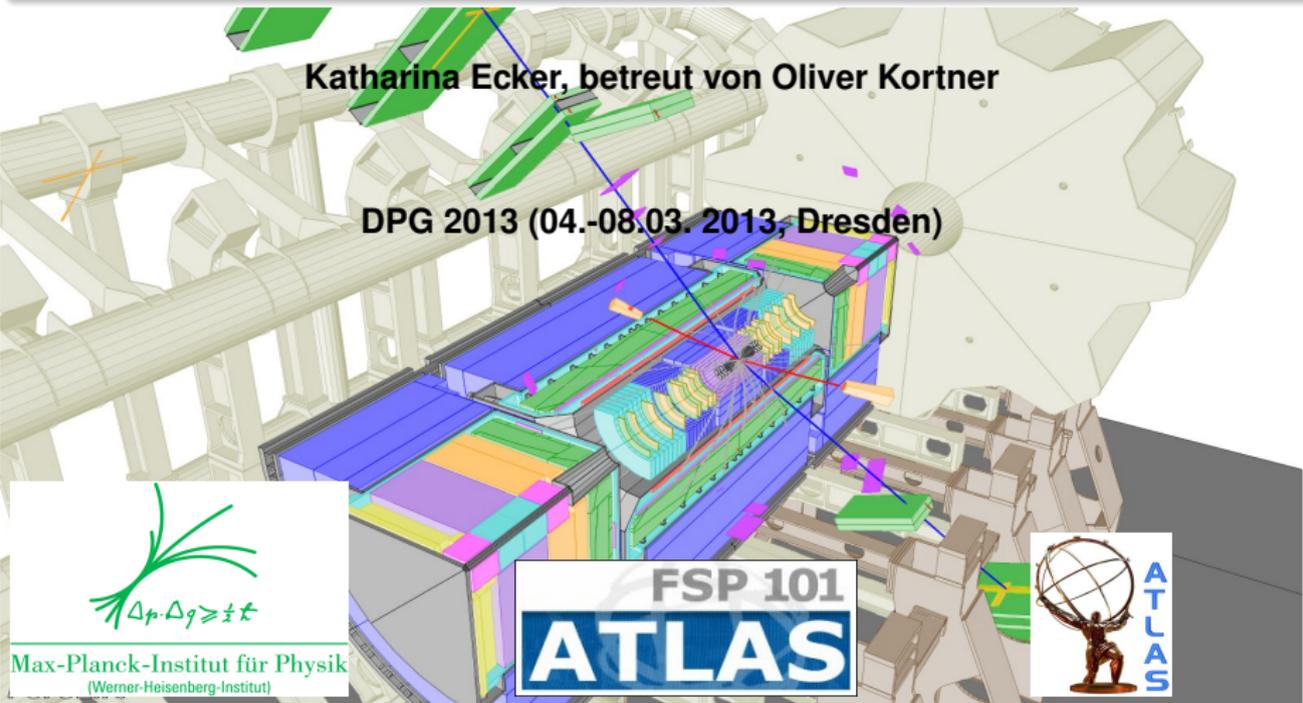


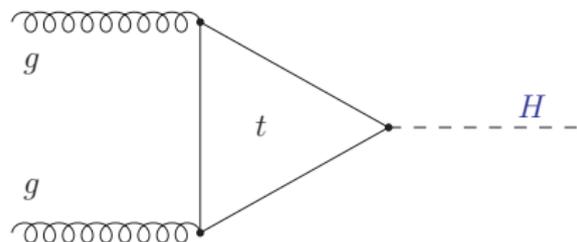
# Suche nach dem Higgs-Boson im Kanal $pp \rightarrow H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$ und Massenmessung mit dem ATLAS-Detektor

