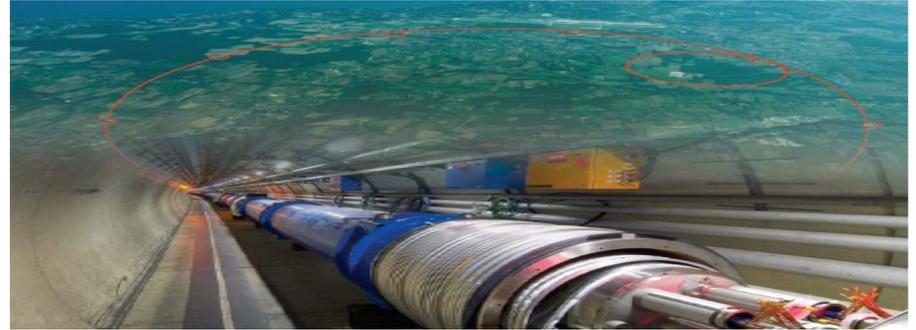
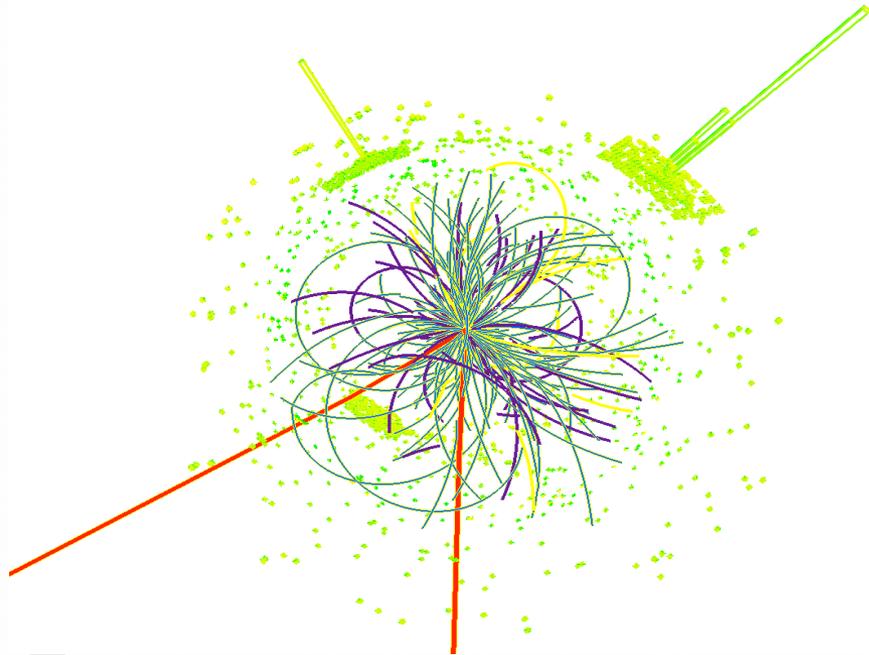
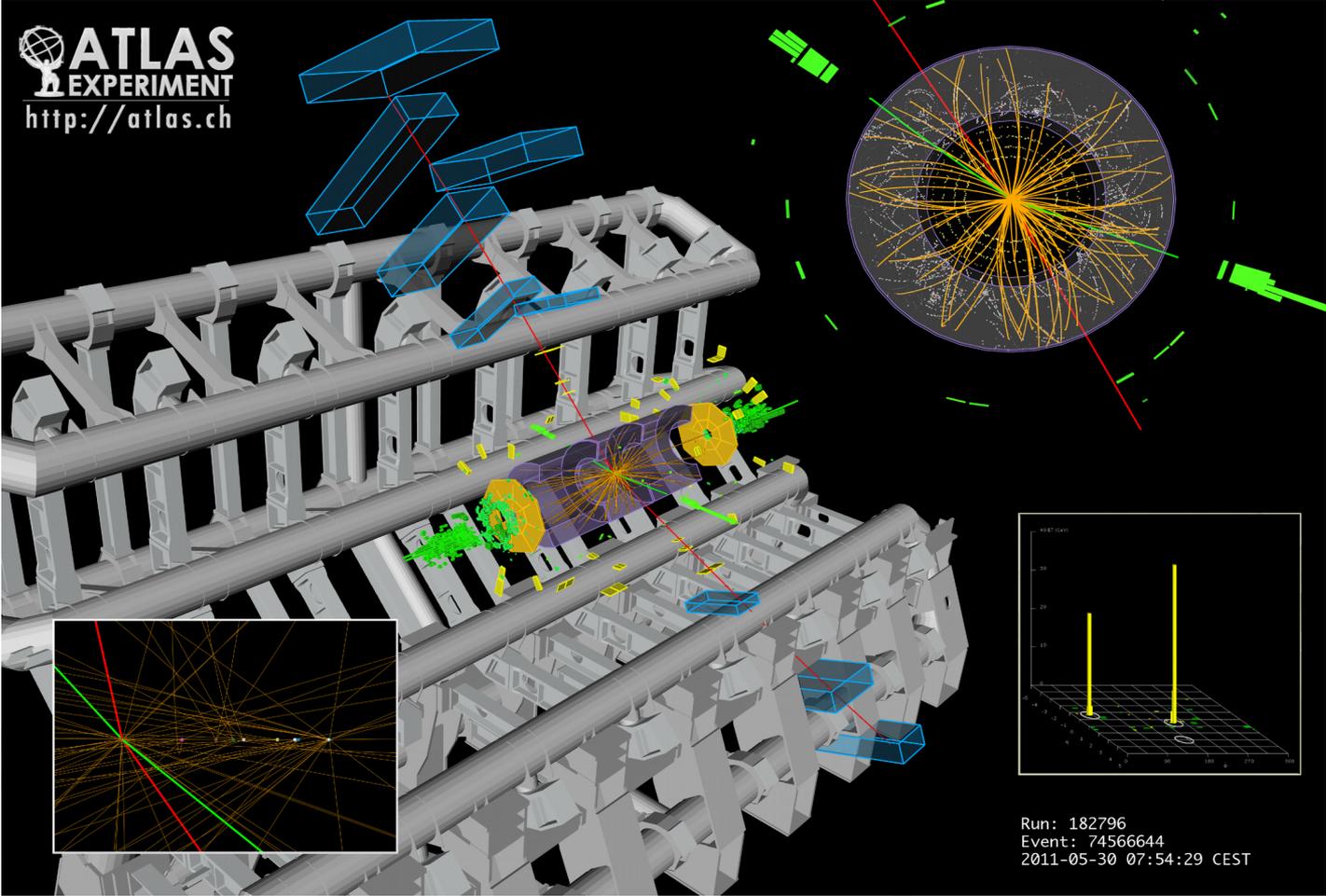


# Die Entdeckung des Higgs-Bosons



Dr. Thorsten Kuhl  
DESY

# Der größte Erfolg 2012: Das Higgs!



# Nach dem Higgs: Die Suche geht weiter

## 1. Laufperiode von 2010 – 2012 (Run 1)

- Sehr erfolgreiche und effiziente Datennahme
- Wichtigstes Resultat: Entdeckung des Higgs-Bosons
- Bestätigung des Standardmodells der Teilchenphysik

## Um- und Ausbauphase von 2013 – 2014 (LS1)

- Erhöhung der Strahlenergie auf das Doppelte
- Erhöhung der Strahlintensität
- Einbau neuer Detektoren, Anpassung der Technologien
- Verbesserung der Ereignisauswahl und Datenverarbeitung

## Nächste Laufperiode 2015 – 2018 (Run 2)

- Erfolgreiche Datennahme seit Juli 2015
- Bestätigung des Higgs-Bosons
- Intensive Suche nach Physik jenseits des Standardmodells

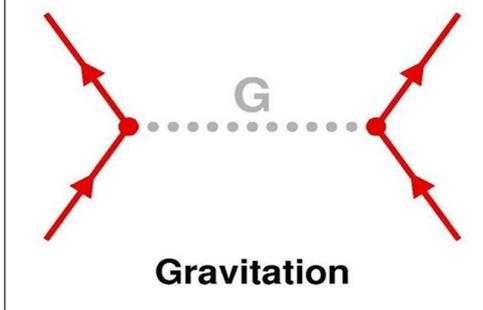
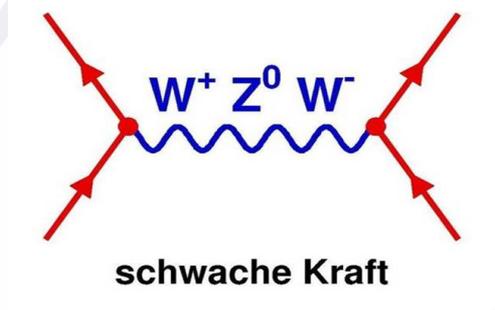
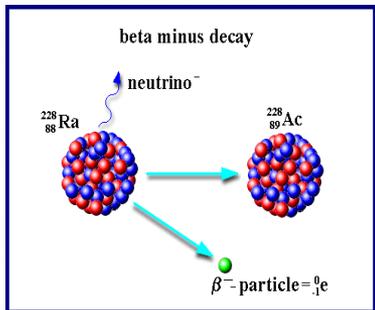
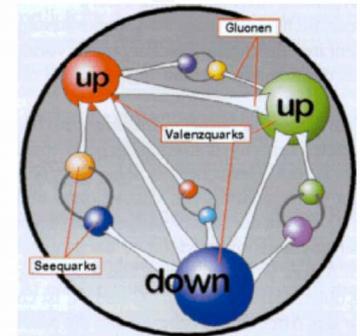
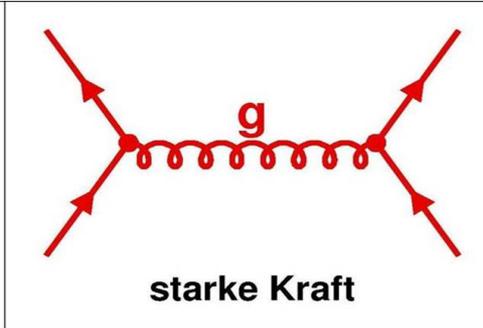
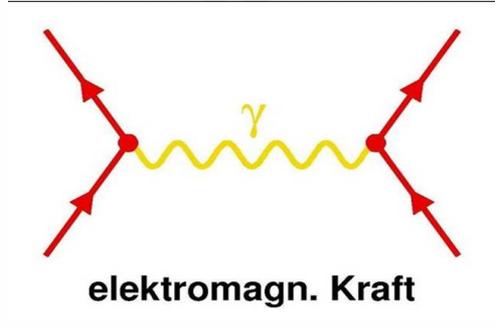
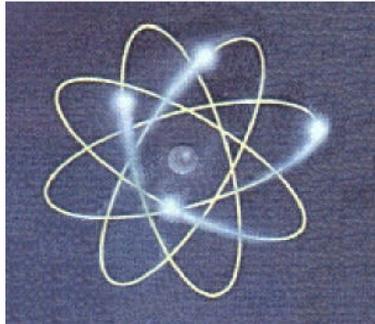
## Run 3: 2020 – 2022/23

