

# Suche nach dem Higgsboson im Kanal

$$pp \rightarrow qqH, H \rightarrow \tau\tau$$

mit dem ATLAS-Detektor

Manfred Groh, Steffen Kaiser, N. Benekos, S. Bethke,  
S. Horvat, O. Kortner, S. Kotov, H. Kroha,  
S. Mordieck-Möck, R. Richter, C. Valderanis, J. Yuan

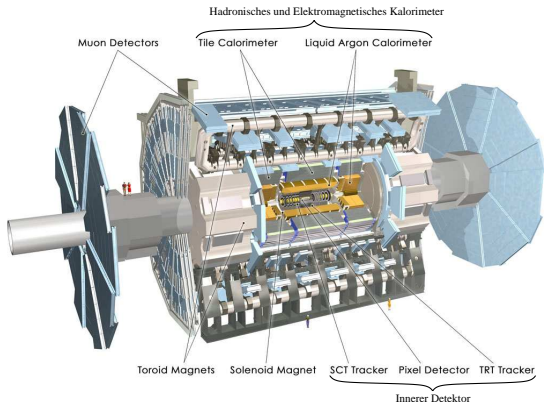
Max-Planck-Institut für Physik

DPG 2007, Heidelberg



# Der Atlas Detektor am LHC (CERN)

Large Hadron Collider (LHC): p-p Kollisionen bei 14 TeV Schwerpunktsenergie  
Angestrebte integrierte Luminosität:  $30 fb^{-1}$  in den ersten drei Jahren (2007-2010),  
danach  $100 fb^{-1}$  pro Jahr



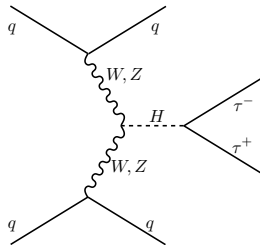
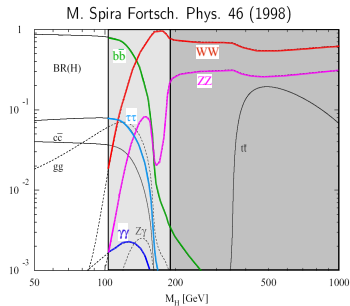
- Innerer Detektor:
  - Impulsmessung geladener Teilchen für  $|\eta| \leq 2,5$
  - Messung der Vertexposition
- Kalorimeter:
  - Hermetische Energiemessung bis  $|\eta| \leq 5$  bei guter Winkelauflösung von Jets
- Myonspektrometer:
  - präzise Myonimpulsmessung bis  $|\eta| \leq 2,5$  und 1 TeV

Eines der wichtigsten Ziele:

Suche nach dem Higgsboson im Massenbereich  $m_H = (115 - 800) GeV$   
(Andere Massen durch Standardmodell bzw. LEP-Suchen ausgeschlossen.)

# Higgs Zerfälle am LHC

Verzweigungsverhältnis:



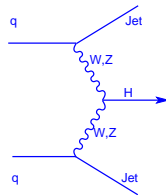
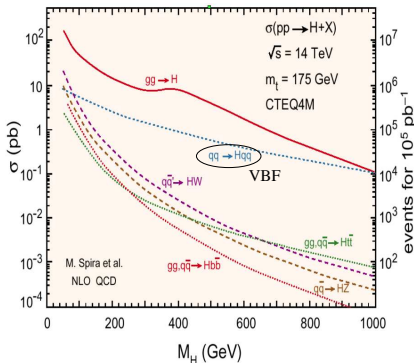
→ Für  $m_H = 115 - 140$  GeV:  $H \rightarrow \tau\tau$  vielversprechender Entdeckungskanal!

$\tau$ -Zerfälle:

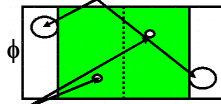
- $\tau \rightarrow \nu_\tau + \nu_e + e$  (17.4%)
- $\tau \rightarrow \nu_\tau + \nu_\mu + \mu$  (17.8%)
- 1 prong:  $\tau \rightarrow \nu_\tau + \pi^\pm + n\pi^0$  ( $\sim 77\%$ )
- 3 prong:  $\tau \rightarrow \nu_\tau + 3\pi^\pm + n\pi^0$  ( $\sim 23\%$ )

Hadronische  $\tau$ -Zerfälle werden als  $\tau$ -Jets im Detektor nachgewiesen. Identifikation u.a. durch die Anzahl der Spuren im Inneren Detektor und Form des Jets.

