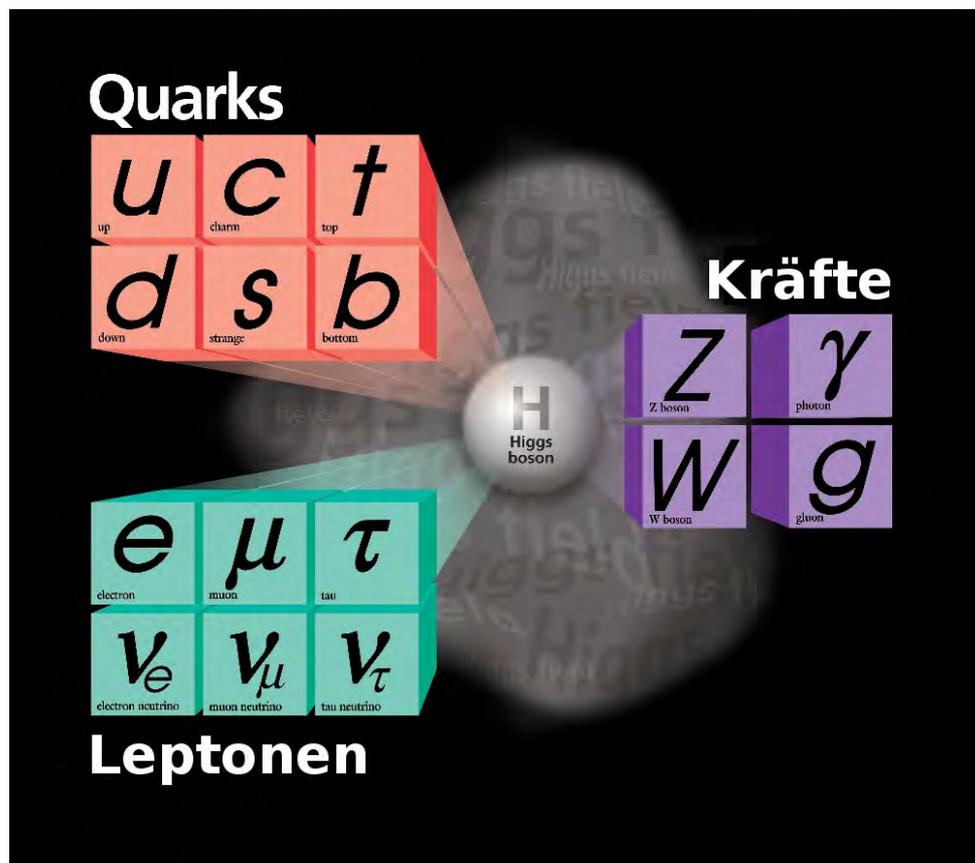


Illustration 2: Modifizierte Grafik von Fermi National Accelerator Laboratory (auf Wikipedia verfügbar)

20'

Das Higgs Boson hat einen Einfluss auf alle anderen Elementarteilchen, wie auf dem Arbeitsblatt zu sehen ist.

Schüler in 3 Gruppen aufteilen.

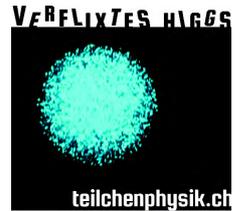
Pro Schüler 2 Zettel mitgeben.

Um einen ersten Eindruck vom Higgs zu bekommen liest jede Gruppe ein Plakat von den Plakaten 1-3.

Jeder notiert 2 Fragen, die beim Lesen des Plakats auftauchen auf je einen Zettel. Pro Gruppe möglichst verschiedene Fragen.

Zurückkommen 5 min vor Stundenende.

Lehrerbroschüre



5' Fragen der Lehrperson abgeben.
Hausaufgabe: Plakat 5 lesen und Standard Modell auf Arbeitsblatt mit Bleistift vervollständigen.

Lektionsvorschlag 2: Higgs, Urknall, Standard Modell

Material:

Videos Urknall und Higgs:

<http://cdsweb.cern.ch/record/1323327>

<http://cdsweb.cern.ch/record/1128122>

Folie zum Projizieren: FolieLektion2.pdf

Zeit	Tätigkeiten
5'	Einstieg: Film (deutsch) über den Urknall, die Entstehung der Teilchen und des Universums. Downloaden unter: http://cdsweb.cern.ch/record/1323327
10'	Um die Bedeutung des Higgs im Standard Modell und in der Beschreibung der Materie zu verstehen, werden wir zuerst das Ordnungssystem (Standard Modell) vervollständigen, das ihr als Hausaufgabe zu erstellen versucht habt. -> Lösung FolieLektion2.pdf projizieren und Schüler vervollständigen lassen.
5'	Ordnung erklären und ausfüllen lassen auf Arbeitsblatt: Elementarteilchen geordnet nach: elektrischer Ladung (+2/3, -1/3, -1, 0), Masse, Fermionen (halbzahliger Spin) oder Bosonen (ganzzahliger Spin), Spin: eine Art Drehimpuls.

