



Messung der Higgs-Gluon-Tensor-Kopplung im $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ -Zerfallskanal mit dem ATLAS-Detektor

DPG-Frühjahrstagung Münster 2017

Verena Walbrecht

Betreuer: Sandra Kortner

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

27. März 2017



MAX-PLANCK-GESellschaft



Run-I-Messung der CP-Eigenschaften des Higgs-Boson

- Vorhersage des SM: **Skalares CP-gerades** Teilchen ($J^P=0^+$)
- Im Vergleich zu 0^- , 1^\pm oder 2^\pm ist die Spin 0^+ - Hypothese von den Run-I-Daten **bevorzugt**
- **Aber:** Kleine Beimischungen z.B. des 0^- Zustandes zu dem 0^+ Zustand sind noch möglich (BSM):

$$|H_{\text{BSM}}\rangle = \cos(\alpha)|0^+\rangle + \sin(\alpha)|0^-\rangle$$

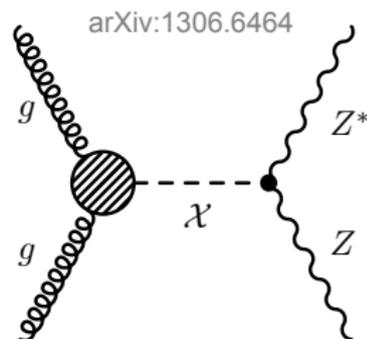
- $\text{CP}|0^\pm\rangle = \pm|0^\pm\rangle$
- $\text{CP}|H_{\text{BSM}}\rangle \neq \pm|H_{\text{BSM}}\rangle$
- ⇒ **CP-Verletzung**

- **Dieser Vortrag:** Untersuchung von möglichen kleinen BSM Beimischungen im Rahmen einer **Effektiven Feldtheorie (EFT)**

Konjugation	CP-gerade skalar
Spin: J	0
Ladung: C	+1
Parität: P	+1
J^P	0^+
SM Higgs-Boson	

Messung anomaler Kopplungen

- Annahme in der EFT:
 - Physik jenseits des SM tritt erst bei einer Energieskala Λ auf
 - Λ sehr viel größer ist als die Wechselwirkungsenergie



⇒ Annahme einer punktförmigen Hgg-Wechselwirkung

$$\mathcal{L} = \left\{ \underbrace{\kappa_{SM} \cos \alpha \left[\frac{1}{2} g_{HZZ} Z_\mu Z^\mu + g_{HWW} W_\mu^+ W^{-\mu} \right]}_{\text{HVV-Vertex: SM CP-gerade } (\kappa_{SM})} \underbrace{- \frac{1}{4} \left[\kappa_{Hgg} \cos \alpha g_{Hgg} G_{\mu\nu}^a G^{a,\mu\nu} + \kappa_{Agg} \sin \alpha g_{Agg} G_{\mu\nu}^a \tilde{G}^{a,\mu\nu} \right]}_{\text{Hgg-Vertex: SM CP-gerade } (\kappa_{Hgg}) \text{ und anomol CP-ungerade } (\kappa_{Agg})} \right\} \mathcal{X}$$

- Annahme hier:

$$\kappa_{SM} \cdot \cos \alpha = 1 \quad \text{und} \quad \kappa_{Hgg} \cdot \cos \alpha = 1$$

g = Kopplungsstärke im SM/MSSM

κ = Kopplungs-Parameter

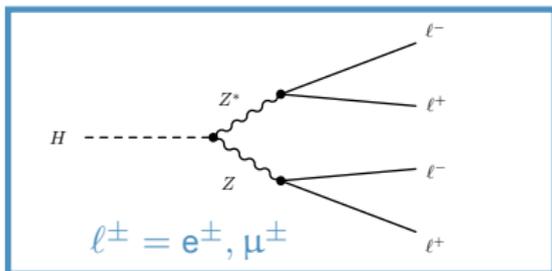
\mathcal{X} = Spin 0 Feld

$$\tilde{G}^{\mu\nu} = 1/2 \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} G_{\rho\sigma}$$

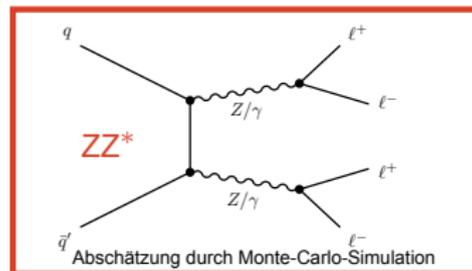
$$G_{\mu\nu}^a = \partial_\mu G_\nu^a - \partial_\nu G_\mu^a + g_s f^{abc} G_\mu^b G_\nu^c$$

