

BLOCKKURS: SOFTWARE IN DER TEILCHENPHYSIK

Johannes Elmsheuser, Günter Dückeck

Ludwig-Maximilians-Universität München

02 May 2011



① ORGANISATORISCHES

② LHC, ATLAS UND ANALYSE

① ORGANISATORISCHES

② LHC, ATLAS UND ANALYSE

- Dozenten:

Günter Dückeck, guenter.duckeck@physik.uni-muenchen.de

Johannes Elmsheuser, johannes.elmsheuser@physik.uni-muenchen.de

Unterstützung: Christoph Mitterer, Christopher Schmitt, Thomas Müller, Otto Schaile

Lehrstuhl Schaile, Experimentelle Teilchenphysik

- Übungen und Kursvorlesungen:

Mo-Fr 9:30-12:30 Uhr, 14-17:00 Uhr,

2.Stock, Zi 227 Am Coulombwall 1, Garching

- Vorlesungswebseite:

<http://www.etp.physik.uni-muenchen.de/kurs/comp11/>

- Klausur/Schein:

Am Ende des Semesters

Inhalt: Software-Kurs und Teilchenphysik Vorlesung

- Ein/Ausgabe von Daten
- Graphische Darstellung
- ATLAS ATLANTIS Event Display
- ROOT tuples und eine kleine Analyse
- Analyse von OPAL Z0 daten
- Fitten von Daten
- HistPresent

Für die Übungen wird das ROOT Programmpaket verwendet, das eine umfangreiche Klassen- und Funktionenbibliothek in C++ bereitstellt.

- Übungen zu Themen der Vorlesung an Hand von konkreten Beispielen
- Programmierung von kleinen Beispielen in C/C++ (für Experten auch in Python)
- Verwendung von ROOT:
 - Object-Oriented Data Analysis Framework
 - Standard-Werkzeug in Teilchenphysik und darüber hinaus
 - <http://root.cern.ch/>
- Anleitungen zu C/C++:
 - u.a. Kurs: C++ für Physiker
<http://www.etp.physik.uni-muenchen.de/kurs/Computing/ckurs>

- ATLAS Experiment:
<http://www.iop.org/EJ/abstract/1748-0221/3/08/S08003/>
bzw. http://www.iop.org/EJ/article/1748-0221/3/08/S08003/jinst8_08_s08003.pdf
- ATLAS Physik: <http://arxiv.org/abs/0901.0512> bzw.
<http://arxiv.org/pdf/0901.0512v2>
- B.Blobel/E.Lohrmann, Statistische und numerische Methoden der Datenanalyse, Teubner, 1998
- W.-M. Yao et al., The Review of Particle Physics, Journal of Physics, G 33, 1 (2006), Anfangskapitel
<http://pdg.lbl.gov/>

- Teilchenphysik an Hadron Collidern für Bachelor/Master Studenten
Vorlesung: Physik am Tevatron und LHC
Termin: Mo 10:00-12:30, Hörsaal EG,
Thomas Nunnemann, Johannes Elmsheuser
- Seminar: Moderne Aspekte der Teilchenphysik
Termin: Fr 10-12 Michiel Sanders
Vorbereitung: Mo 2.5. 17:00 Uhr, Raum 219

- Verbindlich: Abgabe der Bachelorarbeit in gebundener Form nach 10 Wochen
 - 10 Wochen: 9.Mai-18. Juli; Abgabe bis spätestens 18.7. bei Frau Epp - 2 Exemplare in gebundener Form.
 - Stil der Arbeit: max. 20-30 Seiten
-
- Arbeitsplatz im 3. Stock, Am Coulombwall 1, Garching
 - Haus ist ab 8 Uhr offen, wer nach 16-16:30 (Fr. 13:00) noch mal rein möchte, braucht die Telefonnummer von jemand, der ihn reinlässt.
 - Gruppenschlüssel vorhanden