Katharina Ecker, betreut von Oliver Kortner

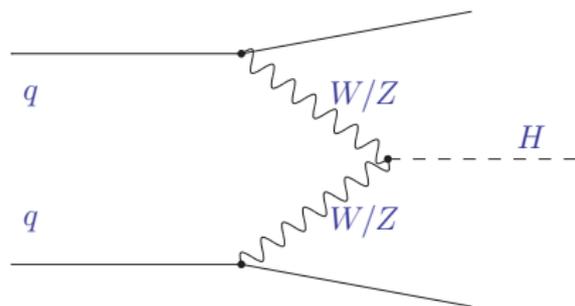
DPG 2013 (04.-08.03. 2013, Dresden)



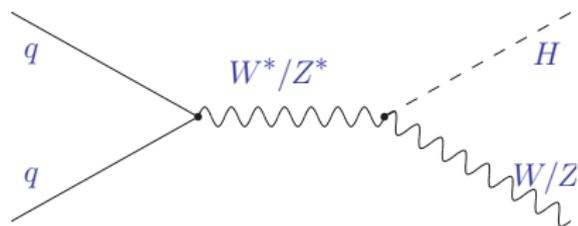
# Produktion von Higgsbosonen am LHC



ggF bei  $M_H = 125$  GeV (87%)



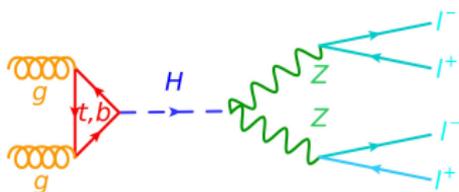
VBF bei  $M_H = 125$  GeV (7%)



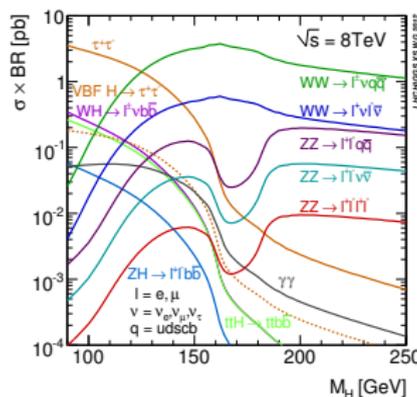
VH bei  $M_H = 125$  GeV (5%)

# Higgs-Zerfallskanal $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$

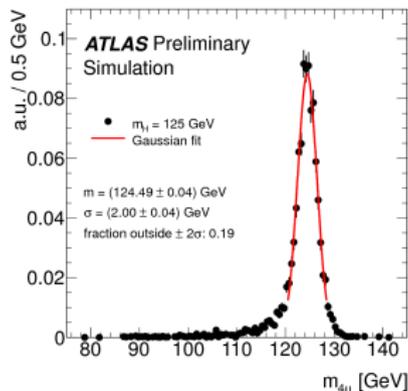
- $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$  ( $l = \mu, e$ )  
 nur Suche nach Myonen und Elektronen  
 → Mögliche Endzustände  $4\mu$   $4e$  und  $2\mu 2e$



- Kleines Verzweigungsverhältnis  
 → Hohe Nachweiseffizienz von Myonen und Elektronen nötig
- Klare experimentelle Signatur
- Hohe Massenauflösung