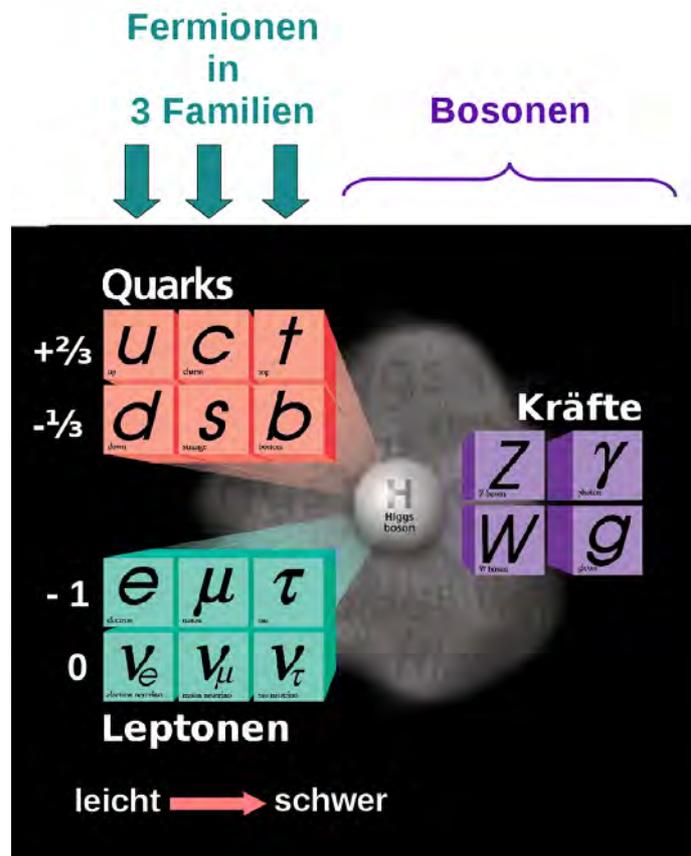
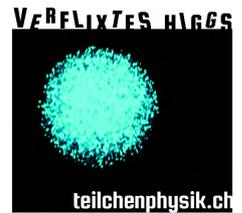


Illustration 3: Modifizierte Grafik vom Fermi National Accelerator Laboratory.

- 20' Interessanterweise gibt es Fermionen in 3 Familien. Die Eigenschaften der entsprechenden Partner in den 3 Familien sind genau gleich, bis auf die Masse. Hier kommt das Higgs ins Spiel: das Higgs ist verantwortlich für die verschiedenen Teilchenmassen. Gemeinsam englisches Video über das Higgs anschauen, jeweils stoppen und die wichtigsten Informationen übersetzen und erklären. Video downloaden unter <http://cdsweb.cern.ch/record/1128122>
- 5' Hausaufgabe: die andern 2 Plakate lesen, die in Lektion 1 in der Gruppe noch nicht angeschaut wurden.

Lehrerbroschüre



Lektionsvorschlag 3: CERN

Material:

Computerraum: pro 2-3 Schüler ein Computer, ev. Kopfhörer

Arbeitsblatt: ArbeitsblattCern.pdf

Die virtuellen Touren sollten vorher kurz ausprobiert werden, damit die Schüler mit der Navigation klarkommen.

Zeit	Tätigkeiten
5'	<p>Einstieg: Arbeitsblatt Cern verteilen. Film (deutsch) CERN in 3 Minuten Downloaden unter: http://cdsweb.cern.ch/record/986168 Gemeinsam anschauen, Notizen auf Arbeitsblatt neben erstem Bild.</p>
Je 10 '	<p>Gruppenarbeit zu zweit oder zu dritt, ev. Computer schon vorbereiten mit den jeweiligen Seiten und nach 10 min Plätze wechseln</p> <p>Video, the bottle to bang: http://cdsweb.cern.ch/record/1125472?ln=en Notizen machen auf Arbeitsblatt wie Protonen erzeugt und beschleunigt werden, Pfad der Protonenbeschleunigung auf Bild mit Leuchtstift einzeichnen</p> <p>Atlas virtuelle Tour: http://virtualvisit.web.cern.ch/VirtualVisit/ATLAS/HTML/index.html Atlas interaktiv entdecken.</p> <p>CMS virtuelle Tour: http://blog.360cities.net/virtual-tour-the-large-hadron-collider-cms-experiment-in-cern/ Auf Bilder klicken um Tour zu beginnen und Fullscreen wählen.</p> <p>Für Interessierte: es hat noch zwei weitere grosse Experimente am LHC: ALICE und LHCb.</p> <p>LHCb virtuelle Tour: http://lhcb.web.cern.ch/lhcb/News%20of%20pit8/Pictures/LHCbVirtualTour/cern_flash.htm LHCb entdecken auf den 360° Bildern: zoomen und herumschauen auf den Bildern</p>

Lektionsvorschlag 4: Fragen und Antworten, Quiz

Material:

Zettel mit Fragen von der 1. Stunde: Vorbereiten von Antworten, die die Schüler nicht wissen können, das Kapitel Fragen und Antworten kann hilfreich sein.

