LHC jetzt und in der Zukunft aus Sicht der deutschen Gruppen

P.Mättig

Bergische Universität Wuppertal

Danke für Informationen:
Helmut Burkhardt, Uli Uwer, Peter Schleper, Johanna Stachel

Benutzung vieler Folien:
RRB Oktober
LHCC 17.11.
.....

2010: LHC Maschine in the driving seat

Pläne 2010
200 pb^{-1}
L_{max} = 10^{32}

Step	E [TeV]	Fill scheme	N	β* [m] IP1 / 2 / 5 / 8	Run time (indicative)
1	0.45	2x2	5x10^{10}	11 / 10 / 11 / 10	Weeks
2	3.5	2x2	2 - 5x10^{10}	11 / 10 / 11 / 10	
3	3.5	2x2*	2 - 5x10^{10}	2 / 10 / 2 / 2	
4	3.5	43x43	5x10^{10}	2 / 10 / 2 / 2	Weeks/Months
5	3.5	156x156	5x10^{10}	2 / 10 / 2 / 2	
6	3.5	156x156	9x10^{10}	2 / 10 / 2 / 2	Months
7	3.5	50 ns - 144**	7x10^{10}	2.5 / 3 / 2.5 / 3	
8	3.5	50 ns - 288	7x10^{10}	2.5 / 3 / 2.5 / 3	
9	3.5	50 ns - 720	7x10^{10}	2.5 / 3 / 2.5 / 3	Months

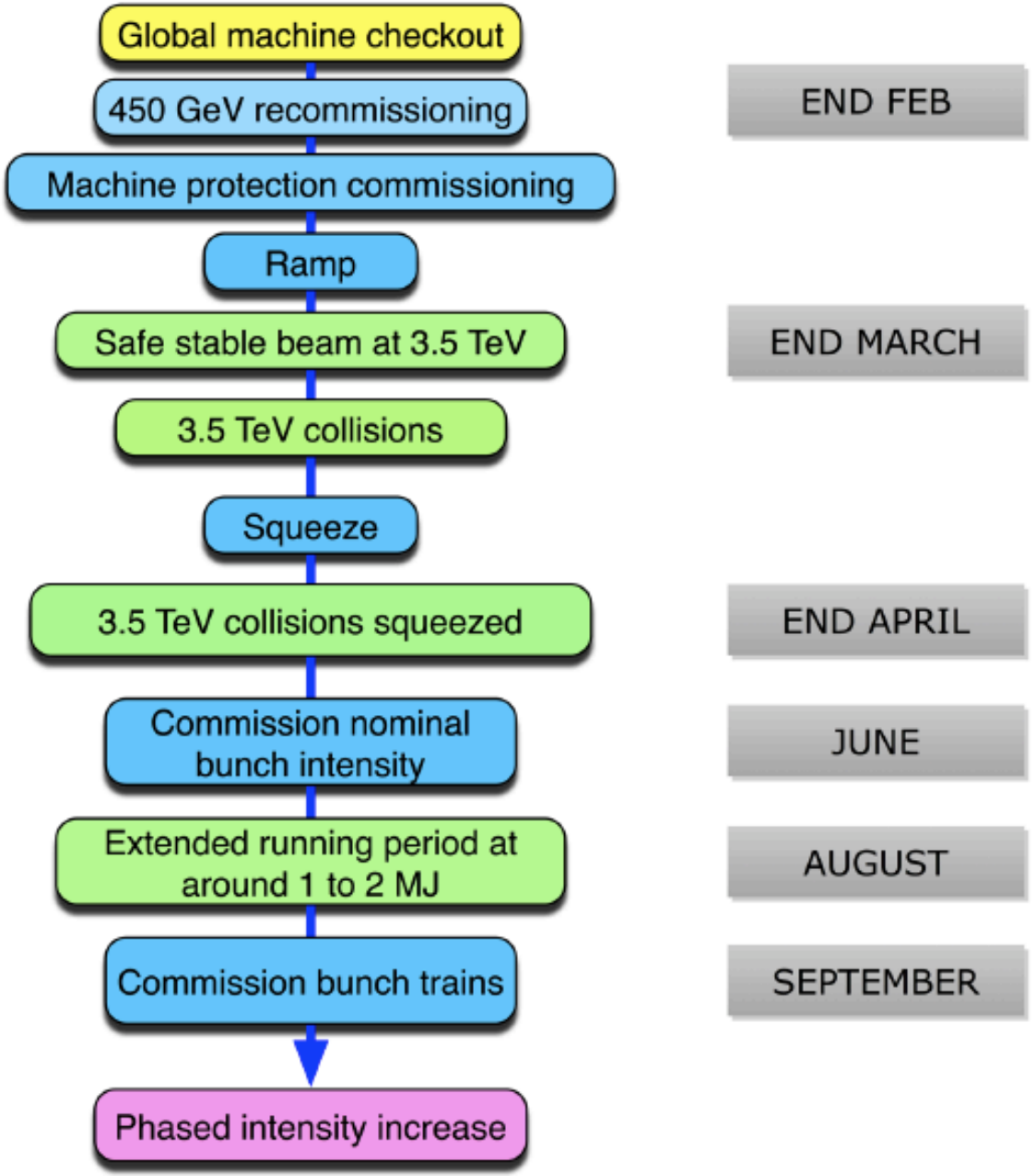
* Turn on crossing angle at IP1.
**Turn on crossing angle at all IPs.

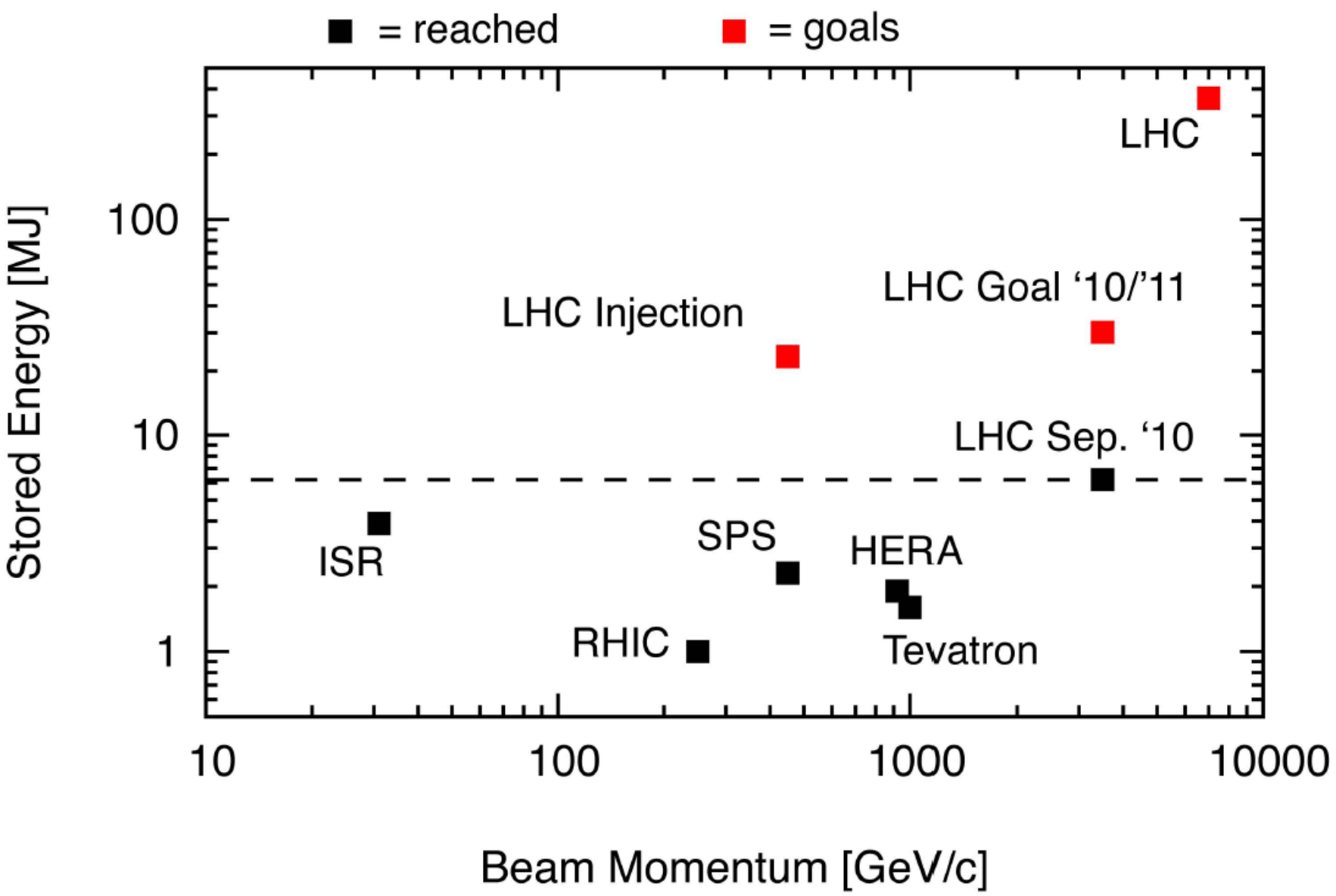
One month: 720 bunches of 7 e10 at beta* = 2.5 m gives a peak luminosity of 1.2 e32 cm^{-2}s^{-1} and an integrated of about 105 pb^{-1} per month

