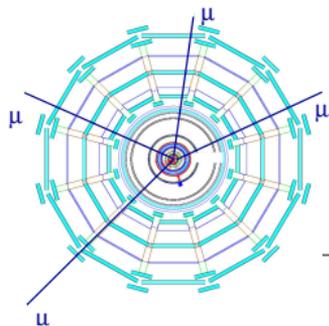


Sandra Horvat, N.Benekos, O.Kortner, S.Kotov, H.Kroha

Max-Planck-Institut für Physik, München

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



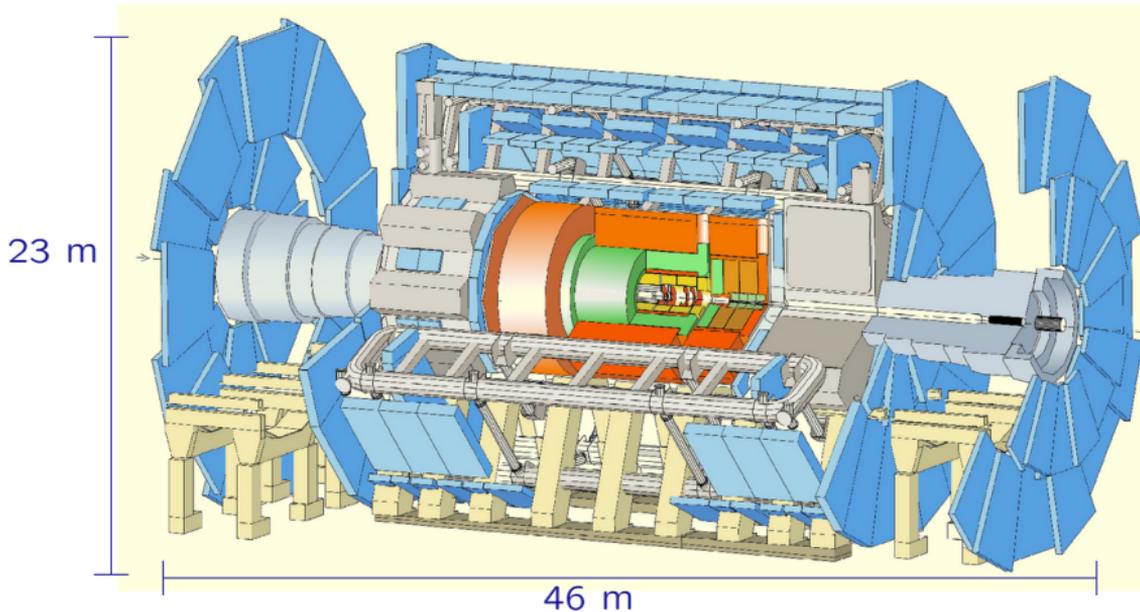
69. Jahrestagung der DPG

04-09 März, 2005, Berlin

- ATLAS-Detektor
- Simulation des  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$  Signals und der Untergrundprozesse mit vollständiger Detektorbeschreibung
- Optimierung der Schnitte für die Unterdrückung des Untergrunds bei niedriger Luminosität
- Anpassung der Signal-/Untergrund-Hypothesen an die Messwerte
- Abhängigkeit von der Detektoralignierung
- Zusammenfassung