Magnete

Wandtafel

Arbeitsblatt: ArbeitsblattFragenUndAntworten.pdf

Auf Beamer: http://edu-resources.web.cern.ch/edu-Resources/Top10Mysteries_2006.ppt

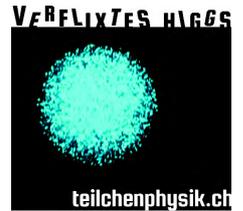
Zeit	Tätigkeiten
30'	<p>Arbeitsblatt Fragen und Antworten verteilen. Fragen auf den Zetteln von der 1. Stunde an Wandtafel hängen.</p> <p>Wer kennt mittlerweile die Antwort auf eine dieser Fragen? Nach vorne kommen, Zettel in die Hand nehmen und erklären. Lehrperson schreibt Antwort auf Wandtafel -> alle schreiben mit auf dem Arbeitsblatt.</p> <p>Lehrperson beantwortet wenn möglich die weiteren Fragen -> mitschreiben auf Arbeitsblatt.</p> <p>Für Fragen die nicht beantwortet werden können: Freiwillige suchen, die diese Fragen auf Facebook Verflixtes Higgs stellen: https://www.facebook.com/VerflixtesHiggs</p>
15'	<p>Schüler in 2 Gruppen: Quiz von Rolf Landua (englisch) http://edu-resources.web.cern.ch/edu-Resources/Top10Mysteries_2006.ppt Immer abwechselungsweise eine Folie beantworten: die Gruppe mit mehr Punkten hat gewonnen....</p>

Weitere Lektionen

Kurze Schülervorträge über Vertiefungsthemen: Beschleunigermagnete am CERN, Vakuum Plakat 4, Zerfallskanäle des Higgs, Detektor ATLAS, CMS, LHCb oder ALICE, ...

Materie – Antimaterie, z.B. im Zusammenhang mit dem Buch von Dan Brown und der Verfilmung von Illuminati:

http://www.lhep.unibe.ch/illuminati/files/angels_demons_hpb.pdf



Fragen und Antworten

Plakat 1: 'Neues Elementarteilchen entdeckt'

Folgende Fragen werden auf der Webseite www.teilchenphysik.ch beantwortet:

- Was ist das Higgs-Teilchen?
- Was ist das Higgs-Feld?
- Wie wirkt der Higgs-Mechanismus?
- Welche Eigenschaften hat das Higgs?
- Wie entsteht das Higgs-Teilchen?
- Was bringt der Higgs-Mechanismus?
- Wie lässt sich das Higgs nachweisen?
- Wie entsteht beim Protonen-Crash ein Higgs?
- Existiert das Higgs tatsächlich?
- Was, wenn das neu entdeckte Teilchen nicht das Higgs wäre?
- Wer ist Peter Higgs?

Was ist dieses andere Buch, auf das sich Leon Lederman im Zitat bezieht?

Die Bibel.

Plakat 2: 'Teilchenbeschleuniger LHC'

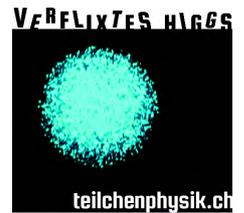
Wie können Protonen beschleunigt werden?

Protonen sind elektrisch positiv geladen. Diesen Umstand machen sich die Physiker zu Nutze indem sie ein elektromagnetisches Feld benutzen, um die Teilchen zu beschleunigen. Z.B mit einem Dipolmagneten (siehe übernächste Frage).

Werden einzelne oder mehrere Protonen beschleunigt?

Die Protonen werden in Schwärmen (engl. Schwarm = bunch) beschleunigt. Ein solcher Protonenschwarm ist sehr dicht und enthält ca. 100'000'000'000 (10^{11}) Protonen. Die Protonen sind alle positiv geladen und stossen sich gegenseitig ab. Daher stellen weitere Magnete sicher, dass der Schwarm beisammen bleibt und drücken ihn immer wieder zusammen von allen Seiten. Der LHC Ring wird jeweils mit vielen Schwärmen gefüllt, die voneinander etwas Abstand haben und wie ein Zug mit vielen Wagen durch den Ring flitzen.

Lehrerbroschüre



Wie sieht so ein Magnet aus, der die Teilchen beschleunigt?

Ein supraleitender Dipolmagnet sieht folgendermassen aus:

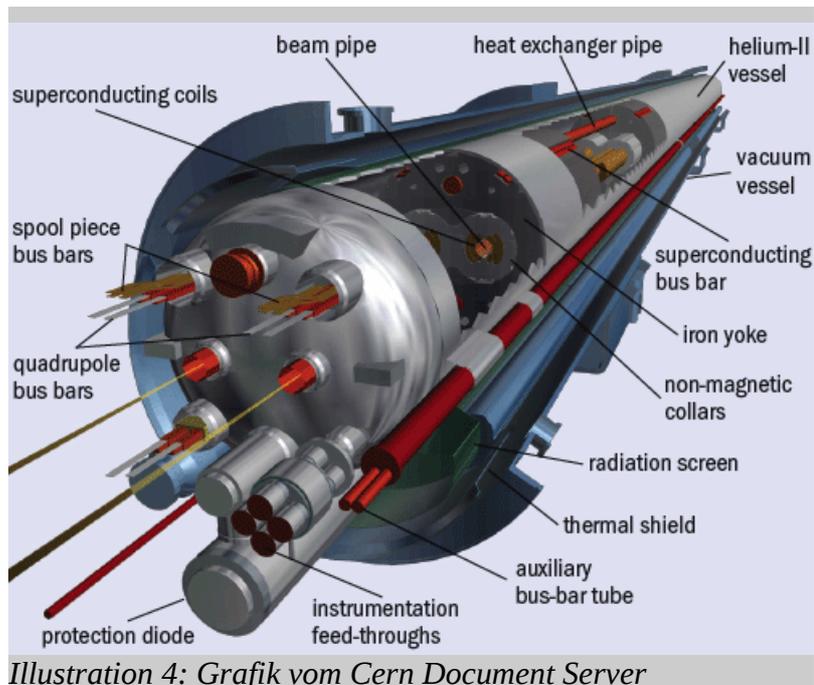


Illustration 4: Grafik vom Cern Document Server

Es hat aber noch andere Magneten (Quadrupole, Sextupole, etc.) die z.B. für die Bündelung der Protonenschwärme wichtig sind.

