

Teilchenphysik Masterclasses

Carsten Bittrich (carsten.bittrich@cern.ch)

Masterclasses mit LHC-Daten



- ATLAS: W-Pfad oder Z-Pfad

- CMS

- J/ψ : Qualität der Daten
- W/Z/H Analyse

- ALICE:

- Strange Teilchen
- Modifizierungsfaktor R_{AA}

- LHCb: Charm Lebensdauer

<https://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-vermittler/informationen-zu-den-messungen/>

https://physicsmasterclasses.org/index.php?cat=local_organisation&page=measurements

- Vielfalt an Aufgaben:

- Teste Qualität von Daten

- Eventdisplays: Teilchenidentifikation

- Histogramme

- Schlussfolgerungen

- Öffentlich verfügbar

- Regelmäßig aktualisiert

Weitere Masterclasses



- Belle II

- Hadronen-Therapie



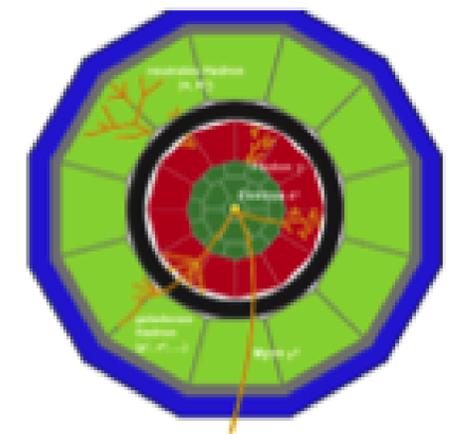
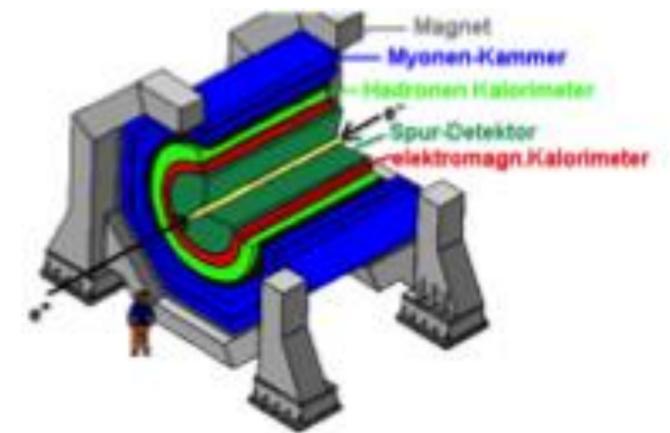
- MINERvA

- Alle auf https://physicsmasterclasses.org/index.php?cat=local_organisation&page=measurements

- Und weitere...

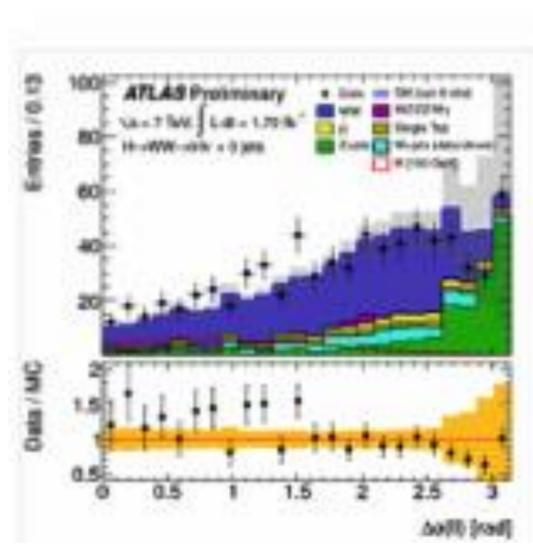
Der ATLAS W-Pfad

- Eine der Messung für SchülerInnen mit Daten vom ATLAS Detektor
- Aufbau:
 - Einführungsvortrag über das Standardmodell
 - Wie misst man das (mit dem ATLAS-Detektor)?
 - Einführung in Messung und die Software

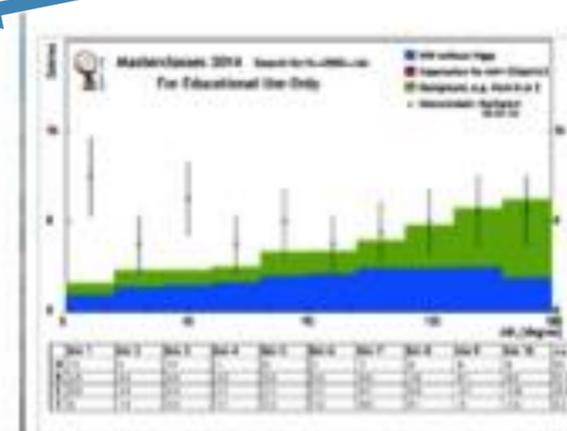


Was ist der W-Pfad?

