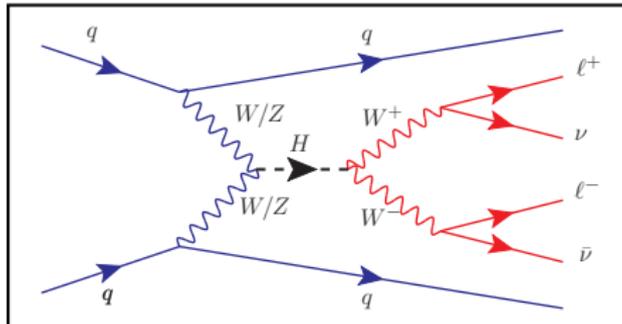


Suche nach dem SM-Higgs-Boson in Vektor-Boson-Fusion im $H \rightarrow W^+W^- \rightarrow \ell^+\nu\ell^-\bar{\nu}$ -Zerfall mit dem ATLAS-Detektor für

Johanna Bronner , betreut von Sandra Kortner

Max-Planck-Institut für Physik, München

DPG-Frühjahrstagung, 2013

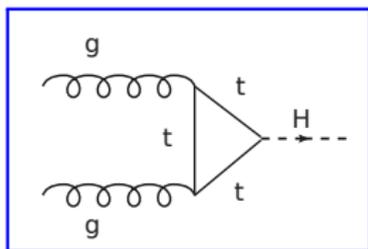


Max-Planck-Institut für Physik
(Werner-Heisenberg-Institut)

Produktion des Standardmodell-Higgs-Boson am LHC

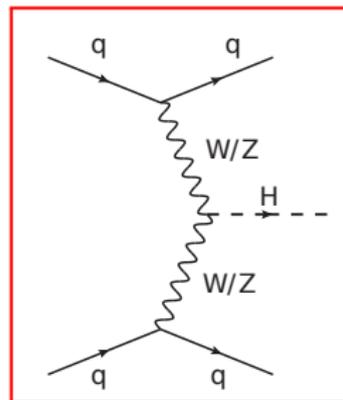
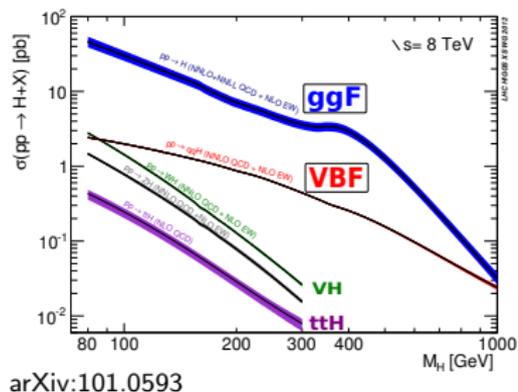
Gluon-Fusion (ggF):

- σ_{ggF} ist **dominanter Wirkungsquerschnitt** am LHC.



Vektor-Boson-Fusion (VBF):

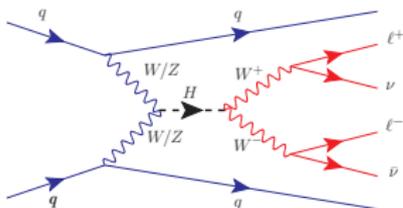
- $\sigma_{VBF} \approx 1/10 \cdot \sigma_{ggF}$
- Klare Signatur mit zwei harten Jets im Vorwärtsbereich.



Entdeckung eines neuen skalaren Bosons mit einer Masse $m_H \approx 125$ GeV durch ATLAS und CMS.

→ Direkte Messung individueller Produktionsmechanismen steht noch aus.

Die Signatur des $H(+2j) \rightarrow WW \rightarrow \ell\nu\ell\nu$ -Zerfalls

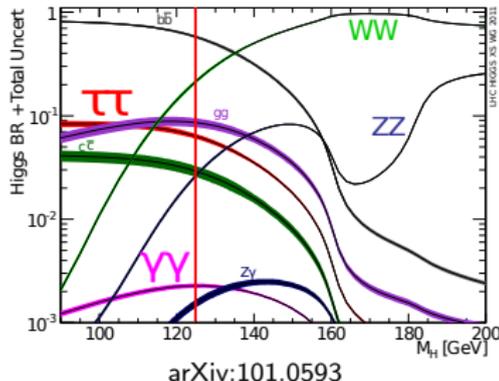


Die VBF-Topologie

- Zwei harte Jets in **entgegengesetzter Hemisphäre** im **Vorwärtsbereich** des Detektors.
- Higgs-Aktivität nur im zentralen Bereich des Detektors.