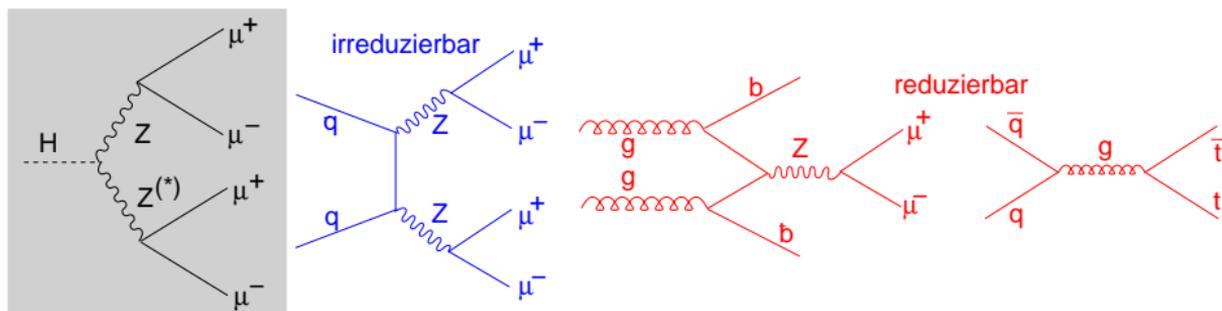
# ATLAS-Detektor

- Hohe Empfindlichkeit für die Higgszerfälle in einem großen Massenbereich ( $m_H = 100 - 1000 \text{ GeV}$ ).



- Erste 1.5 Jahre: niedrige Luminosität ( $2 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).
- Nominelle Luminosität ( $2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) nach 1.5 Jahren.

# Signal- und Untergrundprozesse



Volle Simulation der mit PYTHIA erzeugten Ereignisse.

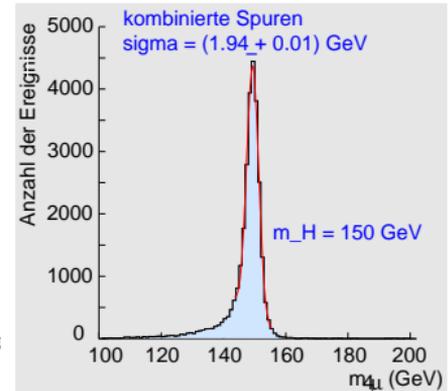
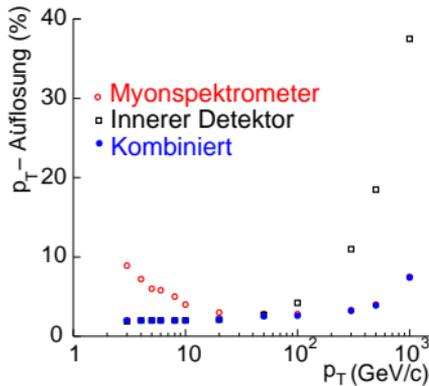
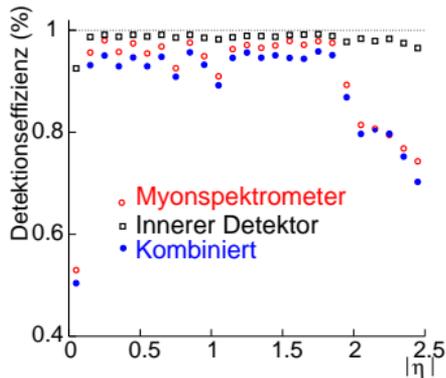
(ATL-COM-PHYS-2003-018)

Prozess	$\sigma \times \text{BR}$ (fb)	$N_{\text{simuliert}}$
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$ , 130 GeV	0.682	50 000
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$ , 150 GeV	1.325	50 000
$gg \rightarrow H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$ , 180 GeV	0.759	50 000
<b>Nicht reduzierbar:</b> $ZZ \rightarrow 4\mu$	22.88	115 000
<b>Reduzierbar:</b> $Z(\rightarrow 2\mu)b\bar{b}$	22400	50 000
<b>Reduzierbar:</b> $tt \rightarrow \mu\nu b\mu\nu b$	5730	200 000

Analyse optimiert für die niedrige Luminosität.

# Detektorauflösung und -effizienz

- Hohe Effizienz und Impulsauflösung der Myonspurrekonstruktion.
- Kombinierte Spurrekonstruktion im MS und ID notwendig.