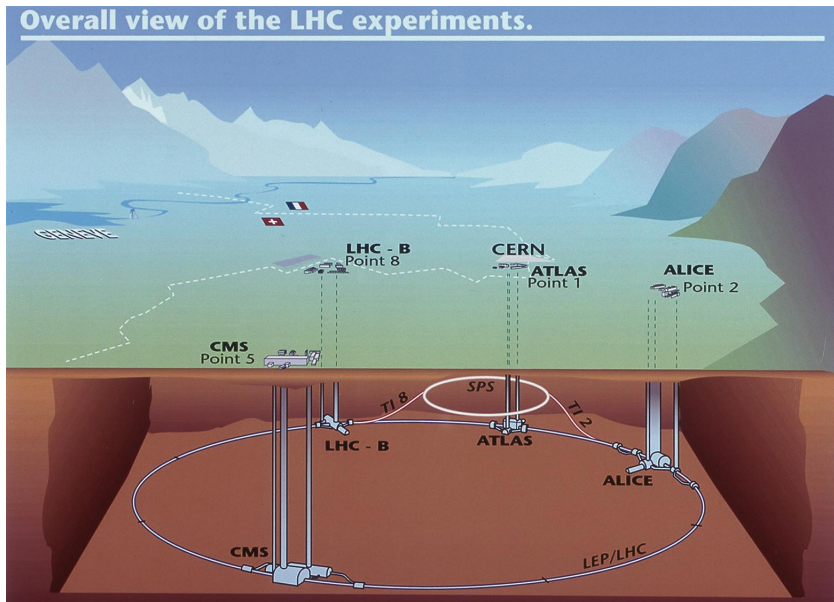
① ORGANISATORISCHES

② LHC, ATLAS UND ANALYSE

DER LHC UND DIE EXPERIMENTE I

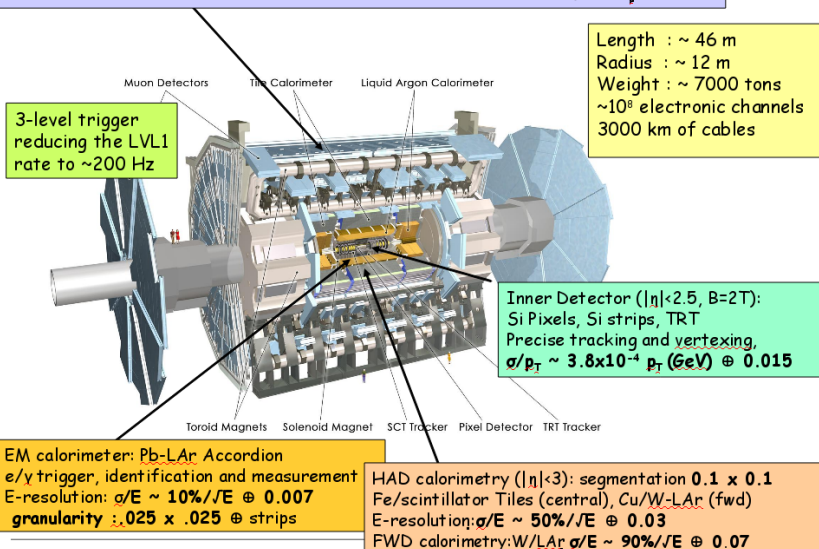


DER LHC UND DIE EXPERIMENTE II



DAS ATLAS EXPERIMENT

Muon Spectrometer ($|\eta| < 2.7$): air-core toroids with gas-based muon chambers
Muon trigger and measurement with momentum resolution $< 10\%$ up to $E_\mu \sim 1$ TeV