Erreicht: 50 pb^{-1}
2 x 10^{32} cm^{-2}s^{-1}

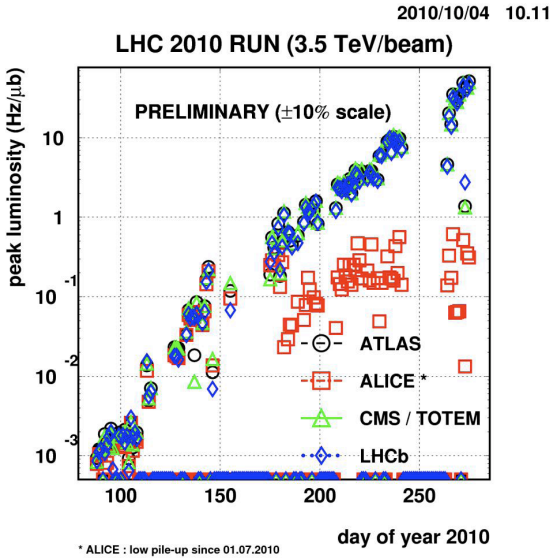
Kennzahlen:
β^* = **3.5 m**
N = 10^{11}
N_{Bunche} = **312**

Hervorragende Grundlage für 2011


Global machine checkout
450 GeV recommissioning
Machine protection commissioning
Ramp
Safe stable beam at 3.5 TeV
3.5 TeV collisions
Squeeze
3.5 TeV collisions squeezed
Commission nominal bunch intensity
Extended running period at around 1 to 2 MJ
Commission bunch trains
Phased intensity increase
END FEB
END MARCH
END APRIL
JUNE
AUGUST
SEPTEMBER

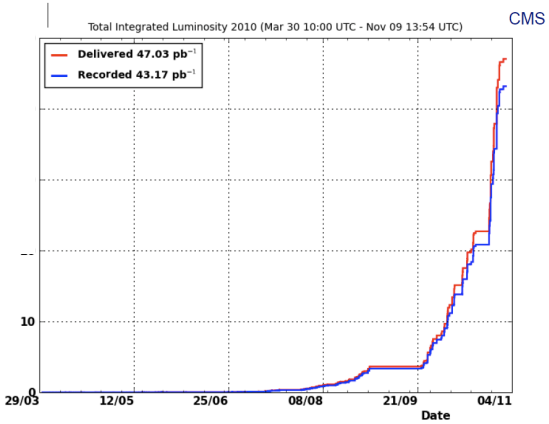

= reached
= goals
LHC
LHC Goal '10/'11
LHC Injection
LHC Sep. '10
ISR
SPS
HERA
RHIC
Tevatron
100
10
1
10
100
1000
10000
Stored Energy [MJ]
Beam Momentum [GeV/c]

LHC specific Enormer Fortschritt sichtbar amJahresende

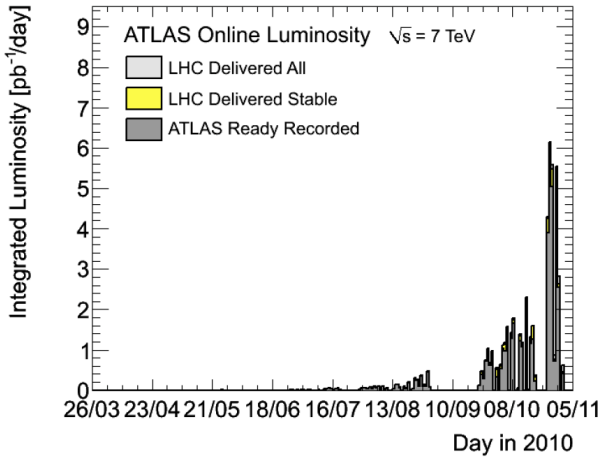


Datennahme unterbrochen von längeren Perioden zur LHC Entwicklung:

Lumi um Faktor 50000 gesteigert



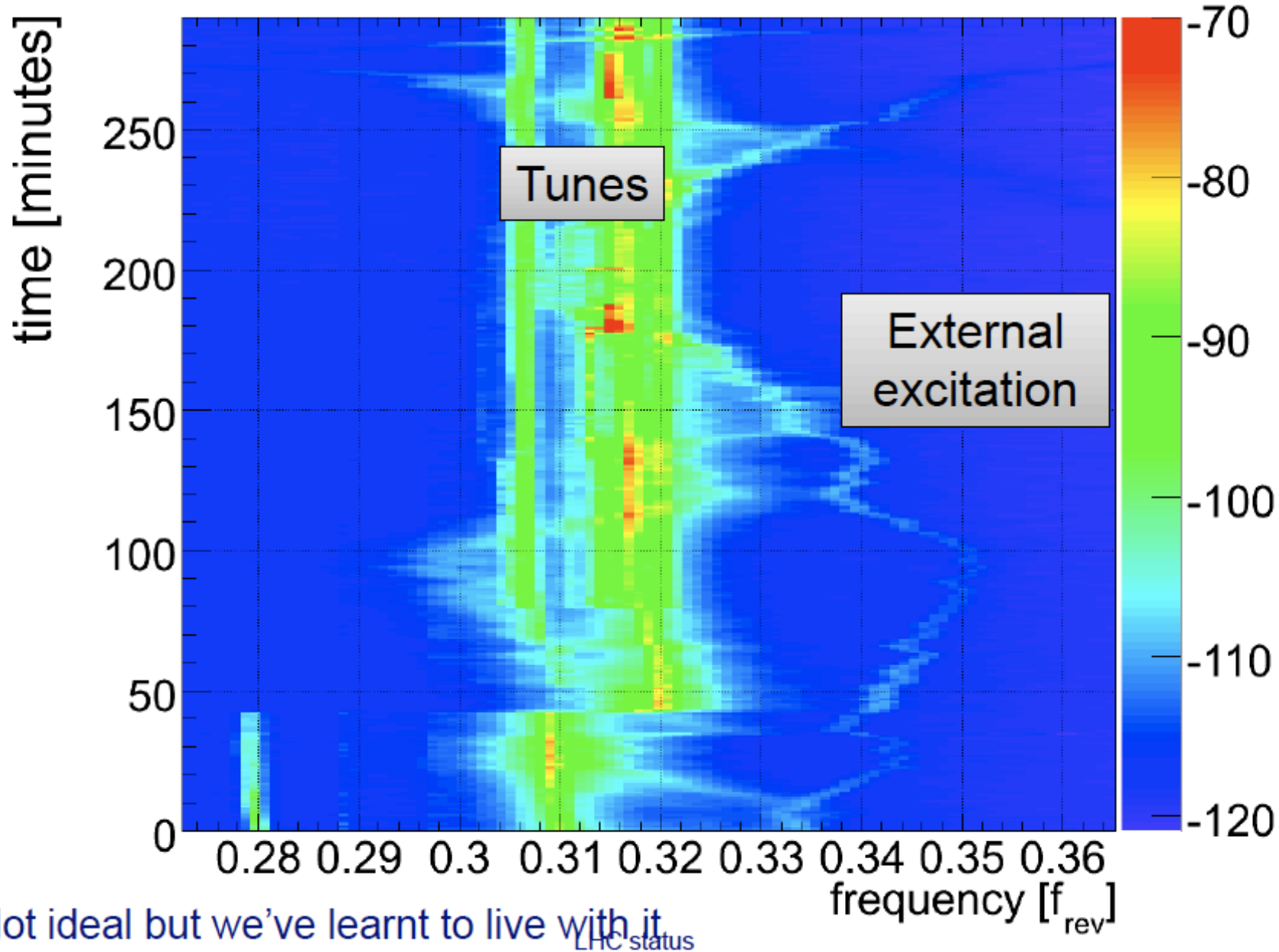
Fast 50 pb^{-1} geliefert ca. 43 pb^{-1} von Experimenten aufgenommen