SchülerInnen versuchen lv und lvv Ereignisse zu identifizieren und führen Strichliste



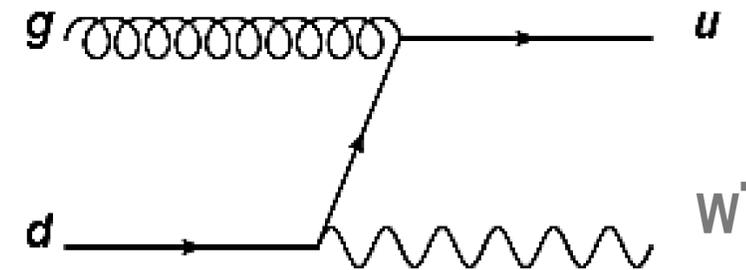
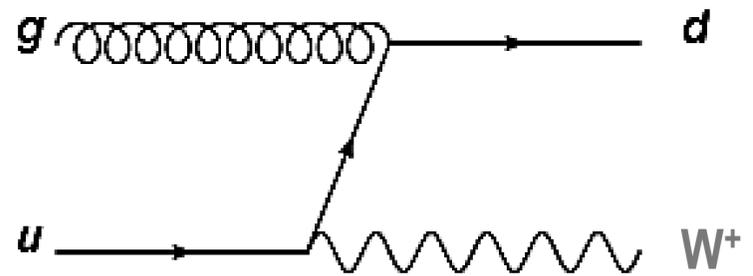
Fahndung nach dem Higgs



Protonstruktur

Aufgabe 1 im W-Pfad

Rückschlüsse auf die Protonenstruktur können aus dem Ladungsverhältnis von W^+ und W^- Bosonen bestimmt werden.



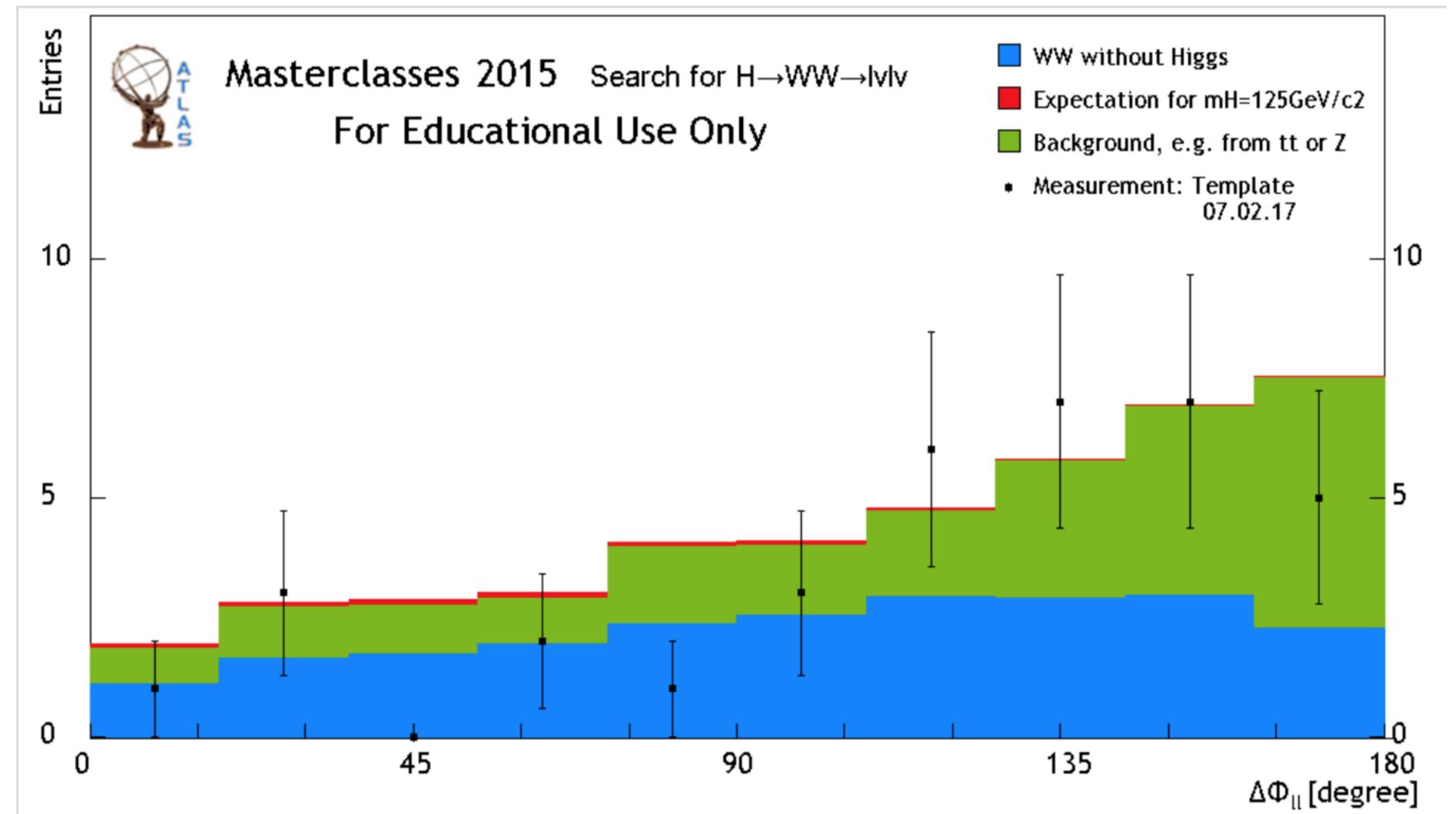
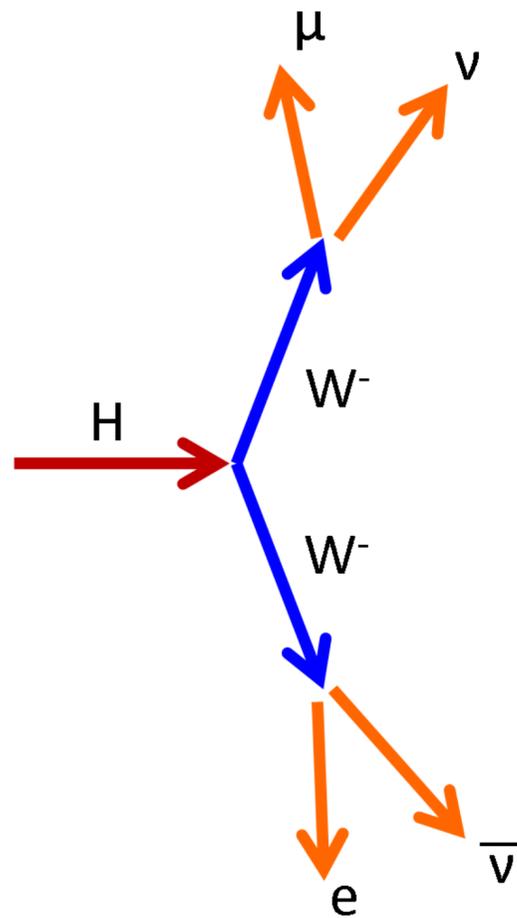
(Provozierte) Erwartung der SchülerInnen: 2 : 1

