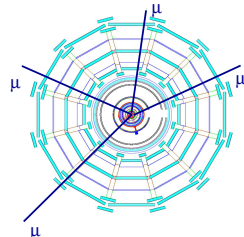


S. Horvat, O. Kortner, H. Kroha
(Max-Planck-Institut für Physik)
in Zusammenarbeit mit CEA, Saclay

DPG-Frühjahrstagung, Mainz, 01.04.2004.

Untersuchungen des Higgs-Zerfalls in 4 Myonen im ATLAS-Detektor



Überblick

MOTIVATION

Zukünftige Higgsuche am LHC(CERN) in pp -Kollisionen bei 14 TeV Schwerpunktsenergie. Warum $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$?

SIMULATION UND REKONSTRUKTION

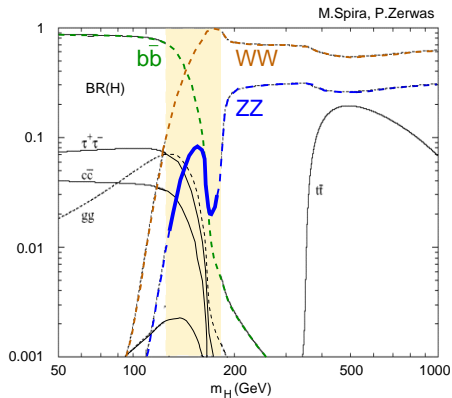
Volle 3D-Simulation und 3D-Rekonstruktion der Higgs- und Untergrundprozesse, mit der endgültigen Detektoreffizienz und -auflösung.

ANALYSE

Untersuchung verschiedener Schnitte zur Unterdrückung des Untergrunds.

Ergebnisse: Signalsignifikanz, Massenauflösung.

Warum $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$?



$H \rightarrow ZZ^*(\rightarrow 4\mu)$:

- höchstes Verzweungsverhältnis im größten Massenbereich
- alle Zerfallsprodukte nachweisbar
- klare Signatur (Myonen als einzige Überbleibsel in der äußersten Detektorschicht)
- Die Untersuchung konzentriert sich auf den schwierigen Massenbereich $m_H = (120 - 200) \text{ GeV}$.

$H \rightarrow b\bar{b}$: großer QCD-Untergrund

$H \rightarrow WW$: Neutrinos als Zerfallsprodukte

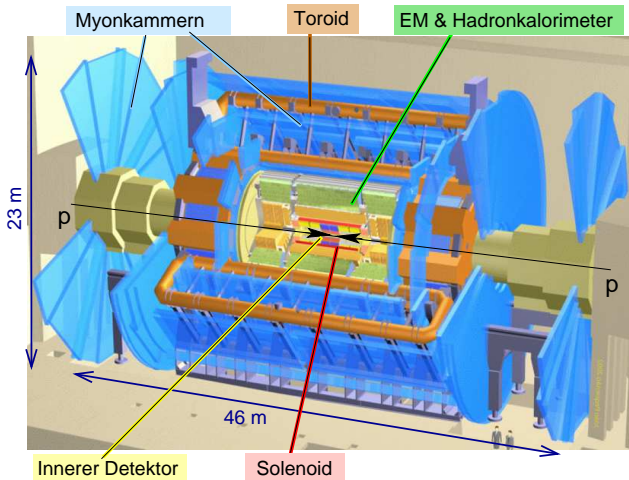
Simulierte Prozesse

- volle Simulation der mit PYTHIA erzeugten Ereignisse
(ATL-COM-PHYS-2003-018)
Filter: mindestens 4μ mit $p_T > 4 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.7$
- N_{sim} : Anzahl simulierter Ereignisse
- $N_{erw}(300 \text{ fb}^{-1})$: erwartete Anzahl bei 300 fb^{-1} (~ 3 Jahre)

Prozess	N_{sim}	$N_{erw}(300 \text{ fb}^{-1})$
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$, 130 GeV	50 000	104
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$, 150 GeV	50 000	211
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$, 180 GeV	50 000	125
Nicht reduzierbar: $ZZ \rightarrow 4\mu$	115 000	2534
Nicht reduzierbar: $ZZ \rightarrow 2\mu 2\tau$	28 000	95
Reduzierbar: $Z(\rightarrow 2\mu)b\bar{b}$	50 000	28896
Reduzierbar: $tt \rightarrow \mu\nu b\mu\nu b$	200 000	34380

Wieviele Ereignisse werden davon im ATLAS-Detektor rekonstruiert?