Gegen Ende 5 pb^{-1}/Tag ‚Routine'

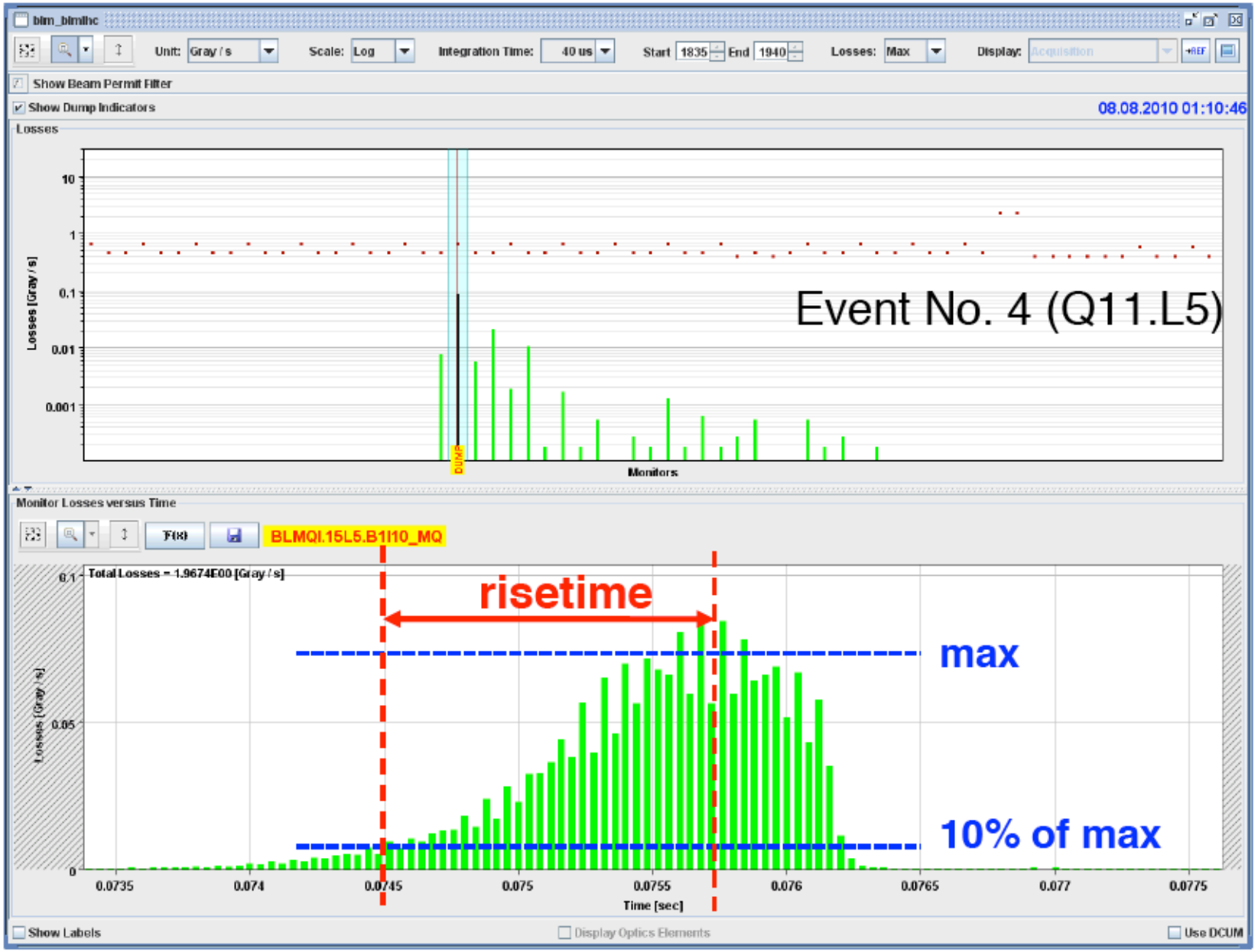
Aber auch einige Probleme

The hump - source still unknown

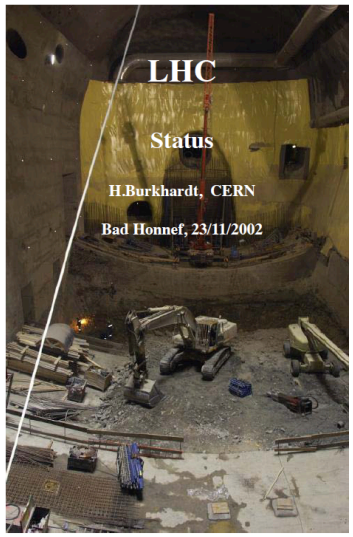


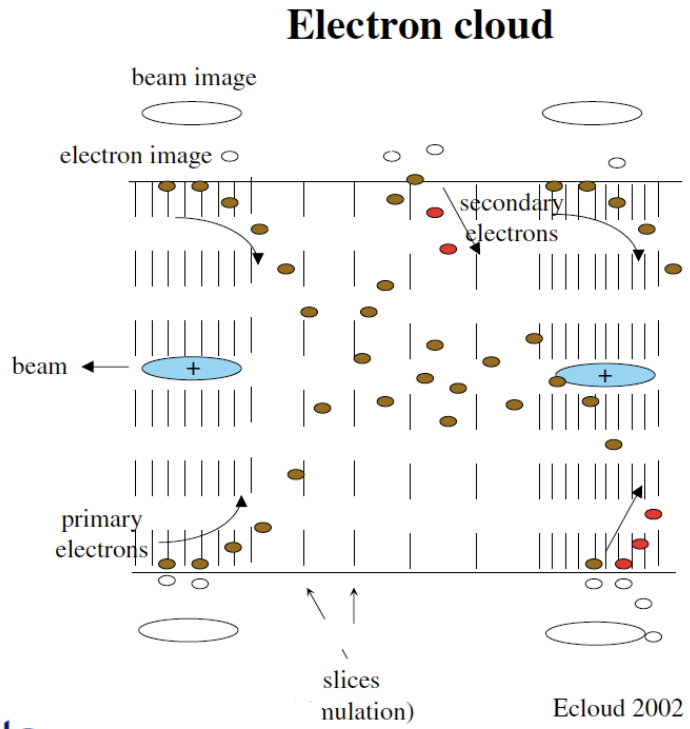
Not ideal but we've learnt to live with it

UFOs: plötzliche Strahlverluste! Fallende Staubpartikel?