Gemessenes (= reales) Ergebnis: 1.5 : 1 (Gluonen, Seequarks)

Aufgabe 2 im W-Pfad

Nach dem Higgsboson kann in Ereignissen mit 2 W Bosonen gesucht werden.

Durch Messung einer Winkelverteilung kann zwischen Signal- und Untergrundereignissen unterschieden werden.



Ablauf Masterclass - Theorieblock

8:45

Ankunft, Technikvorbereitung

9:00

Motivation

9:10

Einführung in Wechselwirkungen und Ladungen

9:35

Pause

9:45

Aktivierung z.B. mit Steckbriefen

9:55

Einführung in Teilchen

10:30

Pause

10:45

Einführung LHC

11:15

Pause

11:25

Einführung ATLAS und Teilchenidentifikation

=> Wie sieht welches Teilchen im Detektor aus?

Ablauf Masterclass - Messungsblock

12:45

Wiederholung, Übung 1 (Teilchenidentifikation)

fließender Übergang in Pause

13:10

Einführung in Software + Einführung in Messung

13:40

Übung 2 (Ereignisidentifikation)

Entscheidungsbaum erklären und 1-2 Events gemeinsam durchgehen

fließender Übergang in Pause

14:00

Beginn der Messung, selbstständiges Eintragen in Tabelle

14:45

Auswertung, Vergleich mit ATLAS Messungen

15:00

Vorstellung Netzwerk Teilchenwelt und weitere Möglichkeiten darin

Vor der Masterclass

- Foliensammlung (Vorlage mit vielen Beispielfolien und Kommentaren, verfügbar im [wiki](#) und auf [\[teilchenwelt.de\]](http://teilchenwelt.de))
- Dort findet ihr auch verschiedene Beispielvorträge, die so in der Praxis genutzt werden/wurden
- Passt den Vortrag an die SchülerInnen und (idealerweise) Situation an:
 - Welche Messaufgaben wollt ihr bearbeiten und welche Inhalte sind dafür notwendig?
Z. B.: Was müsst ihr vermitteln, damit die Protonstruktur verständlich ist?
- Viele, gute Tips findet ihr auch [hier](#)

Handout: Während der Masterclass

- Handout für SchülerInnen verfügbar auf [\[teilchenwelt.de\]](http://teilchenwelt.de)
- Teilt das an die SchülerInnen aus und weist z.B. während des Vortrags darauf hin

HINWEISE

W-PFAD 2016

NETZWERK TEILCHENWELT

HANDOUT FÜR TEILCHENPHYSIK-MASTERCLASSES

ATLAS-DATEN: W-PFAD (2016)

Liebe Vermittlerinnen und Vermittler,

das vorliegende Handout unterstützt die Teilnehmer von Teilchenphysik-Masterclasses bei der Messung und ermöglicht ihnen weitgehend selbständiges Arbeiten. Teilnehmer und Lehrkräfte können das Handout mitnehmen und für die Nachbereitung der Masterclass nutzen.

Idealerweise wird das Handout doppelseitig in Farbe ausgedruckt.

Dieses Handout ist speziell für Minerva-Versionen ab 2013 konzipiert (mit Winkelmessung), enthält aber gerade auf der ersten Seite für Vermittler wesentliche Hinweise zum Umgang mit der MINERVA-Version 2015.