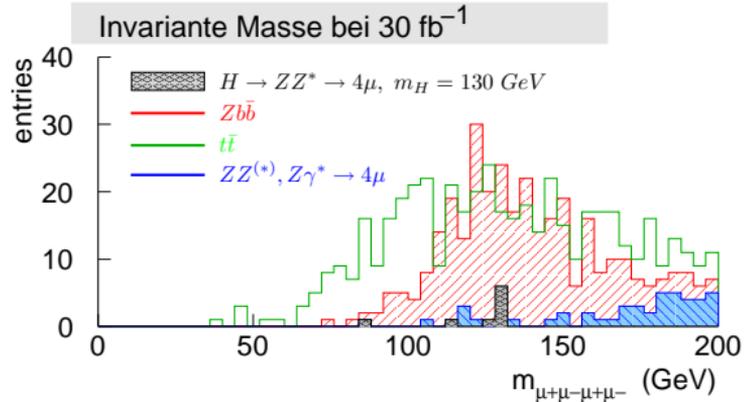
$4\mu$ -Massenauflösung und  $4\mu$ -Massenfenster:

$m_{4\mu}$ (GeV)	$\sigma$ (GeV)	$\delta m$ (GeV)
130	$1.56 \pm 0.02$	5
150	$1.94 \pm 0.01$	6
180	$2.36 \pm 0.02$	7

# Selektion der Ereignisse

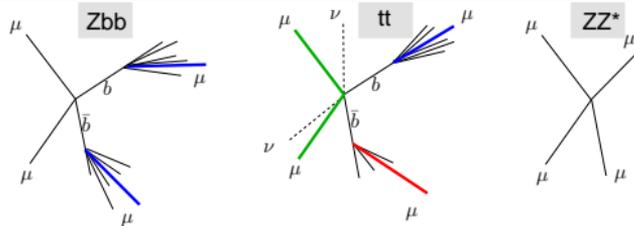
## Kinematische Selektion:

- Triggerakzeptanz:  
 $2\mu$  mit  $p_T > 7$  GeV,  
 $2\mu$  mit  $p_T > 20$  GeV
- Geometrische Akzeptanz:  
 $|\eta| < 2.5$



## Zusätzliche Schnitte zur Unterdrückung des Untergrunds:

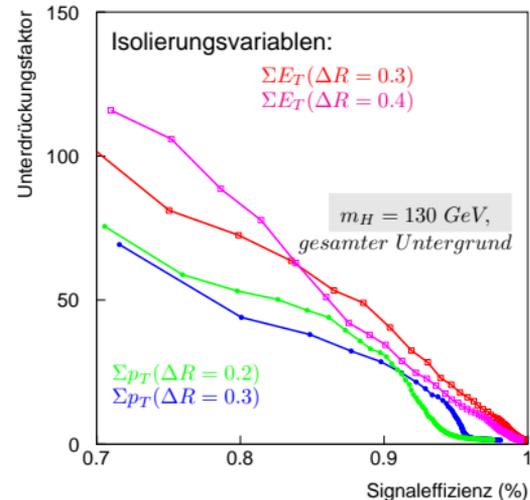
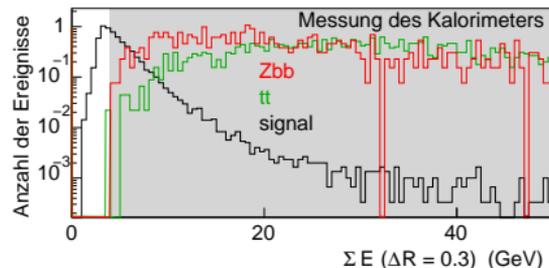
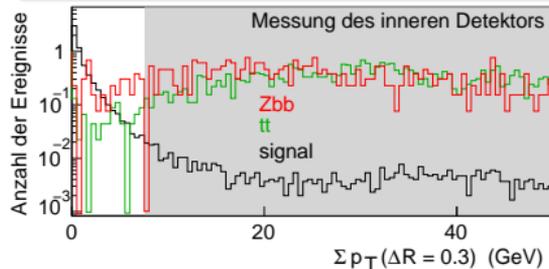
- Auswahl der von Jets **isolierten Myonen**
- Bedingungen an die **invarianten Massen beider Myonenpaare**:  
 $|m_{12}^{\mu^+\mu^-} - m_Z| < |m_{34}^{\mu^+\mu^-} - m_Z|$ :  $m_{12}^{\mu^+\mu^-} \in (m_Z \pm \delta m_{12}^\xi)$  und  $m_{34}^{\mu^+\mu^-} < \delta m_{34}^\xi$
- **kleiner Abstand** aller Myonspuren **vom Wechselwirkungspunkt**



# Optimierung der Unterdrückungsfaktoren

Durchgeführt in Massenfenstern um die Higgsresonanz herum.