Electron Cloud effect





Ecloud 2002 workshop F.Z. et al.

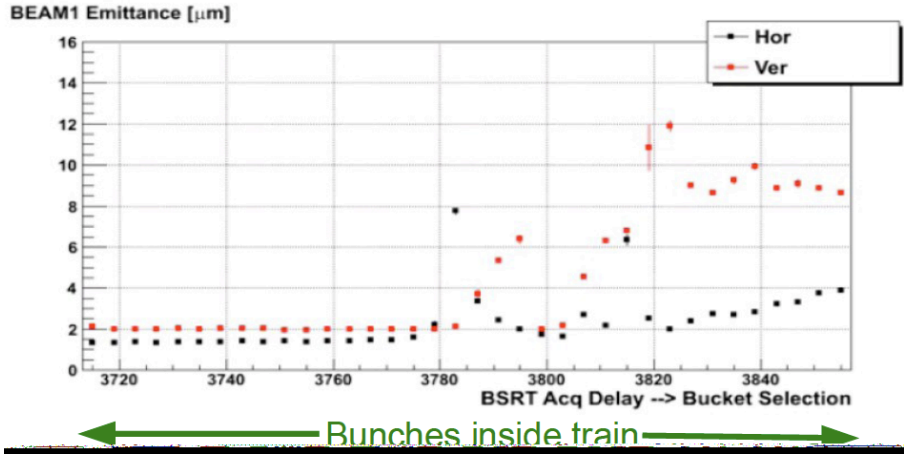
electron cloud effects

- vacuum pressure rise
- single-bunch instability
  - - interplay w. impedance & beam-beam
- multi-bunch instability
- incoherent emittance growth
- heat load in cold arcs (quench)
- perturbation of beam diagnostics

LHC electron cloud

Beeinflussung nachfolgender Trains

Beeinflussung nachfolgender Bunche im Train



Abhängig von Intensität, Anzahl Bunche/Train, ...
Kann durch ‚scrubbing' reduziert werden

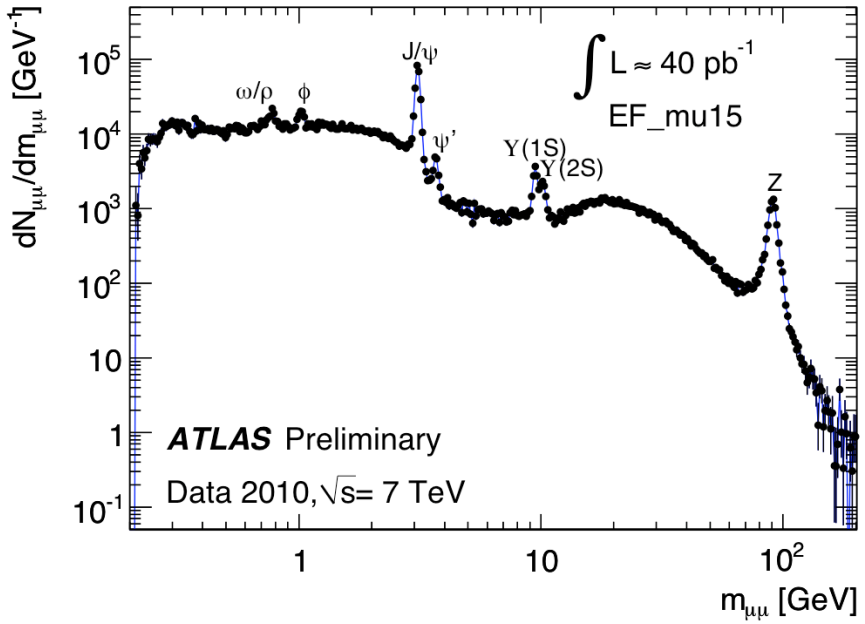
CMS: ZZ ➔ μμμμ

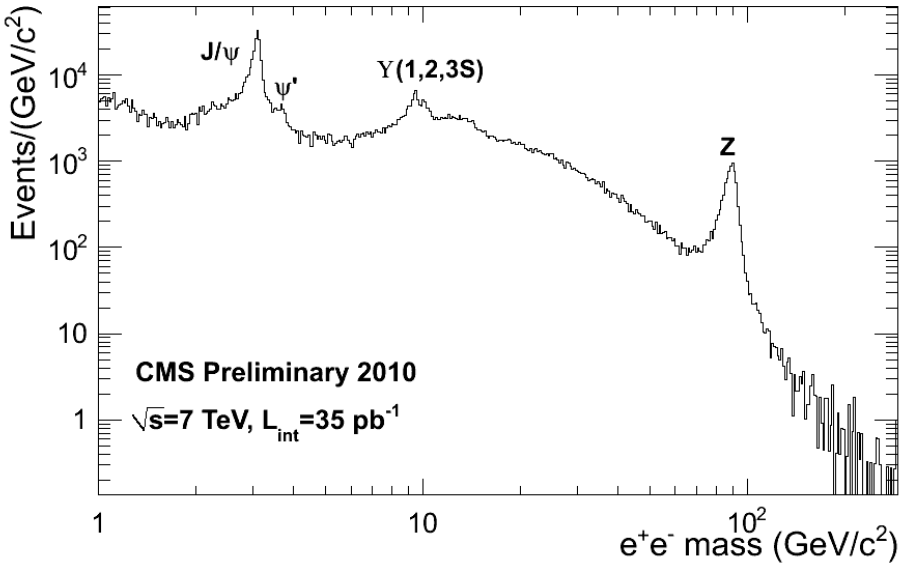
Invariant Masses

$\mu_0 + \mu_1$: 92.15 GeV (total(Z) p_T 26.5 GeV, ϕ -3.03),
$\mu_2 + \mu_3$: 92.24 GeV (total(Z) p_T 29.4 GeV, ϕ +.06),
$\mu_0 + \mu_2$: 70.12 GeV (total p_T 27 GeV),
$\mu_3 + \mu_1$: 83.1 GeV (total p_T 26.1 GeV).

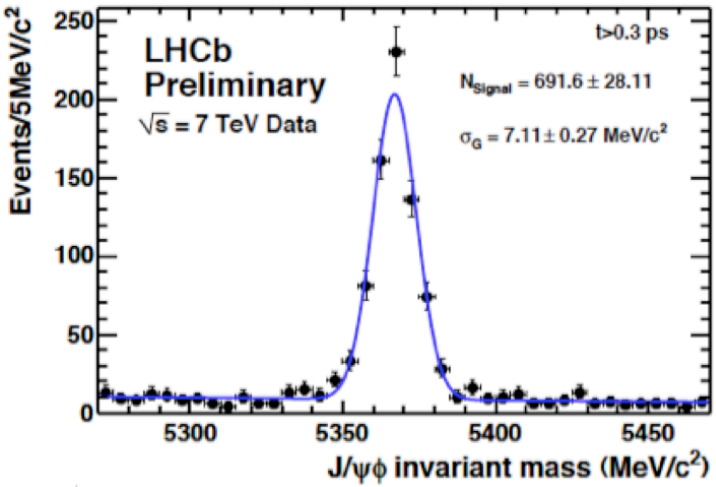
Invariant Mass of 4μ: 201 GeV

J/ψ, Υ und Co.