# VBF Higgs-Produktion



Forward tagging jets



Higgs Decay  $\eta$

Signatur:

- Zwei Vorwärtsjets aus dem VBF-Prozess mit großer Rapiditätslücke
  - Unterdrückte Jetaktivität im Zentralbereich
- Nur Higgszerfallsprodukte im Zentralbereich

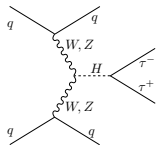
# Signal- und Untergrundprozesse

Prozess	$\sigma(pb)$	L ( $fb^{-1}$ )
<b>Signal, Volle Simulation, Herwig, VBF-Filter</b>		
$H(120GeV) \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll$	0,0148	3070
$H(120GeV) \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll, lh$	0,1	211
<b>Untergrund, Volle Simulation, Alpgen, VBF-Filter</b>		
$Z \rightarrow \tau\tau + 2Jets$	2,5	33,6
$Z \rightarrow \tau\tau + 3, 4, > 5Jets$	0,6 - 2	42 - 94
$Z \rightarrow ee + 2, 3, 4, > 5Jets$	1,3 - 6	11 - 31
$Z \rightarrow \mu\mu + 2, 3, 4, > 5Jets$	1,2 - 5	14 - 18
$t\bar{t}, MC@NLO$	461000	0,1
<b>Zusätzlich: Schnelle Simulation</b>		
$H(120GeV) \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll$	0,0148	4600
$H(120GeV) \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll, lh$	0,1	522
$Z \rightarrow \tau\tau + 0Jets$	2,2	13,6
$Z \rightarrow \tau\tau + 1Jet$	1,96	12,3
$Z \rightarrow \tau\tau + 2Jets$	153	24,4

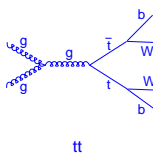
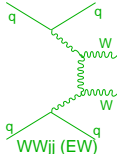
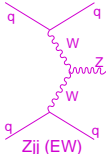
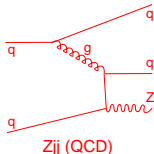
**Volle Simulation:**  
 Detaillierte Beschreibung von Detektorgeometrie und -eigenschaften. Realistischer, aber langsam.

**Schnelle Simulation:**  
 Parameterisierte Beschreibung der Detektoreigenschaften. Sehr schnell.

Signalprozess:

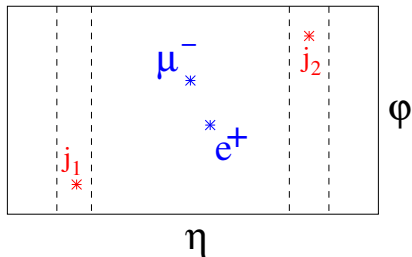


Untergrundprozesse:

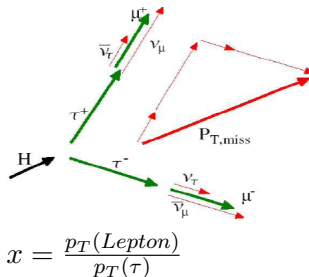


# Auswahlkriterien der Ereignisse

Typische Signatur:



Kollineare Approximation:

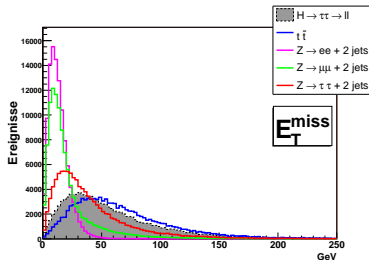


Wichtigste Schritte:

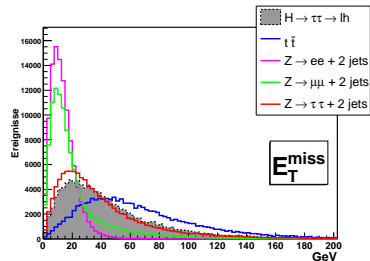
- Fehlende Transversale Energie:  $E_T^{miss} > 50 GeV$  (lh:  $E_T^{miss} > 30 GeV$ )
- Kollineare Approximation sinnvoll  $0 < x < 1$  (lh:  $0 < x_{\tau-jet} < 0.75$ )
- Öffnungswinkel zwischen den Leptonen
- $\Delta\eta$  der Vorwärtsjets
- Keine weiteren zentralen Jets

# Effizienz der Ereignisauswahl

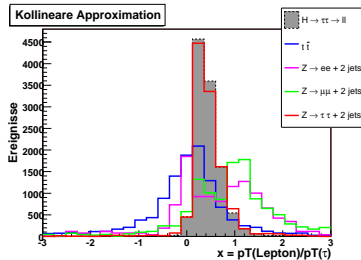
Leptonisch:



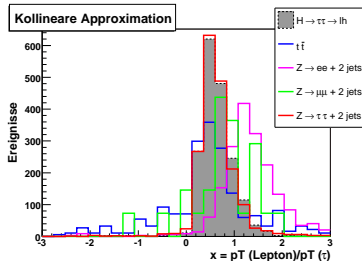
Semileptonisch:



Kollineare Approximation

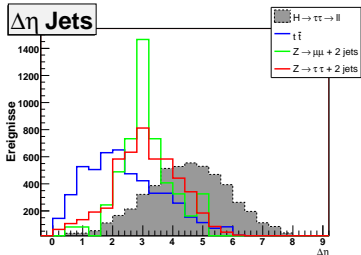


Kollineare Approximation

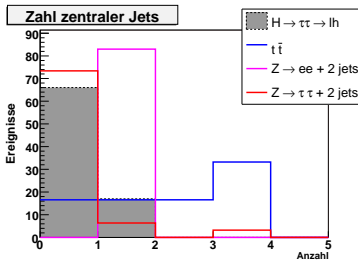
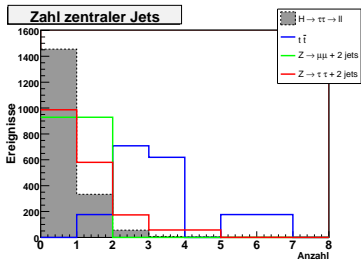
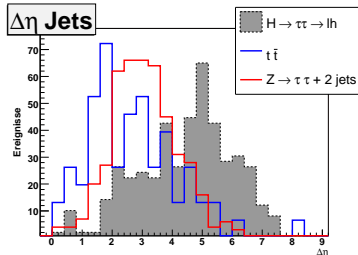


# Effizienz der Ereignisauswahl

Leptonisch:



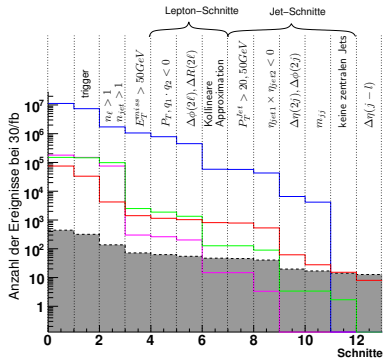
Semileptonisch:



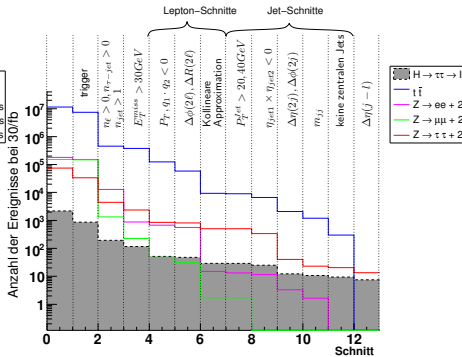


# Effizienz der Ereignisauswahl

Leptonisch:



Semileptonisch:

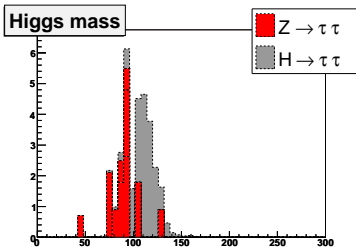


# Rekonstruierte Invariante $\tau\tau$ -Masse

Generierte Higgs Masse: 120 GeV

Skaliert auf 30/fb

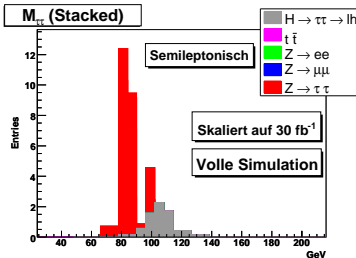
Leptonisch:



Signal: 12,7

Untergrund: 19,2

Semileptonisch:



Signal: 7,5

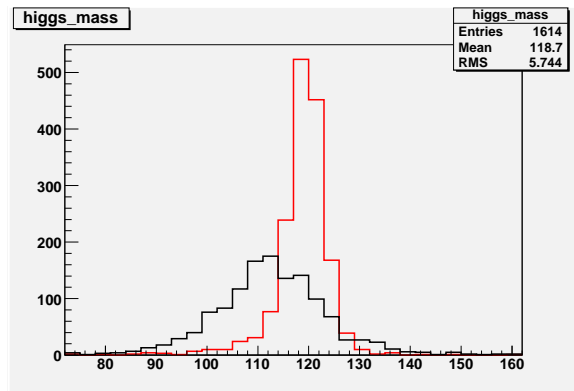
Untergrund: 26,3

Rekonstruierte Higgs Masse weicht von generierter ab!