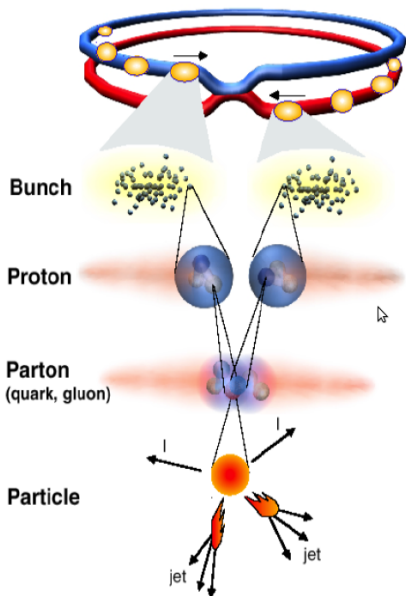


DAS ATLAS EXPERIMENT

~3000 scientists from 174 Institutions and 38 Countries



KOLLISIONEN IM LHC



Proton-Proton-Kollisionen
2835 Teilchenbündel (Bunch)

10^{11} Protonen / Bunch
Kollisionsrate 40 MHz (25 ns)

Schwerpunktenergie 14 TeV
(= 7400 x Ruheenergie der kollidierenden Teilchen)

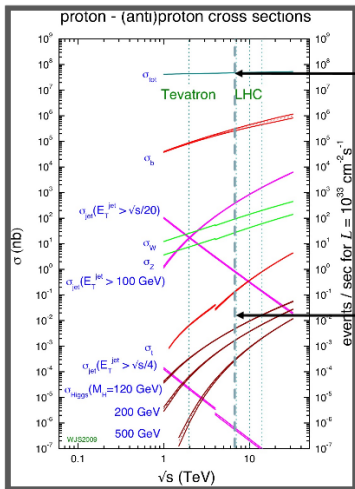
Schwerpunktenergie der kollidierenden Quarks und Gluonen bis einige TeV

~25 pp-Kollisionen pro Bunch-Kollision

Interessante Ereignisse: 10^{-9} – 10^{-11} unterdrückt!

WIRKUNGSQUERSCHNITTE I

Number of events in 45pb^{-1}



70 billion (10^9) pb \rightarrow 3 trillion (10^{12}) events! *

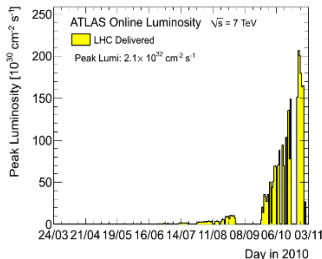
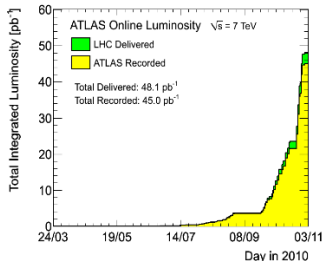
* N.B. only a very small fraction saved!

Higgs ($m_H=120$): 17 pb \rightarrow 750 events

e.g. potentially ~ 1 Higgs in every 300 billion interactions!

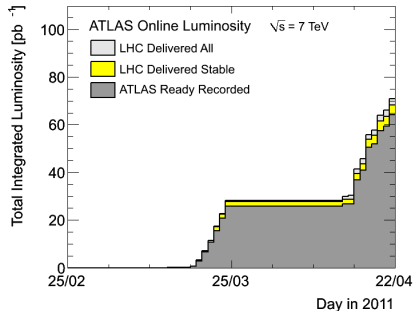
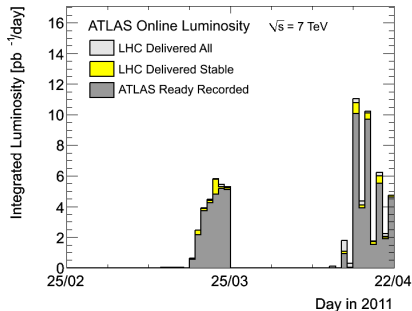
ATLAS status and operations

- Year 2009: pp collisions at $\sqrt{s}=0.9, 2.36$ TeV: $\sim 12\mu\text{b}^{-1}$
- Year 2010: pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV, $\sim 45\text{pb}^{-1}$ collected by ATLAS