Der dibosonische Higgs-Zerfall

- Große Zerfallsbreite für großen Massenbereich.
- Klare Signatur mit:
 - ▶ Zwei **Leptonen** (e, μ): mit **hohem Impuls** und wenig Aktivität um das Lepton herum (**isoliert**).
 - ▶ **Zwei Neutrinos**
→ fehlende transversale Energie E_T^{miss} .
 - ▶ Kleiner **Öffnungswinkel** zwischen den Leptonen
 - ▶ **Transversale Higgsmasse m_T** aus Lepton- E_T^{miss} -System.



Die Analyse wird unterteilt in **Dilepton**endzustände und **Jetmultiplizitäts**endzustände:

- "Same Flavor": $e\nu e\nu + \mu\nu\mu\nu$
- "Different Flavor" $\mu\nu e\nu + e\nu\mu\nu$
- **0-Jet, 1-Jet und ≥ 2 -Jet.**

≥ 2 -Jet Analyse auf VBF Produktionsnachweis ausgerichtet und Fokus des Vortrags!

Die Untergründe der $H(+2j) \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$ Analyse

Die Vorselektion

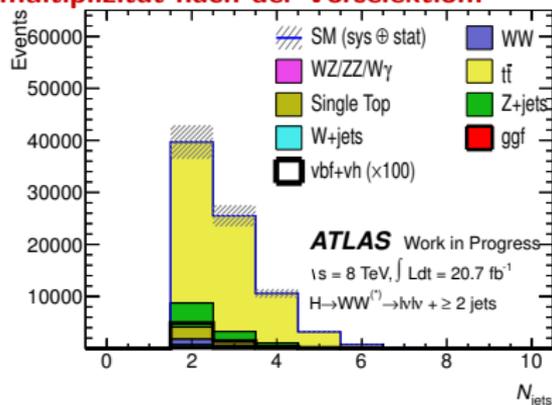
- 2 gegensätzlich geladene Leptonen mit transversalem Impuls von 15 GeV bzw. 25 GeV
- Z-Veto (30 GeV Fenster) für "Same Flavor"
- Hohe fehlende transversale Energie (E_T^{miss})
- mindestens 2 harte Jets ($p_T > 25$ (30) GeV im zentrale (vorwärts) Bereich)

Die wichtigsten Untergründe:

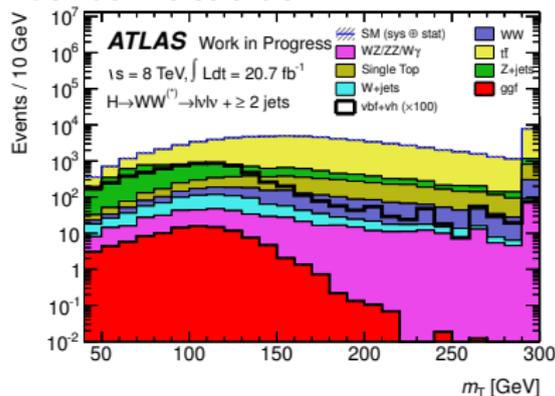
- Top: $t\bar{t}$ (■) und single Top (■)
- Z+jets (■)
- Diboson: WW (■) und WZ/ZZ/ $W\gamma$ (■)
- W+jets (■)
- ggF, $m_H = 125$ GeV (■)

Signal: VBF, $m_H = 125$ GeV (hier $\times 100$)

Jetmultiplizität nach der Vorselektion:



m_T nach der Vorselektion:



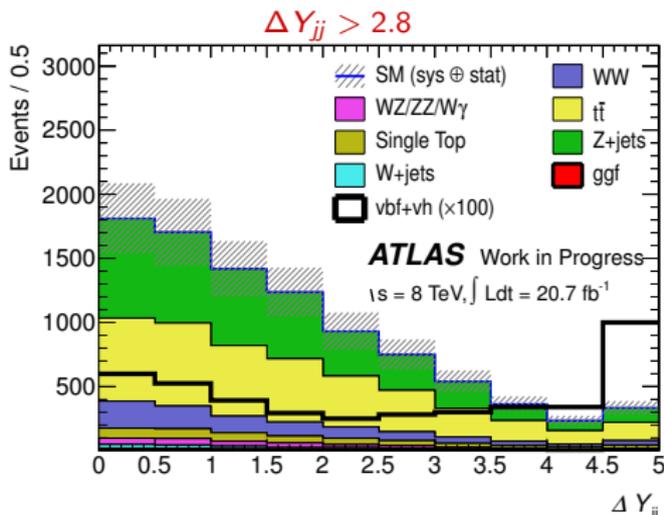
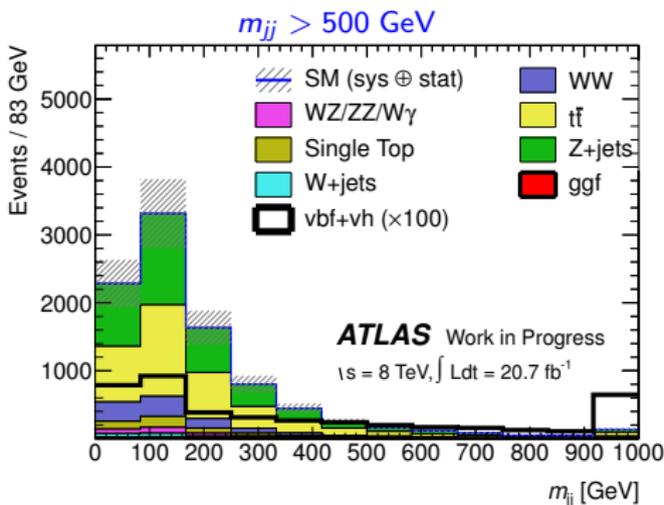
Ziel: Nachweis der VBF-Higgs-Produktion im WW-Endzustand!

⇒ **SM-Higgs-Boson produziert durch ggF ist Untergrund!**

Die VBF-Topologie

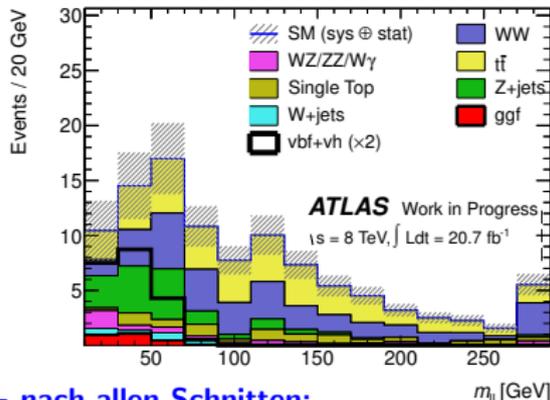
Man fordert:

- **Veto auf Jets aus b-Quarks (b-Jet)** → Reduktion des Top-Quark-Untergrunds.
- Keine Jet-Aktivität zwischen den 2 höchstenergetischsten Jets (VBF-Jets) → **zentrales Jet Veto**.
- Higgs-Zerfallsprodukte (Leptonen) zwischen den VBF-Jets.
- Hohe invariante **Dijet-Masse (m_{jj})**.
- Großer **Rapiditätsöffnungswinkel (ΔY_{jj})** zwischen den VBF-Jets.

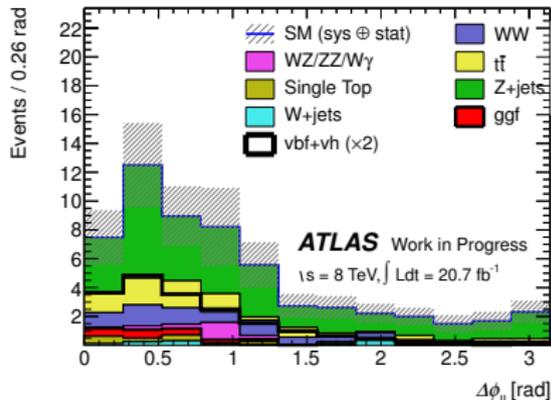


Die Higgszerfallstopologie

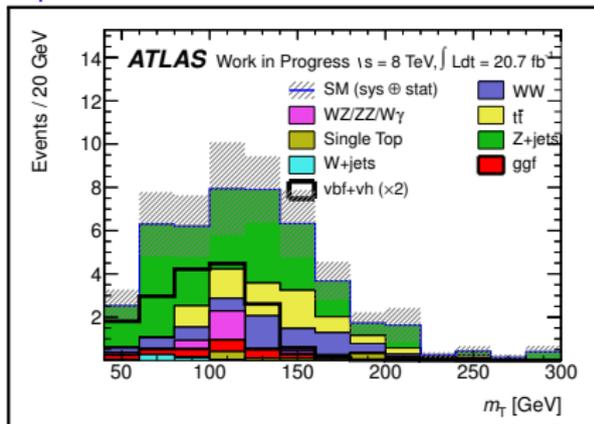
Invariante Dileptonmasse: $m_{\ell\ell} < 60 \text{ GeV}$



Dilepton Öffnungswinkel: $\Delta\phi < 2.8$



m_T nach allen Schnitten:



- Fit in 4 Bins der finalen m_T -Verteilung
 - Ähnliche Form der m_T -Verteilung von Untergrund und Signal!
- ⇒ Untergrundbeitrag muss sehr gut verstanden werden.
- ⇒ Bestimmung des Untergrundes aus Daten-Kontrollregionen!

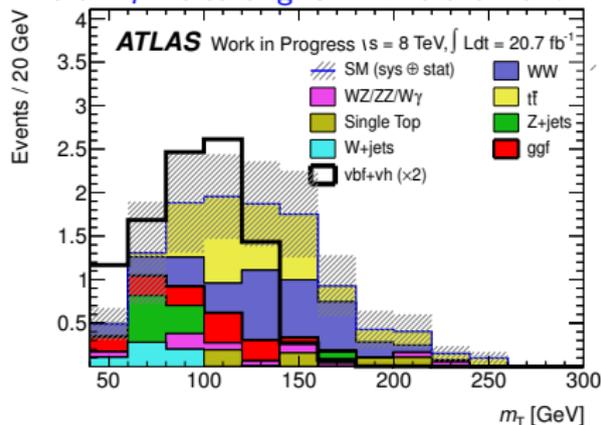
Abschätzung der Untergründe

Hauptuntergründe abhängig vom Lepton-Endzustand

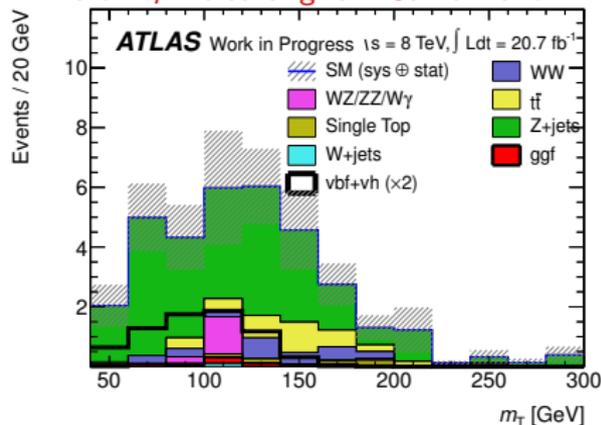
⇒ "Different Flavor"-Endzustand deutlich höhere Sensitivität.

⇒ "Same Flavor"-Endzustand **zusätzlichen** $Z \rightarrow ee$ und $Z \rightarrow \mu\mu$ Untergrund

Finale m_T -Verteilung für "Different Flavor":



Finale m_T -Verteilung für "Same Flavor":

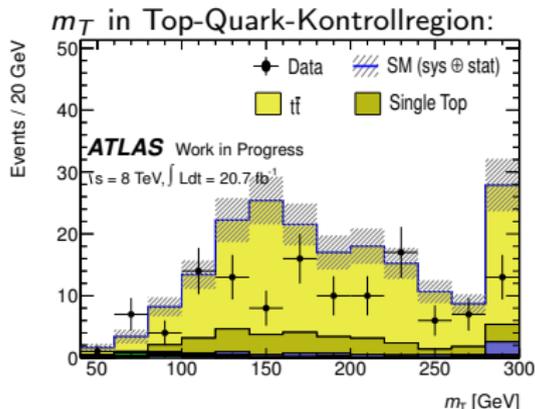


Handhabung der Untergrundkorrekturen im Überblick:

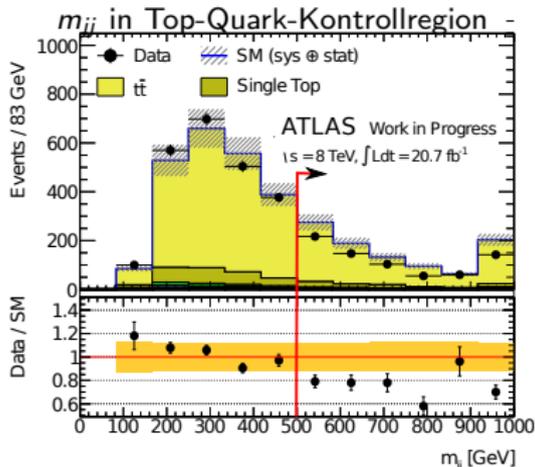
- **Top-Quark- und Z-Untergrund:** abgeschätzt und korrigiert in **Kontrollregionen** aus Daten.
- **Dibosonischer Untergrund $VV+2jet$ ($WW, WZ, ZZ, W\gamma$):** keine **Kontrollregion** (starke Verunreinigung durch Top-Quark-Prozesse)
 - ▶ Diboson Prozesse aus Simulation → **40% systematische Unsicherheit** auf die $VV+2jet$ -Vorhersage.

Top-Quark-Untergrundbestimmung und Modellierung

- Top-Quark-Zerfall: $t \rightarrow Wb$
 \Rightarrow 2 b-Jets in $t\bar{t}$ -Ereignissen erwartet!
- Definition der Top-Quark-Kontrollregion:
 - ▶ Invertierung des B-Jet-vetos.
 - ▶ Alle Schnitte außer $m_{\ell\ell}$, $\Delta\phi(\ell\ell)$, m_T werden angewendet.



- \rightarrow **Korrekturfaktor von 0.6 auf die Erwartung des Top-Quark-Untergrunds!**
- Ursache der großen Normierungskorrektur: **Modellierung der VBF-Variablen** ($m_{jj}, \Delta Y_{jj}$, zentrales Jet Veto...)



Ursache der Diskrepanz?

Wahrheitsstudien der b-quarkmultiplizität:

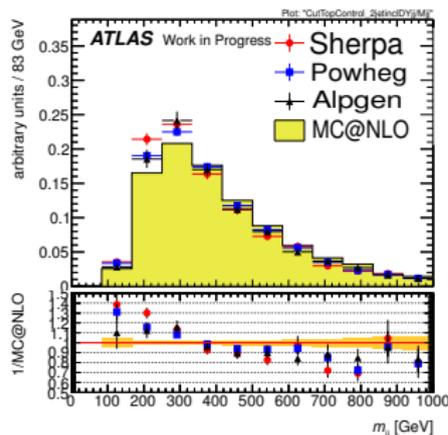
- Vor VBF-Schnitten: **Beide VBF-Jets sind aus b-Quarks**
- Nach VBF-Schnitten: **1 b-Quark und 1 Quark/Gluon aus FSR/ISR**

Analyse sensitiv auf NLO Modellierungen.

- MC@NLO ist nomineller $t\bar{t}$ -Generator.
- Vergleich mit anderen Generatoren. \Rightarrow

Vergleich der Top-Quark-Modellierung mit verschiedenen Generatoren

- Schlechte Modellierung der VBF-Variablen in der Top-Quark-Kontrollregion durch MC@NLO
⇒ Große Normierungskorrektur nach VBF-Schnitten notwendig.
 - Voraussetzung zur Anwendung der Korrektur in der Signalregion:
 - ▶ Differenz zwischen Daten und Simulation sollte gleich gross sein in Signal- und Kontrollregion.
 - ▶ Differenz in Signalregion allerdings nicht messbar!
- ⇒ Vergleich mit Generatoren die Dijet-Kinematiken besser/anders modellieren.

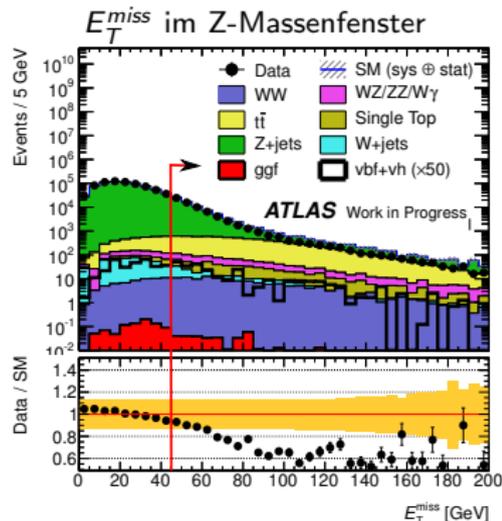
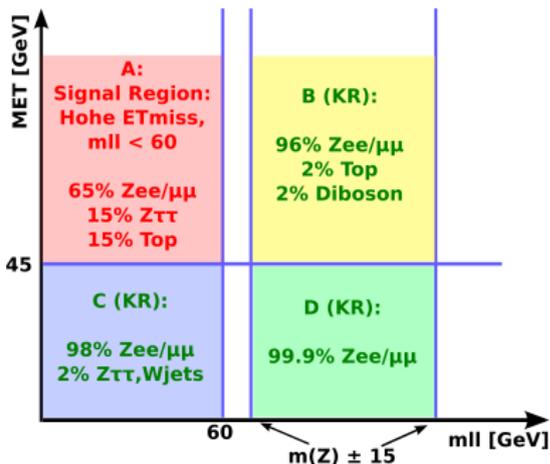


- Unterschiede der Generatoren in **Kontrollregion**: $\approx 50\%$
⇒ Große MC@NLO Normierungskorrektur von 0.6 nachvollziehbar.
- Bestimmung der Normierungskorrektur für jeden Generator separat.
- Unterschied der Generatoren nach Extrapolation in die **Signalregion**: **15%** (Alpgen/Powheg/MC@NLO)

⇒ 15% theoretische syst. Unsicherheit auf den Top-Quark-Untergrund in der Signalregion.

$Z \rightarrow ee/\mu\mu$ -Untergrundbestimmung im "Same Flavor" Endzustand

- $Z \rightarrow ee$ und $Z \rightarrow \mu\mu$ keine wahre E_T^{miss} !
 - Hohe E_T^{miss} durch limitierte Detektorauflösung ("fake"- E_T^{miss}).
 - Anspruchsvoll für MC-Simulation!
- Schlechte Modellierung von "fake"- $E_T^{miss} \Rightarrow$ Datenbasierte Korrektur notwendig!



- Abschätzung der E_T^{miss} -Korrektur im Z-Massenfenster und Extrapolation in den $m_{\ell\ell}$ -Signalbereich durch:

$$A_{\text{Daten-Vorhersage}} = B_{\text{Daten}} \cdot \frac{C_{\text{Daten}}}{D_{\text{Daten}}}$$

$$A_{\text{Daten-Vorhersage}}/A_{\text{MC-Vorhersage}} = 0.81 \pm 0.06 \text{ (stat.)}$$

- Die ATLAS VBF Analyse im $H \rightarrow WW$ Endzustand wurde vorgestellt.
- Fokus der Analyse: Unabhängiger Nachweis der VBF-Produktion im WW -Endzustand.
- Die wichtigsten Untergründe können durch Kontrollregionen in Daten abgeschätzt und korrigiert werden.
- Das Ergebnis mit 20 fb^{-1} darf mit Spannung erwartet werden.