# Vergleich $E_T^{miss}$ Rekonstruiert - Wahrheit

Signal, leptonische Analyse

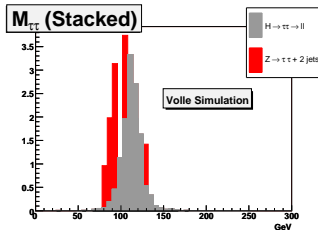
Generierte Higgs Masse: 120 GeV



Bei Verwendung der wahren Fehlenden Energie (anstatt der rekonstruierten) wird die Higgs Masse richtig berechnet.

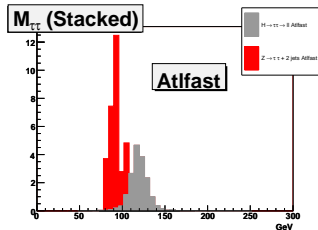
# Vergleich Schnelle - Volle Simulation

Volle Simulation:

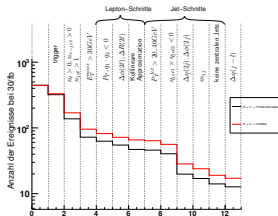


H: 12,7, Z: 8,0

Schnelle Simulation:



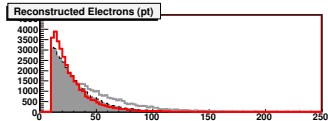
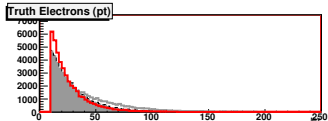
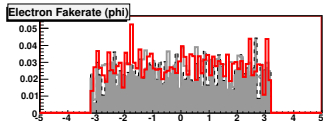
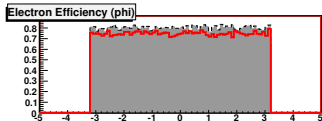
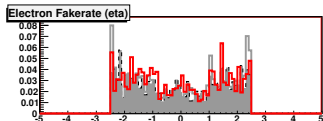
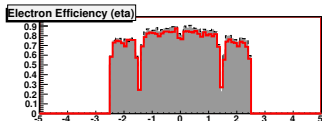
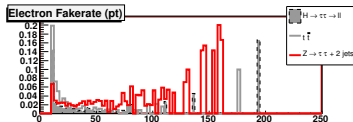
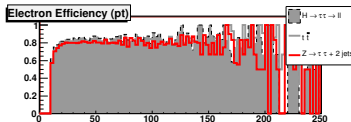
H: 17,0, Z: 29,5



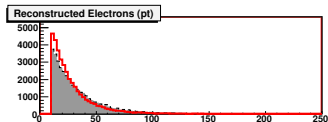
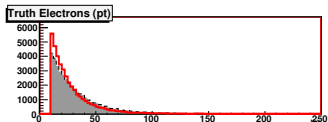
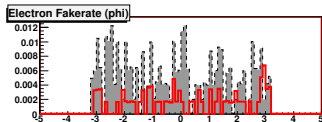
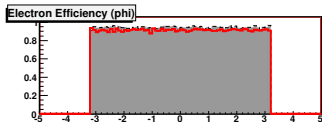
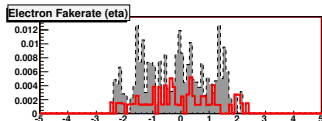
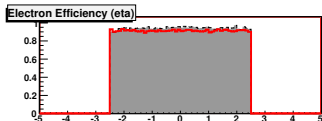
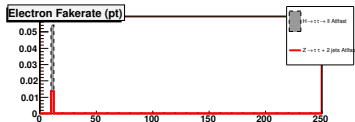
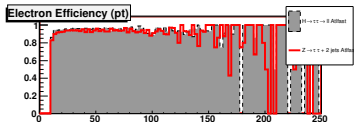
- Prozess der Vektorbosonfusion ermöglicht die Suche nach dem Higgsboson im anspruchsvollen Zerfallskanal  $H \rightarrow \tau\tau$ .
- Analyse mit voller Simulation des wichtigsten Untergrundes ( $Z \rightarrow \tau\tau$ )  
→ Realistischere Vorhersagen als mit Schneller Simulation.
- Rekonstruktion der Fehlenden Energie noch problematisch.
- Schnitte müssen noch optimiert werden.
- Zum Einfluss verschiedener Jet-Algorithmen: Vortrag von Iris Rottlaender, T 416.9