Der $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$ - Zerfallskanal

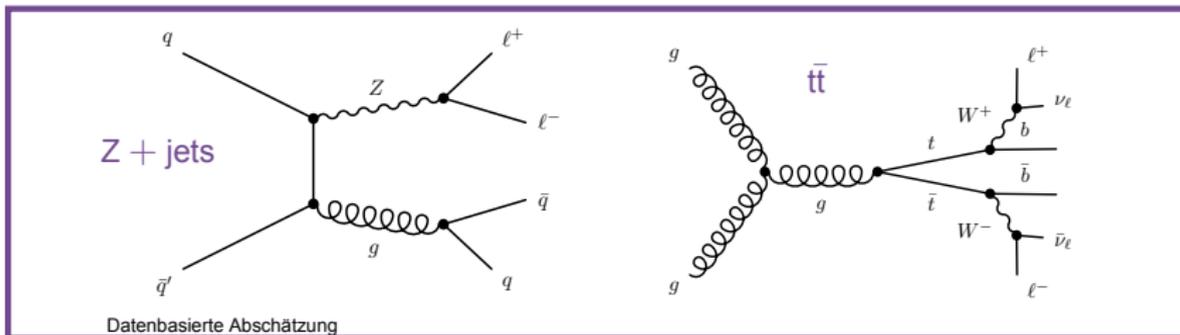
■ Signal:



■ Dominanter Untergrund:

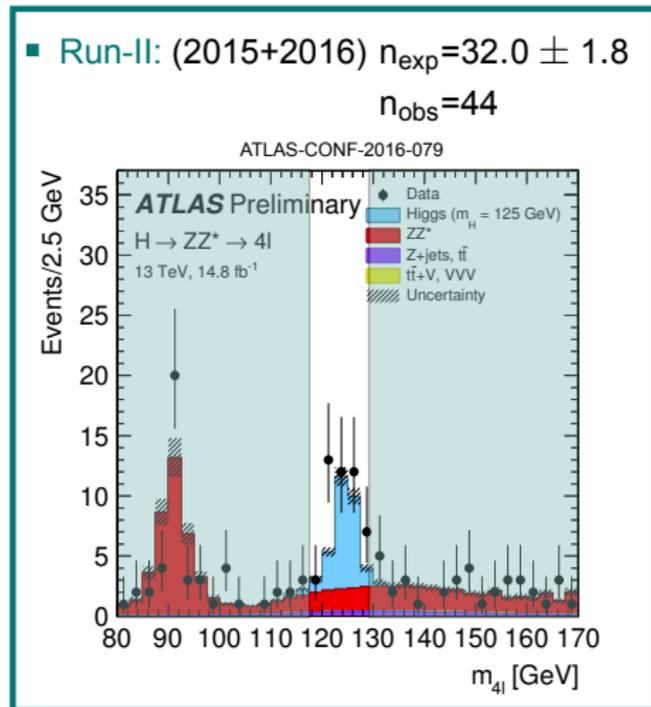


■ Kleinere Untergrund-Beiträge: Mindestens ein Lepton stammt aus einem Jet



Ergebnis der $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$ - Analyse

- Massenspektrum nach der Ereignisselektion ($\mathcal{L} = 14.8 \text{ fb}^{-1}$)
- Gute Beschreibung der Daten mit der Simulation
- Im Folgenden: $\mathcal{L} = 36.1 \text{ fb}^{-1}$ (voller 2015+2016 Datensatz)

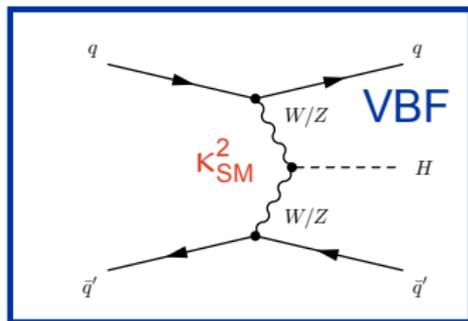
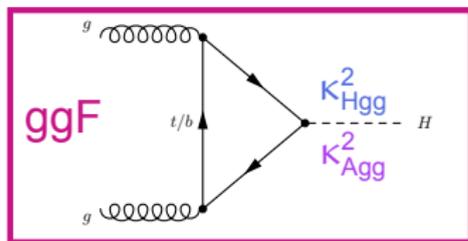