Das Handout enthält...

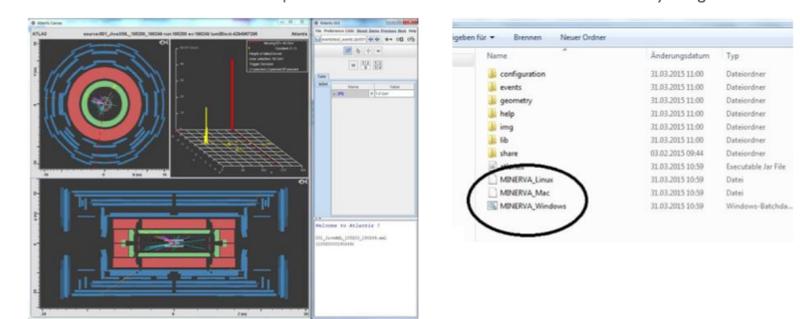
- die Aufgabenstellung und die Selektionskriterien, anhand welcher die Teilnehmer W- und WW-Signale erkennen,
- die wichtigsten Funktionen der Software MINERVA,
- die Darstellung von Teilchenspuren im Event-Display
- und Informationen über Elementarteilchen und Wechselwirkungen.

NEU seit 2015:

- Geänderte Selektionskriterien, da neue Funktionen (konkreter Wert für Isolation -> Seite 3 und Vertexdarstellung) hinzu gekommen sind
- neue Datensätze (insgesamt 12000 Ereignisse) mit geänderter Zusammensetzung (mehr Signal, weniger Untergrund) und leichter zu identifizierenden Ereignissen
- Modifiziertes Flow-Chart mit Fokus auf typischen Problemen der Jugendlichen:
 - MINERVA gibt nun beim Anklicken einer Teilchenspur einen Isolationswert an.
 - Dies ist das Verhältnis der Summe der transversalen Impulse aller Spuren im einem Kegel mit $\Delta R < 0.3$ geteilt durch den transversalen Impuls der angeklickten Spur.
 - MINERVA zeigt nun Vertices, die durch mehr als drei Spuren definiert sind. Diese sind grün dargestellt.

Technische Hinweise

MINERVA 2015 muss immer mithilfe der Start-Datei, die zu dem Betriebssystem auf dem ausführenden Rechner passt, gestartet werden. (Das Programm Atlantis darf nicht als „Executable Jar File“ ausgeführt werden, sonst kann es passieren, dass die Grafiken im Programm falsch angezeigt werden.) Bevor das Programm ausgeführt werden kann, müssen die Dateien noch extrahiert werden. Ein entsprechender Befehl dafür erscheint beim ersten Klick auf die jeweilige Start-Datei.