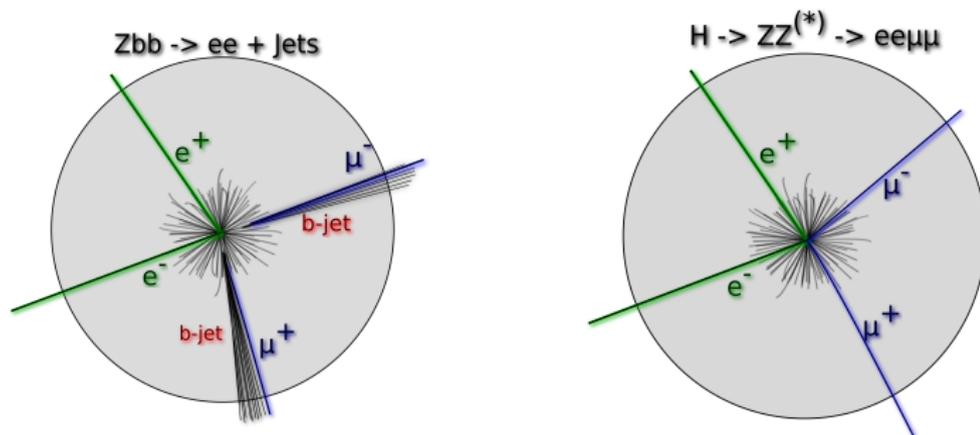


<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/LHCPhysics/CrossSections>

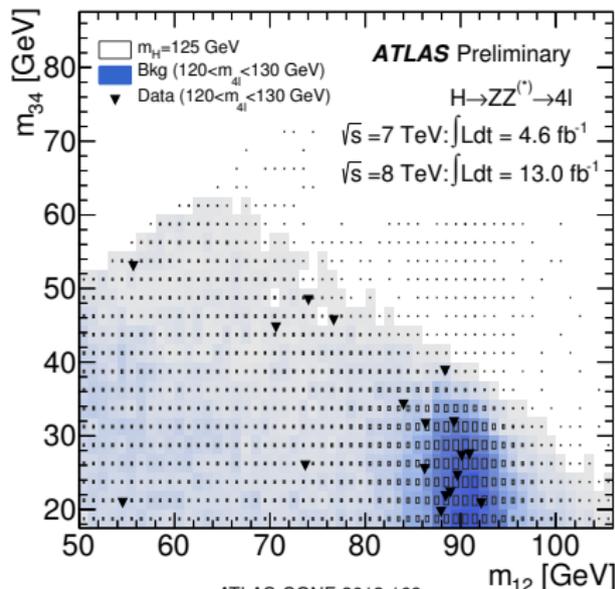


ATLAS-CONF-2012-169

- 1 Irreduzibler Untergrund: SM  $ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$   
Kann nicht von Signal unterschieden werden
- 2 Reduzible Untergründe:  
Können durch Analyseschritte reduziert werden
  - $Z + jets$ : Isolierungsschnitte
  - $Z + b\bar{b}$ : Isolierungs- und Stoßparameterschnitte
  - $t\bar{t}$ : Isolierungs- und Stoßparameterschnitte



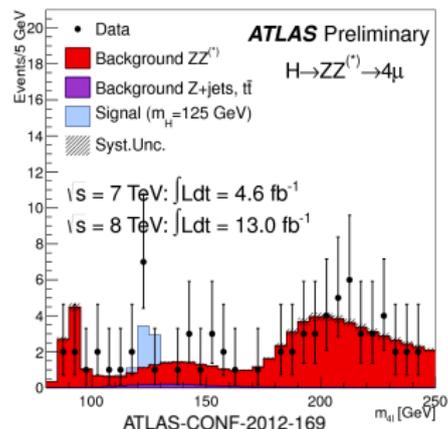
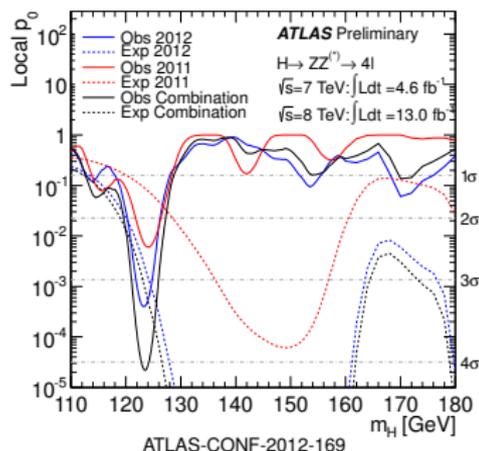
- Schnittbasierte Analyse, die nach 2 Leptonpaaren mit jeweils unterschiedlicher Ladung sucht  $e^+e^-$  und  $\mu^+\mu^-$
- Standard Anforderungen: Myonen (**Elektronen**)  
 $p_{T(I1,I2,I3,I4)} > (20, 15, 10, 6(7))$  GeV,  $|\eta| < 2.7(2.47)$ , Trigger, Rekonstruktionsqualität
- Verringerung Untergrund: Isolierte Leptonen, Schnitt auf Stoßparameter  
 $|z_0| < 10$  mm,  $\frac{|d_0|}{\sigma_{d_0}} < 3.5(6.5)$
- Für  $M_H < 2M_Z$ :  
 Einteilung Leptonpaare kommend von On-Shell Z und Off-Shell Z\*:  
 $\rightarrow$  4 Kanäle:  $4\mu$ ,  $4e$ ,  $2\mu 2e$  und  $2e 2\mu$
- Einteilung in Produktionsmodus ggF, VBF oder VH