In welche anderen Elementarteilchen zerfällt das Higgs?

Das Higgs kann zu ganz verschiedenen anderen Elementarteilchen zerfallen. Die Zerfallsprodukte sind unter Umständen auch keine stabilen Elementarteilchen und zerfallen dann weiter in noch leichtere Elementarteilchen.

Drei der momentan interessantesten Zerfallskombinationen um nach einem Higgs Teilchen der Masse $125 \text{ GeV}/c^2$ zu suchen sind zum Beispiel:

Das Higgs zerfällt zu zwei Photonen. Die Wahrscheinlichkeit dieses Zerfalls beträgt 0.23%.

Das Higgs zerfällt zu zwei Z^0 Teilchen, das eine Z^0 Teilchen zerfällt zu einem Myon und einem Anti-Myon, das andere Z^0 Teilchen zerfällt zu einem Elektron und einem Positron. Die Wahrscheinlichkeit dieser Zerfallskette beträgt 0.0125 %.

Das Higgs zerfällt zu einem W^+ und W^- Teilchen. Das W^+ Teilchen zerfällt dann zu einem Anti-Myon und einem Myon-Neutrino, das W^- Teilchen zu einem Elektron und einem Elektron-Neutrino. Die Wahrscheinlichkeit dieser Zerfallskette beträgt 1.06 %.

Lehrerbroschüre



Es gibt Zerfallsketten, die weit häufiger sind, als die drei beschriebenen: z.B. wenn das Higgs zu einem b-Quark und einem Anti-b-Quark zerfällt (57%). Diese sind aber in den vielen Proton-Proton Kollisionen nicht eindeutig identifizierbar und deshalb nicht zur Suche geeignet. Die drei beschriebenen Zerfallsketten hinterlassen eine relativ eindeutige und gut auffindbare Signatur in den Detektoren und eignen sich somit momentan am besten zur Higgssuche.

Plakat 3: 'Jetzt scheint das Higgs gefunden'

Wer sind die Personen auf dem grossen Bild?

Dr. Fabiola Gianotti, Experimentalphysikerin und Chefin des ATLAS Experiments am CERN.

Prof. Peter Higgs, emeritierter Professor für theoretische (Teilchen)Physik.

Theoretiker und Experimentalphysiker, wer macht was?

Theoretiker stellen Theorien und Modelle auf, die die Natur möglichst umfassend zu beschreiben versuchen. Theoretische Teilchenphysiker konzentrieren sich dabei auf die Grundbausteine der Materie und schlagen zur Beschreibung z.B. das Standard Modell vor. Eines der grossen Ziele ist, quasi eine Weltformel zu finden, also eine Theorie, die alle beobachteten Phänomene richtig beschreibt.

http://www.lhep.unibe.ch/physikAmSamstag/PhysikAmSamstag_HPBeck.pdf

Experimentalphysiker versuchen die Modelle und Theorien von den Theoretikern experimentell zu bestätigen oder zu widerlegen. Der LHC wurde eigens dafür gebaut um das von Theoretikern vorgeschlagene Higgs Teilchen zu finden.

Was ist ein Axiom?

Ein Axiom ist ein Grundsatz einer Theorie, die innerhalb dieses Systems nicht begründet, abgeleitet oder bewiesen wird. Z.B. die Peano-Axiome, legen den Grundstein dazu, dass man in der Mathematik überhaupt die Menge der natürlichen Zahlen konstruieren kann.

Voraussagen und Entdeckungen: Antimaterie

Diracs Beschreibung von Wellenfunktionen von Teilchen mit der Dirac-Gleichung (1928) eröffnete eine neue Sicht. Eine der Lösungen der Dirac-Gleichung wäre ein Teilchen mit negativer Energie. Das brachte Dirac auf die Idee, diese Lösung als Teilchen mit umgekehrtem Ladungsvorzeichen und umgekehrtem Impuls zu betrachten. D.h. jede Lösung der Wellenfunktion proklamiert ein Teilchen und ein Antiteilchen, wobei das Antiteilchen das umgekehrte Ladungsvorzeichen und den umgekehrten Impuls des Teilchens aufweist.

Die Entdeckung des Antiteilchens des Elektrons wurde von C.D. Anderson gemacht

(1932). In seinem Experiment mit einer Nebelkammer im Magnetfeld, untersuchte er Teilchen der kosmischen Strahlung. Er entdeckte eine Spur, die zu einem Teilchen mit der Masse eines Elektrons passte, jedoch auf die falsche Seite gekrümmt war und daher von ein Teilchen mit umgekehrter Elektronladung stammen musste.

Voraussagen und Entdeckungen: Neutron

Das Neutron wurde in den 1920er Jahren von Rutherford vorausgesagt, im Zusammenhang mit der Erforschung der Isotope.

Mehrere Forschungsgruppen (darunter auch eine mit Chadwick), experimentierten mit Beryllium Atomen, die sie mit Alpha-Teilchen beschossen. Dabei stellten sie fest, dass eine bislang unbekannte Strahlung austritt. Chadwick gelang es, aus den Resultaten der Experimente, die Masse des Neutrons zu berechnen. Dafür erhielt er 1935 den Nobelpreis.