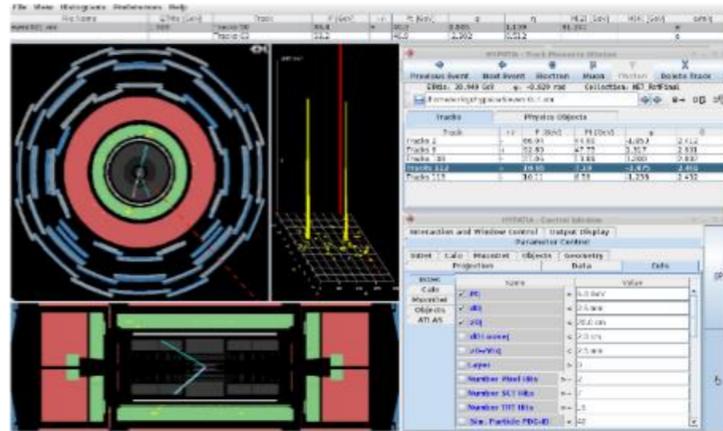


Viel Spaß wünscht
das Teilchenwelt-Team

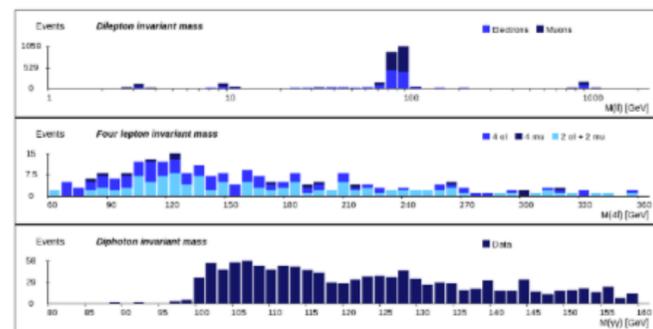
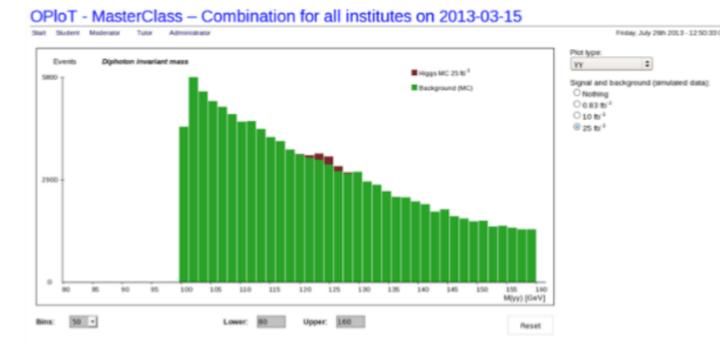
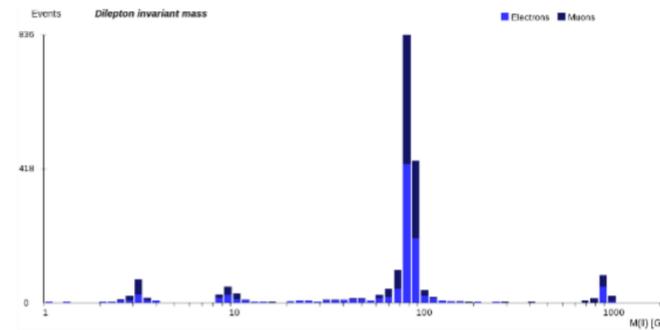
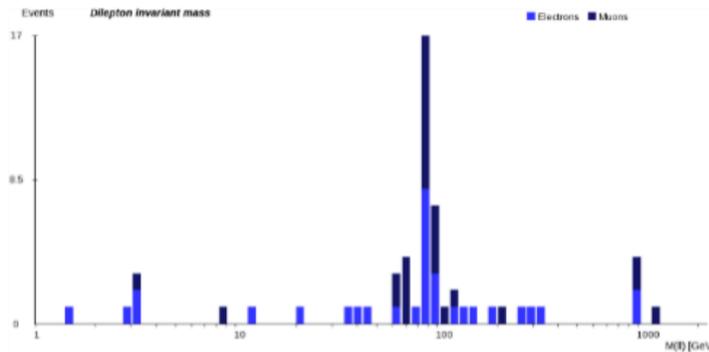
Lernziele im W-Pfad

- SchülerInnen sind TeilchenphysikerInnen für einen Tag
- Erleben die wissenschaftliche Methode am praktischen Beispiel
 - Aufstellen von Theorien
Was vermute ich? Welche alternativen Erklärungen gibt es? Welchen Ausgang würde ich im Experiment erwarten?
 - Interpretieren von statistischen Aussagen
Ist das jetzt ein Beweis für meine Theorie? Wie verstehe ich Histogramme? Was heißt “signifikant”? Was muss ich machen, um ein besseres Ergebnis zu erhalten?
- Vorteile/Notwendigkeit von internationalen Kollaborationen

ATLAS Z-Pfad



- 1) Events identifizieren ll , $4l$, $\gamma\gamma$
- 2) Invariante Masse berechnen
- 3) Ergebnisse kombinieren und auswerten



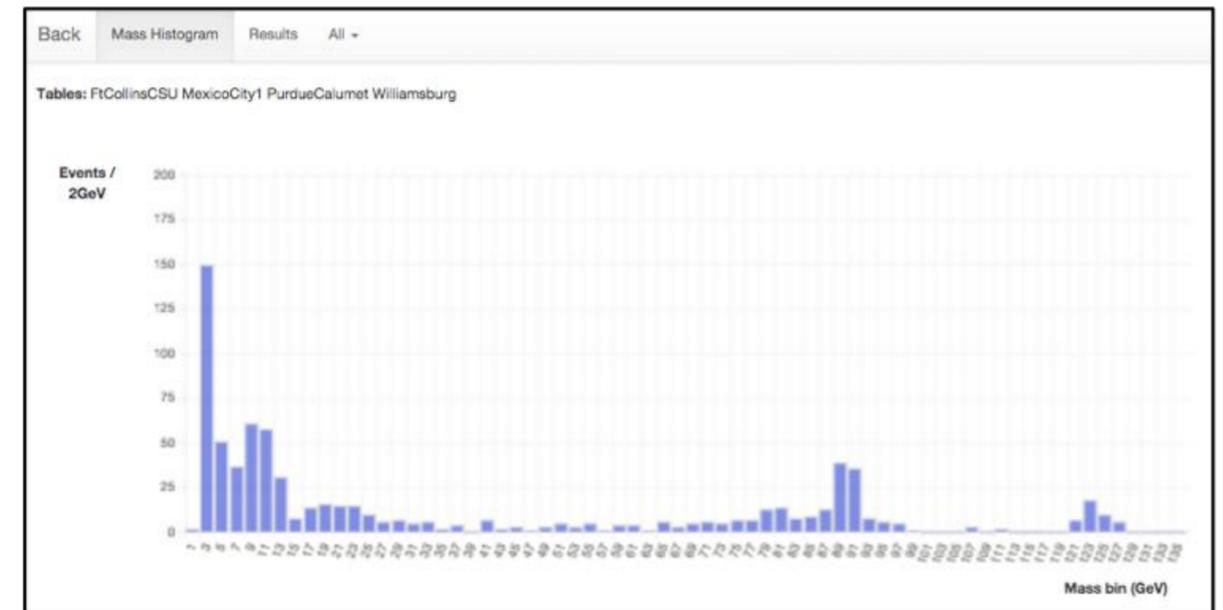
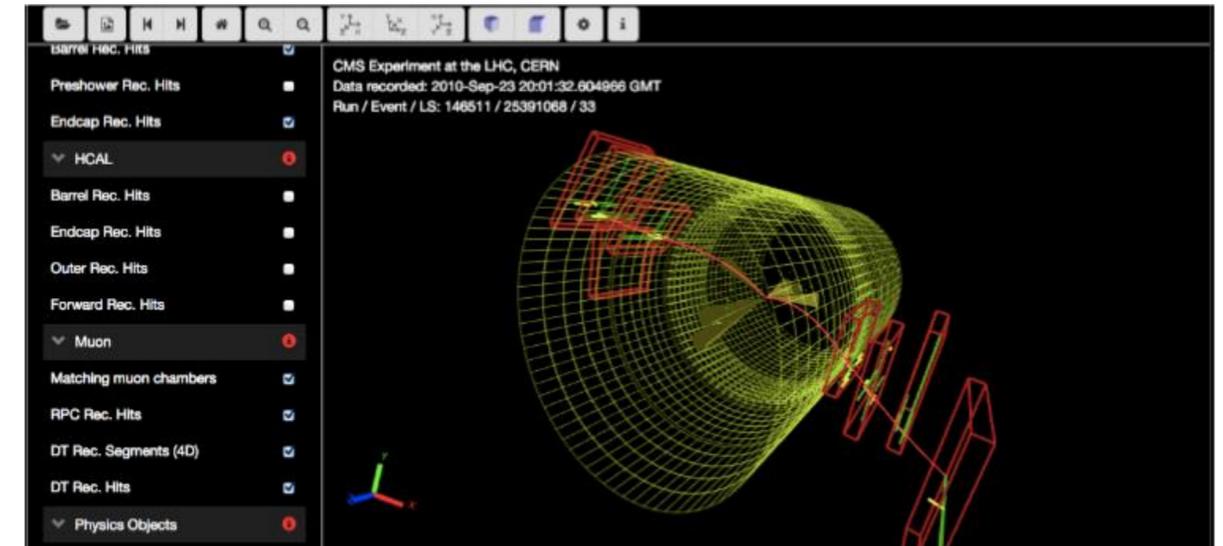
$ll \Rightarrow$ Vermessung von bekannten Teilchen: $Z^0, J/\psi, Y$
 \Rightarrow Suche nach neuer Physik: $Z', \text{Graviton}$