## Großer Upgrade 2023

- Grundlegender Umbau und Erneuerung des ATLAS-Detektors
- Anpassung auf neue Anforderungen



# Erinnerung: Austauschteilchen



Austauschteilchen sind die Quanten der Kraftfelder

# Das Standardmodell

## Fundamentale Teilchen:

6 Quarks (u, d, c, s, t, b)

6 Leptonen (e,  $\mu$ ,  $\tau$ ,  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$ )

## Fundamentale Kräfte:

starke Wechselwirkung (g)

schwache Wechselwirkung (W,Z)

elektromagnetische

Wechselwirkung ( $\gamma$ )

## Verantwortlich für die Masse:

Higgs-Boson

sehr erfolgreiches Modell: bisher in allen experimentellen Tests gut bestätigt

Viele richtige Vorhersagen

	mass →	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$
	charge →	2/3	2/3	2/3	0	0
	spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
		<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> Higgs boson
<b>QUARKS</b>		$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
		-1/3	-1/3	-1/3	0	
		1/2	1/2	1/2	1	
		<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
		$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$	
		-1	-1	-1	0	
		1/2	1/2	1/2	1	
		<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> Z boson	
<b>LEPTONS</b>		$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$	
		0	0	0	$\pm 1$	
		1/2	1/2	1/2	1	
		<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	
						<b>GAUGE BOSONS</b>

# Ursprung der Masse: Higgs-Teilchen

## Standardmodell:

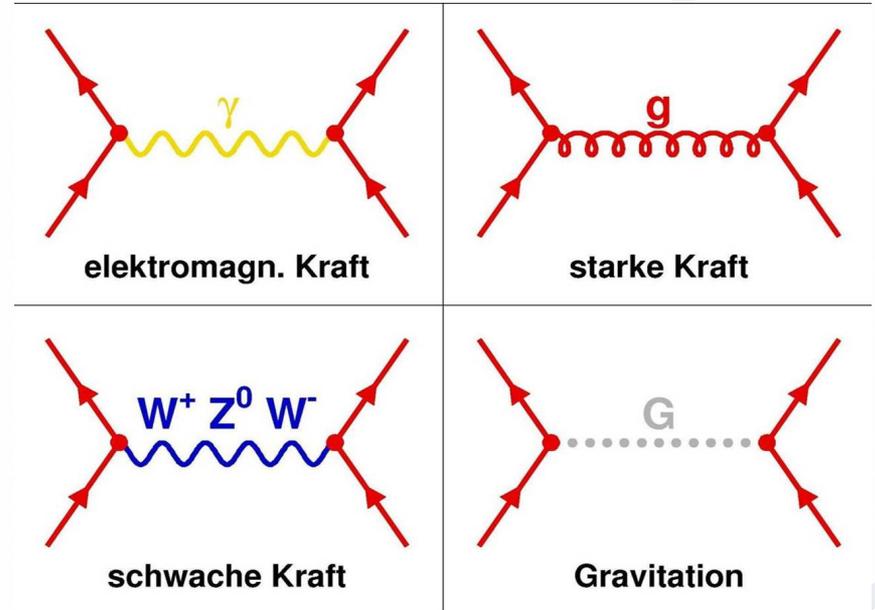
perfekte Symmetrie ohne Masse  
Kräfte durch Symmetrien beschreibbar

## Forderung:

Austauschteilchen müssen masselos sein  
Erfüllt für Photon und Gluon,  
Aber nicht für  $W^-$  und  $Z$ -Bosonen

## Konsequenz:

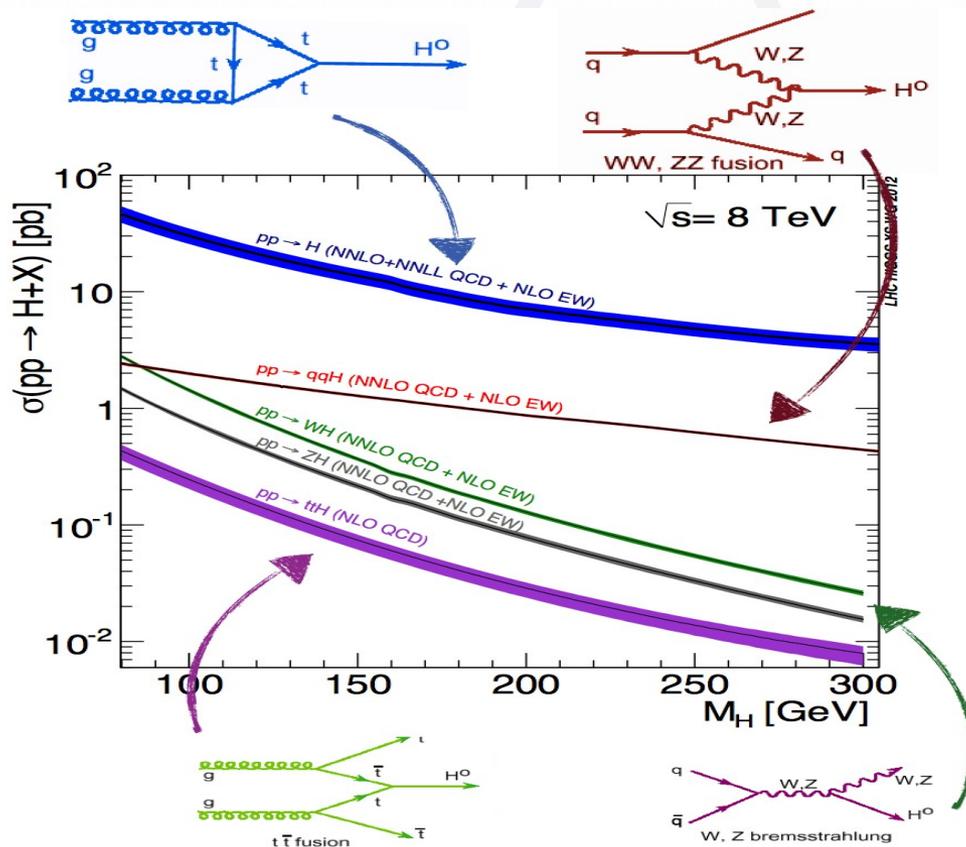
Symmetrie muss gebrochen sein  
Symmetriebrechung erzeugt neues, massives Feld: Higgs-Feld  
Konsequenz der Symmetrie-Brechung:  $W^-$  und  $Z$ -Bosonen werden massiv  
Erzeugung von Massen durch Kopplung an das Higgs-Feld  
Teil des Standardmodells, keine "neue Physik"  
Entdeckung 2012 am LHC



# Higgs-Produktion

Das Higgs koppelt an die Masse:

Produktion mit schweren Teilchen dominant  $\rightarrow$  sehr seltene Prozesse

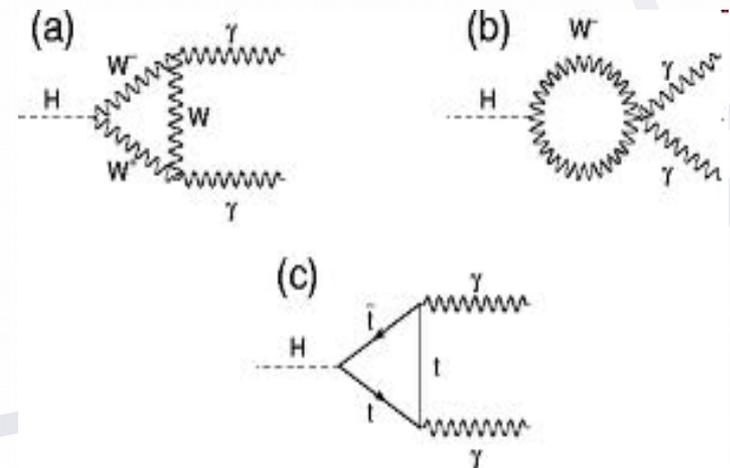
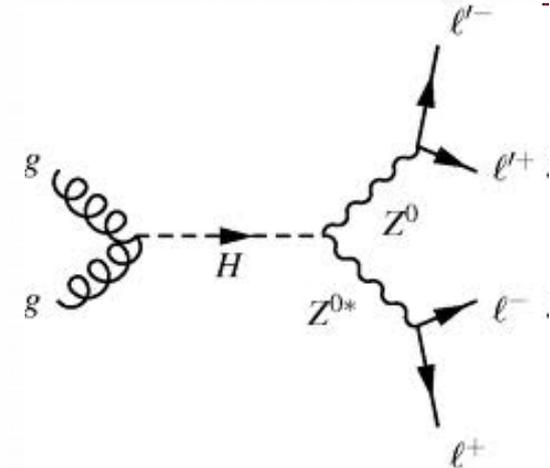
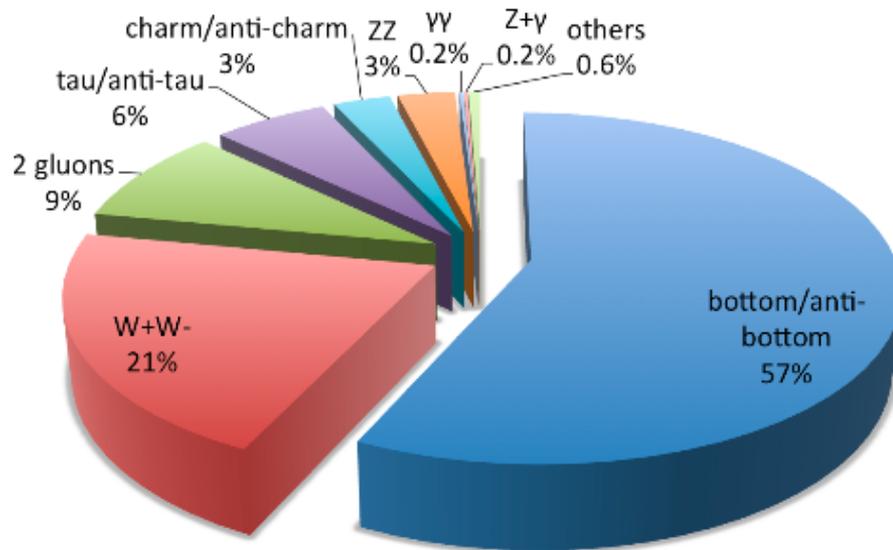


# Higgs-Zerfälle

Viele Zerfallsarten, Kopplung an schwere Teilchen dominant (W, Z, top, tau)