Rekonstruktion im ATLAS-Detektor



- volle 3D-Rekonstruktion der simulierten Daten
- unter Berücksichtigung der endgültigen Detektoreigenschaften (Effizienz, Auflösung)

Detektoreffizienz

Kinematische Schnitte (Detektorakzeptanz):

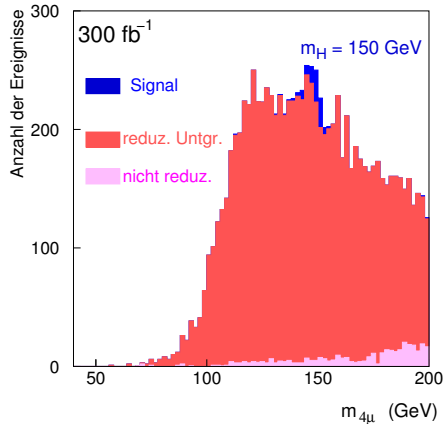
- nur die Ereignisse mit 4 oder mehr Myonen
- Triggerakzeptanz: 2μ mit $p_T > 7$ GeV
 2μ mit $p_T > 20$ GeV
- Geometrische Akzeptanz für Myonen: $|\eta| < 2.7$

Prozess	$N_{erw}(300 \text{ fb}^{-1})$	N_{erw}^{kin}	$N_{rekonstr}^{kin}$	N_{sel}
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu, 130 \text{ GeV}$	104	80	49	
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu, 150 \text{ GeV}$	211	189	115	
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu, 180 \text{ GeV}$	125	112	73	
$ZZ \rightarrow 4\mu$	2534	2267	1290	
$ZZ \rightarrow 2\mu 2\tau$	95	56	34	
$Z(\rightarrow 2\mu)b\bar{b}$	28 896	2340	5217	
$tt \rightarrow \mu\nu b\mu\nu b$	34 380	7162	10836	

~80% des erzeugten Signals nachweisbar, ~ 65% davon rekonstruiert

Signalrekonstruktion

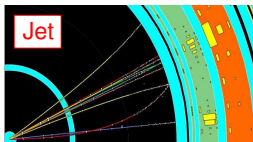
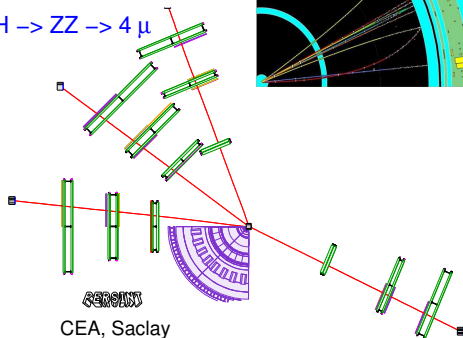
Invariante Masse 4 Myonen, rekonstruiert für Signal und Untergrund,
300 fb⁻¹-Statistik:



- nicht reduzierbarer Untergrund klein
- zusätzliche Schnitte zur Unterdrückung reduzierbaren Untergrunds

Schnitt1: Isolierte Leptonen

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$



Myonen aus den b-Zerfällen sind von zusätzlichen Spuren umgeben:

- Isolierung der Leptonen durch deponierte E_T^{dep} im Kegel $\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2} = 0.3$ um jeden μ -Kandidaten herum

(Kalorimetermessung)

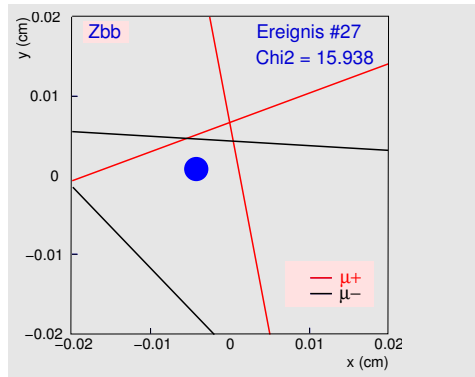
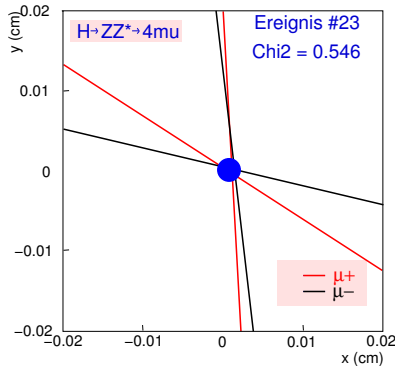
- Schnitt: $E_T^{dep} < 9 \text{ GeV}$

Prozess	Unterdrückungsfaktor des Untergrunds bei der Signaleffizienz von 90%
$Zb\bar{b}$	98 ± 5
$t\bar{t}$	163 ± 8

Gemeinsamer Vertex aller Myonen

Z-Bosonen aus dem Higgszerfall zerfallen nahe zueinander:
⇒ gemeinsamer Vertex aller Myonen, im Gegenteil zum Untergrund