# 2011 und 2012 Kandidaten (Stand Dezember 2012)

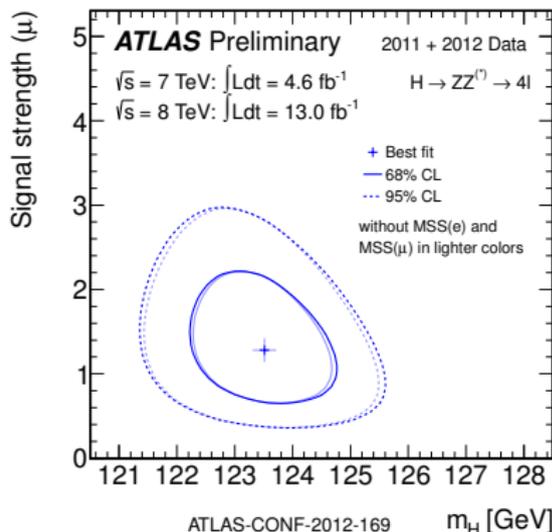
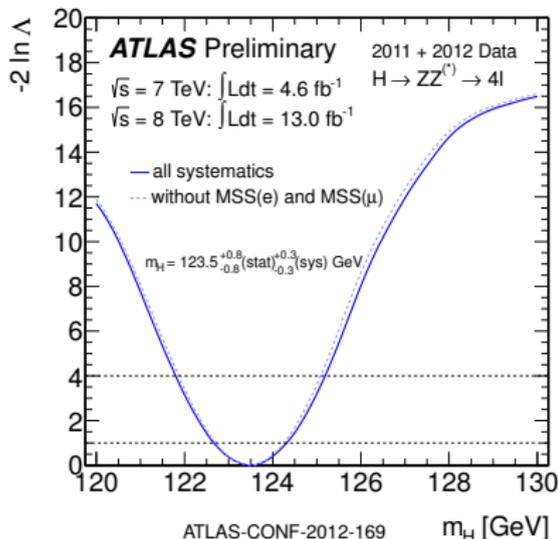
Anzahl an **erwarteten** und **beobachteten** Ereignissen:

|           | MC Signal ( $m_H=125$ GeV) | $ZZ^{(*)}$ and $Z + \text{jets}, t\bar{t}$ | Daten |
|-----------|----------------------------|--|-------|
| $4\mu$    | $4.0 \pm 0.5$              | $2.39 \pm 0.18$                            | 8     |
| $2\mu 2e$ | $1.7 \pm 0.2$              | $1.91 \pm 0.23$                            | 2     |
| $2e 2\mu$ | $2.4 \pm 0.3$              | $1.32 \pm 0.12$                            | 4     |
| $4e$      | $1.8 \pm 0.3$              | $2.66 \pm 0.32$                            | 4     |
| total     | $9.9 \pm 1.3$              | $8.28 \pm 0.6$                             | 18    |