Wieder-Beobachtung des Higgs-Boson mit Run-II

Messung der Hgg-Tensor-Kopplung

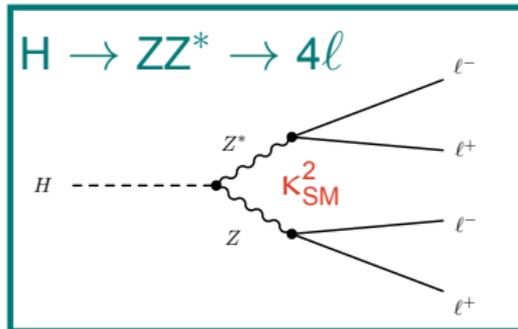
- Produktions- und Zerfallsraten sind abhängig von den anomalen Kopplungen:

Produktion:



Abhängigkeit:

Zerfall:



$$\sigma_{ggF} \propto K_{Agg}^2$$

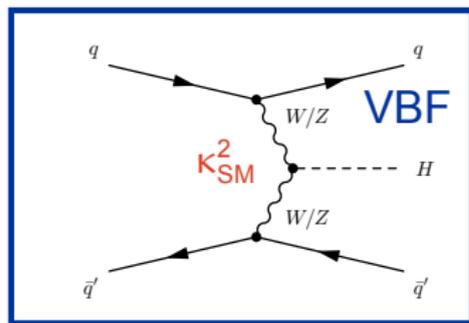
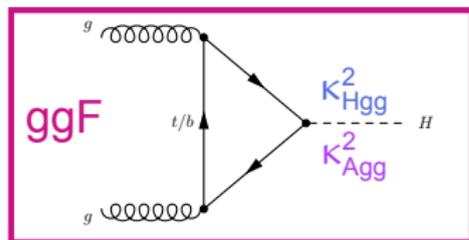
$$\sigma_{VBF} = \text{const}$$

Produktionsraten sind sensitiv auf kleine Agg-BSM-Beimischungen

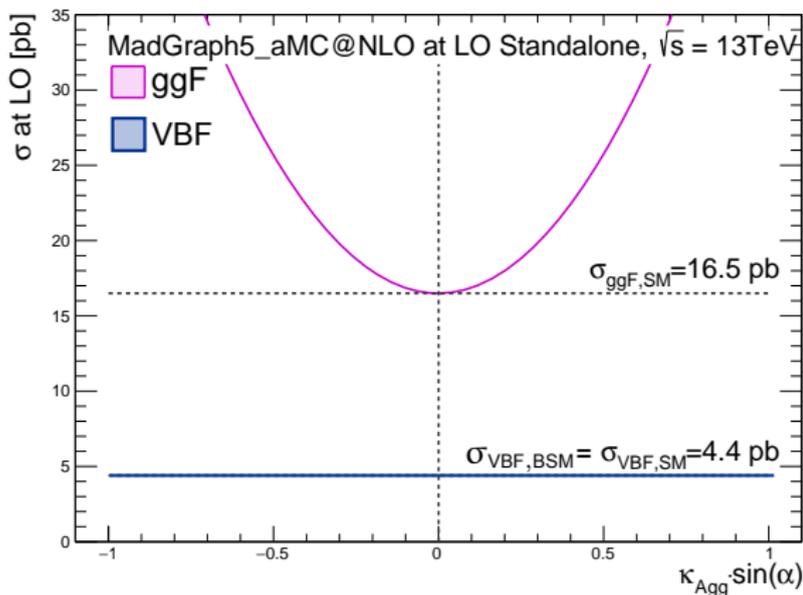
Messung der Hgg-Tensor-Kopplung

- Produktions- und Zerfallsraten sind abhängig von den anomalen Kopplungen:

Produktion:



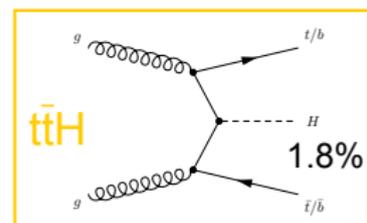
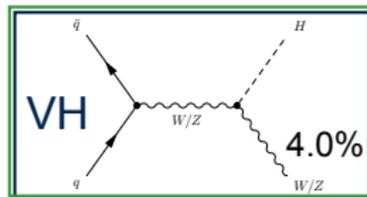
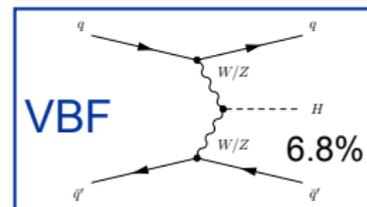
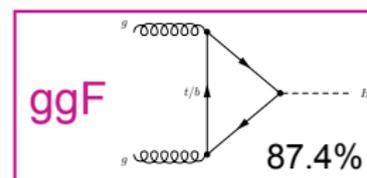
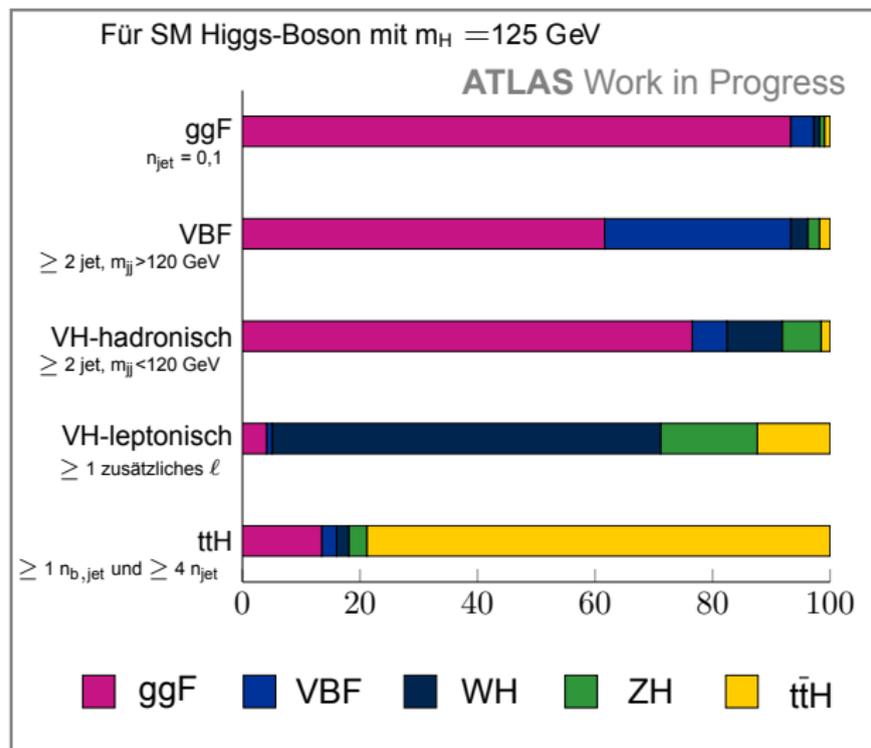
Abhängigkeit:



Produktionsraten sind sensitiv auf kleine Agg-BSM-Beimischungen

Kategorisierung der Ereignisse

- Unterteilung der Ereignisse nach Produktionsmechanismen:





Erwartetes Ergebnis der Hgg-Tensor-Kopplungs Messung

- Messung von $\kappa_{\text{Agg}} \cdot \sin \alpha$:
Vergleich der beobachteten Anzahl an Ereignissen in jeder Kategorie mit der vom Signal-Modell vorhergesagten Anzahl
- Erwartete Anzahl an Ereignissen für SM Signal mit $118 \text{ GeV} < m_{4\ell} < 129 \text{ GeV}$ ($\mathcal{L} = 36.1 \text{ fb}^{-1}$):

ATLAS Work in Progress

Ereignis Kategorie	ggF	VH- hadronisch	VBF	VH- leptonisch	ttH	Total
Signal	43.19 ± 5.63	3.43 ± 1.33	7.17 ± 2.62	0.32 ± 0.01	0.37 ± 0.03	54.10 ± 5.00
ZZ*	17.34 ± 1.23	0.65 ± 0.06	0.85 ± 0.08	0.05 ± 0.01	0.00 ± 0.00	18.90 ± 1.70
Z+jets, tt	3.02 ± 0.14	0.36 ± 0.01	0.41 ± 0.02	0.02 ± 0.00	0.11 ± 0.01	3.92 ± 0.23
Erwartet	63.40 ± 5.8	4.44 ± 1.33	8.45 ± 2.62	0.39 ± 0.01	0.48 ± 0.03	77.00 ± 5.00

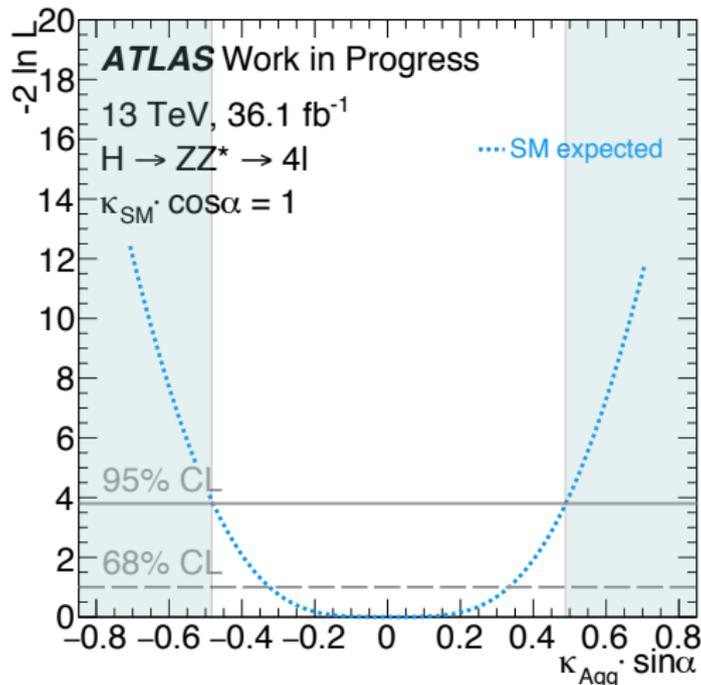
- Test-Statistik:

$$q(\kappa) = -2 \ln \frac{L(\kappa)}{L(\hat{\kappa})} = -2 \Delta \ln(L)$$

- $L(\hat{\kappa})$ ist das Maximum des Likelihoods

Erwartetes Ergebnis der Hgg-Tensor-Kopplungs Messung

- Erwartete Verteilung der Test-Statistik für ein SM Higgs-Boson:

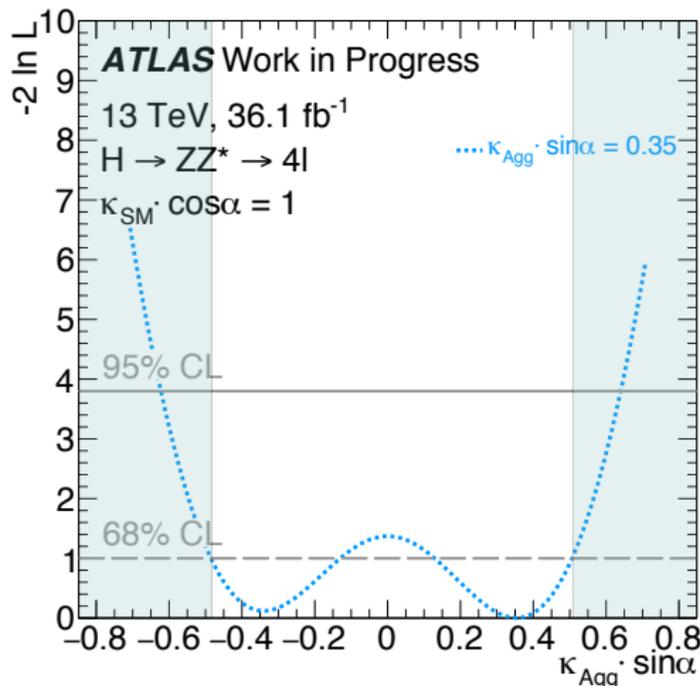


Ausgeschlossene
Bereiche
bei 95% CL

Erwarteter erlaubter Bereich bei einem Konfidenzniveau (CL) von 95%: [-0.48, 0.49]

Erwartetes Ergebnis der Hgg-Tensor-Kopplungs Messung

- Erwartete Verteilung der Test-Statistik für kleine Agg-BSM-Beimischung:



$$\kappa_{SM} \cdot \cos \alpha = 1$$

$$\kappa_{Hgg} \cdot \cos \alpha = 1$$

Ausgeschlossene
Bereiche
bei 95% CL

Erwarteter erlaubter Bereich bei einem Konfidenzniveau (CL) von 95%: [-0.5,0.5]



Zusammenfassung

- **Wieder-Beobachtung** des Higgs-Bosons mit den Run-II-Daten im Zerfallskanal $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$
- **Erste Obergrenze** für die **anomale Hgg-Kopplung** im Zerfallskanal $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\ell$ bei einem Konfidenzniveau von 95% :
 $-0.48 \leq \kappa_{\text{Agg}} \cdot \sin(\alpha) \leq 0.49$
- **Ausblick:** Steigerung der Sensitivität durch Berücksichtigung der kinematischen Verteilungen von $\Delta\phi_{jj}$ in Ereignissen mit ≥ 2 Jets
→ höhere Statistik erforderlich

ANHANG

Erwartete Ereignisse in Kategorien