**Isolierungsvariablen:** deponierte Energie  $\Sigma E_T$  oder  $\Sigma p_T$  im Kegel  $\Delta R = \sqrt{\Delta^2\eta + \Delta\phi^2}$  um jedes Myon herum

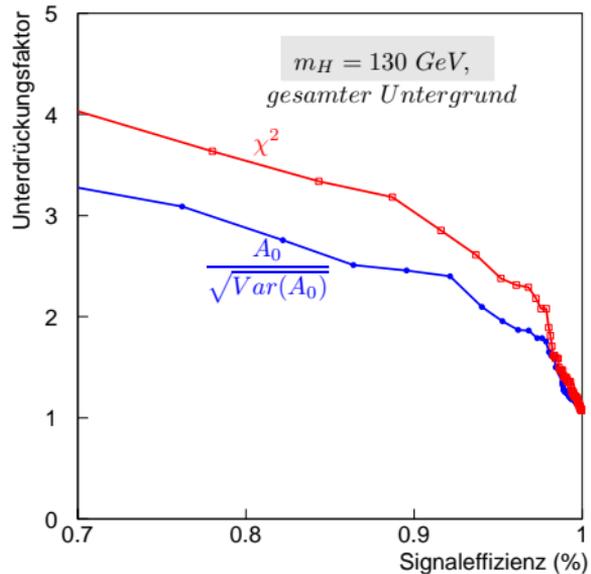
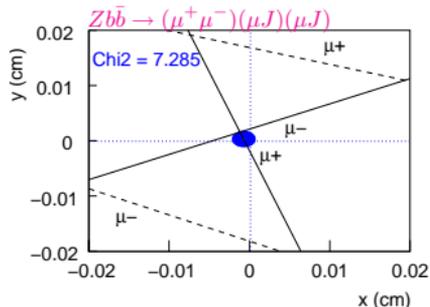
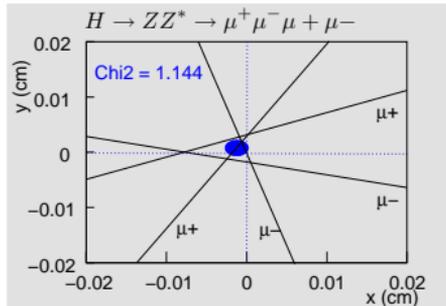


- Unterdrückung des gesamten Untergrunds um Faktor 70
- Kalorimetermessungen ergeben bessere Untergrundunterdrückung

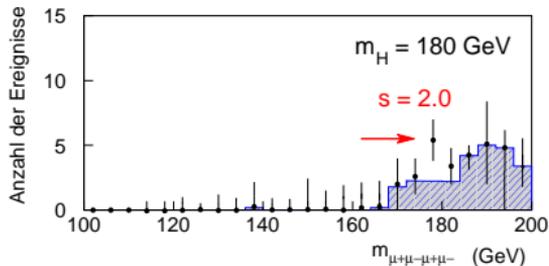
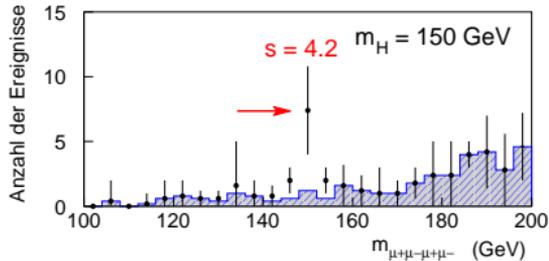
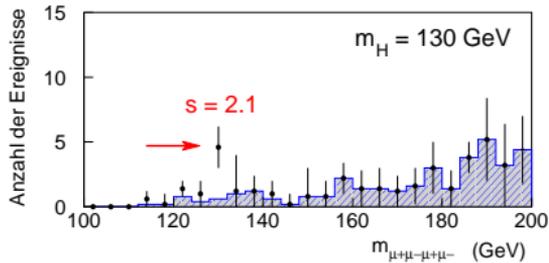
# Gemeinsamer Vertex aller 4 Myonen