$dN_{\mu\mu}/dm_{\mu\mu}$ [GeV^{-1}]
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
10^{-1}
ω/ρ
φ
J/ψ
ψ'
Υ(1S)
Υ(2S)
Z
$\int L \approx 40$ pb^{-1}
EF_mu15
ATLAS Preliminary
Data 2010, $\sqrt{s}$= 7 TeV
1
10
10^2
$m_{\mu\mu}$ [GeV]

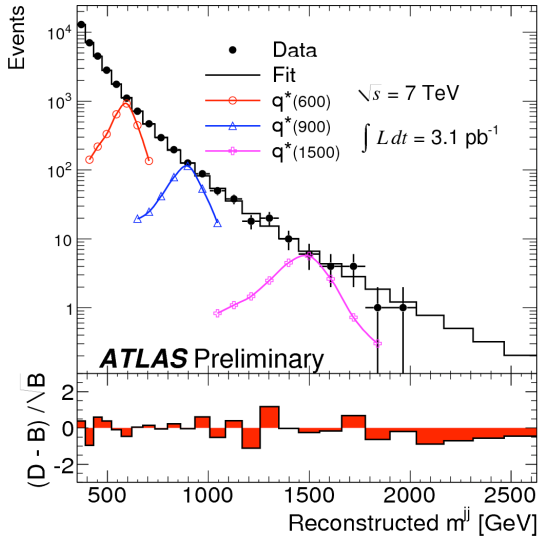

Events/(GeV/c^2)
10^4
10^3
10^2
10
1
J/ψ
ψ'
Υ(1,2,3S)
Z
CMS Preliminary 2010
$\sqrt{s}$=7 TeV, L_{int}=35 pb^{-1}
1
10
10^2
e^+e^- mass (GeV/c^2)

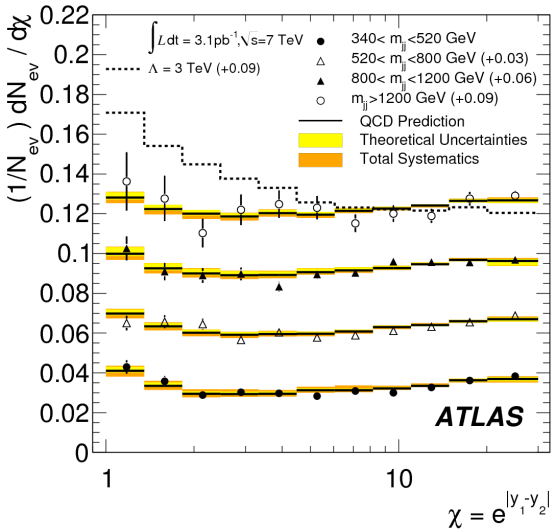
Flavourphysik



Erste Schritte zu neuen Grenzen

Leptoquarks



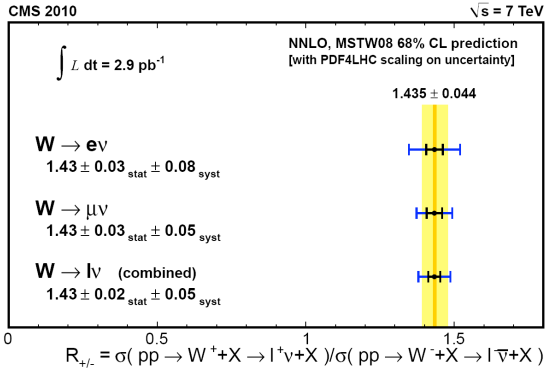


Jet – Jet Massen und Winkelverteilung:

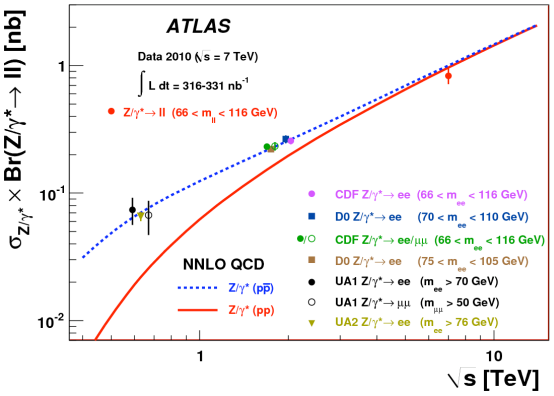
q^* , Contact - Interaction

Schritte in die TeV - Region

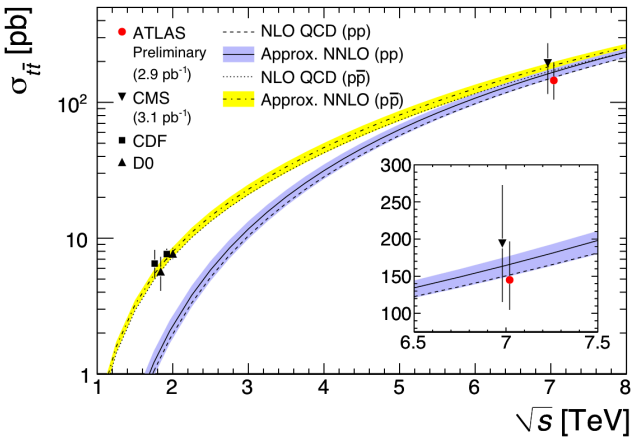
Das Standardmodell gilt auch bei 7 TeV!



Wirkungsquerschnitte der Vektobosonen (Sommer 2010)