- sehr seltene Prozesse
- schwer vom Untergrund zu trennen

Decays of a 125 GeV Standard-Model Higgs boson

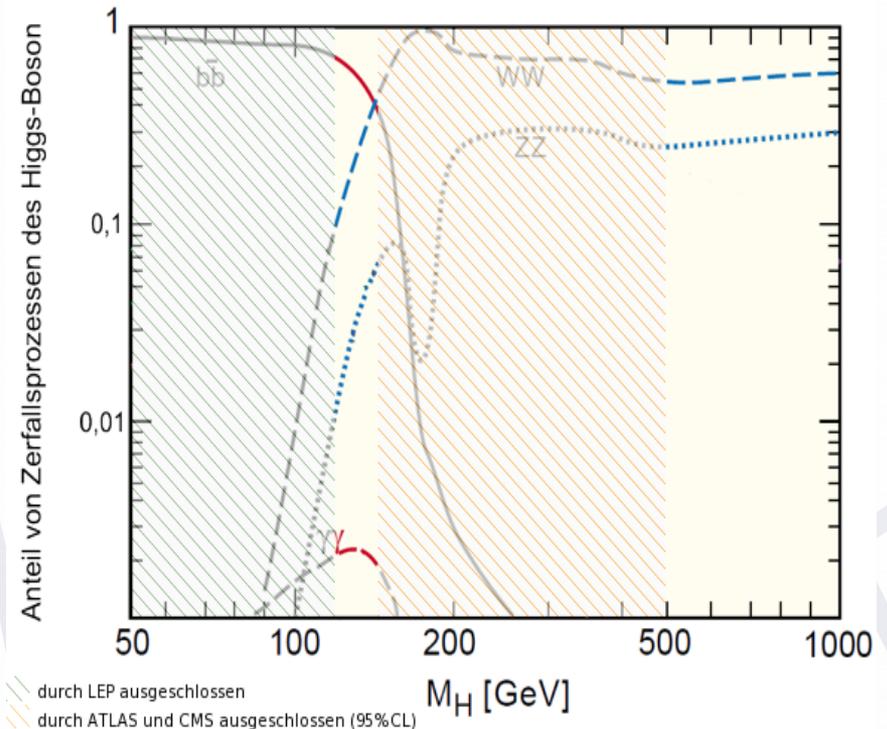


# Bereiche möglicher Higgs-Kandidaten

Bereiche der Higgs-Massen, die vor der Entdeckung nicht durch Experimente “ausgeschlossen” wurden,

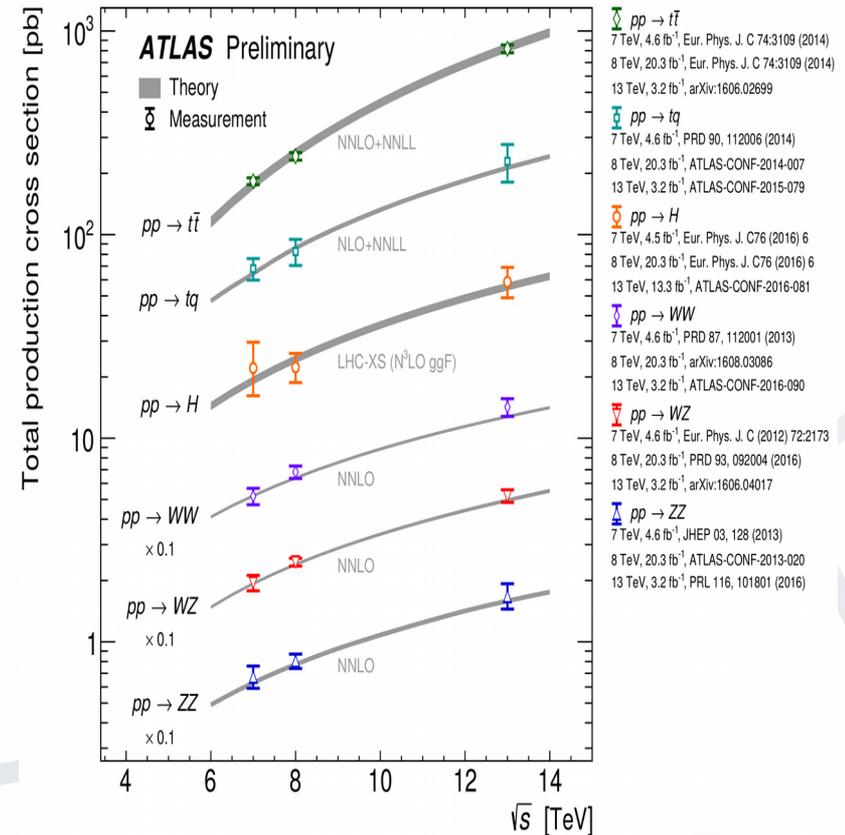
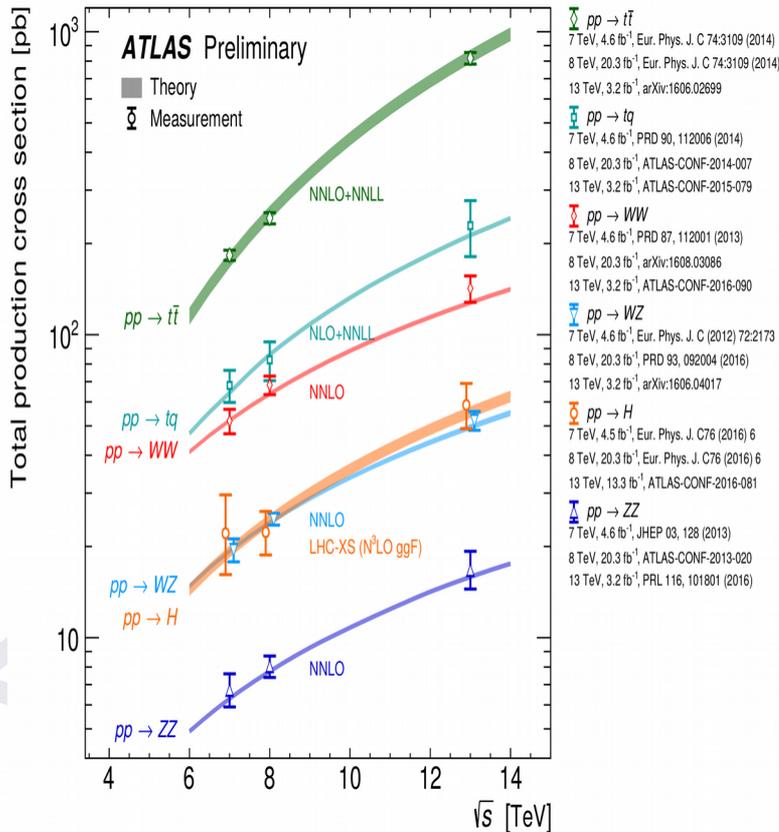
SM bevorzugt ein leichtes Higgs:

- Schwierigster Bereich!
- W- und Z-Bosonen wichtig für die Messung

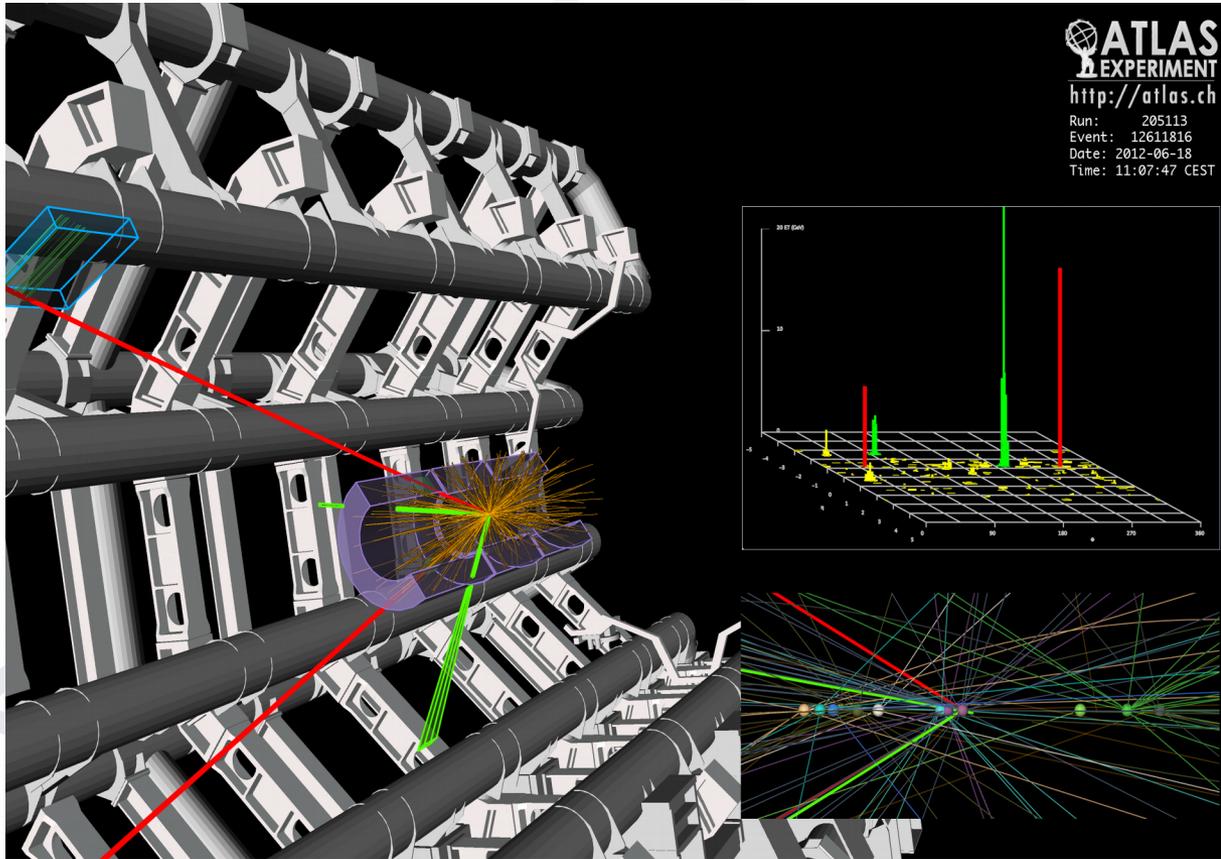


# Vermessung des Standardmodells

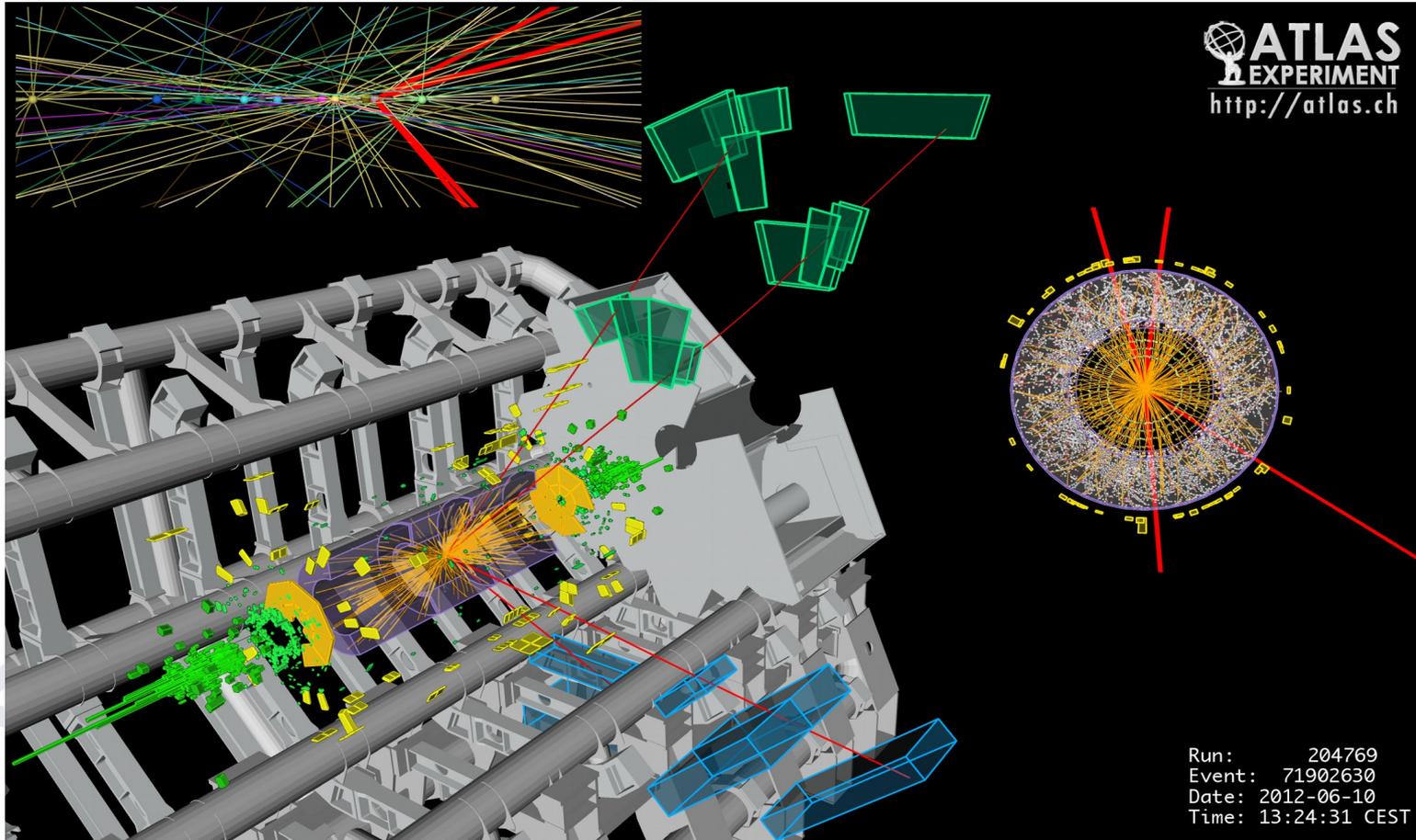
Alle Messungen sind in perfekter Übereinstimmung mit dem Standardmodell  
 -> essentielle Voraussetzung für Suche nach neuer Physik



# Higgs-Zerfall in zwei Z-Bosonen und in 4 Leptonen

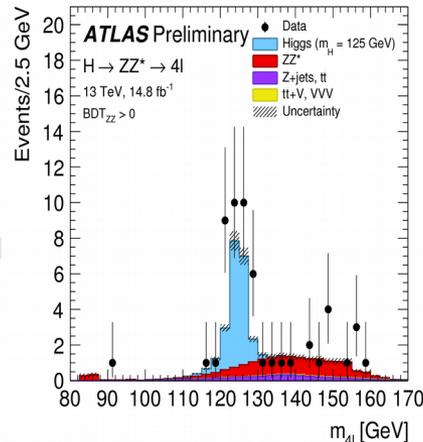
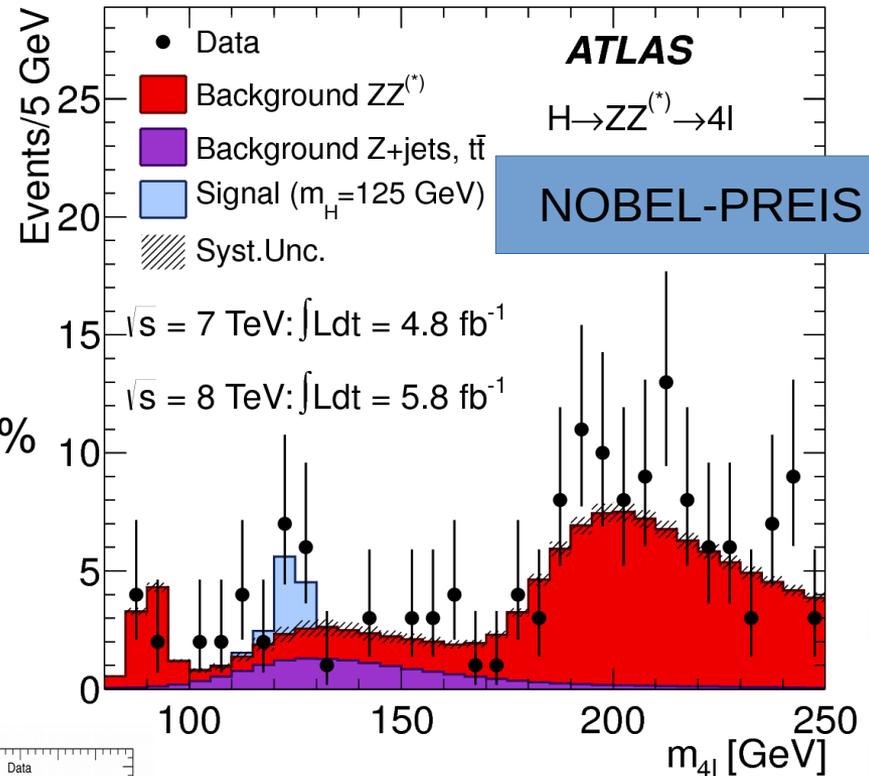


# Zerfall in Higgs nach 4 Myon

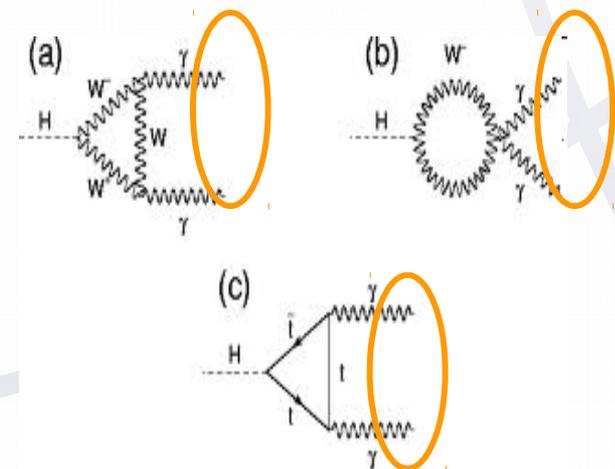
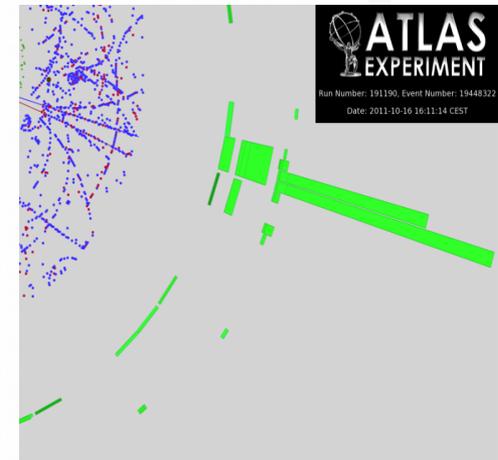
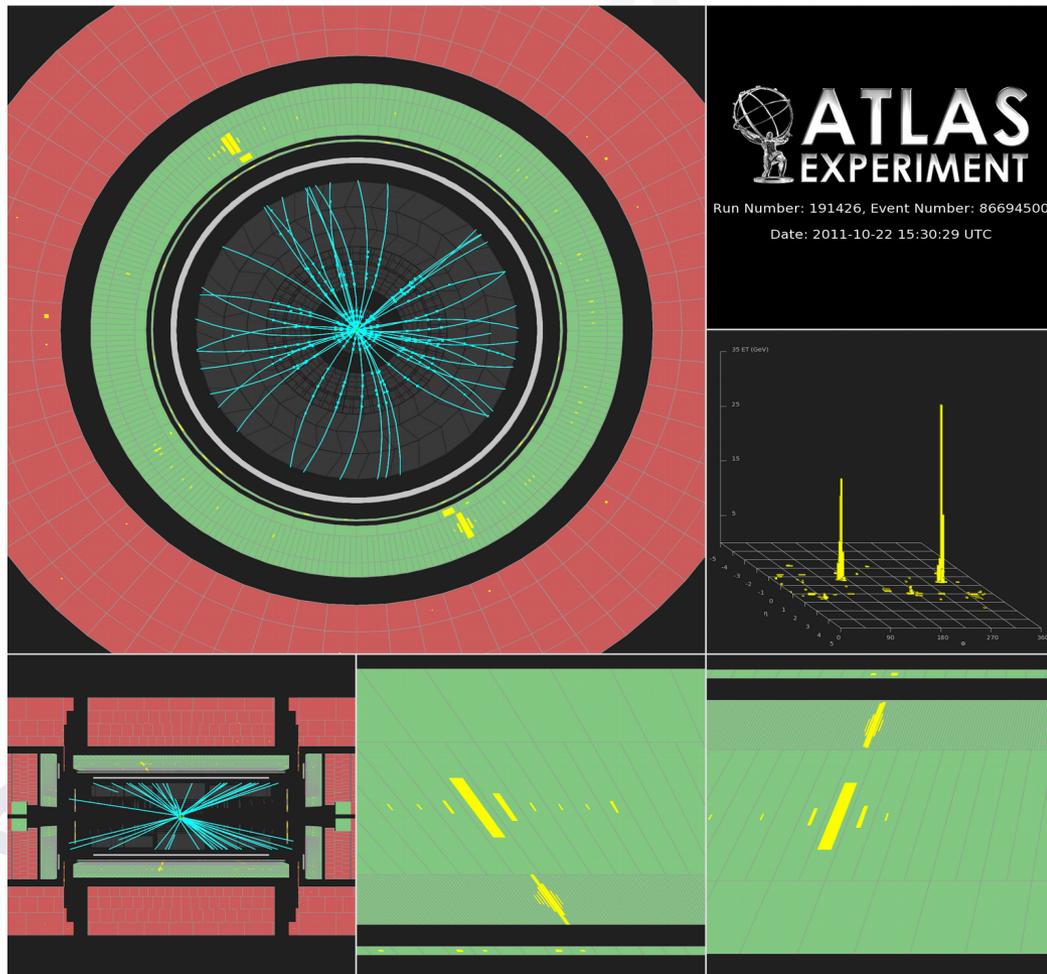