$4l, \gamma\gamma \Rightarrow$ Untersuchung die Kanäle, in denen das Higgs am CERN gefunden wurde
 \Rightarrow Wichtigste Konzepte: Statistik, Modellierung, Signalsignifikanz

<http://atlas.physicsmasterclasses.org/en/zpath.htm>

CMS WZH-Messung

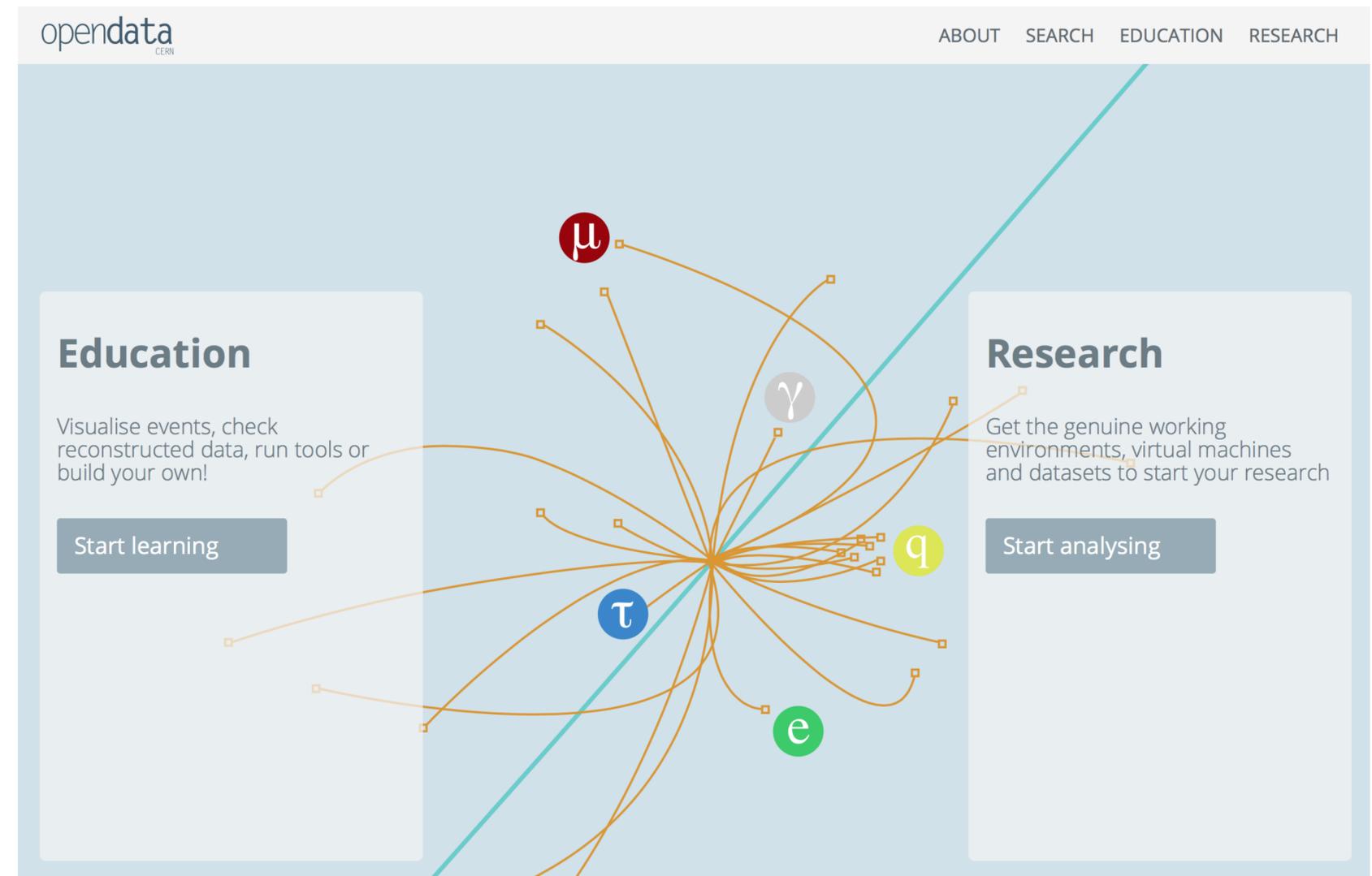
- 3D event display
- SchülerInnen sollen W, Z und Higgs-Kandidaten finden
- Invariante Masse von Leptonenpaaren oder 4l oder Lepton + MET werden in Histogramm gesammelt
- Messung von Verhältnissen:
 - W^+/W^-
 - e/μ
- 3000 Events voller Ausreißer, Überraschungen und notwendiger Interpretation