## Vertexvariablen:

- Normierter Stoßparameter  $A_0/\sqrt{\text{Var}(A_0)}$  :  
Abstand der Myonspur vom Wechselwirkungspunkt
- Qualität  $\chi^2$  der Anpassung eines gemeinsamen Vertexes an  $4\mu$



# Signalsignifikanz bei $30 \text{ fb}^{-1}$

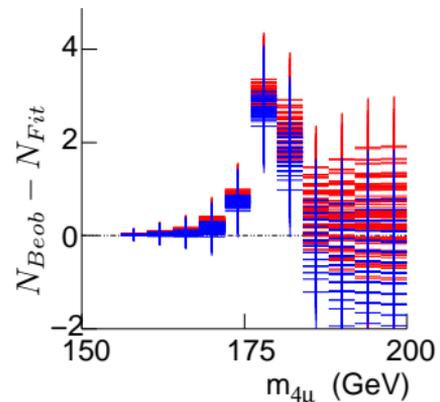
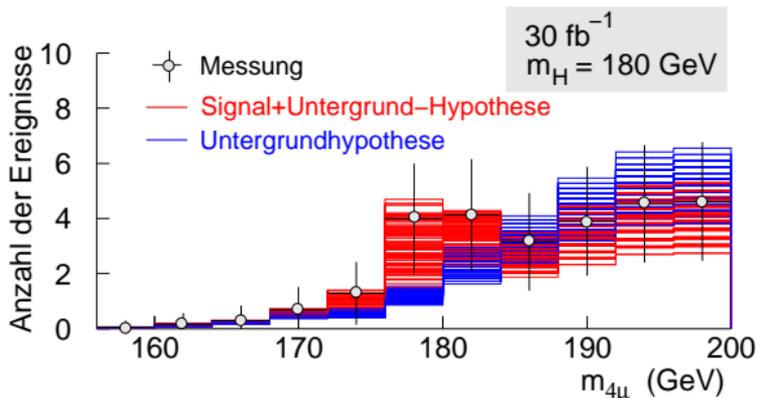


Prozess	$m_H = 130 \text{ GeV}$	$m_H = 150 \text{ GeV}$	$m_H = 180 \text{ GeV}$
$H \rightarrow 4\mu$	$3.75 \pm 0.04$	$8.69 \pm 0.08$	$5.6 \pm 0.05$
$Zb\bar{b}$	$0.17 \pm 0.07$	$0.13 \pm 0.06$	$< 0.03$
$t\bar{t}$	$< 0.02$	$0.02 \pm 0.01$	$< 0.008$
$ZZ \rightarrow 4\mu$	$1.6 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$	$5.5 \pm 0.3$
<b>Signifikanz</b>	$2.1 \pm 0.2$	$4.2 \pm 0.1$	$2.0 \pm 0.1$