# Resultate des 4 Lepton Kanales

- Messung der invarianten Masse von zwei Z-Bosonen im leptonischen Zerfall
- Anhäufung sichtbar bei einer Masse von 125,6 GeV
- Klare Trennung von Untergrundprozessen
- Zerfall des Higgs nach ca. 10-22 s
- Wahrscheinlichkeit für diesen Kanal: 0,013%
- In perfekter Übereinstimmung mit der Messung von 2012
- Sehr klare Signatur:
  - **Größtes Entdeckungspotential**

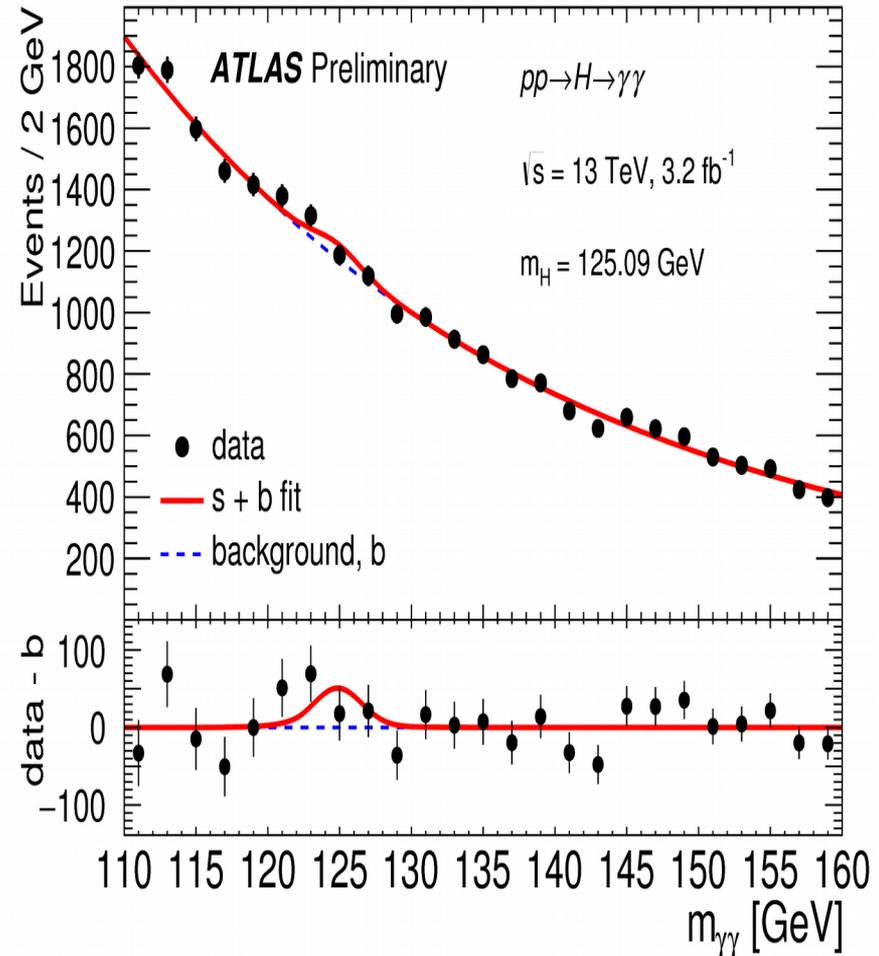


# Higgs-Zerfall in zwei Photonen



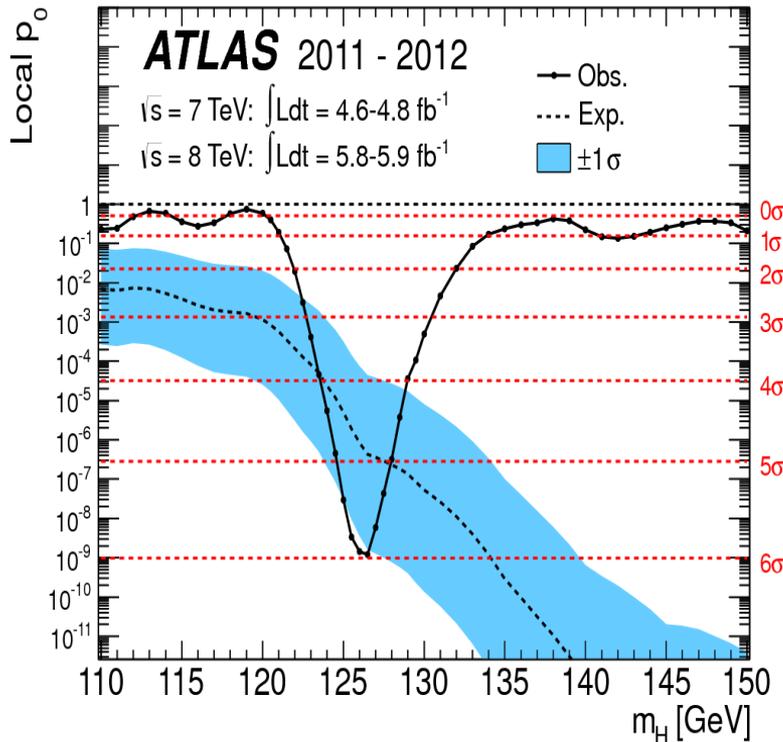
# Resultat der Suche nach $H \rightarrow \gamma\gamma$

- Messung der invarianten Masse von zwei Photonen
- Anhäufung sichtbar bei einer Masse von 125,6 GeV
- Kompatibel mit den Resultaten anderer Kanäle
- Schwierig zu messender Kanal, aber sehr starker Hinweis
- Zerfallswahrscheinlichkeit: 0.2 %
- Stimmt perfekt mit der Messung von 2012 überein

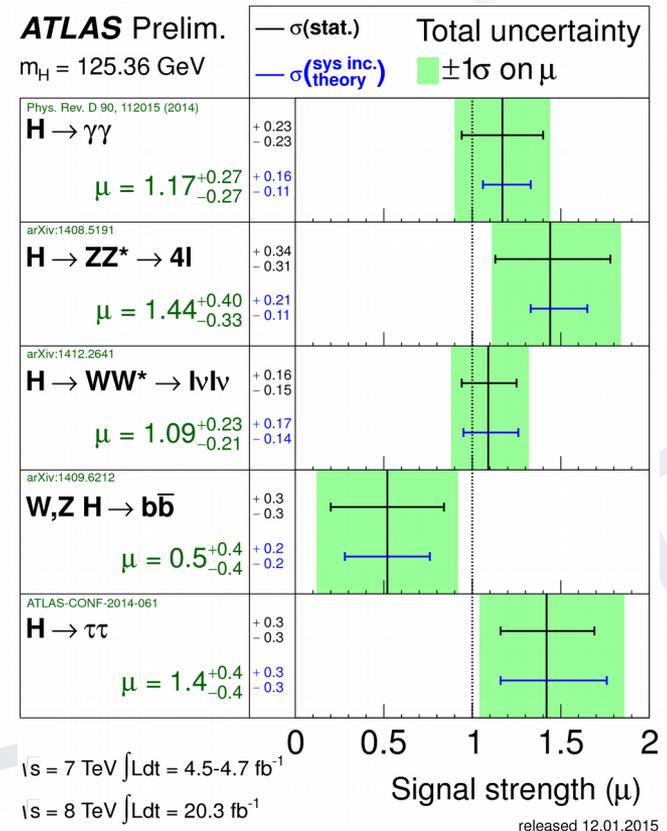


# Das SM-Higgs ist eindeutig gefunden

Das “new Boson” ist ein Higgs! Das Higgs ist in den Daten bei 13 TeV bestätigt worden. Gibt es noch mehr Higgs-Bosonen → Hinweise auf neue Physik?

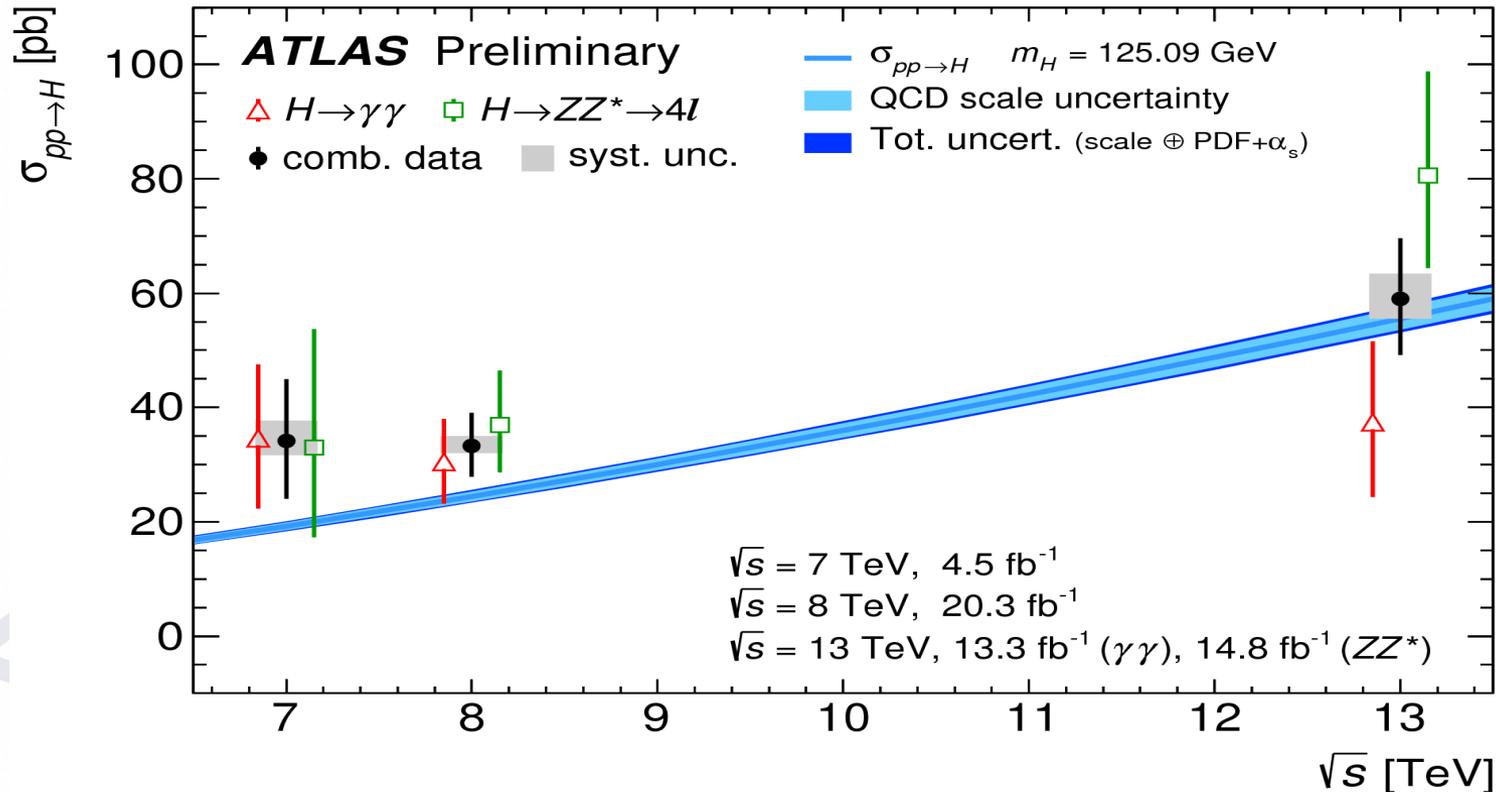


**ATLAS Prelim.**  
 $m_H = 125.36 \text{ GeV}$



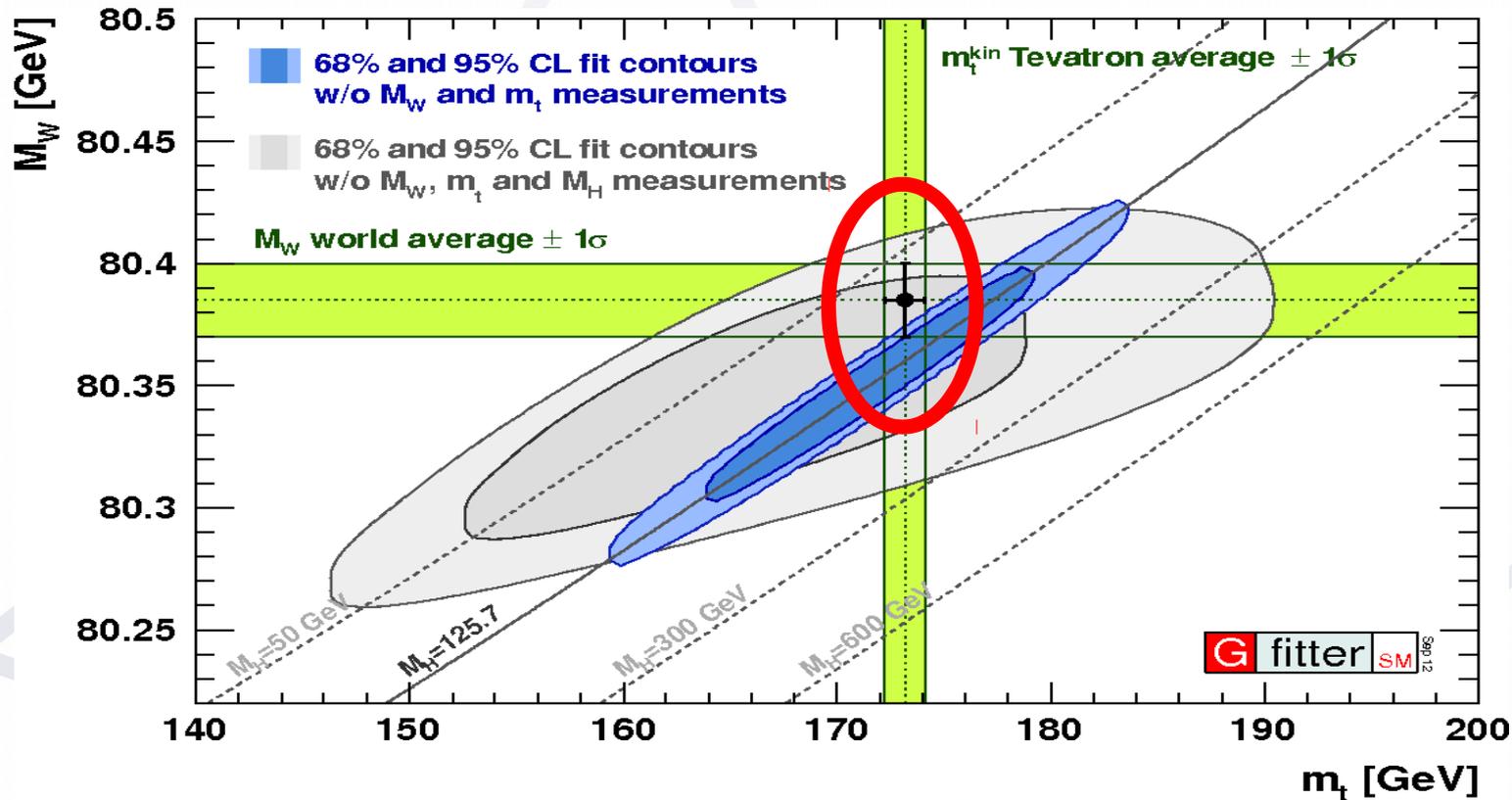
# Beschreibung des Higgs im SM

Das Higgs-Boson ist Teil des Standardmodells und das SM kann das Higgs-Boson gut beschreiben



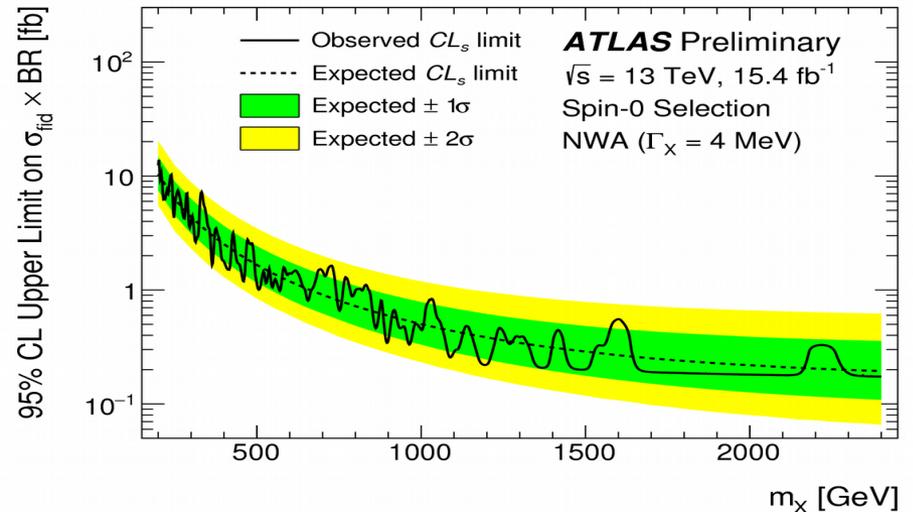
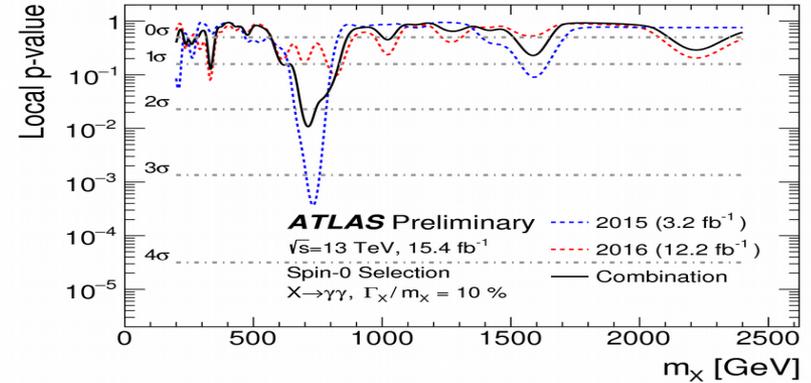
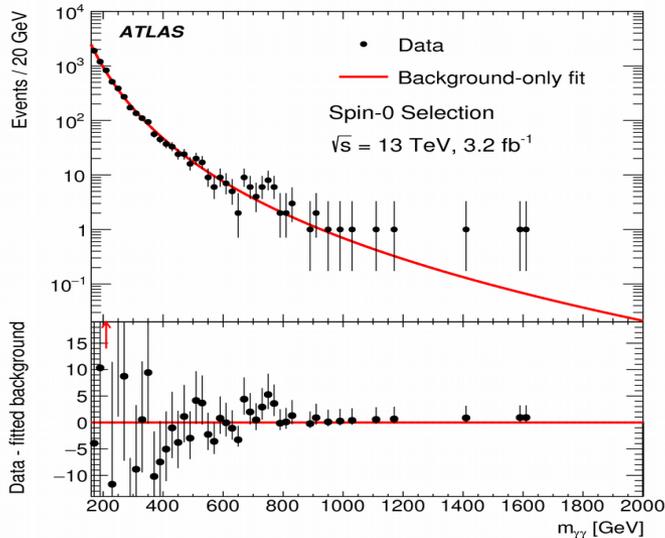
# Messung W/top Masse im Vergleich zu Higgs-Masse

Spannung zwischen Theorie und Experiment



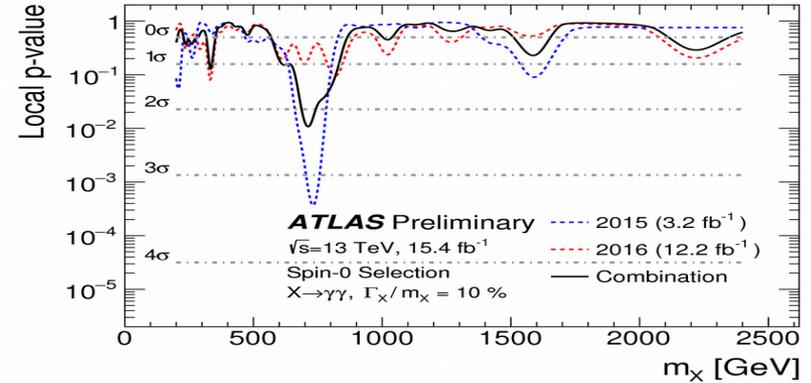
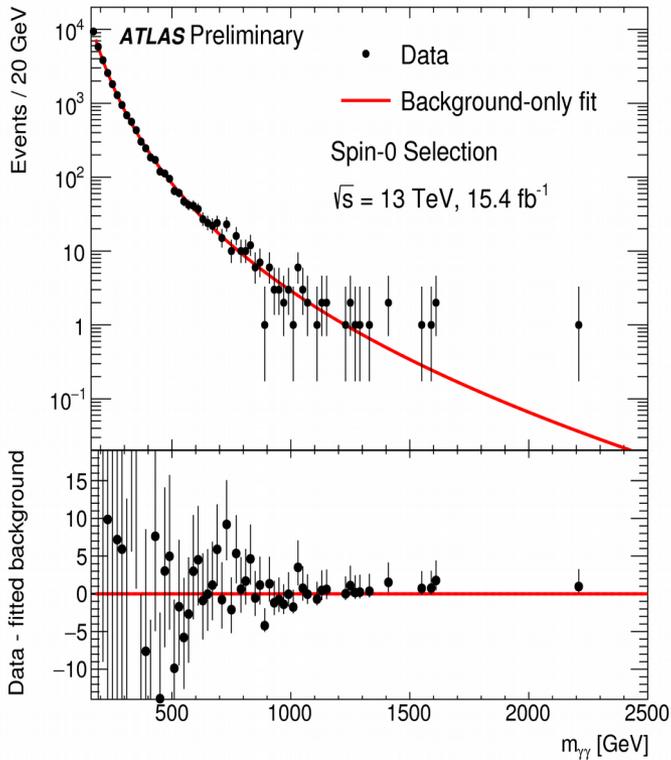
# Di-Photon Search 2015

- Gleicher Zerfallskanal wie beim Higgs
- Suche bei höheren Massen
- Anzeichen eines Signales im Jahr 2015
- Extensive Studien zur Signifikanz
- Größer als eine statistische Schwankung
- Hinweis auf ein neues Teilchen??

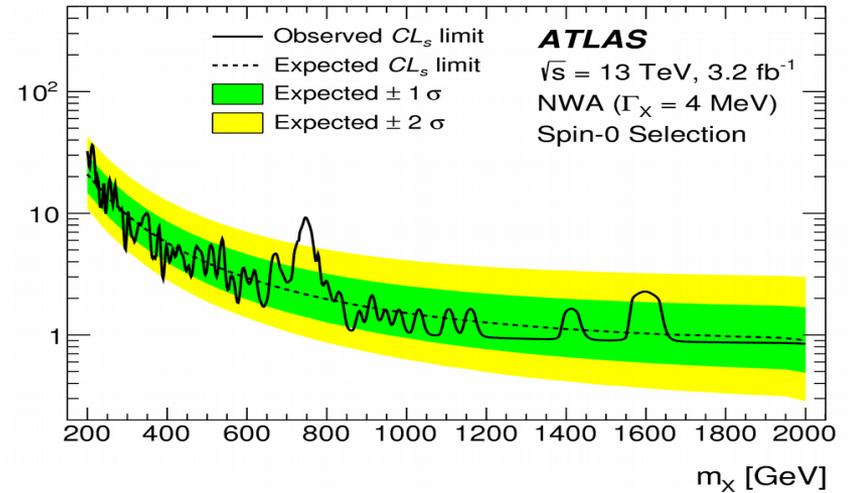


# Gleiche Suche mit neuen Daten

- Signal hat sich leider nicht bestätigt
- ABER: ganz normale statistische Fluktuation



95% CL Upper Limit on  $\sigma_{\text{fid}} \times \text{BR} [\text{fb}]$

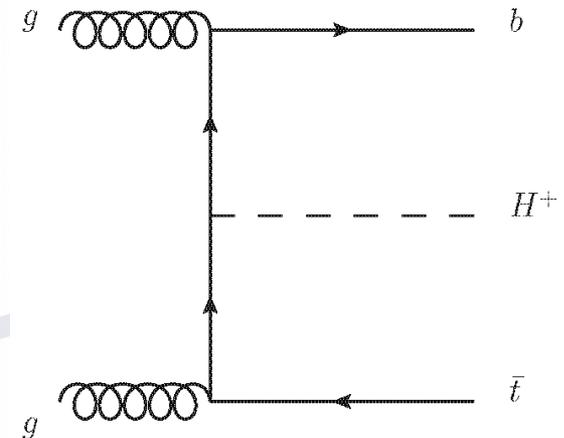
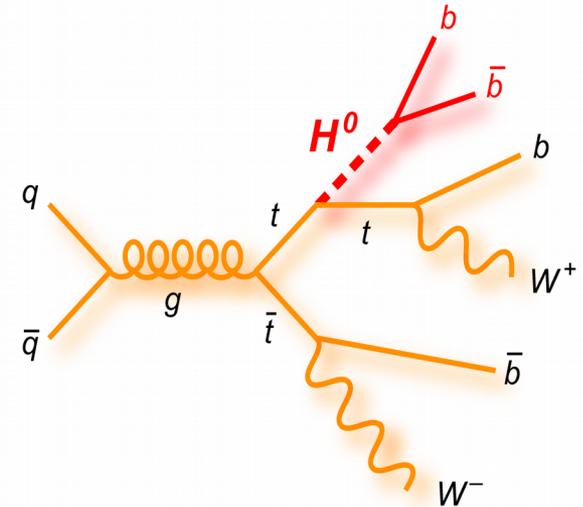


# Physik jenseits des Standardmodells

- Ist das Standardmodell Higgs das einzige Higgs-artige Teilchen?
- Theorien für Physik jenseits des Standardmodells: Supersymmetrie

## Postulation von 5 weiteren Higgs-Bosonen:

- 3 neutrale  $h^0, H^0, A^0$
- 2 geladene  $H^\pm$
- Messung der Kopplungsstärken hypothetischer supersymmetrischer Higgs-Bosonen
  - Möglich mit einer Genauigkeit von 5- 10% mit den Daten von 2012
  - Bestimmen von "Ausschlussgrenzen" an die Kopplungsstärken

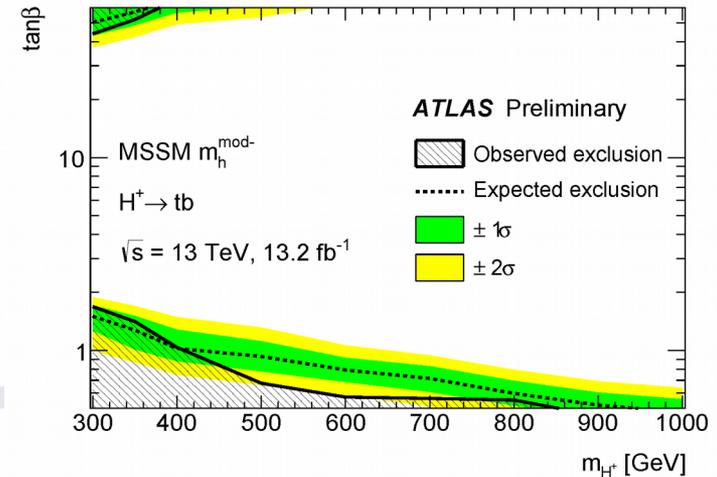
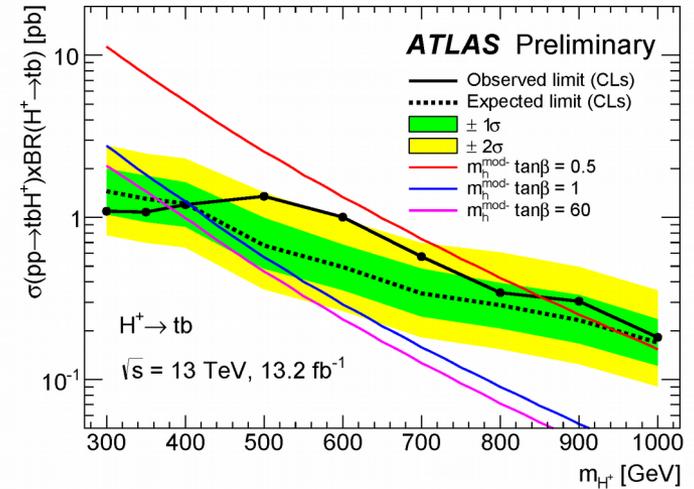
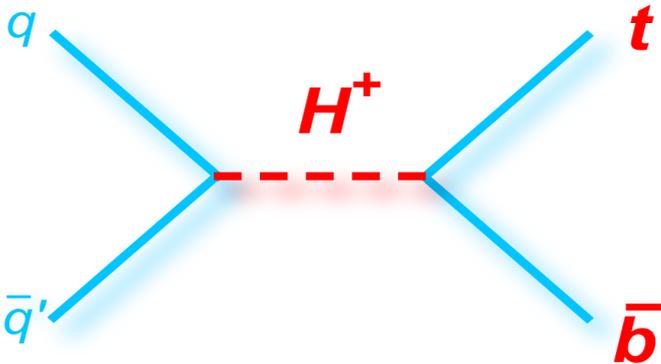


# Suche nach neuen Teilchen: Higgs

## Messung:

Obere Grenze an die Produktions-Wahrscheinlichkeit eines geladenen Higgs-Bosons als Funktion der hypothetischen Higgs-Masse

→ **Ausschlussverfahren**



# Suchen nach unbekanntem Phänomenen

## ATLAS SUSY Searches\* - 95% CL Lower Limits

Status: August 2016

ATLAS Preliminary

$\sqrt{s} = 7, 8, 13 \text{ TeV}$

Model	$e, \mu, \tau, \gamma$	Jets	$E_{T}^{\text{miss}}$	$\int \mathcal{L} d\epsilon [10^{-1}]$	Mass limit	$\sqrt{s} = 7, 8 \text{ TeV}$	$\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$	Reference	
Inclusive Searches	MSUGRA/CMSSM	0-3 $e, \mu$ / 1-2 $\tau$	2-10 jets/3 $h$	Yes	20.3	$\tilde{g}, \tilde{g}$	1.85 TeV	$m(\tilde{g})=m(\tilde{g})$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$	0	2-6 jets	Yes	13.3	$\tilde{g}$	1.35 TeV	$m(\tilde{g}) < 200 \text{ GeV}, m[1^{\text{st}} \text{ gen. } \tilde{g}] = m[2^{\text{nd}} \text{ gen. } \tilde{g}]$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$ (compressed)	mono-jet	1-3 jets	Yes	3.2	$\tilde{g}$	608 GeV	$m(\tilde{g}) - m(\tilde{g}) < 5 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$	0	2-6 jets	Yes	13.3	$\tilde{g}$	1.85 TeV	$m(\tilde{g}) = 0 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{g}\tilde{g}$	0	2-6 jets	Yes	13.3	$\tilde{g}$	1.83 TeV	$m(\tilde{g}) < 400 \text{ GeV}, m(\tilde{g}) = 0.5(m(\tilde{g}) + m(\tilde{g}))$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{g}\tilde{g}$	3 $e, \mu$	4 jets	-	13.2	$\tilde{g}$	1.7 TeV	$m(\tilde{g}) < 400 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{g}\tilde{g}$	2 $e, \mu$ (SS)	0-3 jets	Yes	13.2	$\tilde{g}$	1.6 TeV	$m(\tilde{g}) < 500 \text{ GeV}$	
	GMSB ( $\tilde{L}$ NLSP)	1-2 $\tau + 0-1 \ell$	0-2 jets	Yes	3.2	$\tilde{g}$	2.0 TeV	$c\tau(\text{NLSP}) < 0.1 \text{ mm}$	
	GGM (bino NLSP)	2 $\gamma$	-	Yes	3.2	$\tilde{g}$	1.65 TeV	$c\tau(\text{NLSP}) < 0.1 \text{ mm}, \mu < 0$	
	GGM (Higgsino-bino NLSP)	$\gamma$	1 $h$	Yes	20.3	$\tilde{g}$	1.37 TeV	$m(\tilde{g}) < 950 \text{ GeV}, c\tau(\text{NLSP}) < 0.1 \text{ mm}, \mu < 0$	
GGM (Higgsino-bino NLSP)	$\gamma$	2 jets	Yes	13.3	$\tilde{g}$	1.83 TeV	$m(\tilde{g}) > 880 \text{ GeV}, c\tau(\text{NLSP}) < 0.1 \text{ mm}, \mu > 0$		
GGM (Higgsino NLSP)	2 $e, \mu$ ( $Z$ )	2 jets	Yes	20.3	$\tilde{g}$	1.8 TeV	$m(\text{NLSP}) > 430 \text{ GeV}$		
Gravitino LSP	0	mono-jet	Yes	20.3	$\tilde{g}$	900 GeV	$m(\tilde{g}) > 1.8 \times 10^{-4} \text{ eV}, m(\tilde{g}) = m(\tilde{g}) = 1.5 \text{ TeV}$		
						865 GeV		1507.05979	
3 <sup>rd</sup> gen. $\tilde{t}$ med.	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{t}\tilde{t}$	0	3 $h$	Yes	14.8	$\tilde{g}$	1.89 TeV	$m(\tilde{g}) = 0 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{t}\tilde{t}$	0-1 $e, \mu$	3 $h$	Yes	14.8	$\tilde{g}$	1.89 TeV	$m(\tilde{g}) = 0 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{t}\tilde{t}$	0-1 $e, \mu$	3 $h$	Yes	20.1	$\tilde{g}$	1.37 TeV	$m(\tilde{g}) < 300 \text{ GeV}$	
3 <sup>rd</sup> gen. squarks direct production	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$	0	2 $h$	Yes	3.2	$\tilde{t}_1$	840 GeV	$m(\tilde{t}_1) < 100 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$	2 $e, \mu$ (SS)	1 $h$	Yes	13.2	$\tilde{t}_1$	325-685 GeV	$m(\tilde{t}_1) < 150 \text{ GeV}, m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{t}_1) + 100 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$	0-2 $e, \mu$	1-2 $h$	Yes	4.7/13.3	$\tilde{t}_1$	170-170 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 2m(\tilde{t}_1), m(\tilde{t}_1) \leq 55 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$ or $\tilde{t}_1\tilde{t}_1$	0-2 $e, \mu$	0-2 jets/1-2 $h$	Yes	4.7/13.3	$\tilde{t}_1$	90-198 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 1 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$	0	mono-jet	Yes	3.2	$\tilde{t}_1$	90-323 GeV	$m(\tilde{t}_1) - m(\tilde{t}_1) = 5 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ (natural GMSB)	2 $e, \mu$ ( $Z$ )	1 $h$	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	150-600 GeV	$m(\tilde{t}_1) > 150 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1 + Z$	3 $e, \mu$ ( $Z$ )	1 $h$	Yes	13.3	$\tilde{t}_1$	290-700 GeV	$m(\tilde{t}_1) < 300 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1 + h$	1 $e, \mu$	6 jets + 2 $h$	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	320-620 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}$	
	EW direct	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$	2 $e, \mu$	0	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	90-335 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}$
		$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$	2 $e, \mu$	0	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	140-475 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}, m(\tilde{t}_1, \tilde{t}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{t}_1))$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		2 $\tau$	-	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	355 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}, m(\tilde{t}_1, \tilde{t}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{t}_1))$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		3 $e, \mu$	-	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	715 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{t}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, m(\tilde{t}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{t}_1))$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		2-3 $e, \mu$	0-2 jets	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	425 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{t}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, \tilde{L} \text{ decoupled}$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		$e, \mu, \gamma$	0-2 $h$	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	270 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{t}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, \tilde{L} \text{ decoupled}$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		4 $e, \mu$	0	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	635 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{t}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, \tilde{L} \text{ decoupled}$	
GGM (wino NLSP) weak prod.		1 $e, \mu + \gamma$	-	Yes	20.3	$\tilde{W}$	115-370 GeV	$m(\tilde{W}) = m(\tilde{W}), m(\tilde{W}) = 0, m(\tilde{W}) = 0.5(m(\tilde{W}) + m(\tilde{W}))$	
GGM (bino NLSP) weak prod.		2 $\gamma$	-	Yes	20.3	$\tilde{W}$	590 GeV	$c\tau < 1 \text{ mm}$	
Long-lived particles		Direct $\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ prod., long-lived $\tilde{t}_1$	Disapp. trk	1 jet	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	270 GeV	$m(\tilde{t}_1) - m(\tilde{t}_1) = 180 \text{ MeV}, \tau(\tilde{t}_1) = 0.2 \text{ ns}$
	Direct $\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ prod., long-lived $\tilde{t}_1$	dE/dx trk	-	Yes	18.4	$\tilde{t}_1$	495 GeV	$m(\tilde{t}_1) - m(\tilde{t}_1) = 180 \text{ MeV}, \tau(\tilde{t}_1) < 15 \text{ ns}$	
	Stable, stopped $\tilde{g}$ R-hadron	0	1-5 jets	Yes	3.2	$\tilde{g}$	850 GeV	$m(\tilde{g}) = 100 \text{ GeV}, 10 \mu\text{s} < c\tau(\tilde{g}) < 1000 \text{ s}$	
	Stable $\tilde{g}$ R-hadron	trk	-	-	3.2	$\tilde{g}$	1.58 TeV	1805.05129	
	Metastable $\tilde{g}$ R-hadron	dE/dx trk	-	-	3.2	$\tilde{g}$	1.57 TeV	1804.04520	
	GMSB, stable $\tilde{g}, \tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{g}(\tilde{g}, \tilde{t}_1) + \tau(e, \mu)$	1-2 $\mu$	-	-	18.1	$\tilde{g}$	537 GeV	$10 < \ln(\tau/\text{s}) < 50$	
	GMSB, $\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{g}, \tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{g}$ , long-lived $\tilde{t}_1$	2 $\gamma$	-	Yes	20.3	$\tilde{g}$	440 GeV	$1 < c\tau(\tilde{t}_1) < 3 \text{ ns}, \text{SPSB model}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g} \tilde{g}\tilde{g}$	displ. $e\ell/\mu\mu\tau$	-	-	20.3	$\tilde{g}$	1.0 TeV	$7 < c\tau(\tilde{g}) < 740 \text{ mm}, m(\tilde{g}) = 1.3 \text{ TeV}$	
	GGM $\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{t}_1 \rightarrow Z\tilde{g}$	displ. vtx + jets	-	-	20.3	$\tilde{g}$	1.0 TeV	$6 < c\tau(\tilde{g}) < 480 \text{ mm}, m(\tilde{g}) \geq 1.1 \text{ TeV}$	
	RPV	LFV $pp \rightarrow \tilde{\nu}_\tau + X, \tilde{\nu}_\tau \rightarrow e\mu/\tau/\mu/\tau$	$e\mu, \tau/\mu/\tau$	-	-	3.2	$\tilde{\nu}_\tau$	1.9 TeV	$A_{111} = 0.11, A_{122}/A_{133} = 0.07$
Bilinear RPV CMSSM		2 $e, \mu$ (SS)	0-3 $h$	Yes	20.3	$\tilde{g}, \tilde{g}$	1.45 TeV	$m(\tilde{g}) = m(\tilde{g}), c\tau_{2,3} < 1 \text{ mm}$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		4 $e, \mu$	-	Yes	13.3	$\tilde{t}_1$	1.14 TeV	$m(\tilde{t}_1) > 400 \text{ GeV}, A_{122} \neq 0 (k = 1, 2)$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{t}_1$		3 $e, \mu + \tau$	-	Yes	20.3	$\tilde{t}_1$	450 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0.2m(\tilde{t}_1), A_{122} = 0$	
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$		0	4-5 large- $R$ jets	-	14.8	$\tilde{g}$	1.08 TeV	$\text{BR}(\tilde{g}) = \text{BR}(\tilde{g}) = \text{BR}(\tilde{g}) = 0\%$	
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$		0	4-5 large- $R$ jets	-	14.8	$\tilde{g}$	1.35 TeV	$m(\tilde{g}) = 80 \text{ GeV}$	
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$		2 $e, \mu$ (SS)	0-3 $h$	Yes	13.2	$\tilde{g}$	1.3 TeV	$m(\tilde{g}) < 750 \text{ GeV}$	
Other	Scalar charm, $\tilde{c} \rightarrow c\tilde{c}$	0	2 $c$	Yes	20.3	$\tilde{c}$	510 GeV	$\text{BR}(\tilde{c}) = \text{BR}(\tilde{c}) > 20\%$	
								ATLAS-CONF-2016-078	
								1503.03290	

\*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown.

10<sup>-1</sup> 1 Mass scale [TeV]



# Ausblick

## Entdeckung des Higgs ist ein Meilenstein der Physik

- Erfolgreiche Datennahme von 2010 – 2012 und 2015 – 2016
- Wesentliche Resultate der Analysen von 2011 / 2012
- Entdeckung des Higgs-Bosons bei  $\sim 126$  GeV
- Standardmodell exzellent bestätigt in vielen Aspekten
- keine Anzeichen für Physik jenseits des Standardmodells
- Viele Modelle konnten ausgeschlossen bzw. eingegrenzt werden

## Ziele für 2015 - 2017

- Eingehendes Untersuchen der Eigenschaften des Higgs-Bosons
- Präzisionsmessung der Parameter des Standardmodells
- Messung von Ausschlussgrenzen für “neue Physik”
- Suche nach neuen Teilchen
- Wegweisende Resultate für die Zukunft unabhängig von den Resultaten

## Run3: Luminositätsverdopplung, ttH

## Nächster Upgrade 2025:

- nächste Ausbaustufe zu höheren Strahlintensitäten
- Upgrade der Detektor- und Datennahme-Technologien

## Es bleibt unglaublich spannend!