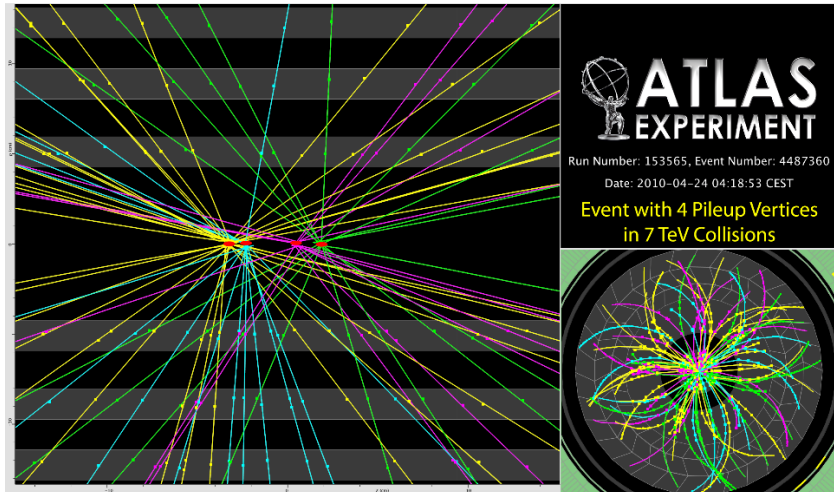


- ~ 97 - 100% of detector elements in operation
- Peak luminosity: $2.07 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Highest mean 3.8 interactions/crossing
- Almost 1 billion pp events recorded \rightarrow 1 PB RAW data

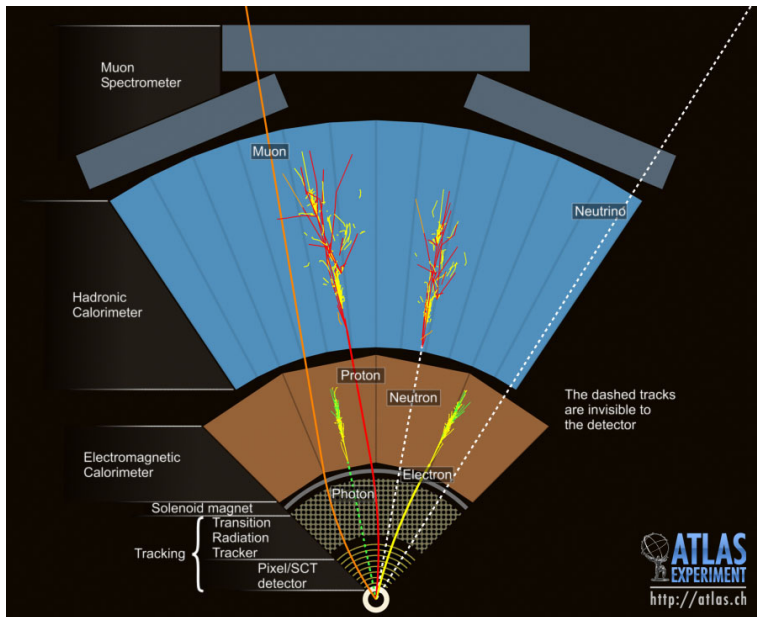
ATLAS STATUS 2011



Event with 4 pileup vertices in same pp-collision


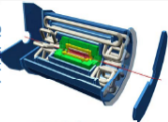
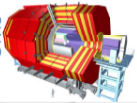
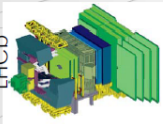