# Anhang

# Elektron Rekonstruktion Volle Simulation

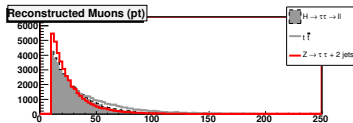
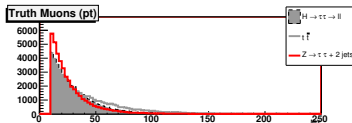
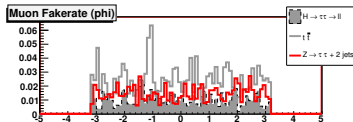
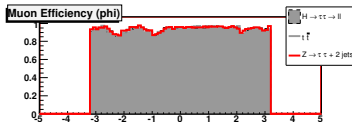
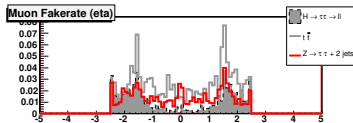
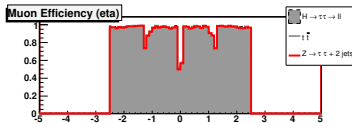
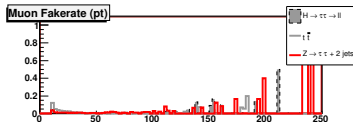
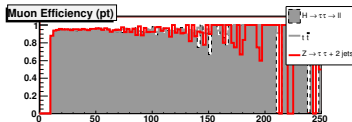


# Elektron Rekonstruktion Schnelle Simulation

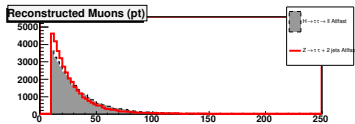
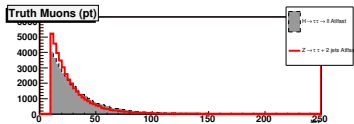
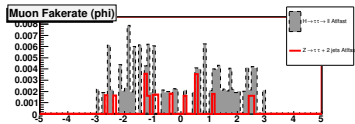
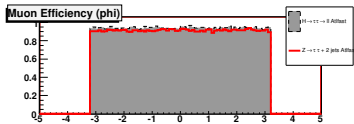
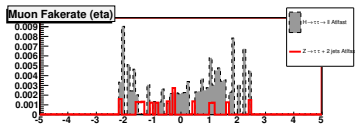
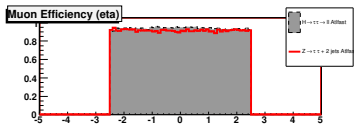
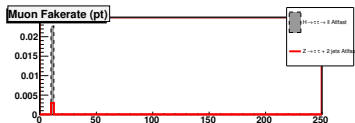
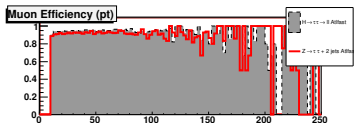




# Myon Rekonstruktion Volle Simulation



# Myon Rekonstruktion Schnelle Simulation



# Backup: Jetalgorithmen

TowerJets	$N_{Sig}$	$N_{Z \rightarrow \tau\tau}$	$N_{Sig}/N_{Z \rightarrow \tau\tau}$
Cone (R=0.4)	12.5	7.9	1.58
Cone (R=0.7)	12.7	11.1	1.15
$K_T$ (D=0.1)	0.3	0.0	-
$K_T$ (D=0.3)	11.6	4.8	2.43
$K_T$ (D=0.5)	13.4	11.1	1.20
$K_T$ (D=0.7)	12.9	9.5	1.36
$K_T$ (D=1.0)	9.7	3.2	3.05
TopoJets	$N_{Sig}$	$N_{Z \rightarrow \tau\tau}$	$N_{Sig}/N_{Z \rightarrow \tau\tau}$
Cone (R=0.4)	11.6	4.8	2.44
Cone (R=0.7)	13.0	9.5	1.37
$K_T$ (D=0.1)	6.8	1.6	4.26
$K_T$ (D=0.3)	10.2	3.2	3.19
$K_T$ (D=0.5)	12.1	3.2	3.82
$K_T$ (D=0.7)	12.6	12.7	1.00
$K_T$ (D=1.0)	11.3	3.2	3.56

# Topocluster-Algorithmus bei Tau-Rekonstruktion

Verbesserung der Tau-Rekonstruktionseffizienz bei niederenergetischen Tauzerfällen mit Hilfe des Topocluster-Algorithmus:

