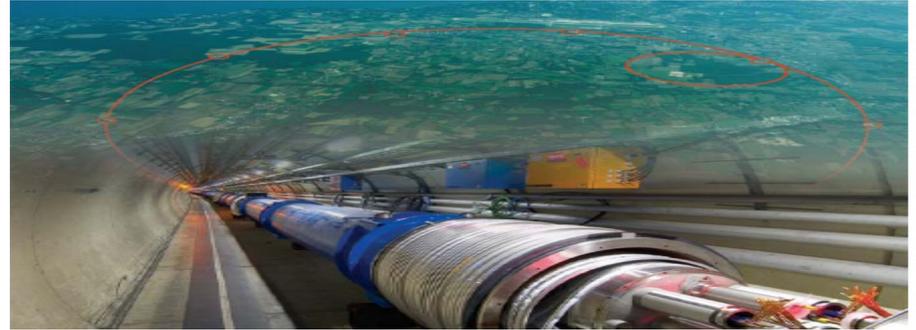
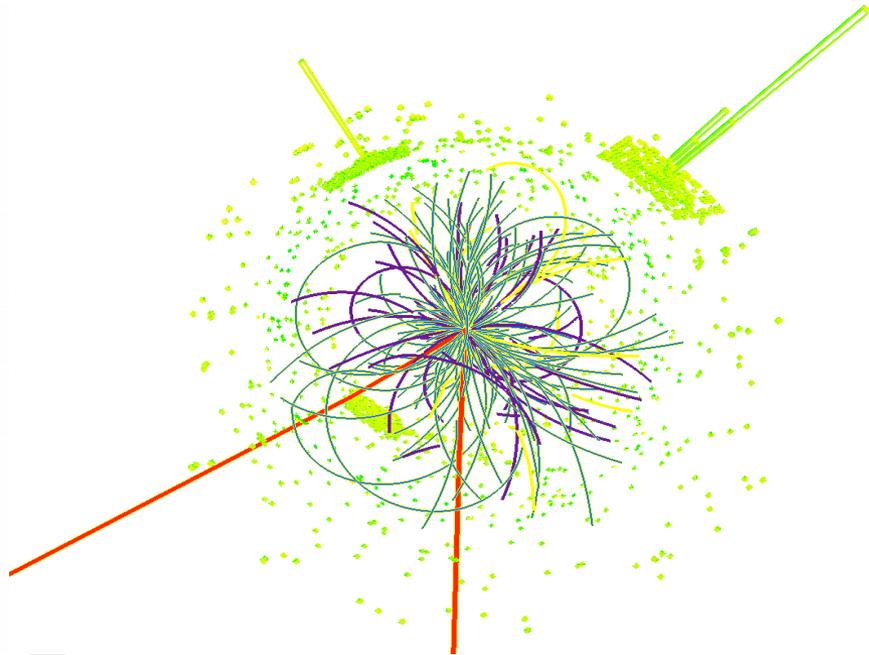
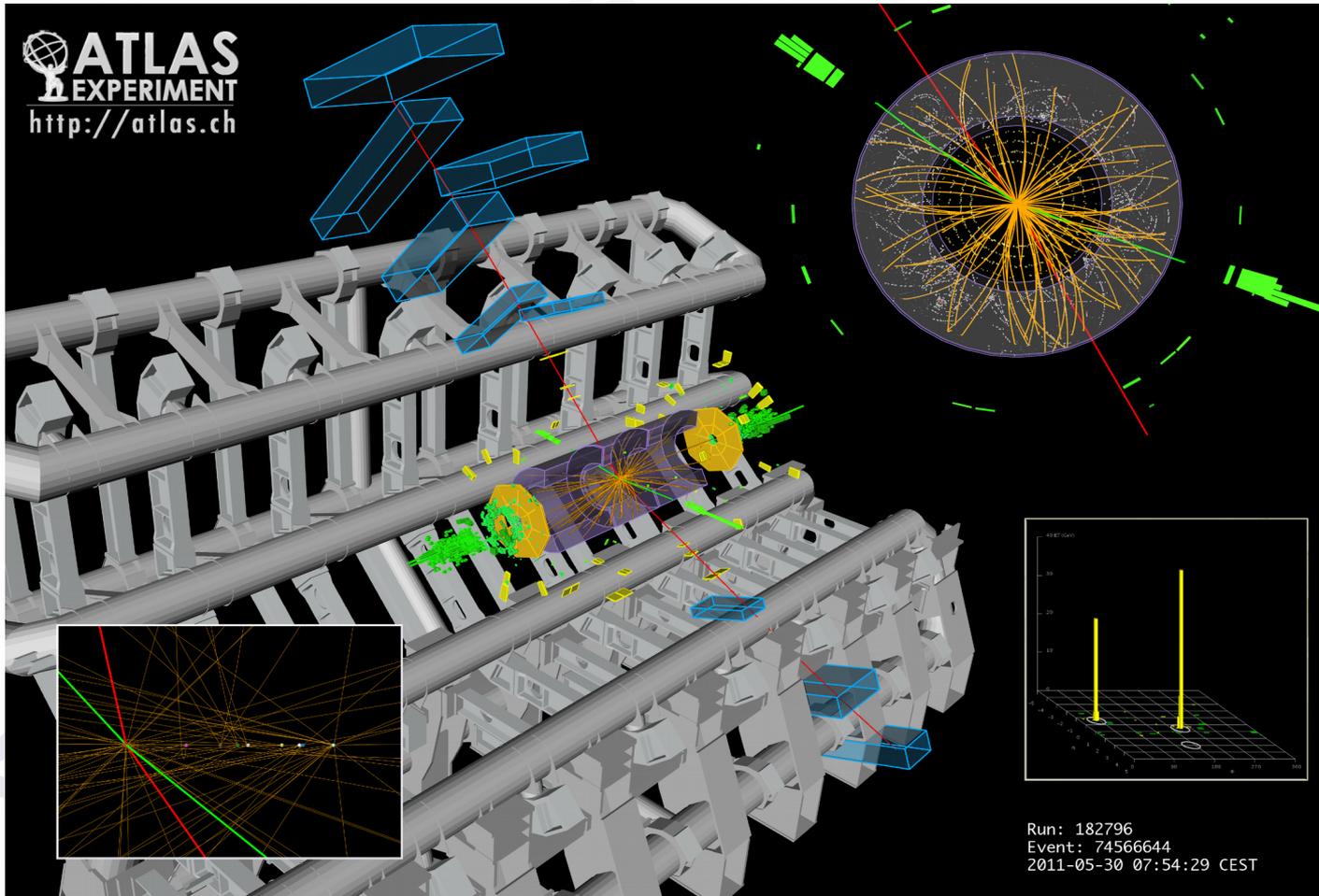


Die Entdeckung des Higgs-Bosons



Dr. Martin zur Nedden
Humboldt-Universität zu Berlin
und CERN / ATLAS

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)

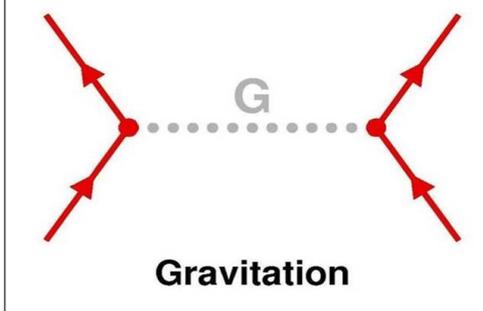
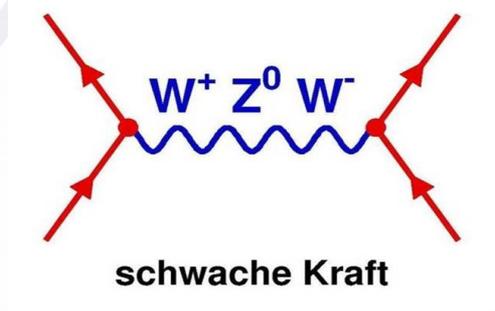
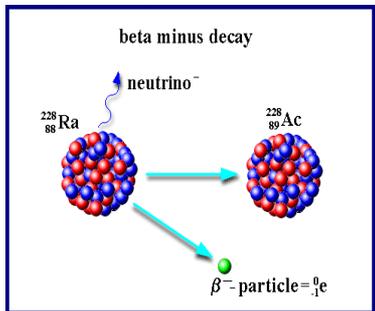
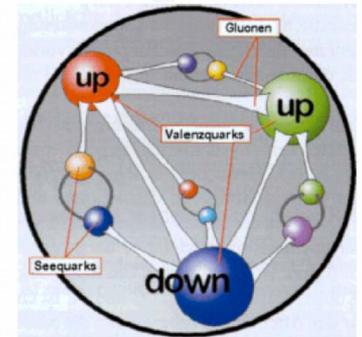
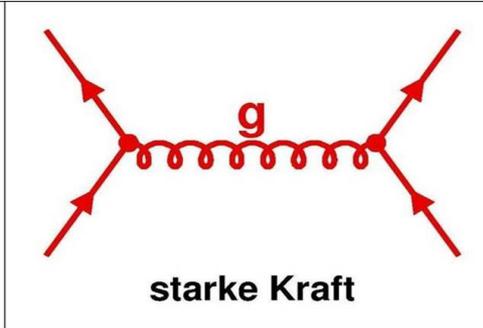
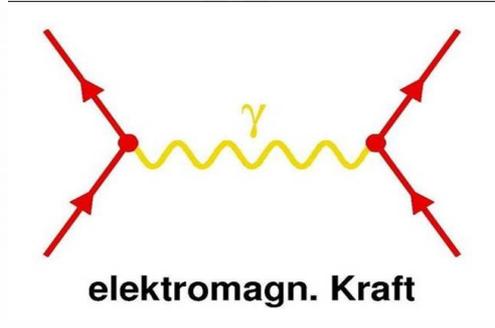
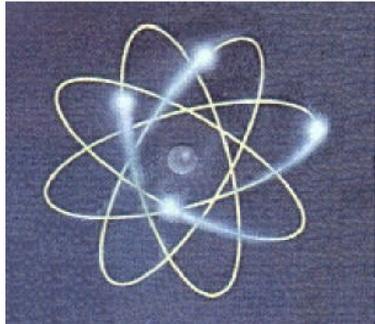
- Erfolgreiche Datennahme seit Juli 2015
- Bestätigung des Higgs-Bosons
- Intensive Suche nach Physik jenseits des Standardmodells

Großer Upgrade 2018 – 2019 (LS2)

- 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, μ , τ , ν_e , ν_μ , ν_τ)

Fundamentale Kräfte:

starke Wechselwirkung (g)

schwache Wechselwirkung (W,Z)

elektromagnetische
Wechselwirkung (γ)

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
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs boson
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d down	s strange	b bottom	γ 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	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
				GAUGE BOSONS	

Ursprung der Masse: Higgs-Teilchen

Standardmodell:

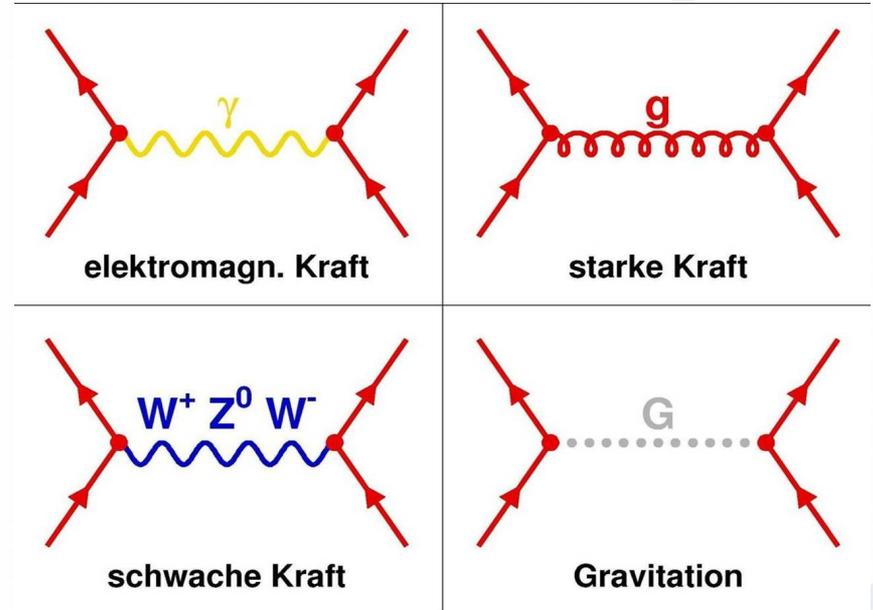
perfekte Symmetrie ohne Masse
Kräfte durch Symmetrien beschreibbar

Forderung:

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

Konsequenz:

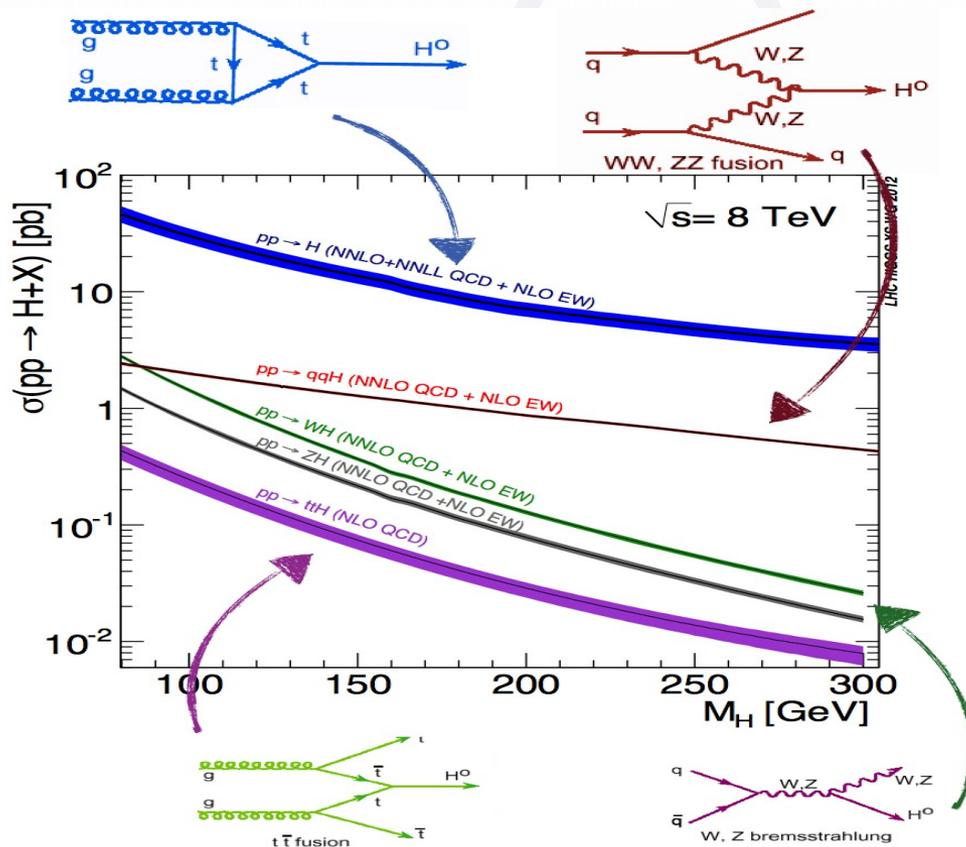
Symmetrie muss gebrochen sein
Symmetriebrechung erzeugt neues, massives Feld: Higgs-Feld
Konsequenz der Symmetrie-Brechung: W- und Z-Bosonen werden massiv
Erzeugung von Massen durch Kopplung an das Higgs-Feld
Teil des Standardmodells, keine "neue Physik"
Entdeckung 2012 am LHC



Higgs-Produktion

Das Higgs koppelt an die Masse:

Produktion mit schweren Teilchen dominant → sehr seltene Prozesse

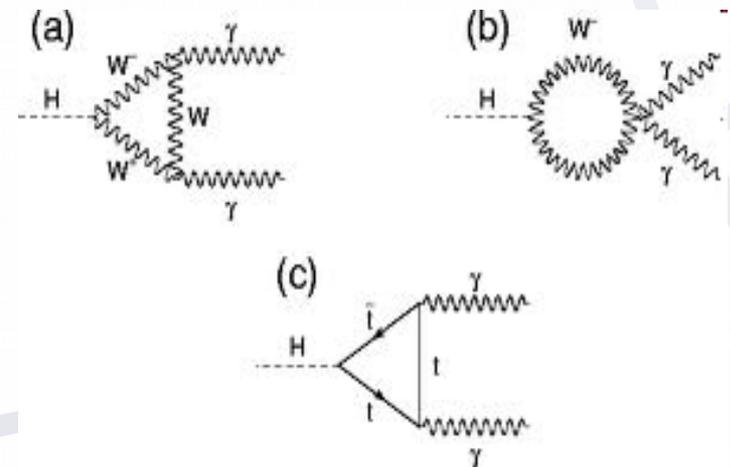
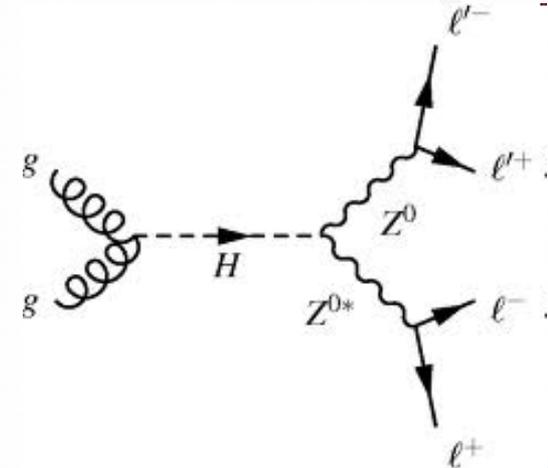
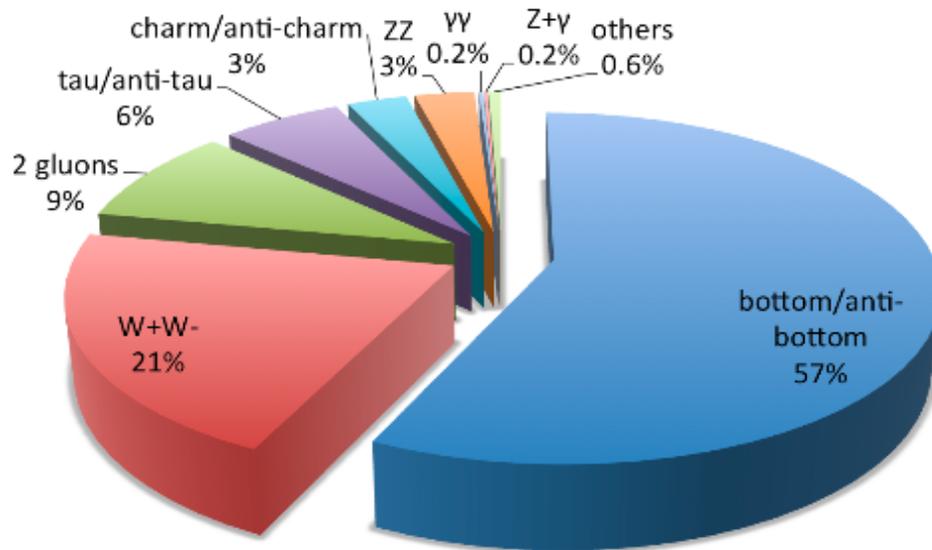


Higgs-Zerfälle

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



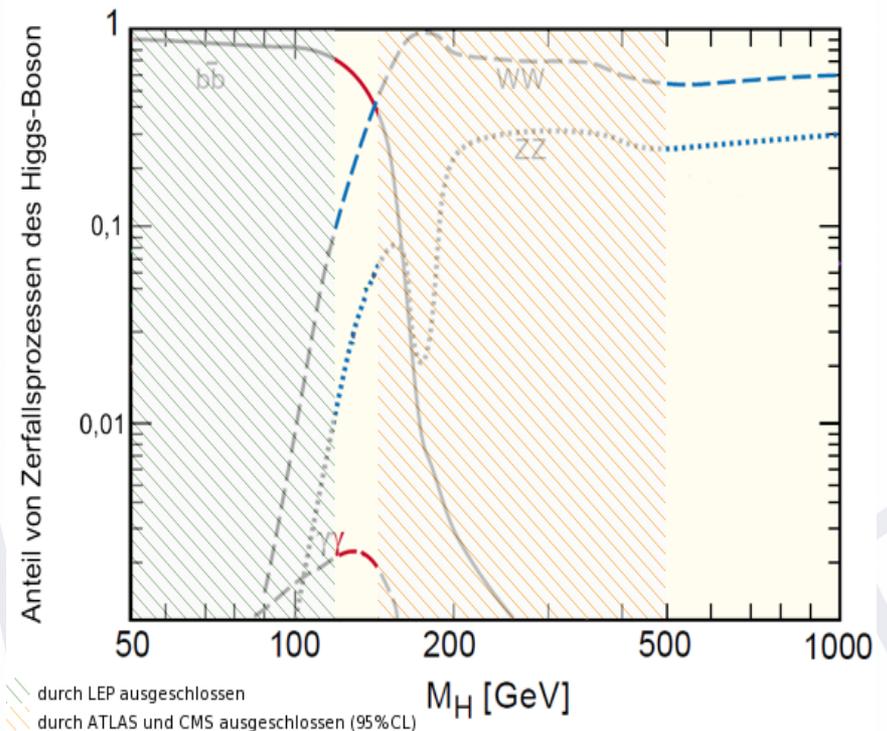
Bereiche möglicher Higgs-Kandidaten

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

SM bevorzugt ein leichtes Higgs:

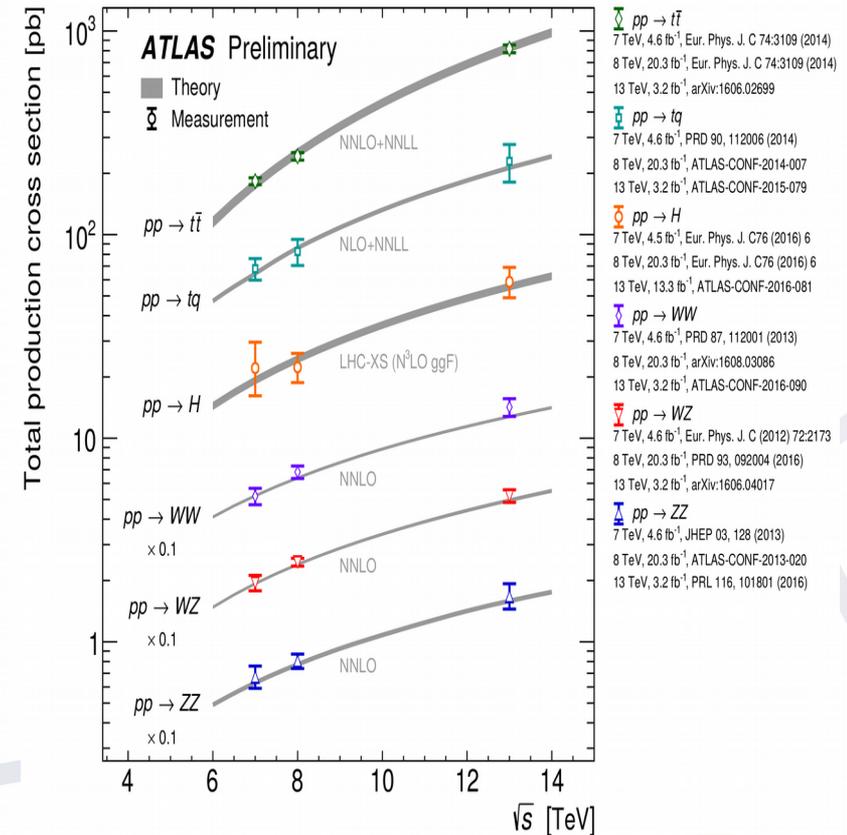
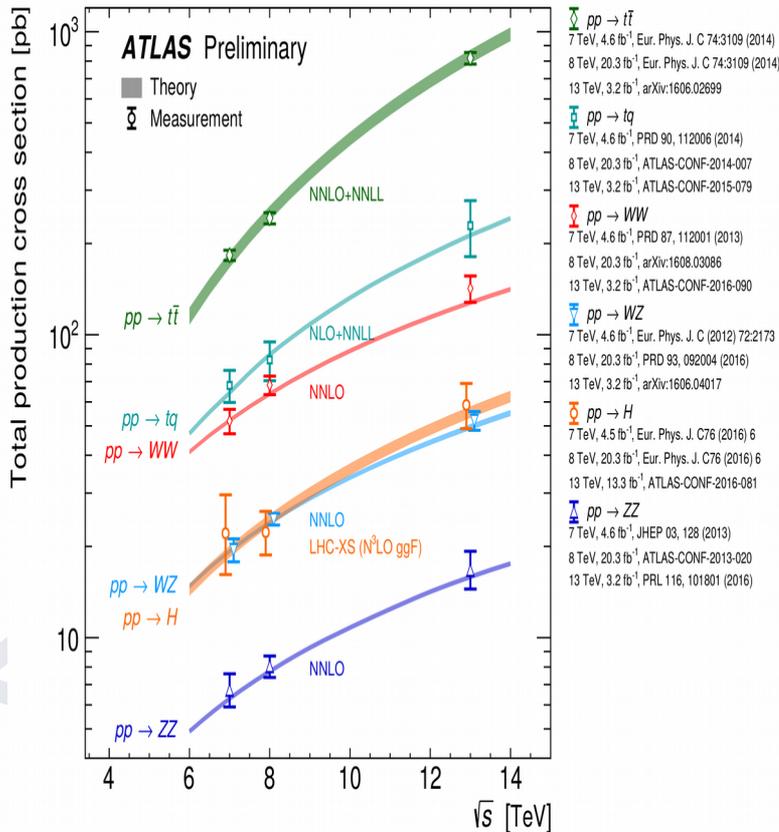
→ Schwierigster Bereich!

→ W- und Z-Bosonen wichtig für die Messung

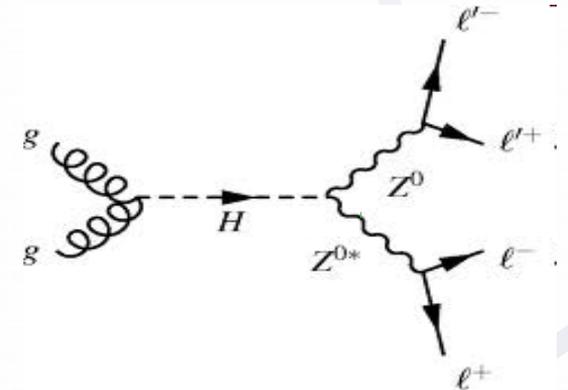
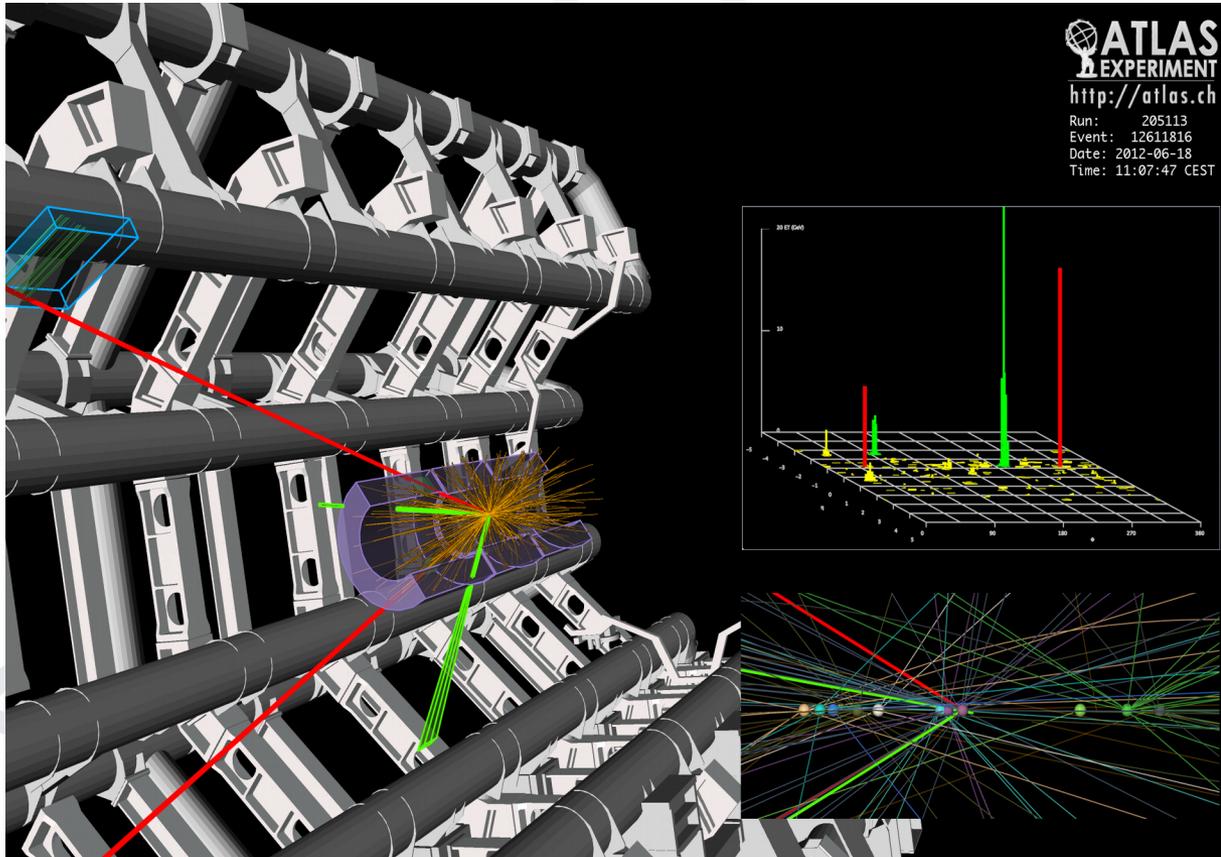


Vermessung des Standardmodells

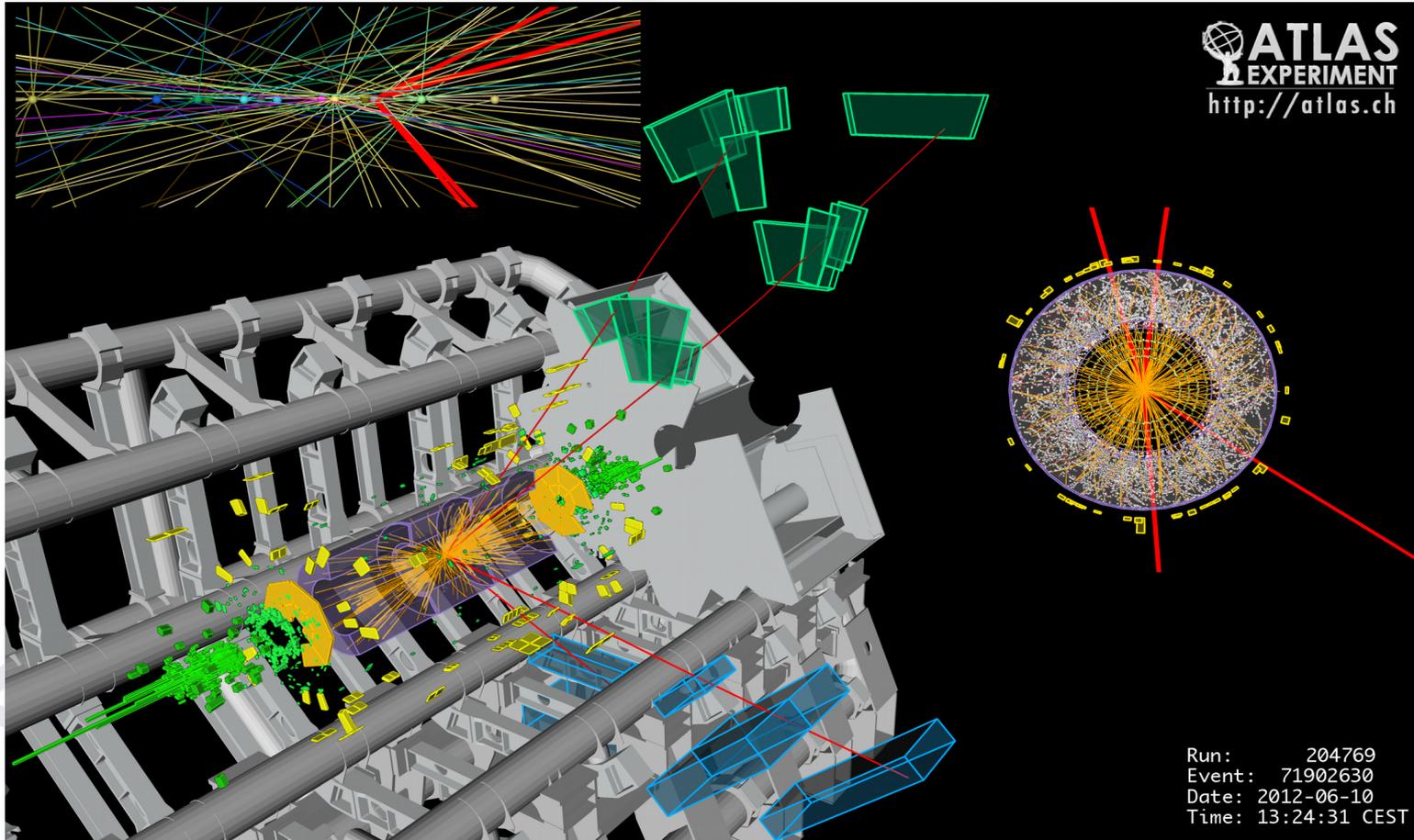
Alle Messungen sind in perfekter Übereinstimmung mit dem Standardmodell
 -> essentielle Voraussetzung für Suche nach neuer Physik



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

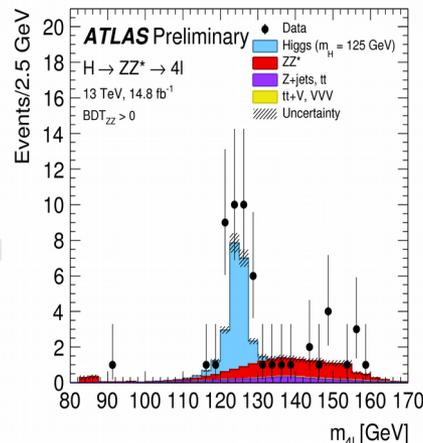
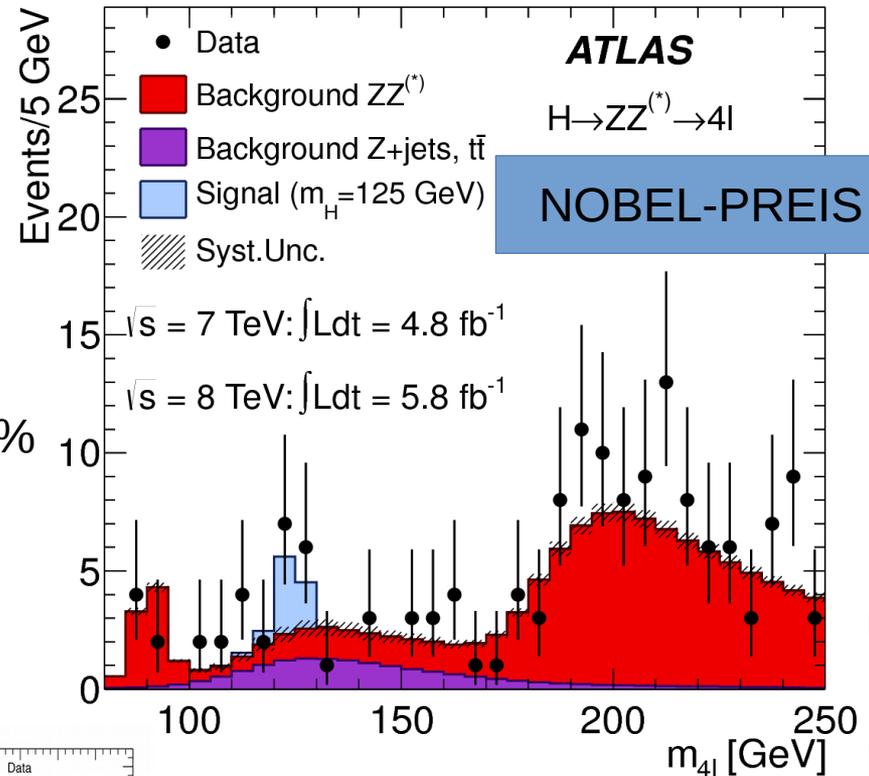


Zerfall in Higgs nach 4 Myon

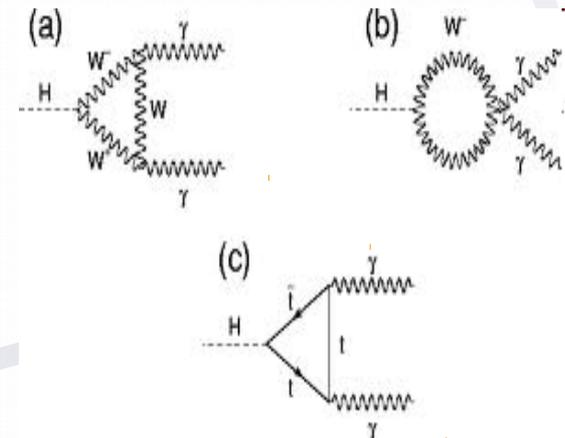
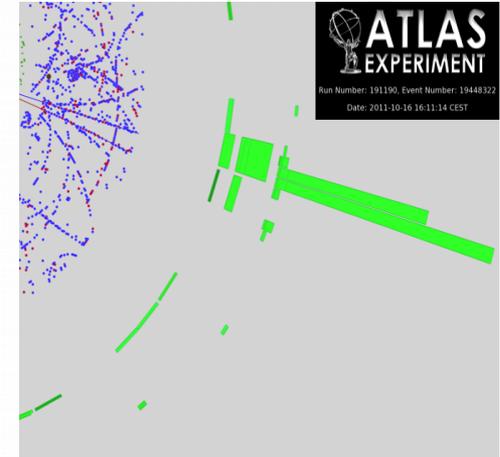
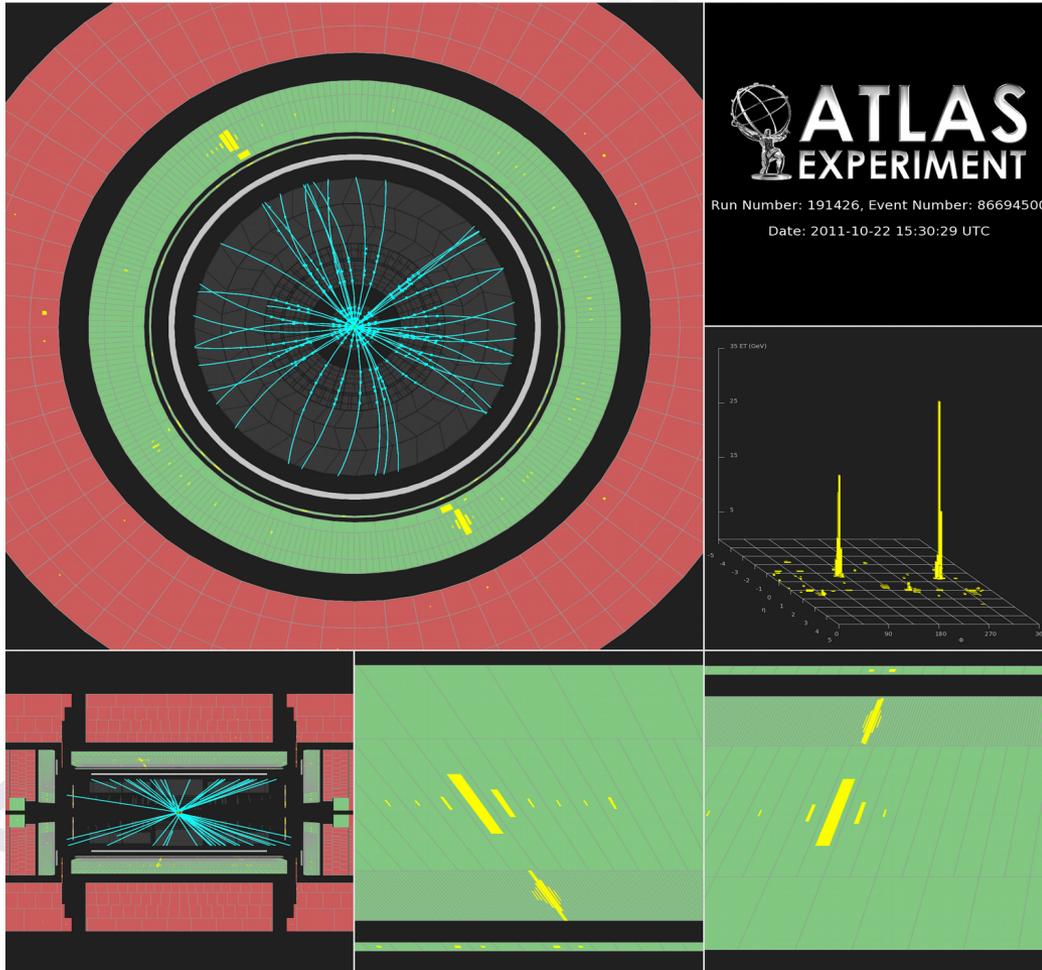


Resultate des 4 Lepton Kanales

- 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**

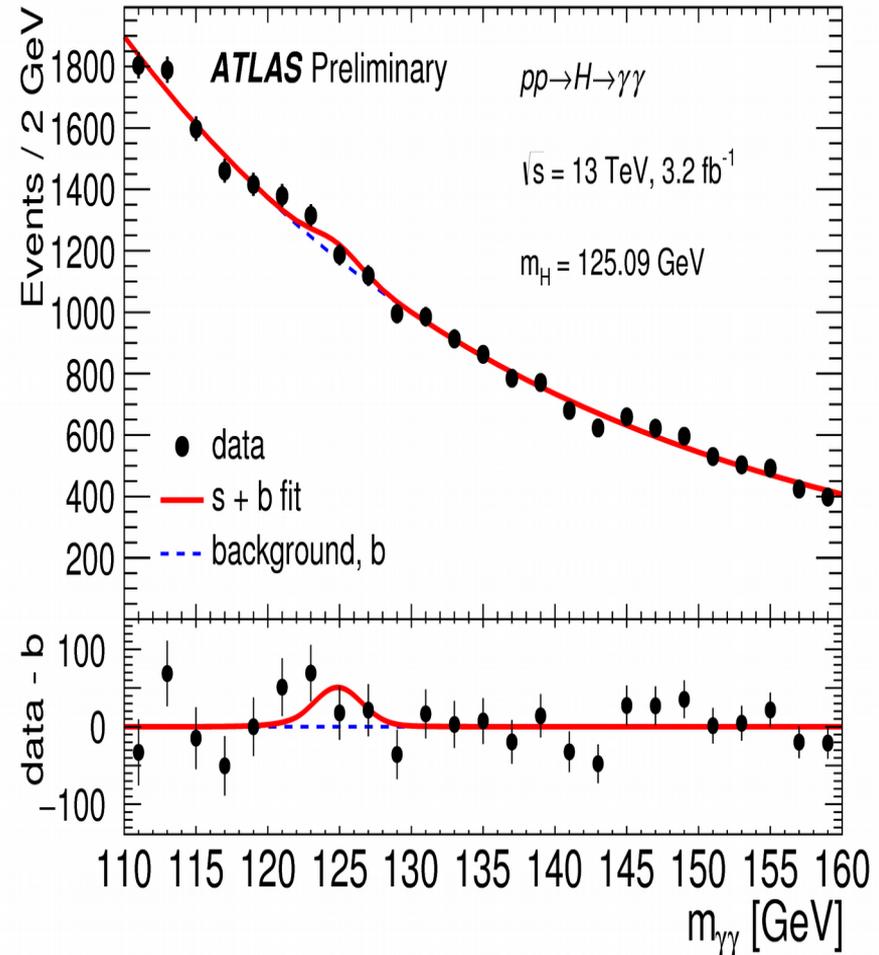


Higgs-Zerfall in zwei Photonen



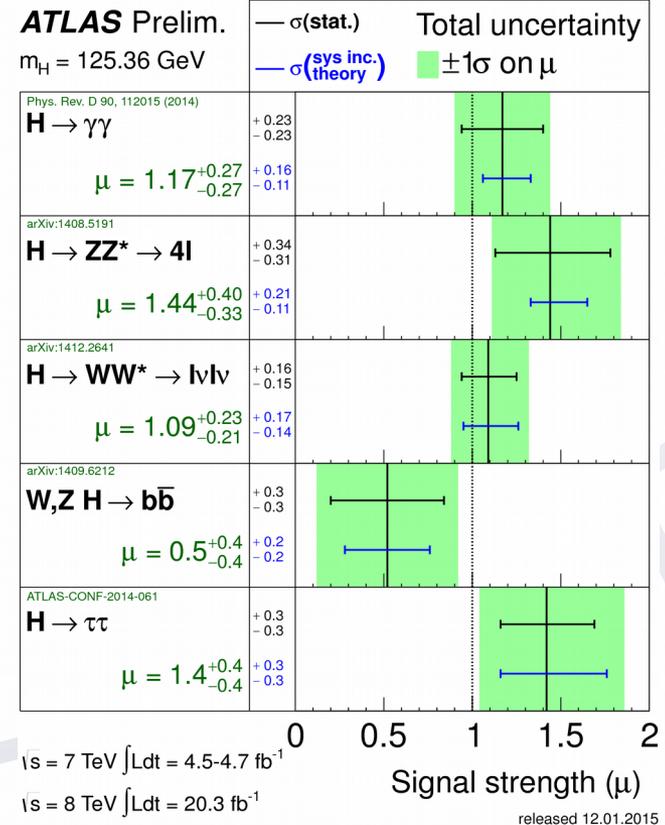
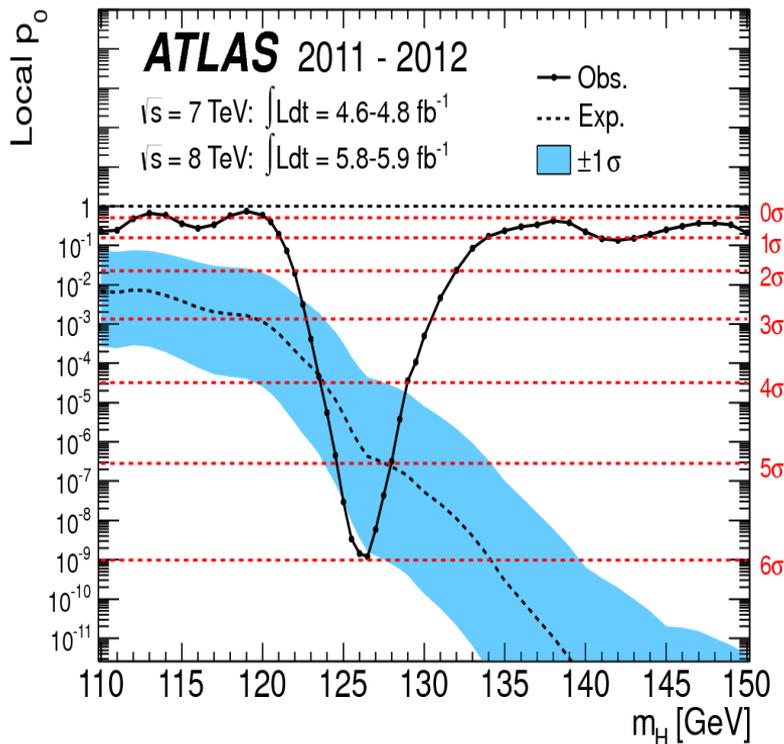
Resultat der Suche nach $H \rightarrow \gamma\gamma$

- 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



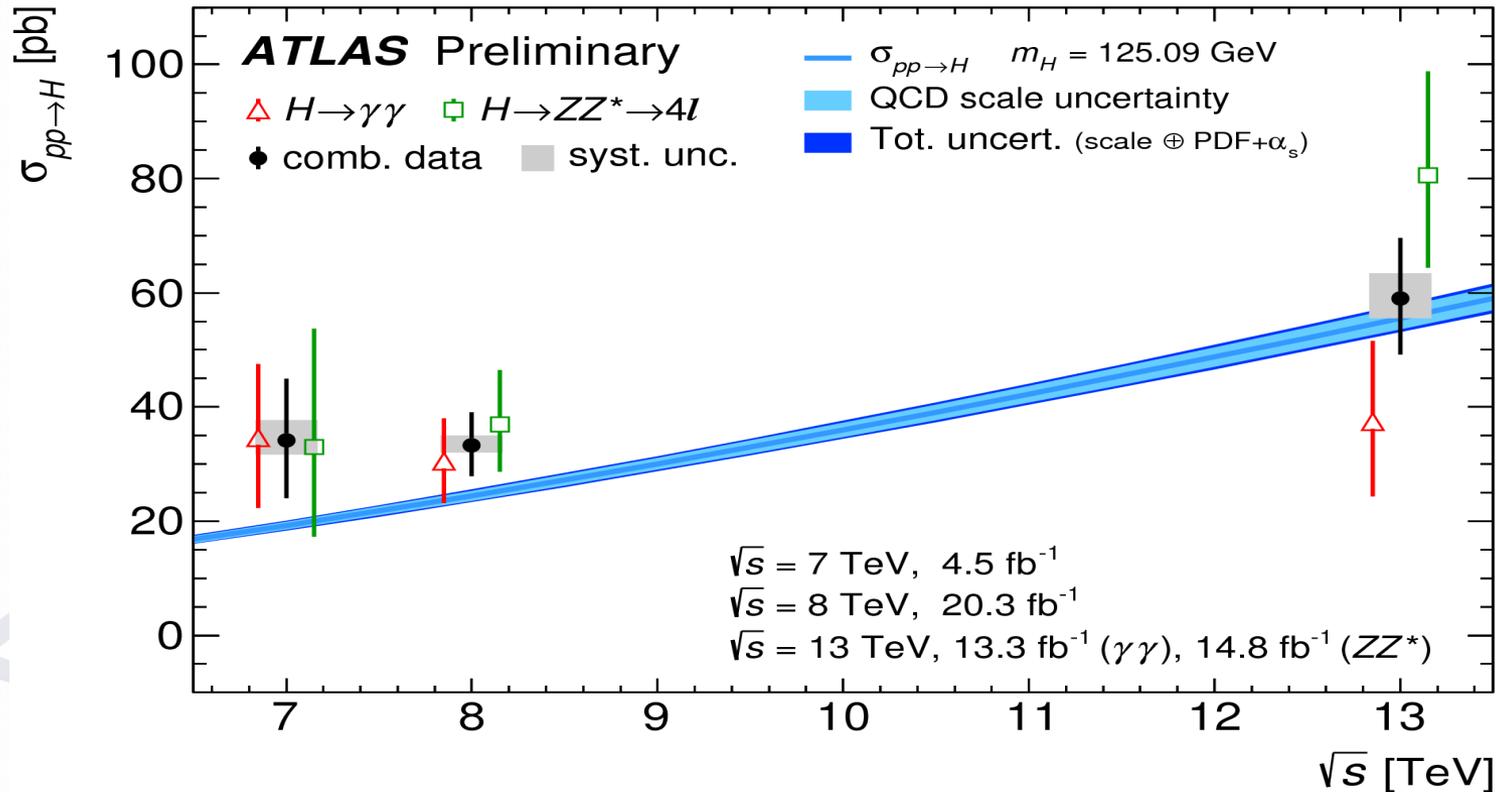
Das SM-Higgs ist eindeutig gefunden

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?



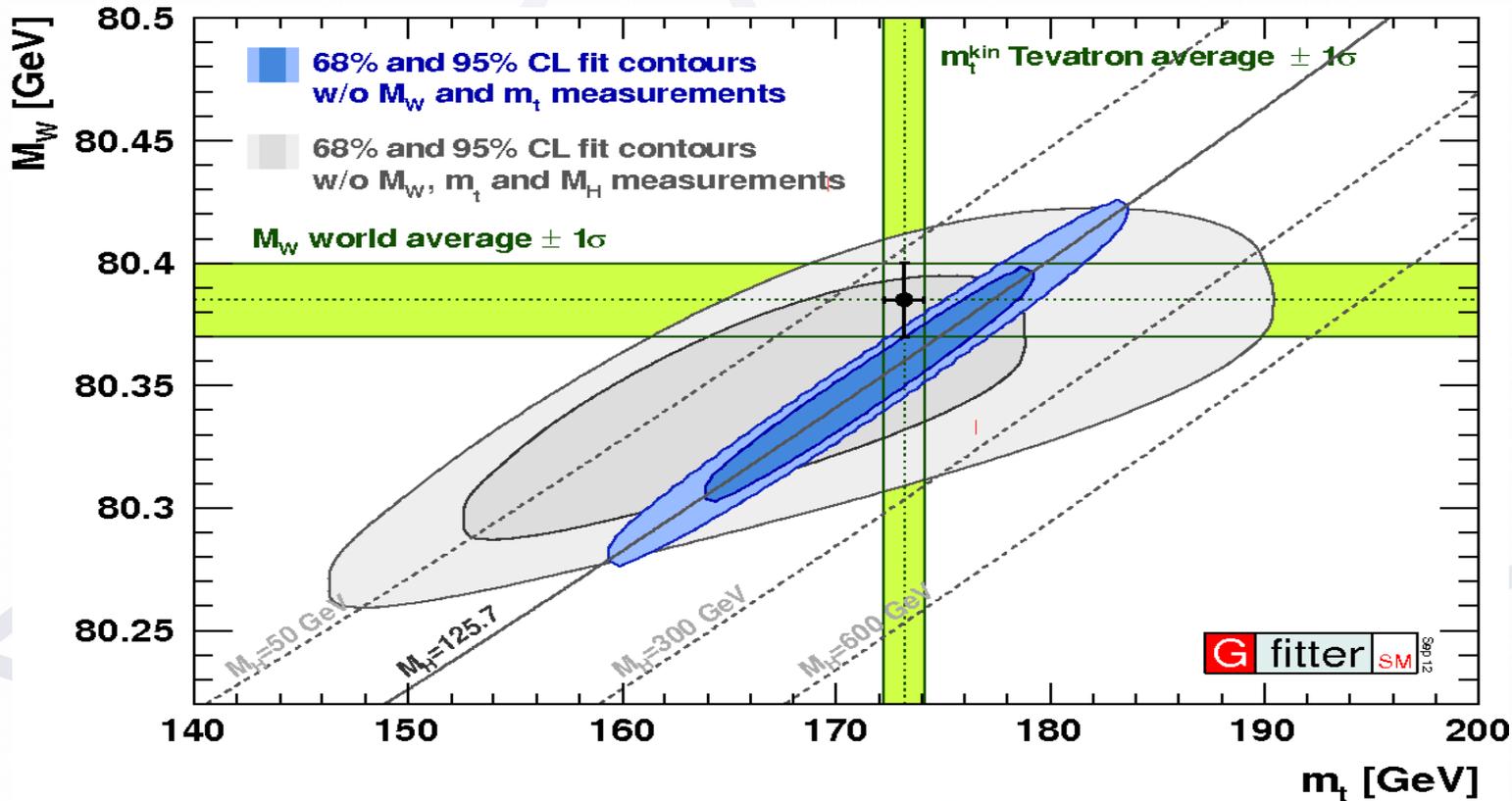
Beschreibung des Higgs im SM

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



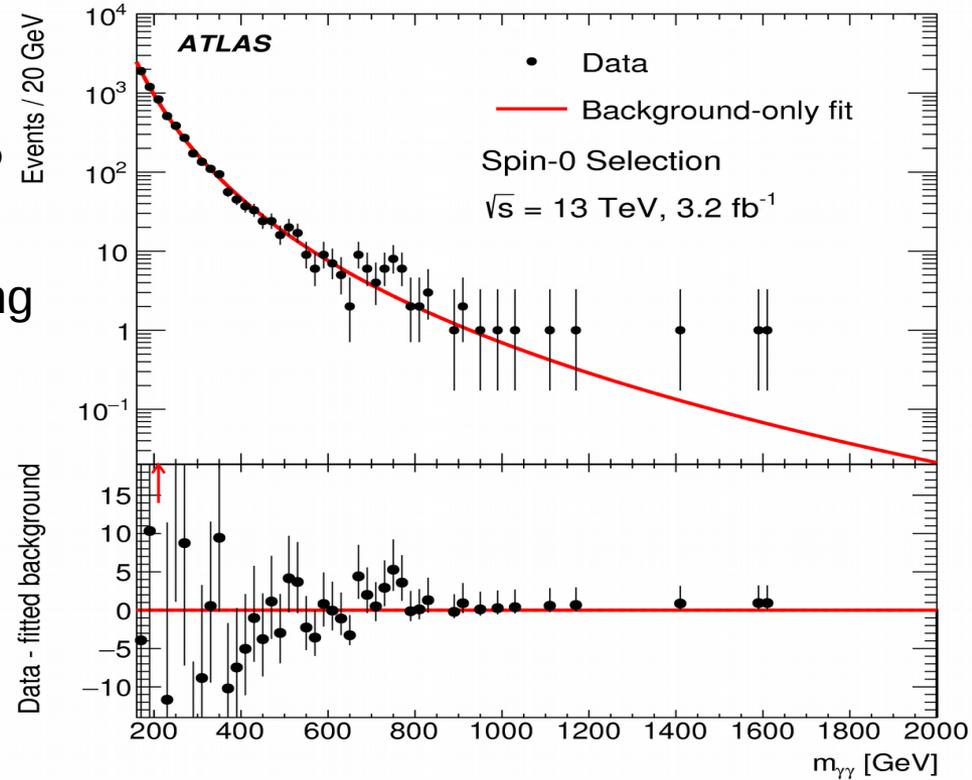
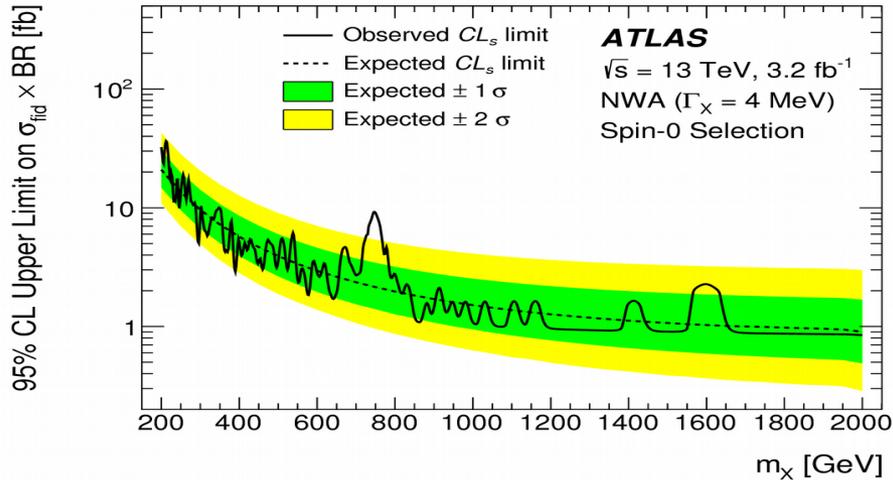
Messung M_W / top Masse im Vergleich zu Higgs-Masse