TEILCHENNACHWEIS

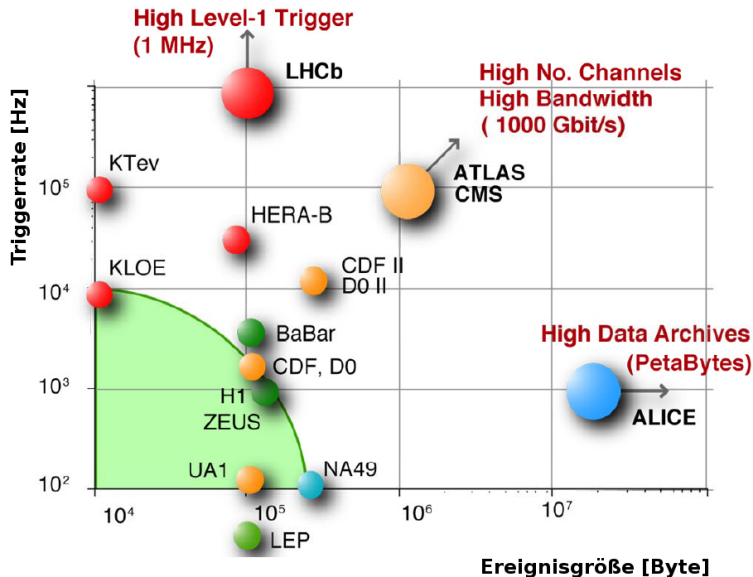




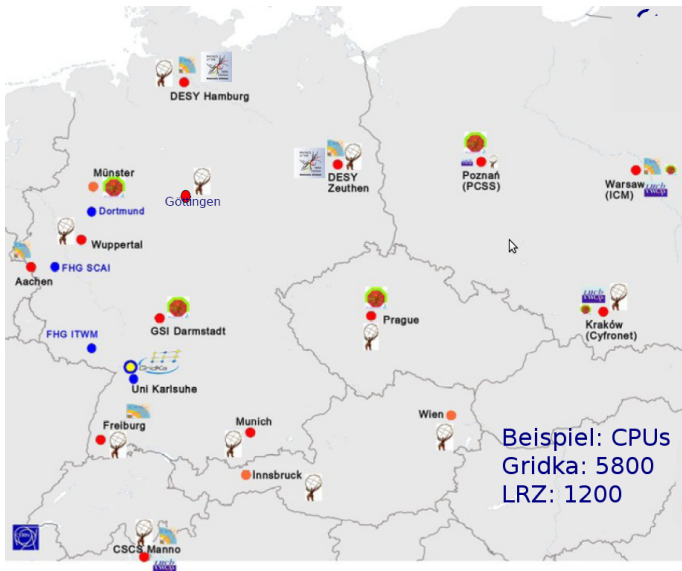
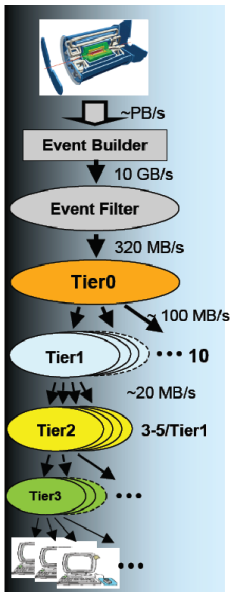
Trigger/DAQ parameters

	No.Levels Trigger	Level-0,1,2 Rate (Hz)	Event Size (Byte)	Readout Bandw.(GB/s)	HLT Out MB/s (Event/s)
ALICE 	4	Pb-Pb 500 p-p 10 ³	5x10 ⁷ 2x10 ⁶	25	1250 (10 ²) 200 (10 ²)
ATLAS 	3	LV-1 10 ⁵ LV-2 3x10 ³	1.5x10 ⁶	4.5	300 (2x10 ²)
CMS 	2	LV-1 10 ⁵	10 ⁶	100	~1000 (10 ²)
LHCb 	2	LV-0 10 ⁶	3.5x10 ⁴	35	70 (2x10 ³)