# Anpassung der Simulation an die Messwerte

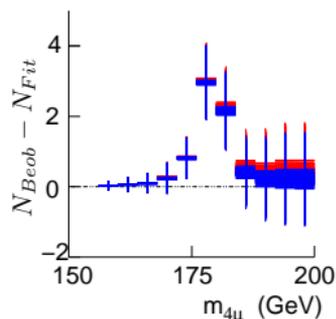
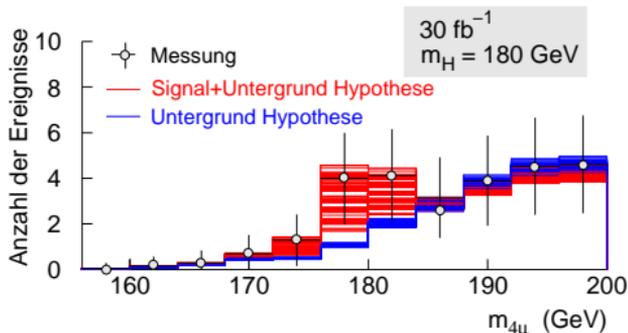
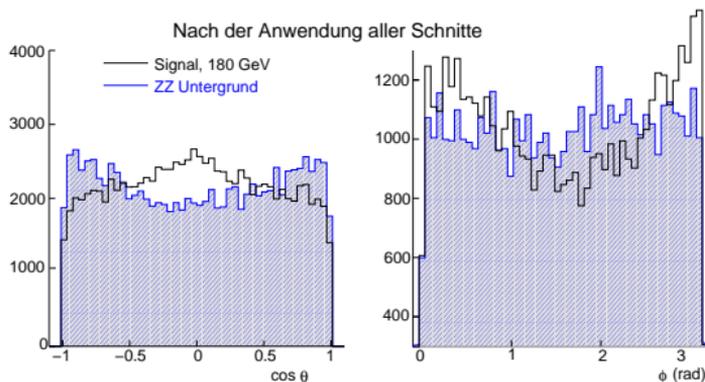
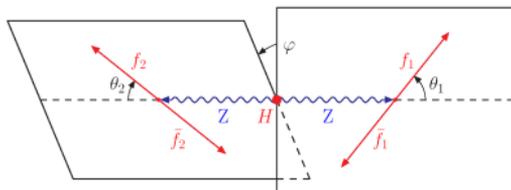
Der übriggebliebene Untergrund ermittelt durch die Anpassung der erwarteten Untergrund- und Signalverteilungen an die Messwerte:

- Hypothese 1:  $N_{Beob} = \alpha_1 \cdot N_{Signal}^{MC} + \alpha_2 \cdot N_{Untergrund}^{MC}$
- Hypothese 2:  $N_{Beob} = \beta \cdot N_{Untergrund}^{MC}$



- Relativer Fehler der Parameter: 20% ( $\alpha_2, \beta$ ) bis 60% ( $\alpha_1$ )
- Abweichung von der Erwartung: 15% ( $\alpha_2, \beta$ ) bis 30% ( $\alpha_1$ )

# Winkelverteilungen als zusätzliche Information



- Relativer Fehler der Parameter: 5% ( $\alpha_2, \beta$ ) bis 60% ( $\alpha_1$ )
- Abweichung von der Erwartung: 5% ( $\alpha_2, \beta$ ) bis 25% ( $\alpha_1$ )

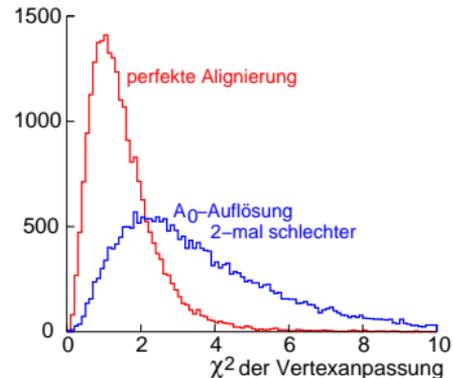
# Alignierungseffekte

Genauere Spurrekonstruktion ist auf die hochpräzise Alignierung der Spurdetektoren angewiesen.

Einfache Abschätzungsmodelle:

- die Versetzungen der Myonkammern von den nominellen Positionen umgewandelt in den Versatz der Myonimpulse  
kein Einfluß auf die Signalrekonstruktion,  
innerer Detektor bestimmt die Impulsauflösung für  $p_T < 50$  GeV
- Gauß'sche Verschmierung der Stoßparametern und der Impulse im inneren Detektor

starke Abhängigkeit von  
der Auflösung der Vertexposition,  
Signalsignifikanz sinkt um 10%-20% bei  
zweimal schlechteren Vertexpauflösung



- Die endgültige Detektoreffizienz und -auflösung wurden für die vollständige Simulation des Higgs- und der zugehörigen Untergrundprozesse im Betracht genommen.
- Verschiedene Schnitte zur Unterdrückung des Untergrunds wurden untersucht und optimiert.
- Die zusätzlichen Informationen zur Unterscheidung zwischen Signal und Untergrund aus der Winkelverteilungen erhältlich.
- Die Alignierungseffekte mit einfachen Modellen getestet.

Ausblick:

Erweiterung der Analyse:  $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4l$ .