Spannung zwischen Theorie und Experiment



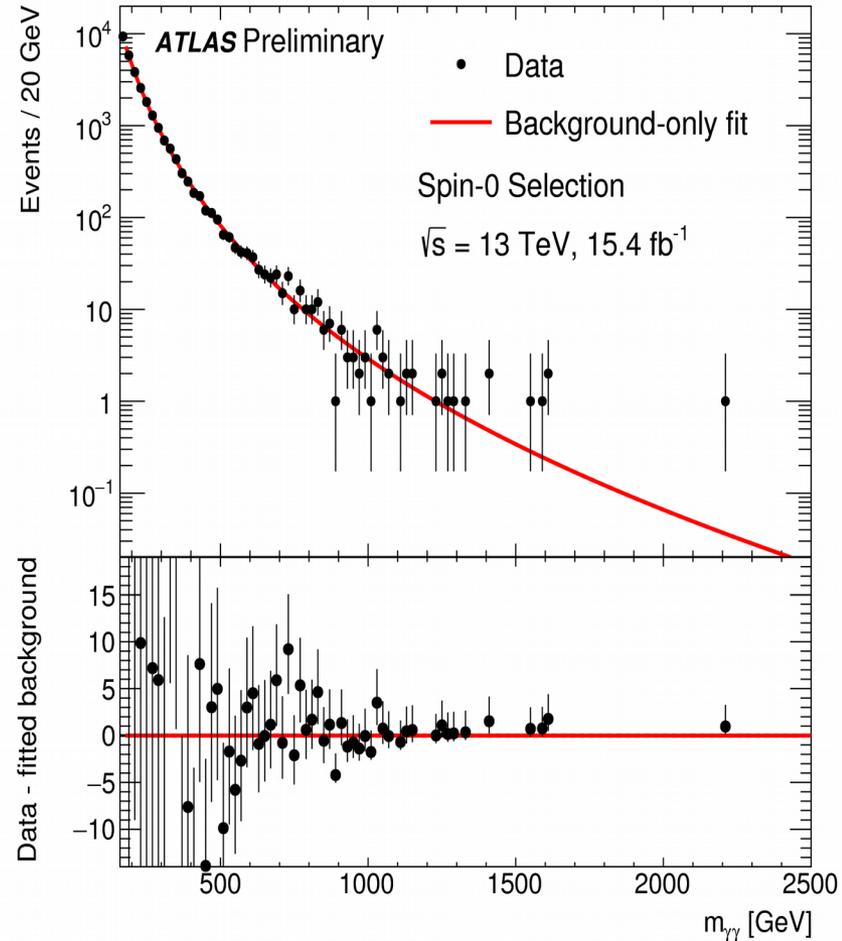
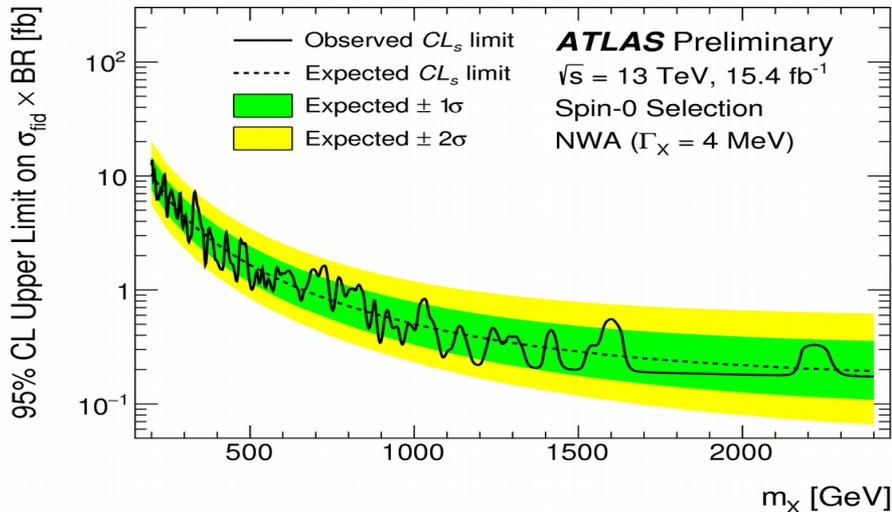
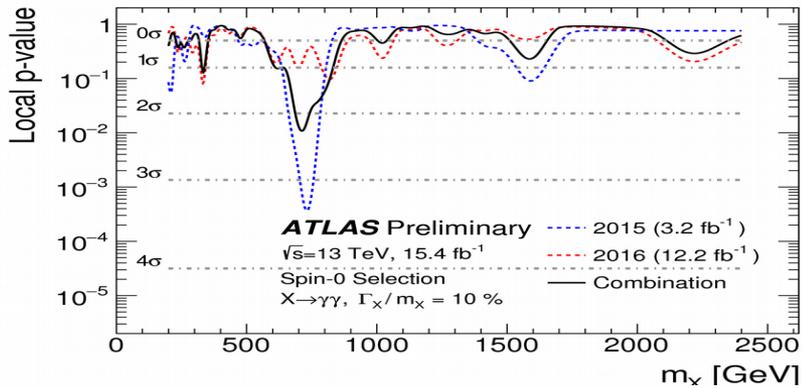
Di-Photon Search 2015

- 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

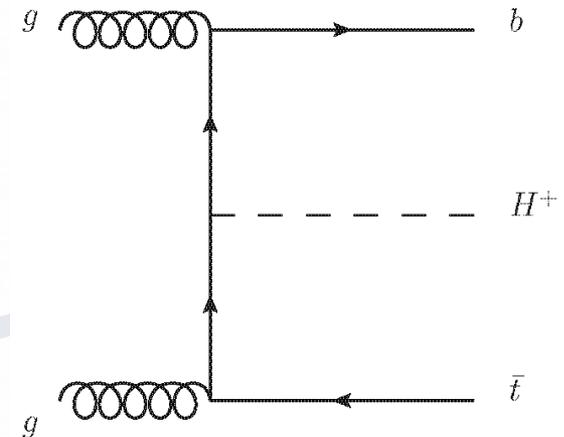
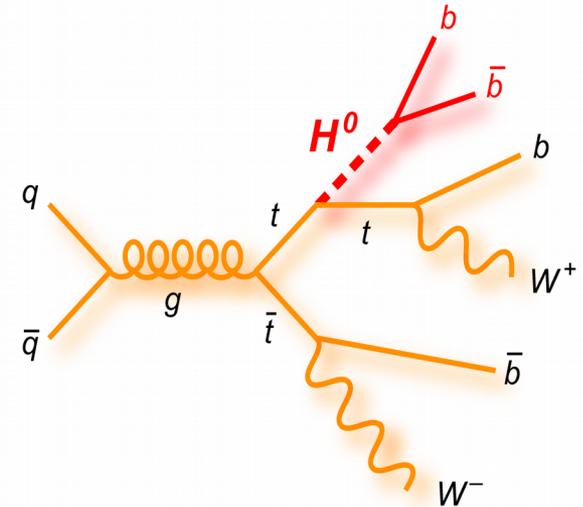


Physik jenseits des Standardmodells

- 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

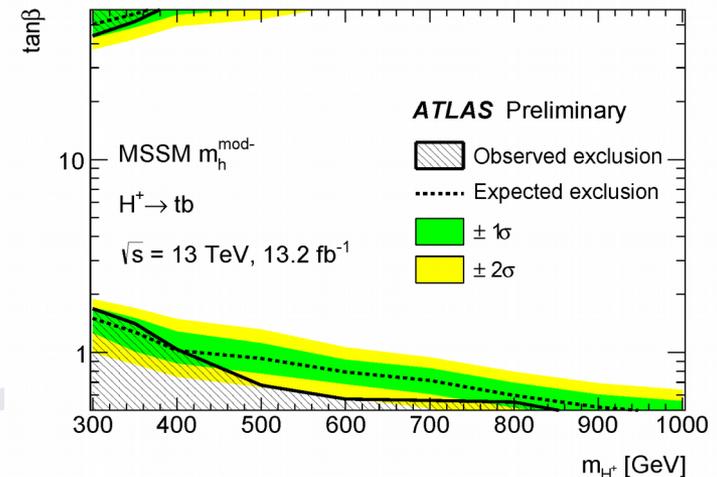
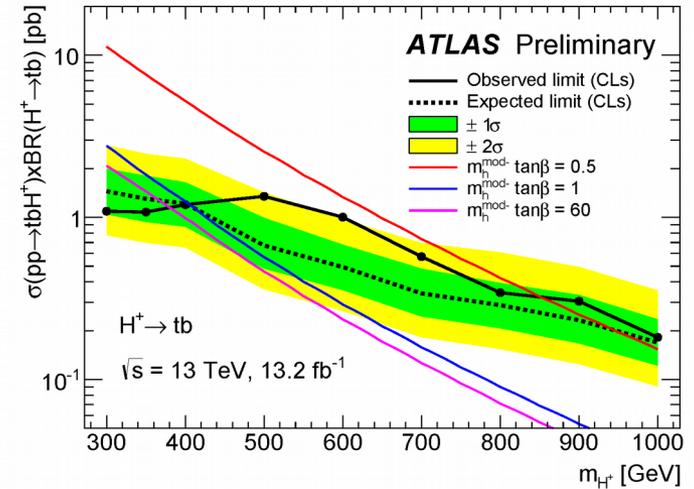
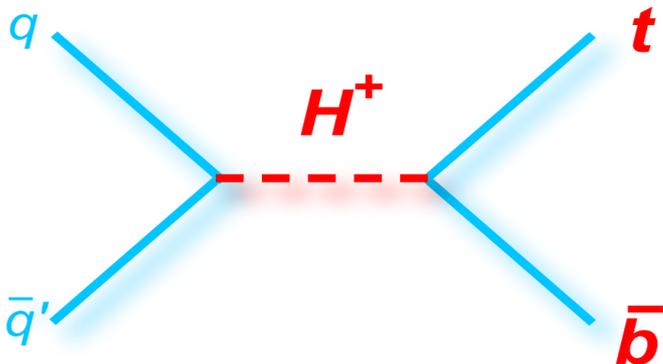