$p_0$  Wert: Wahrscheinlichkeit, dass Untergrundfluktuation größer oder gleich der beobachteten Daten ist

- Wegen schmaler Resonanz geeignet für Massenmessung (zusammen mit  $H \rightarrow \gamma\gamma$ )
- Massenfit in  $H \rightarrow 4\ell$  mit Hilfe von simulationsbasierten Referenzhistogrammen ("MC templates")
- Zusätzlich zur Gegenprobe: Massenmessung mit **analytischer Fitfunktion**



# Analytische Fitfunktion für die Massenmessung

Massenfehler kann von Ereignis zu Ereignis variieren  
→ Miteinbeziehen von  $\sigma_m$  pro Ereignis

Analytische Fitfunktion:

$$F(m, \sigma_m) = (g \times T)(m, \sigma_m)$$

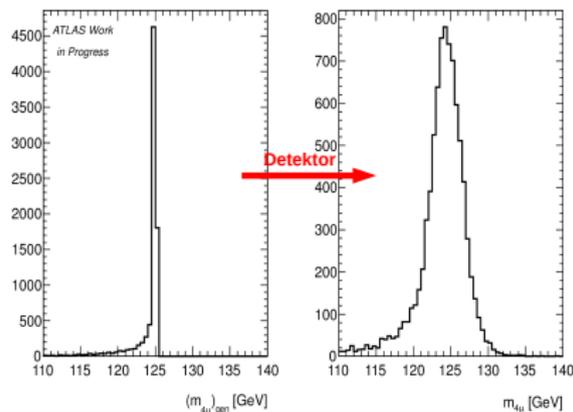
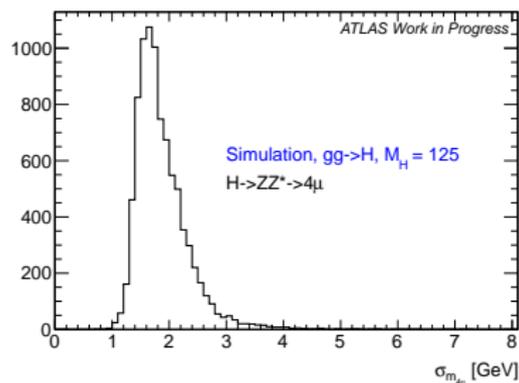
Higgssignal auf Generatorebene  $g(M_H)$