<https://quarknet.i2u2.org/page/cms-masterclass-2016-documentation>

Material für weitere Stufen

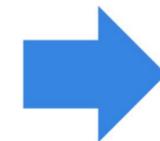
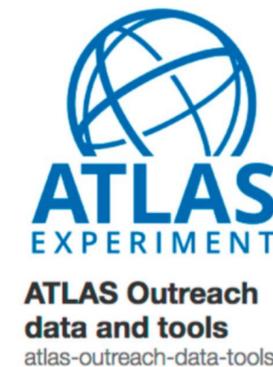
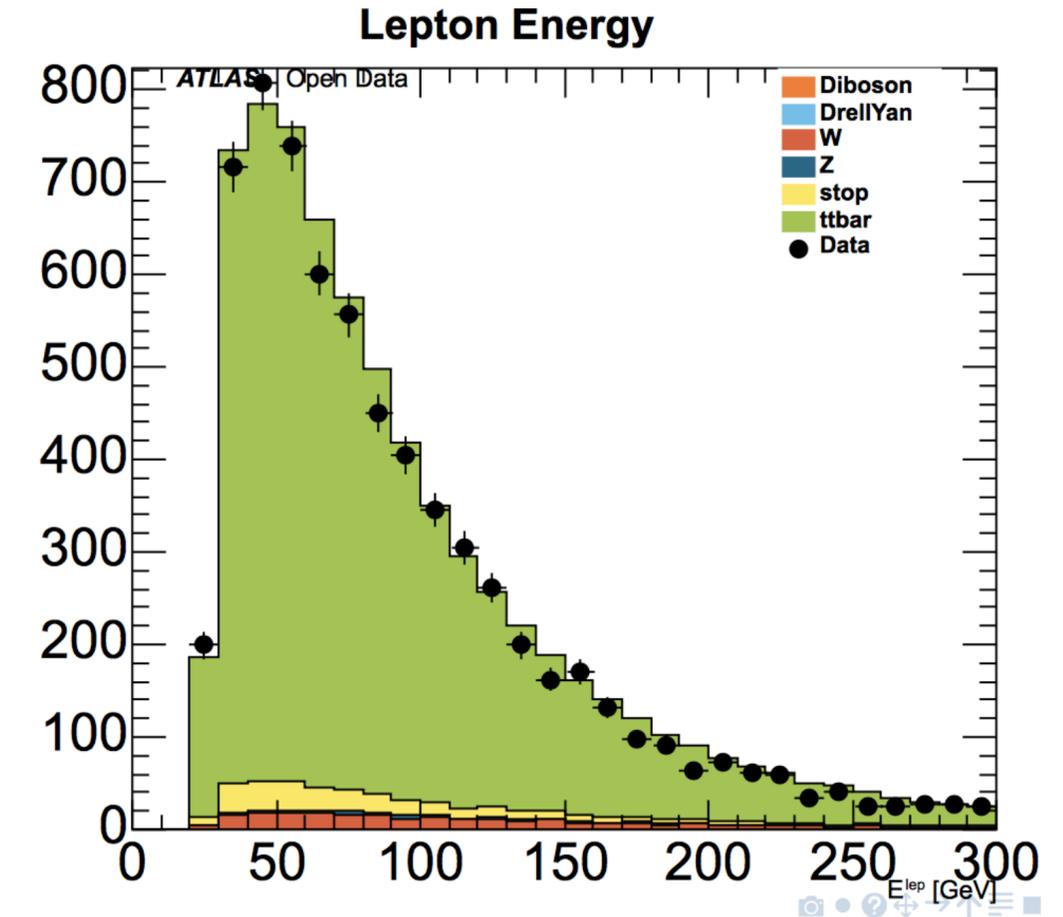
- SchülerInnen haben die Möglichkeit, im Netzwerk Teilchenwelt eine [Forschungsarbeit](#) (BeLL, Jugend forscht o.ä.) zu schreiben
- Dabei sollen SchülerInnen eigenständig arbeiten und forschen
- sehr gutes Tool dafür:



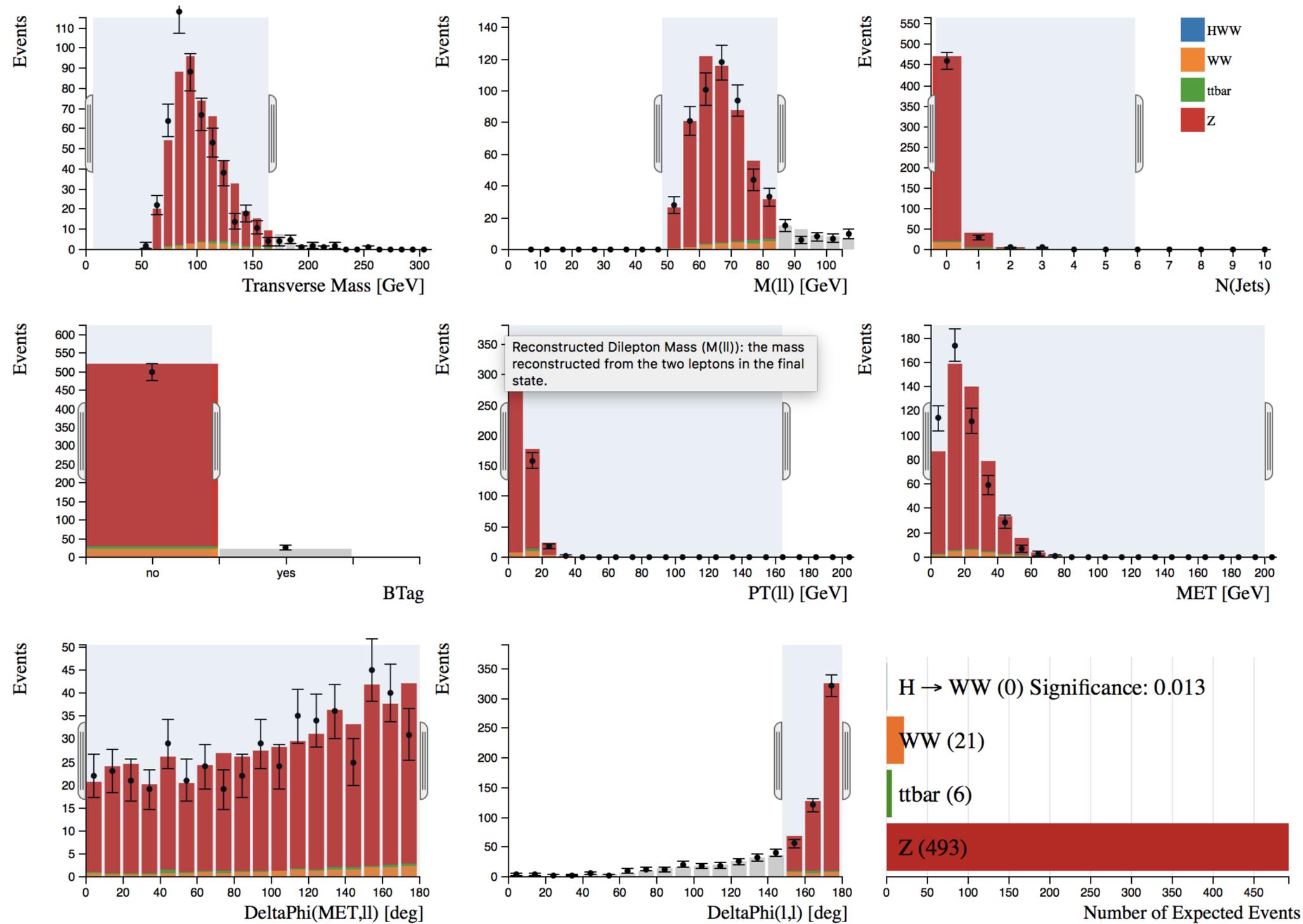
<http://opendata.atlas.cern>

Open-data-Portal für Forschungsprojekte

- Beinhaltet alles, was man für eigene Analysen braucht:
 - Beispielalgorithmen
 - Daten
- Entweder in Virtueller Maschine, wo bereits alles installiert ist, oder (für Fortgeschrittene) auf github:
<https://github.com/atlas-outreach-data-tools>



Online Histogram Analyser



<http://opendata.atlas.cern/visualisations/analyser-js.php>