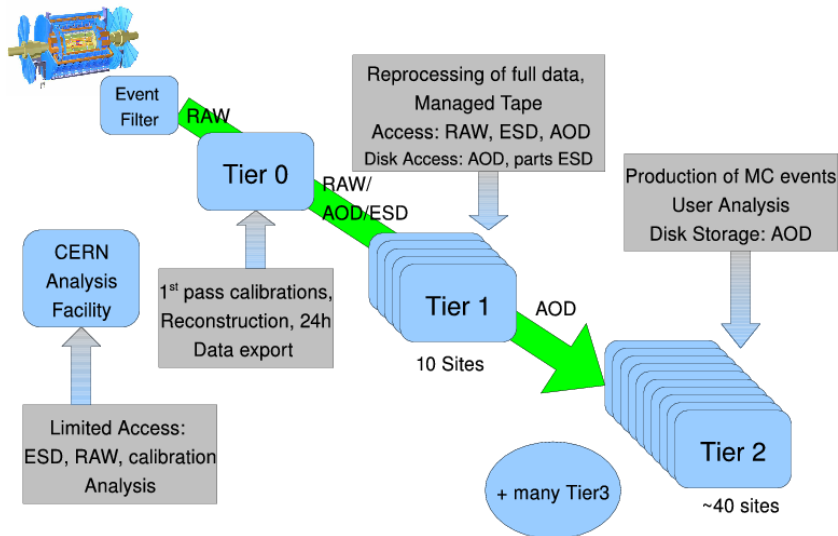
TRIGGER UND EREIGNIS-GRÖSSE



RECHENZENTREN- UND GRIDKA-ORGANISATION



DATEN VERTEILUNG: ATLAS

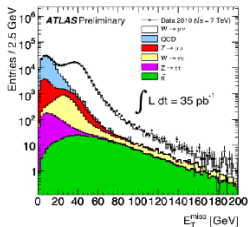
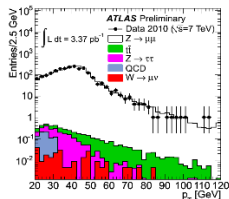


Analysis ingredients in a nutshell

Cross section measurement:

$$\sigma = \frac{N_{\text{Observed}} - N_{\text{BG}}}{\epsilon_{\text{Total}} * L}$$

N_{Observed} : number of observed events
 N_{BG} : Number of background events
 ϵ_{total} : Overall detection efficiency
 L : Luminosity provided by collider



Select interesting events based signal event characteristics:

- e.g. leptons, jets, E_T^{Miss} , angular correlations etc.

Example: $Z \rightarrow \mu\mu$:

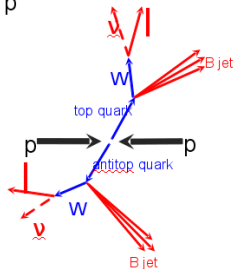
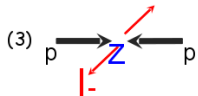
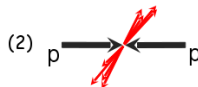
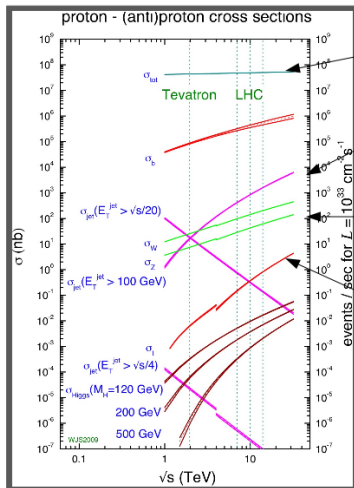
- 2 isolated μ -tracks, back-to-back, low E_T^{Miss} , high transverse momentum, low jet activity

Determine N_{BG} or Signal prediction from Monte Carlo or data driven methods

ϵ_{total} : Combination of Efficiencies:

- Trigger, Reconstruction, Acceptance, Cuts etc.

Different Analysis



Di-muon invariant mass

Leading muon, $p_{T1} > 15 \text{ GeV}$, second muon, $p_{T2} > 2.5 \text{ GeV}$ 