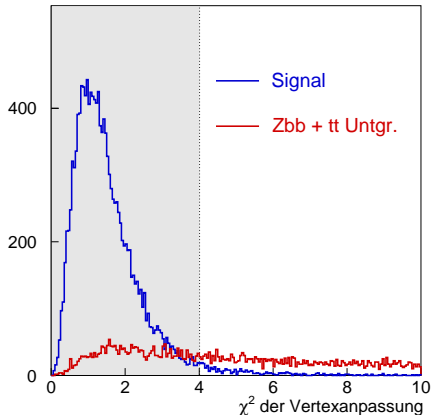
Kombinierte Spuren: Innerer Detektor und Myonspektrometer



- χ^2 der Vertexanpassung unterscheidet zwischen **Signal** und **Untergrund**.

Schnitt2: χ^2 der Vertexanpassung

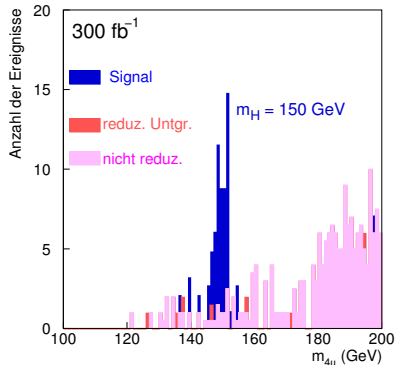
χ^2 -Verteilung für 15 000 Signal- und 15 000 Untergründereignisse:



⇒ Schnitt: $\chi^2 < 4$

Prozess	Unterdrückung des Untergrunds bei der Signaleffizienz von 90%
$Zb\bar{b}$	4.9 ± 0.6
$t\bar{t}$	5.3 ± 0.6

Entdeckungspotenzial bei 300 fb^{-1}

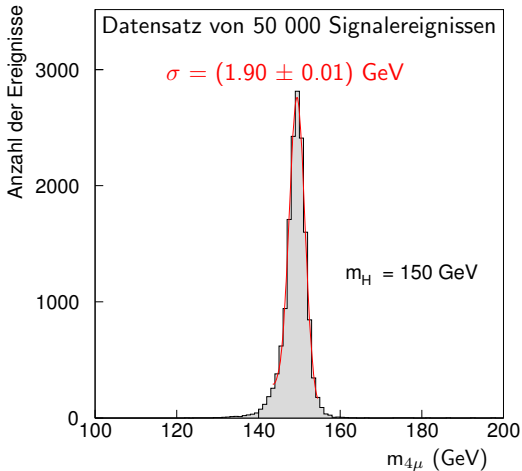


Prozess	$N_{rekonstr}^{kin}$	N_{sel}^{130}	N_{sel}^{150}	N_{sel}^{180}
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$	49/115/73	25.3	58.6	37.0
$ZZ \rightarrow 4\mu$	1290	9.6	9.3	27.0
$ZZ \rightarrow 2\mu 2\tau$	34	1.0	1.3	0.19
$Z(\rightarrow 2\mu)b\bar{b}$	5217	1.5	2.3	0 ± 0.4
$tt \rightarrow \mu\nu b\mu\nu b$	10836	0.005	0.005	0 ± 0.1
S/\sqrt{B}		7.2 ± 0.1	16.3 ± 0.3	7.1 ± 0.1
5σ -Signifikanz erreicht nach:		150 fb^{-1}	30 fb^{-1}	150 fb^{-1}

Massenauflösung

Die volle Statistik der Signalereignisse wurde benutzt für die Bestimmung der **Massenauflösung** σ für drei Higgsmassen.

- nach Anwendung aller üblichen Schritte:



$m_H \text{ (GeV)}$	$\sigma \text{ (GeV)}$
130	1.56 ± 0.02
150	1.90 ± 0.01
180	2.30 ± 0.02

$$\frac{\sigma}{m_H} \approx 1.2\%$$

Zusammenfassung

Die endgültige Detektoreffizienz und -auflösung in der vollen 3D-Simulation und 3D-Rekonstruktion der Higgs- und **Untergrund**prozesse im ATLAS-Detektor.

$$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$$

$$ZZ \rightarrow 4\mu, ZZ \rightarrow 2\mu 2\tau, Z(\rightarrow 2\mu)b\bar{b}, tt \rightarrow \mu\nu b\mu\nu b$$



Verschiedene Schnitte
zur Unterdrückung des Untergrunds.
(Isolierung der Leptonen, gemeinsamer Vertex)



5σ -Signalsignifikanz erreicht nach 30 bis 150 fb^{-1}
Massenauflösung von $\sim 1\text{-}2\%$