Voraussagen und Entdeckungen: Top Quark

Laut dem Standard-Modell sollte das Top-Quark existieren, denn 1977 wurde das Bottom-Quark entdeckt und ihm fehlte noch der entsprechende Partner. Aus den gleichen Überlegungen ging hervor, dass das Top-Quark Ladung $2/3$ und Spin $1/2$ haben muss.

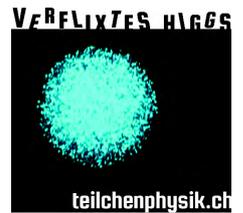
Die Entdeckung liess sehr lange auf sich warten. Ab 1980 war der Elektron-Positron Beschleuniger am CERN in Betrieb, aber kein Top-Quark konnte gefunden werden. Was man damals nicht wissen konnte: erst der stärkere Proton-Antiproton Beschleuniger am Fermilab in Chicago (1985), war in der Lage, genügend Energie bereitzustellen um ein Top-Antitop Quark Paar überhaupt zu erzeugen. Eine Proton-Antiproton Kollision liefert nicht so saubere Signale wie eine Elektron-Positron Kollision. Man muss das Signal des Top-Quarks aus sehr vielen anderen Signalen herausfiltern. Es hat bis 1995 gedauert, bis sie sicher sein konnten, das Signal von mehreren Top-Quarks gesehen zu haben. Heute ist die Masse des Top-Quarks auf 0.5% genau bekannt und beträgt $173.5 \text{ GeV}/c^2$: ein einziges Quark so schwer wie ein ganzes Goldatom!!!

Der LHC ist eine eigentliche Top-Quark Fabrik und ein Teil des LHC Programms beinhaltet die weitere Erforschung und Vermessung des Top-Quarks.

Voraussagen und Entdeckungen: Neutrinos

Beim radioaktiven Beta-Zerfall entsteht aus einem Neutron ein Proton und sendet dabei ein Elektron aus. Die Messungen von Experimenten zeigten, dass sowohl der Impuls, der Drehimpuls (Spin) und auch die Energie nicht erhalten waren. Pauli schlug daher 1930 vor, dass ein drittes Teilchen ausgesendet wird, das diese Diskrepanzen bei den Erhaltungssätzen beseitigt: ein elektrisch neutrales Neutrino, ein kleinerer, fast masseloser, neutraler 'Partner' des Neutrons.

Der experimentelle Nachweis gestaltete sich sehr schwierig: ein elektrisch neutrales Teilchen ist schwer nachzuweisen, eines mit sehr kleiner Masse sowieso. Cowan und Reines brauchten 5 Jahre um mit einem Detektor an einem geeigneten Kernkraftwerk



Neutrinos zu messen und die Daten zu analysieren um das Neutrino nachzuweisen. Heute ist klar, dass das Neutrino nicht ein Partner des Neutrons ist, sondern ein leichter und neutraler Partner von Elektron, Myon und Tau.

Plakat 4: 'Das Nichts existiert nicht'

Experimente zum Nachweis des fluktuierenden Vakuums

Casimir-Effekt:

messbarer Effekt von Vakuumfluktuationen: 2 parallele, leitende Platten im Vakuum ziehen sich an. Eine schöne Erklärung ist auf Wikipedia zu finden:
http://de.wikipedia.org/wiki/Casimir-Effekt#cite_note-Scientific_American-13

Lambshift:

Vakuumfluktuationen des elektromagnetischen Feldes rufen eine Zufallsbewegung der Atomelektronen hervor. Das führt zu einer leichten Modifizierung der Energieniveaus der Atomelektronen. Gemessen wurde dieser Effekt von Willis Eugene Lamb und Robert Curtis Retherford im Jahre 1947, als sie die das Spektrum des Wasserstoffatoms untersuchten.

Ist das Higgs-Feld der neue Äther?

Aristoteles schlug schon vor 2000 Jahren vor, das Universum sei von Äther durchdrungen. Der Äther, wie er im 19. Jahrhundert postuliert wurde, galt als Trägermedium für die elektromagnetischen Wellen. Im Sinne davon, dass das Universum von etwas 'ausgefüllt' ist, hat das Higgs-Feld eine Ähnlichkeit mit dem Äther, es wäre ein Lorentz-invarianter Äther. Allerdings ist das Higgs-Feld kein Trägermedium zur Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen, sondern hat Einfluss auf die Masse der Elementarteilchen.