Detektorantwort auf  $M_{4l} T(m, \sigma_m)$

Für Myonen:  $T(m, \sigma_m)$  folgt Gauß-Verteilung

Für Elektronen ist dies nicht der Fall

→ Im Weiteren nur Betrachtung  $4\mu$  Kanal

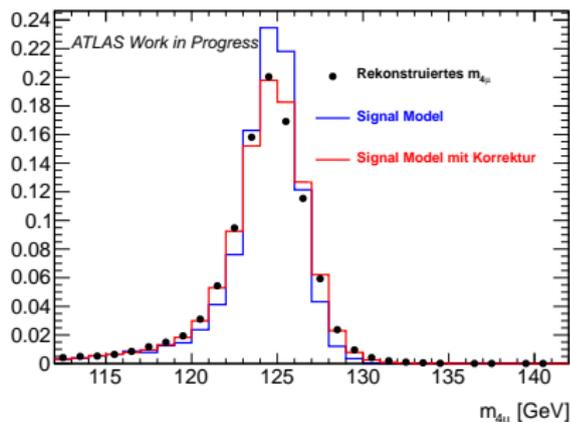


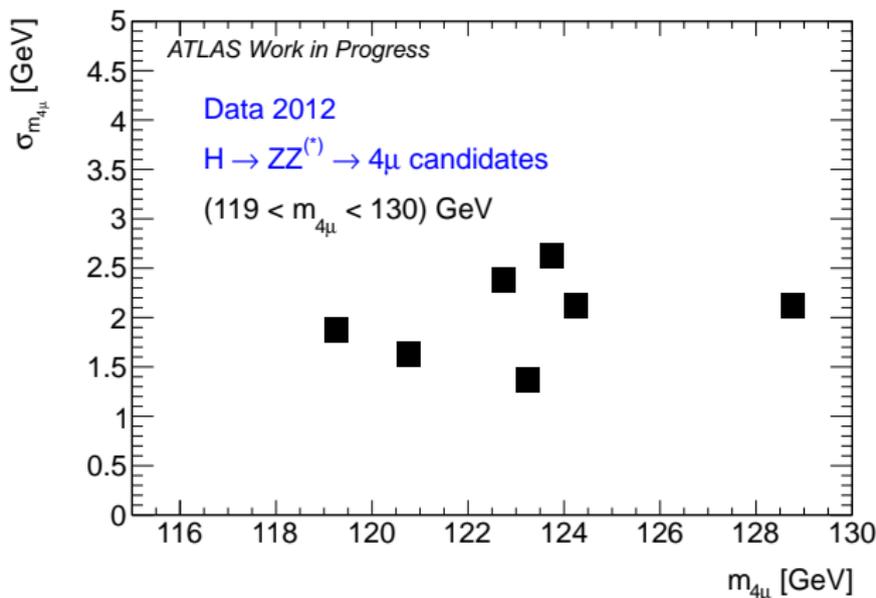
Ansatz: Detektorantwort für Myonimpulse folgt einer Gauß-Verteilung

$$T(p, \sigma_p) = \frac{1}{\beta \sigma_p \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(p - \alpha \cdot p_{gen})^2}{2(\beta \sigma_p)^2}}$$

rekonstruierter Myonimpuls  $p$ , Myonimpuls auf Generatorebene  $p_{gen}$ , Myonimpulsauflösung  $\sigma_p$ , Skalierungsfaktoren  $\alpha$  und  $\beta$

- Um  $m_{4\mu}(p_\mu)$  und  $\sigma_{m_{4\mu}}(p_\mu, \sigma_p)$  mit ausreichender Genauigkeit bestimmen zu können müssen Myonenimpulse und Myonimpulsauflösungen skaliert werden
- → Eichung der Myonantwort mit Hilfe von  $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$  Ereignissen





- Fit mit analytischer Funktion und Massenfehlern pro Ereignis:  $123.04^{+1.02}_{-1.02}$  GeV
- Standard Fitverfahren "MC template fit":  $123.25^{+1.02}_{-1.09}$  GeV
- Standard Fitverfahren "MC template fit" alle Kanäle:  
 $123.5 \pm 0.9(\text{stat}) \pm 0.3(\text{syst})$  GeV

In diesem Vortrag wurde gezeigt:

- Detektorantwort für Myonen folgt Gauß-Verteilung
- Ein analytischer Fit mit Massenfehlern pro Ereignis von  $m_{4\mu}$  kann erfolgreich durchgeführt werden

Öffentliche Ergebnisse für den Kanal  $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$  für  $4.6 \text{ fb}^{-1}$  (2011) und  $13.0 \text{ fb}^{-1}$  (2012):

- Wahrscheinlichkeit, dass Untergrundfluktuation größer oder gleich der beobachteten Daten ist:  
 $p_0 = 0.0021\%$  ( $\hat{=} \sigma = 4.1$ ) bei einer Masse von  $M_H(\text{min}) = 123.5 \text{ GeV}$
- Higgsmasse bestimmt durch Fit:  $M_H = 123.5 \pm 0.9(\text{stat}) \pm 0.3(\text{syst}) \text{ GeV}$
- Verhältnis von beobachteten zu erwarteten Wechselwirkungsquerschnitt bei  $M_H$ :  
Signalstärke  $\mu = 1.3^{+0.5}_{-0.4}$

⇒ Moriond Ergebnisse mit  $20.7 \text{ fb}^{-1}$  für 2012 werden in der DPG gezeigt