Aktuell:
Wirkungsquerschnitt der Top – Quark Paare

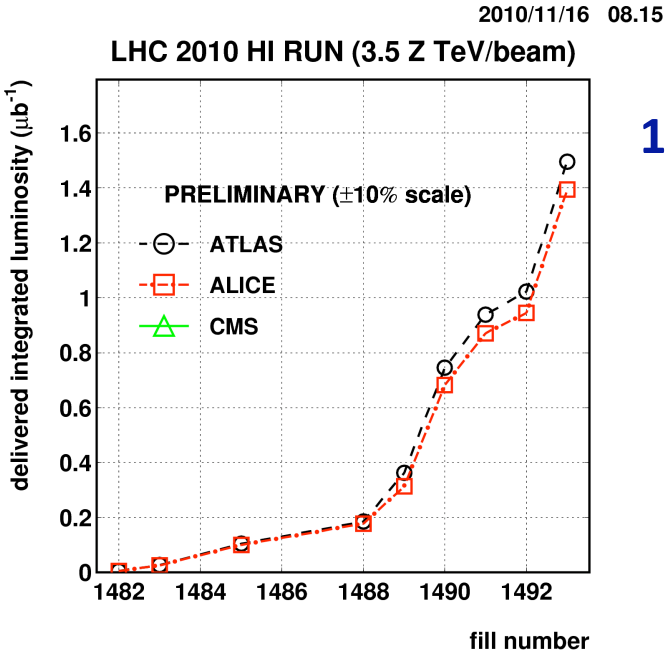


Detektoren arbeiten hervorragend

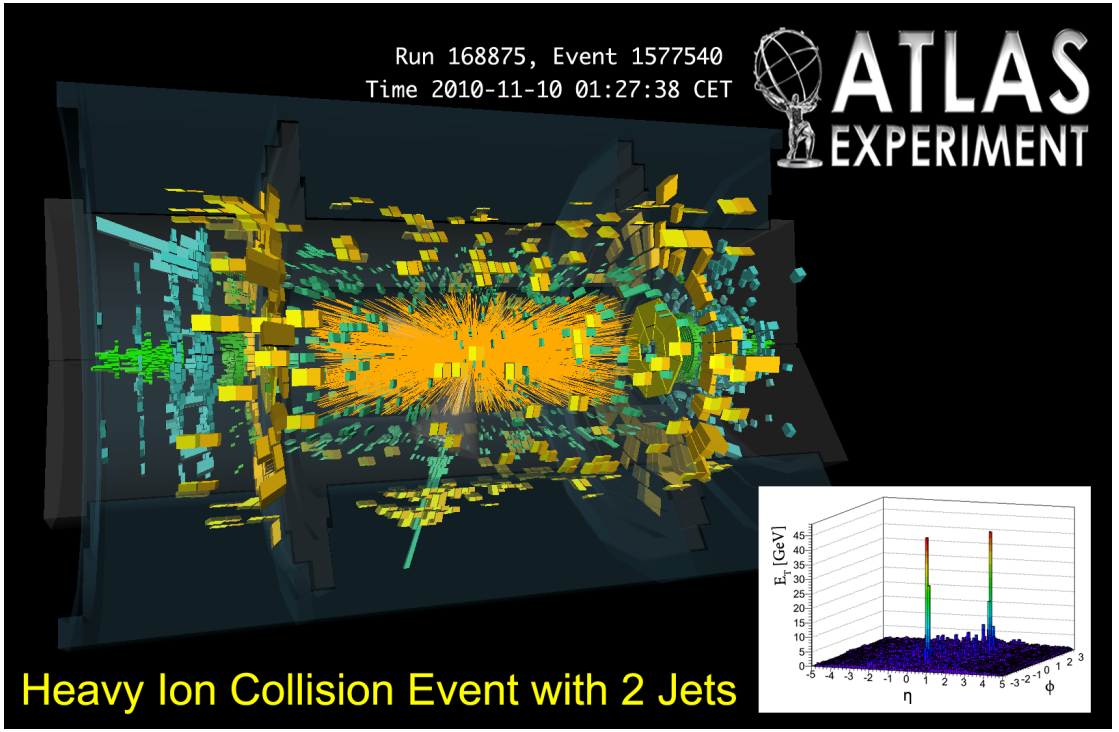
Nach kurzer Zeit nahe an der Design – Performance!

Standardmodell ‚wiederentdeckt'
Pflichtprogramm erfüllt ➔
eine große Anzahl von Physikanalysen möglich
Erste Schritte in neue Energiebereiche

Die letzten Wochen: Pb - Kollisionen



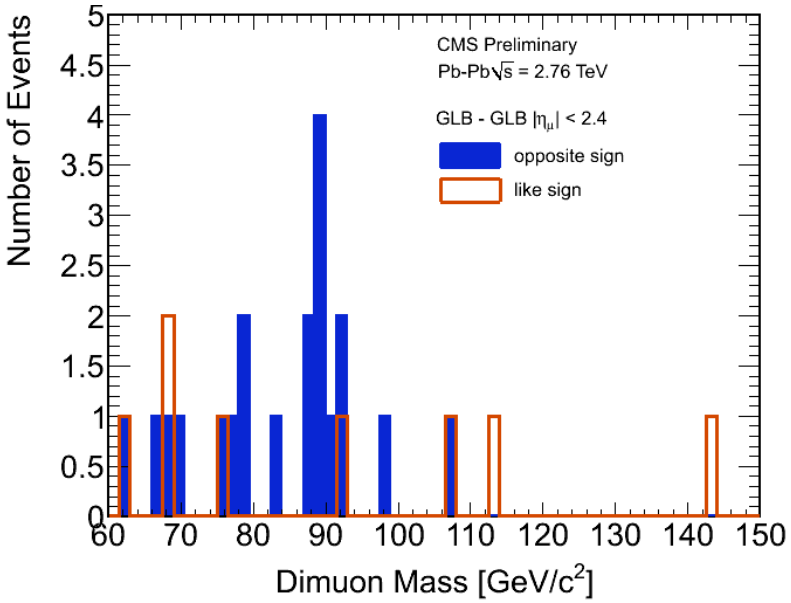
1.5 μb/Experiment (bisher)



Mehrere 1000 REKONSTRUIERTE (!!!) Spuren im Detektor

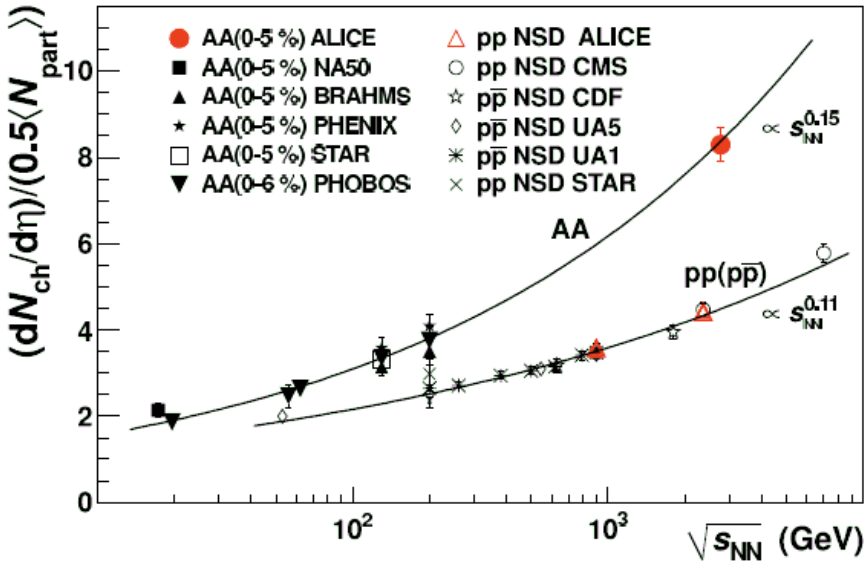
(Gute Vorbereitung für HiLum LHC)

Pb – Kollisionen: erste Physik

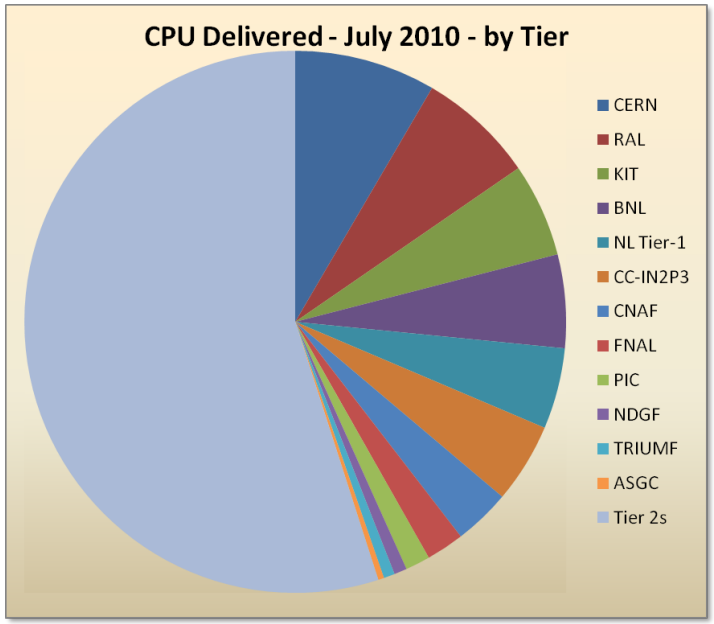


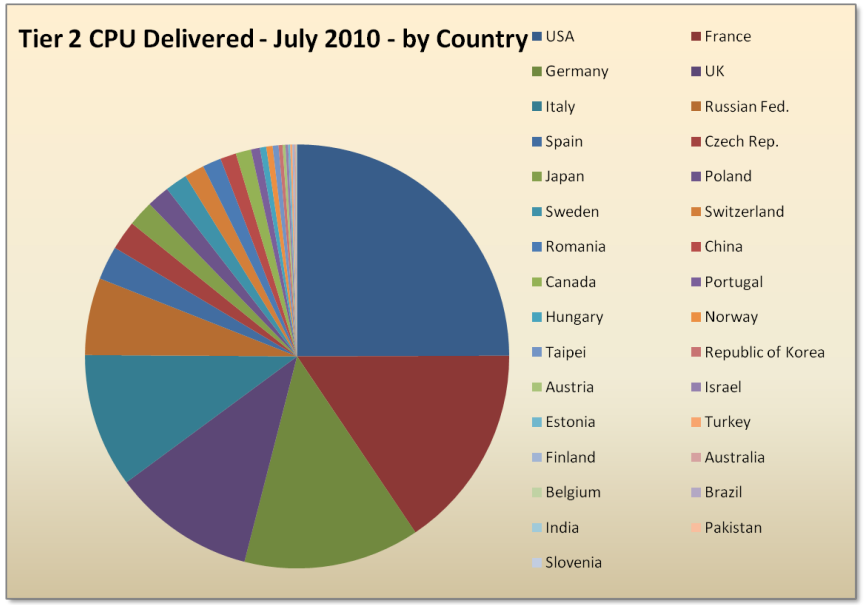
Neuestes ALICE Ergebnis:
Enormer Anstieg der Multiplizität

CMS: Z^0 in Heavy - Ion Kollisionen



WLCG





- ca. 1 Millionen Jobs/Tag
- mehr als 100 K CPUs
- Allein am Tier 0: 5 PB gespeichert
- Bis zu 70 Gb/Sek. aus CERN in die Welt

Im Wesentlichen hervorragende Performance!

Tier 2 tragen mehr als die Hälfte der CPUs bei
Insgesamt starke deutsche Beteiligung

Beispiele der Beiträge deutscher Gruppen: Grid

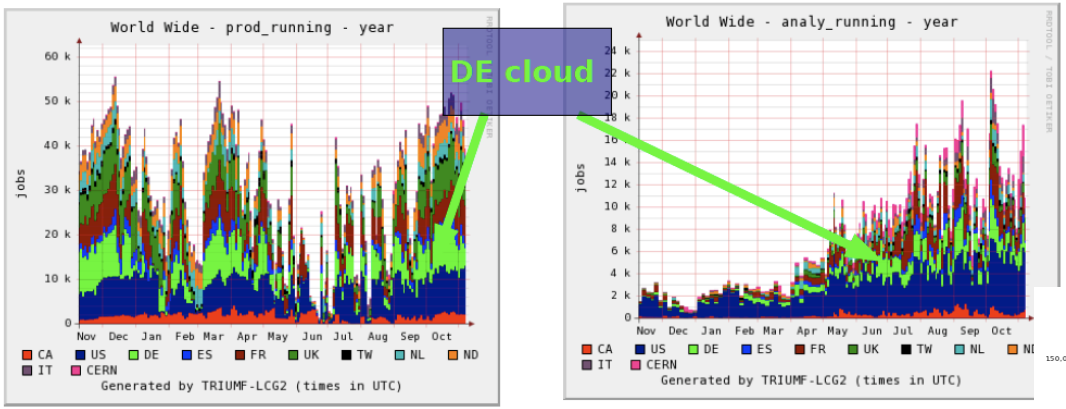
Tier 1 – Zentrum: GridKa

Tier 2 – Zentren:

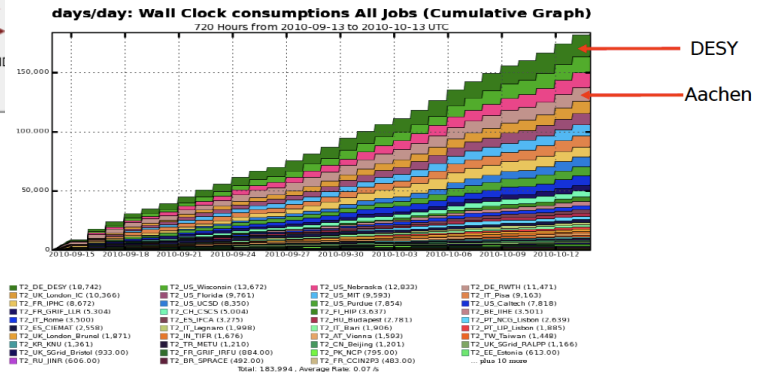
ATLAS: DESY, Freiburg, Göttingen, LMU+MPI München, Wuppertal

CMS: Aachen, DESY

LHCb: DESY



Anwachsen Analyse – Jobs
Signifikanter Beitrag zu ATLAS



... und CMS
(stärkste Tier 2 – Zentren)

Ca. 70 FTEs arbeiten in Deutschland an Betrieb des Grid

LHC GRID in Deutschland: ein Erfolg!

Finanzierung von GridKa nur bis 2011 gesichert!
Finanzierung der Tier 2 Zentren nur bis 2012 sicher!

Finanzierung für Entwicklungsarbeit läuft aus!

DRINGEND KLÄRUNG NOTWENDIG

Deutsche Anteile in LHC Experimenten

	ALICE	ATLAS	CMS	LHC b
Autoren insgesamt	**1062**	**3056**	**2173**	**630**
Autoren dt. Gruppen	**105**	**409**	**176**	**38**
Anteil	**9,9%**	**13,4%**	**8,1%**	**6,0%**

- **Insgesamt ca. 1000 Physiker, Ingenieure, Diplomanden aus Deutschland**
- **ca. 10% aller LHC – Autoren**
- **ca. 350 Doktoranden/Doktorandinnen**

ATLAS

	Physik						
	B - Physik	QCD	Vektor-Bos.	Top	Higgs/esSym	SUSY	BSM
Berlin		x		x			x
Bonn			x	x	x	x	
DESY		x	x	x		x	
Dortmund				x		x	
Dresden		x	x		x		
Freiburg		x	x		x	x	
Giessen			x				
Göttingen			x	x		x	
Heidelberg		x	x				x
Mainz		x	x		x	x	x
LMU München			x		x	x	
MPP München		x	x	x	x	x	x
Siegen	x			x			
Würzburg							x
Wuppertal		x	x	x			x

- **Breite Beteiligung an Betrieb, Software – Entwicklung und Physik – Analyse**
- **Momentaner Fokus der Physik – Analyse: Standard Modell**

- **Wesentliche Beteiligung an 3 von 7 Papieren:**
  - **Allererste Daten: Minimum Bias Untersuchung**
  - **W – Analyse**
  - **Messung des tt – Wirkungsquerschnitts**

Eine Vielzahl weiterer Analysen in Vorbereitung

ATLAS

- **Collaboration Board Chair: Gregor Herten (Freiburg)**
  mehrere Institute Board Chairs für Subdetektoren

- **designierter Computing Koordinator: Hans von der Schmitt (MPP)**

- **Detektor – Run – Koordinatoren:**
  I.Ibragimov (SI), D.Hirschbühl (W), S.Zimmermann (FR)

- **‚Combined Performance' Koordinatoren:**
  O.Kortner (MPP), S.Lai (FR), C.Schmitt (MZ), C.Weiser (FR),

- **Physics Groups Koordinatoren**
  M.Christinziani (BN), S.Kortner (MPP)
  Eine Vielzahl von ‚Sub – Gruppen' Koordinatoren

CMS

- **Physik - Interessen der deutschen Gruppen**
  Higgs, QCD, Top, SUSY, Exotika, Vorwärtsphysik

- **Beteiligung Software – Entwicklung:**
  Spuren Alignment + Kalibration, Jet – Rekonstruktion, Bottom Tagging