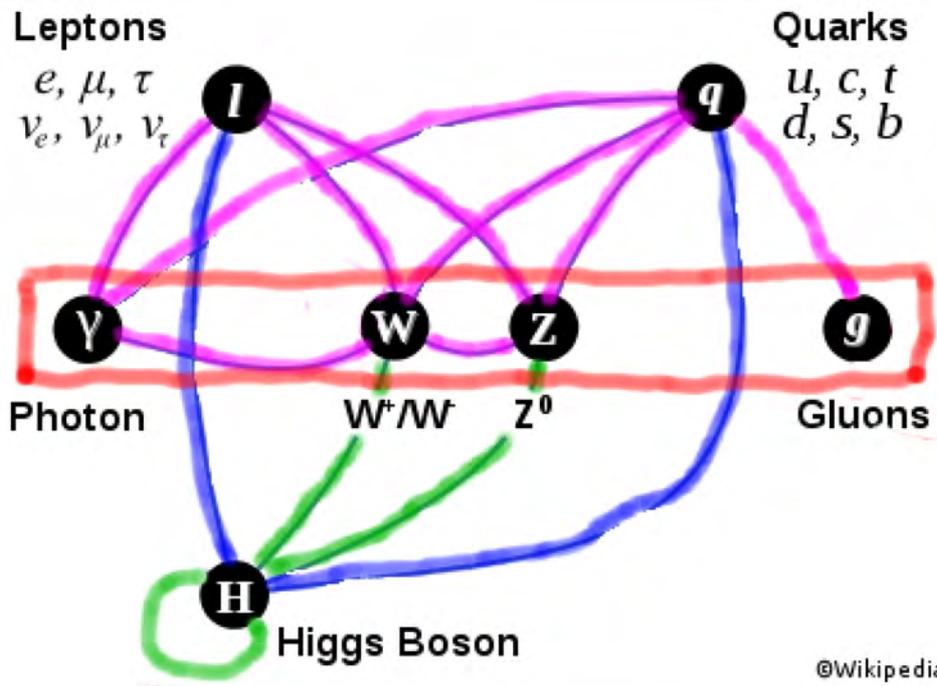
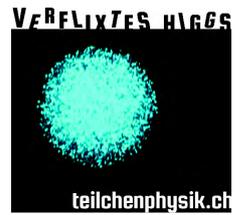
Plakat 5: '25 Bausteine'

Was ist das für eine Formel auf dem T-Shirt?

Lagrangedichte: zur Beschreibung von Bewegungen eines Systems, in diesem Fall ist das System das Standard-Modell.

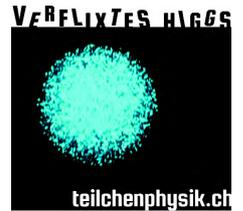
Alle Teilchen und Kraft-Teilchen lassen sich als Felder schreiben. Welche Felder miteinander zusammenspielen, lässt sich auf dem ersten der folgenden Bilder ablesen. Auf dem 2. Bild ist die Formel für die Lagrangedichte nochmals abgebildet mit der farblichen Markierung, welche Formelteile für welches Zusammenspiel der Felder verantwortlich sind.

Lehrerbroschüre



$$\begin{aligned}
 \mathcal{L} = & \frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\
 & + i\bar{\psi} \not{\partial} \psi + h.c. \\
 & + \bar{\psi}_i = y_{ij} \psi_j \phi + h.c. \\
 & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)
 \end{aligned}$$

Lehrerbroschüre



Die erste Zeile der Formel enthält die Feldstärketensoren. Darin sind unter anderem die Photon-Felder enthalten, welche die bekannteren elektrischen und magnetischen Felder definieren. So gesehen sind die Maxwellschen Gleichungen in Ultrakurzschreibweise hier enthalten.

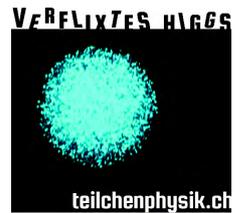
Die Abkürzung 'h.c.' bedeutet 'hermitian conjugate', also hermitesch konjugiert. Für die Formel bedeutet das, dass zusätzliche Terme, die durch eine hermitesche Konjugation des davorstehenden Terms erzeugt werden können, nicht einzeln aufgeschrieben werden.

Welche Eigenschaften des Higgs werden noch erforscht?

Mit der zunehmenden Datenmenge wird es möglich den Spin zu testen. In Frage kommen Spin 0^+ , 0^- , 2^+ oder 2^- .

Das Higgs hat viele verschiedene Zerfallsketten und für jede Zerfallskette sagt das Standard Modell eine Zerfallswahrscheinlichkeit voraus. Diese Zerfallswahrscheinlichkeiten in den verschiedenen Zerfallsketten werden überprüft.

Lehrerbroschüre



Links

Beschreibung	Link
Weitere Informationen	www.teilchenphysik.ch
NZZ Artikel	http://www.nzz.ch/wissen/wissenschaft/in-die-geheimnisse-unserer-existenz-blicken-1.17319099
Webseite von Dr. Angela Büchler	http://www.physik.uzh.ch/~abuechle/
Webseite des ATLAS Experiments	http://atlas.ch/
Webseite des CMS Experiments	http://cms.web.cern.ch/
Webseite von Prof. Ruth Durrer	http://theory.physics.unige.ch/~durrer/
Webseite von Prof. Günther Dissertori	http://wwweth.cern.ch/Dissertori/
Webseite von PD Dr. Hans Peter Beck	http://www.lhep.unibe.ch/beck/
Buch von Leon Lederman	ISBN 0-61871-168-6
Informationen zum Higgs	http://www.weltderphysik.de/gebiet/teilchen/bausteine/ursprung-der-masse/
Zerfallskanäle des Higgs	http://arxiv.org/abs/1201.3084 (Seite 8)
Sammlung von wissenschaftlichen Lektionen zu Physik, Chemie, Biologie	http://www.wissenschaft-schulen.de/
CERN Teaching Ressources	http://education.web.cern.ch/education/Chapter2/Intro.html

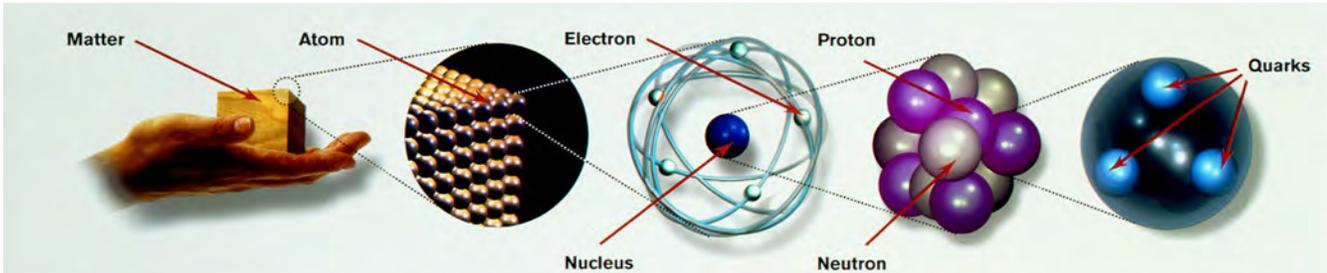
Anhang

Unterrichtsmaterialien: Arbeitblätter und Folie.

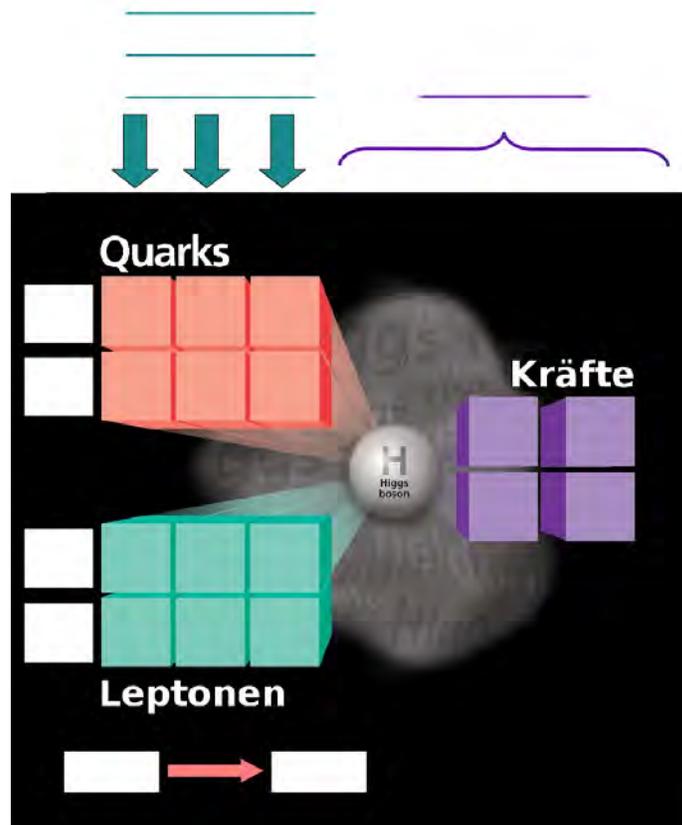
Arbeitsblatt Elementarteilchen



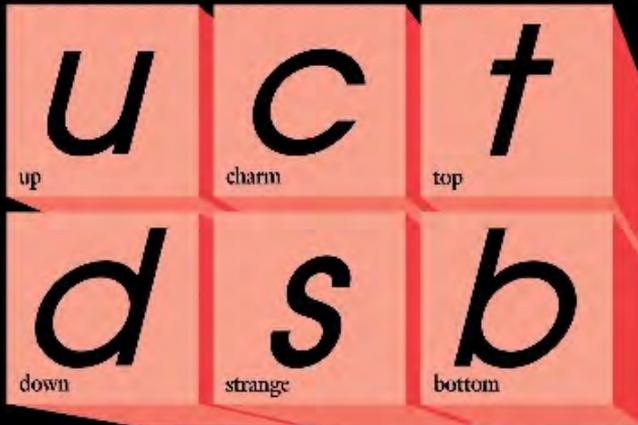
Was sind Elementarteilchen?



Ordnungssystem der Elementarteilchen: Standard Modell



Quarks



Kräfte

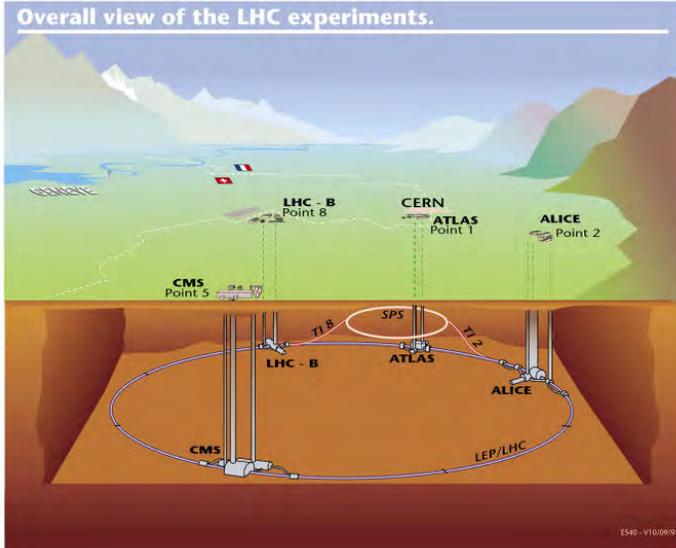


Leptonen

Arbeitsblatt CERN



CERN



.....

.....

.....

.....

.....

.....

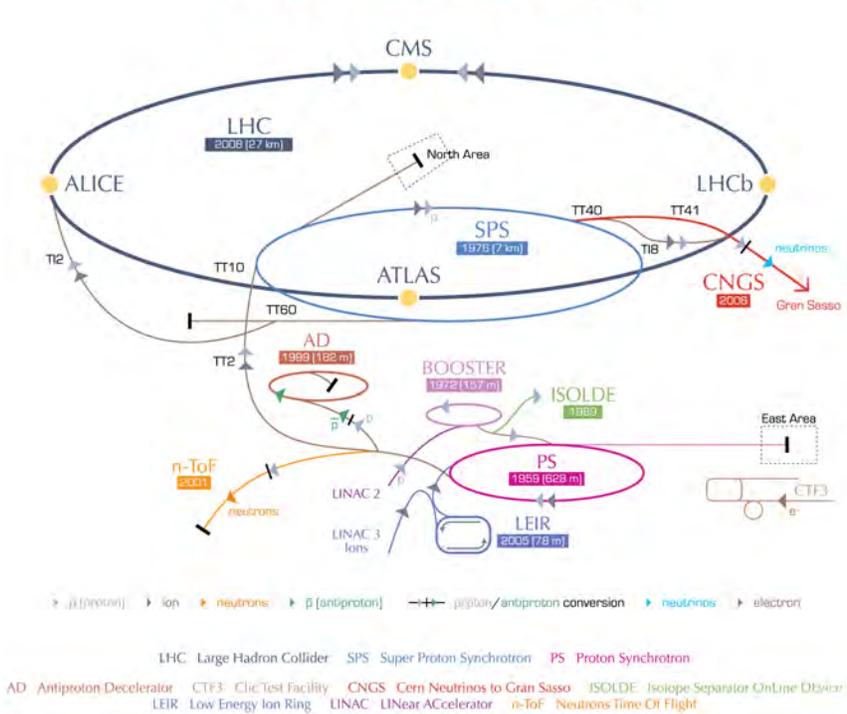
.....

.....

.....

.....

Beschleuniger



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Autorin und Herausgeber



Dr. **Angela Büchler** ist experimentelle Teilchenphysikerin und hat an der Universität Zürich studiert und doktriert. Dabei war sie involviert bei Aufbau und Inbetriebnahme des Silicon Trackers, ein Silizium-Streifen Detektor. Dieser Detektor ist Teil des LHCb Experiments am CERN. LHCb ist ein Hochpräzisionsinstrument spezialisiert auf b-Quarks und Prozesse, die ein Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie erzeugen (CP-verletzende Prozesse). Die Auswertung erster Daten des LHCb Experiments waren Teil ihrer Doktorarbeit. In diesem Zusammenhang wurde ein bestimmter Zerfall untersucht, der grosse Aussagekraft hat, ob unsere Natur so geartet ist, wie das Standard Modell voraussagt, oder ob neue, kompliziertere Modelle in Frage kommen. Bis jetzt wurde (leider) genau das gefunden, was das Standard Modell vorausgesagt hat.

Während dem Doktorat war Angela Büchler stark engagiert, Interessierte am CERN und bei LHCb in die spannende Welt der Teilchenphysik zu entführen. Sie übernahm auch die Funktion der Öffentlichkeitsarbeit Beauftragten der Teilchenphysik an der Universität Zürich.

Vor ihrem Studium hat Angela Büchler die Ausbildung zur Primarlehrerin gemacht und 3 Jahre unterrichtet (4. - 6. Klasse).

Zum jetzigen Zeitpunkt arbeitet Angela Büchler bei der Firma Supercomputing Systems AG, als Entwicklungsingenieurin. Hauptsächlich als Programmiererin oder für Technologiestudien.



PD Dr. **Hans Peter Beck** ist Physik-Dozent an der Universität Bern (Albert Einstein Center for Fundamental Physics). Er wirkt am CERN in wichtigen Bereichen des ATLAS-Experiments am LHC mit, insbesondere in der Higgs-Physik.

Hans Peter Beck hat sich immer wieder bei der Vermittlung der Teilchenphysik an eine breite Öffentlichkeit engagiert und ist verantwortlich für Öffentlichkeitsarbeit und Bildung beim Swiss Institute of Particle Physics (CHIPP). Er brachte die Masterclasses an die Universität Bern, welche interessierten Gymnasiastinnen und Gymnasiasten im Rahmen von eintägigen Kursen einen Einblick in die Welt der Teilchenphysik ermöglichen.

Nach dem Studium an der Universität Zürich (1991) wechselte er an den Hadron Electron Ring Accelerator (HERA) in Hamburg. 1996, nach seiner Rückkehr von Hamburg, promovierte er in Zürich. 1997 ging er an die Universität Bern und wirkte am Aufbau des ATLAS-Experiments am LHC mit. Dort kam ihm eine Schlüsselrolle bei der Erstellung des Designs und bei der Implementierung des Systems zur Echtzeit-Selektion der ATLAS-Daten zu, worüber er auch habilitierte. Seit 2005 hält Hans Peter Beck Grundvorlesungen für Physiker, Naturwissenschaftler und Medizinstudenten, sowie weiterführende Kurse in Hochenergiephysik an der Universität Bern.