- **Wesentliche Beteiligung an der Messung des tt – Wirkungsquerschnitts**

Eine Vielzahl weiterer Veröffentlichungen in Vorbereitung z.T. schon als vorläufige Resultate (Jet – Wirkungsquerschnitt, auch mit bottom Jets)

- **Management Board: P.Schleper (HH)**
- **Deputy Technischer Koordinator: W.Zeuner (DESY)**
- **(designierter) Deputy Koordinator Tracking Detektor: F.Hartmann (KA)**

- **Physikgruppen Koordinatoren:**
  F.P.Schilling (KA), H.Jung (DESY)
  mehrere Koordinaten Untergruppen

LHCb

- **Beteiligung Software – Entwicklung:**
  Alignment Innerer/Äußerer Detektor, Spurrekonstruktion + Effizienz, Maschinen – Untergrund, High Level Trigger

- **Wesentliche Beteiligung an der Messung des K^0_s Wirkungsquerschnitts**

Eine Vielzahl weiterer Veröffentlichungen in Vorbereitung z.T. schon als vorläufige Resultate
- **Charm Produktion & Mischung,**
- **Minimum Bias, phi inklusive**
- **B_s Mischung $J/\psi\phi$, $J/\psi K$**

- **Äußere Spurkammer Deputy: D.Wiedner (HD)**
- **Koordinator Tracking: S.Hansmann (HD)**

Deutsche Gruppen in LHC Experimenten

- **wichtige Positionen in Kollaborationen**

- **Aber: auf höchster Ebene nicht der Stärke der deutschen Gruppen entsprechend!**

- **Relativ gut auf ‚zweiter Ebene' positioniert: starker Nachwuchs!!!**

Das nächste Jahr

Ziel 1 fb^{-1}

N.b.:
Notwendig 200 Tage erreichbar ohne weitere Verbesserung!

2011: Verbesserungen & Aussichten

Besseres Verständnis der Quenchmodelle ➔ höhere Energie möglich
Höhere Energie: kleinere Emittanz, weniger beam – beam ➔ Lumi – höher!

‚reasonable'

- 4 TeV (to be discussed at Chamonix)
- 936 bunches (75 ns)
- 3 micron emittance
- 1.2 x 10^{11} protons/bunch
- beta* = 2.5 m, nominal crossing angle

Peak luminosity	6.4 x 10^{32}
Integrated per day	11 pb^{-1}
200 days	2.2 fb^{-1}
Stored energy	72 MJ

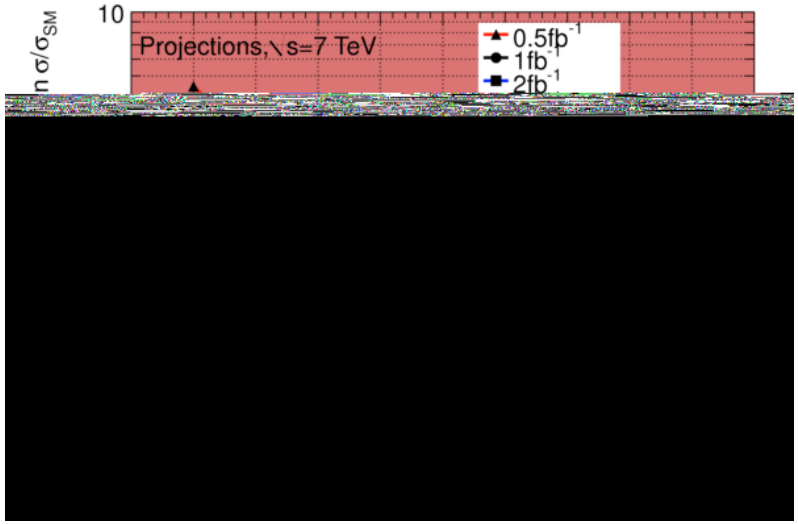
‚ultimate'

4 TeV
1400 bunches (50 ns)
2.5 micron emittance
1.5 x 10^{11} protons/bunch
beta* = 2.0 m, nominal crossing angle

Peak luminosity	2.2 x 10^{33}
Integrated per day	38 pb^{-1}
200 days	7.6 fb^{-1}
Stored energy	134 MJ

Usual warnings apply – see problems, problems above

Die nahe Zukunft: Sensitivität auf SM Higgs Boson



R.D.Heuer, Dortmund:

- Assume continued excellent performance of Tevatron and continued excellent progress of LHC machine (≥1/fb in 2011) and experiments

  expected mass ranges

- 95% cl exclusion between 114 and ~600 GeV
- 3σ evidence between ~125 and ~500 GeV

Deutsche Beiträge zum LHCb Upgrade

Tracker upgrade:

- **TDC fuer 40 MHz Readout**
- **Readout Board fuer 40 MHz Readout**
- **Fiber Tracker**

Deutsche Beiträge zum ATLAS Upgrade

In Kürze:
Vorwärtsdetektor ALFA (Giessen, HU Berlin, DESY)

2016
Insertable B – layer
(Bonn, Dortmund, Heidelberg, Göttingen, Siegen, Wuppertal)
Level 1 – Kalorimeter Trigger
(Heidelberg, Mainz)

Deutsche Beiträge zum ATLAS Upgrade: 2020

Neuer ‚all silicon' Spurdetektor: Pixel + Strips
HU Berlin, Bonn, DESY, Dortmund, Freiburg, Göttingen, MPP, Siegen, Wuppertal

Flüssig – Argon Kalorimeter
Dresden, MPP

Myon – Kammern:
Freiburg, LMU München, MPP

Level – 1 Trigger:
Heidelberg, Mainz

Intensive F&E Arbeiten ➔ TDR ca. 2014
Deutsche Koordinatoren: PM (Spurdetektor), A.Strässner (Flüssig-Argon)

Upgrade-Pläne der deutschen CMS-Gruppen

Aktueller Stand der Planungen:

	2012	2016	2020
Aachen-I	-	**Pixel**	**Tracker**
Aachen-III	**HO**	-	**MTT**
DESY	**HO, CASTOR, BCM**	**Pixel, HCAL, BCM**	**Tracker**
Hamburg	-	**Pixel**	**Tracker**
Karlsruhe	-	**Pixel, BCM**	**Tracker**

Pixel: Bau der 4. Barrel-Lage (Modulbau, Integration, QA), DC-DC Stromversorgung

Tracker (Strips…Pixel): Sensorentwicklung, (Super-)Modul-Design, DC-DC Stromversorgung, CO_2-Kühlung, …

MTT (Muon Track Tag): Szintillator+SiPM Lage vor dem Myon-System als Beitrag zum Myon-Trigger

HO (HCAL Outer): Ersatz der HPDs durch SiPMs

HCAL: Ersatz der HPDs durch SiPMs, bessere longitudinale Segmentierung, Read-out + Trigger Upgrades

BCM (Beam Condition Monitor): neuer ASIC, neuer optischer Link, neue Sensoren

CASTOR: Ersatz der PMTs (Magnetfeld- und Strahlenhärte)

High – Lumi LHC wird schrittweise auf $5x10^{34}$ erreicht

Arbeiten an Maschine und Detektoren im Gange

Deutsche Gruppen spielen für Detektor Upgrade bedeutende Rolle!

Es hat etwas länger gedauert als erhofft, aber:

LHC liefert Daten!
Beschleunigerphysiker haben einen enormen Fortschritt erreicht

VIELEN DANK!!!

Inbetriebnahme der Detektoren:
Hohe Effizienz/hohe Qualität, Design fast schon erreicht
Vielzahl von Physikuntersuchungen (Moriond, DPG!!)
Bereit für die vielen fb^{-1} → neue Entdeckungen

Die Zukunft hat begonnen: Schritte zu Multi 10^{34} Luminosität

Deutsche Gruppen durch starke Beiträge sehr sichtbar!