Suche nach neuen Teilchen: Higgs

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, μ, τ, γ	Jets	E_{T}^{miss}	$\int \mathcal{L} dt [fb^{-1}]$	Mass limit	$\sqrt{s} = 7, 8 \text{ TeV}$	$\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$	Reference	
Inclusive Searches	MSUGRA/CMSSM	0-3 e, μ / 1-2 τ	2-10 jets/3 b	Yes	20.3	$\tilde{g}, \tilde{u}, \tilde{d}$	1.85 TeV	$m(\tilde{g})=m(\tilde{u})$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d}$	0	2-6 jets	Yes	13.3	\tilde{g}	1.35 TeV	$m(\tilde{g}) < 200 \text{ GeV}, m[1^{\text{st}} \text{ gen. } \tilde{q}] = m[2^{\text{nd}} \text{ gen. } \tilde{q}]$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d}$ (compressed)	mono-jet	1-3 jets	Yes	3.2	\tilde{g}	609 GeV	$m(\tilde{g}) - m(\tilde{u}) < 5 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d}$	0	2-6 jets	Yes	13.3	\tilde{g}	1.85 TeV	$m(\tilde{g}) = 0 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}W\tilde{\chi}_1^0$	0	2-6 jets	Yes	13.3	\tilde{g}	1.83 TeV	$m(\tilde{g}) < 400 \text{ GeV}, m(\tilde{g}) = 0.5(m(\tilde{g}) + m(\tilde{g}))$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}Z\tilde{\chi}_1^0$	3 e, μ	4 jets	-	13.2	\tilde{g}	1.7 TeV	$m(\tilde{g}) < 400 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}WZ\tilde{\chi}_1^0$	2 e, μ (SS)	0-3 jets	Yes	13.2	\tilde{g}	1.6 TeV	$m(\tilde{g}) < 500 \text{ GeV}$	
	GMSB (\tilde{L} NLSP)	1-2 τ + 0-1 ℓ	0-2 jets	Yes	3.2	\tilde{g}	2.0 TeV	$c\tau(\text{NLSP}) < 0.1 \text{ mm}$	
	GGM (bino NLSP)	2 γ	-	Yes	3.2	\tilde{g}	1.65 TeV	$c\tau(\text{NLSP}) < 0.1 \text{ mm}, \mu < 0$	
	GGM (Higgsino-bino NLSP)	γ	1 b	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)	γ	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, μ (Z)	2 jets	Yes	20.3	\tilde{g}	900 GeV	$m(\text{NLSP}) > 430 \text{ GeV}$		
Gravitino LSP	0	mono-jet	Yes	20.3	\tilde{g}	865 GeV	$m(\tilde{G}) > 1.8 \times 10^{-4} \text{ eV}, m(\tilde{g}) = m(\tilde{g}) - 1.5 \text{ TeV}$		
3 rd gen. \tilde{t}, \tilde{b} med.	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d}$	0	3 b	Yes	14.8	\tilde{g}	1.89 TeV	$m(\tilde{g}) = 0 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d}$	0-1 e, μ	3 b	Yes	14.8	\tilde{g}	1.89 TeV	$m(\tilde{g}) = 0 \text{ GeV}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d}$	0-1 e, μ	3 b	Yes	20.1	\tilde{g}	1.37 TeV	$m(\tilde{g}) < 300 \text{ GeV}$	
3 rd gen. squarks direct production	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{t}_1$	0	2 b	Yes	3.2	\tilde{t}_1	840 GeV	$m(\tilde{t}_1) < 100 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{b}_1$	2 e, μ (SS)	1 b	Yes	13.2	\tilde{t}_1	325-685 GeV	$m(\tilde{t}_1) < 150 \text{ GeV}, m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{t}_1) + 100 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{t}_1$	0-2 e, μ	1-2 b	Yes	4.7/13.3	\tilde{t}_1	92-170 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 2m(\tilde{t}_1), m(\tilde{t}_1) \leq 5 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow Wb\tilde{t}_1$ or $\tilde{t}_1\tilde{b}_1$	0-2 e, μ	0-2 jets/1-2 b	Yes	4.7/13.3	\tilde{t}_1	90-198 GeV	$m(\tilde{t}_1) \leq 1 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{b}_1$	0	mono-jet	Yes	3.2	\tilde{t}_1	90-323 GeV	$m(\tilde{t}_1) - m(\tilde{b}_1) = 5 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ (natural GMSB)	2 e, μ (Z)	1 b	Yes	20.3	\tilde{t}_1	150-600 GeV	$m(\tilde{t}_1) > 150 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow Z$	3 e, μ (Z)	1 b	Yes	13.3	\tilde{t}_1	290-700 GeV	$m(\tilde{t}_1) < 300 \text{ GeV}$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow h$	1 e, μ	6 jets + 2 b	Yes	20.3	\tilde{t}_1	320-620 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}$	
	E/W direct	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{b}_1$	2 e, μ	0	Yes	20.3	\tilde{t}_1	90-335 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}$
		$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{b}_1$	2 e, μ	0	Yes	20.3	\tilde{t}_1	140-475 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}, m(\tilde{t}_1, \tilde{b}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{b}_1))$
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{b}_1$		2 τ	-	Yes	20.3	\tilde{t}_1	355 GeV	$m(\tilde{t}_1) = 0 \text{ GeV}, m(\tilde{t}_1, \tilde{b}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{b}_1))$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1$		3 e, μ	-	Yes	20.3	\tilde{t}_1, \tilde{b}_1	715 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{b}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, m(\tilde{b}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{b}_1))$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow W\tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{b}_1$		2-3 e, μ	0-2 jets	Yes	20.3	\tilde{t}_1, \tilde{b}_1	425 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{b}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, \tilde{L} \text{ decoupled}$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1 \rightarrow W\tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{b}_1$		e, μ, γ	0-2 b	Yes	20.3	\tilde{t}_1, \tilde{b}_1	270 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{b}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, \tilde{L} \text{ decoupled}$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1\tilde{b}_1$		4 e, μ	0	Yes	20.3	\tilde{t}_1, \tilde{b}_1	635 GeV	$m(\tilde{t}_1) = m(\tilde{b}_1), m(\tilde{t}_1) = 0, m(\tilde{b}_1) = 0.5(m(\tilde{t}_1) + m(\tilde{b}_1))$	
GGM (wino NLSP) weak prod.		1 e, μ + γ	-	Yes	20.3	\tilde{W}	115-370 GeV	$c\tau < 1 \text{ mm}$	
GGM (bino NLSP) weak prod.		2 γ	-	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	$m(\tilde{t}_1) - m(\tilde{b}_1) = 180 \text{ MeV}, \tau(\tilde{t}_1) = 0.2 \text{ ns}$
	Direct $\tilde{t}_1\tilde{t}_1$ prod., long-lived \tilde{t}_1	dE/dx trk	-	Yes	18.4	\tilde{t}_1	495 GeV	$m(\tilde{t}_1) - m(\tilde{b}_1) = 180 \text{ MeV}, \tau(\tilde{t}_1) < 15 \text{ ns}$	
	Stable, stopped \tilde{g} R-hadron	0	1-5 jets	Yes	27.9	\tilde{g}	850 GeV	$m(\tilde{g}) = 100 \text{ GeV}, 10 \mu\text{s} < c\tau(\tilde{g}) < 1000 \mu\text{s}$	
	Stable \tilde{g} R-hadron	trk	-	-	3.2	\tilde{g}	1.58 TeV	-	
	Metastable \tilde{g} R-hadron	dE/dx trk	-	-	3.2	\tilde{g}	1.57 TeV	-	
	GMSB, stable $\tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{t}_1, \tilde{b}_1 + \tau(e, \mu)$	1-2 μ	-	-	19.1	\tilde{t}_1, \tilde{b}_1	537 GeV	$10 < \text{len} < 50$	
	GMSB, $\tilde{t}_1 \rightarrow \tilde{t}_1 + \tilde{g}$, long-lived \tilde{t}_1	2 γ	-	Yes	20.3	\tilde{t}_1	440 GeV	$1 < \tau(\tilde{t}_1) < 3 \text{ ns}, \text{SPSB model}$	
	$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}W\tilde{\chi}_1^0$	displ. $e\ell/\mu\tau/\nu\mu$	-	-	20.3	\tilde{g}	1.0 TeV	$7 < c\tau(\tilde{g}) < 740 \text{ mm}, m(\tilde{g}) = 1.3 \text{ TeV}$	
	GGM $\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow Z\tilde{G}$	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 $\tilde{g}\tilde{g} \rightarrow \tilde{\nu}_\tau + X, \tilde{\nu}_\tau \rightarrow e\mu/\tau/\mu/\tau$	$e\mu/\tau/\mu/\tau$	-	-	3.2	\tilde{g}	1.9 TeV	$A_{331} = 0.11, A_{332/333/334} = 0.07$
Bilinear RPV CMSSM		2 e, μ (SS)	0-3 b	Yes	20.3	$\tilde{g}, \tilde{u}, \tilde{d}$	1.45 TeV	$m(\tilde{g}) = m(\tilde{u}), c\tau_{\tilde{g}} < 1 \text{ mm}$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{b}_1$		4 e, μ	-	Yes	13.3	\tilde{t}_1	1.14 TeV	$m(\tilde{t}_1) > 400 \text{ GeV}, A_{333} \neq 0 (k = 1, 2)$	
$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow W\tilde{t}_1, \tilde{b}_1 \rightarrow \tilde{b}_1$		3 e, μ + τ	-	Yes	20.3	\tilde{t}_1	450 GeV	$m(\tilde{t}_1) > 0.2m(\tilde{t}_1), A_{333} = 0$	
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$		0	4-5 large-R jets	-	14.8	\tilde{g}	1.08 TeV	$\text{BR}(\tilde{g} \rightarrow \text{BR}) = \text{BR}(\tilde{g} \rightarrow \text{BR}) = 0\%$	
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$		0	4-5 large-R jets	-	14.8	\tilde{g}	1.55 TeV	$m(\tilde{g}) = 80 \text{ GeV}$	
$\tilde{g}\tilde{g}, \tilde{g}\tilde{u}, \tilde{g}\tilde{d} \rightarrow \tilde{g}\tilde{g}$	2 e, μ (SS)	0-3 b	Yes	13.2	\tilde{g}	1.3 TeV	$m(\tilde{g}) > 750 \text{ GeV}$		
Other	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{t}_1$	0	2 jets + 2 b	-	15.4	\tilde{t}_1	410 GeV	$\text{BR}(\tilde{t}_1 \rightarrow b\nu) > 20\%$	
	$\tilde{t}_1\tilde{t}_1, \tilde{t}_1\tilde{b}_1 \rightarrow b\tilde{t}_1$	2 e, μ	2 b	-	20.3	\tilde{t}_1	0.4-1.0 TeV	-	
Other	Scalar charm, $\tilde{c} \rightarrow c\tilde{c}$	0	2 c	Yes	20.3	\tilde{c}	510 GeV	$m(\tilde{c}) < 200 \text{ GeV}$	

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

10⁻¹ 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 ~ 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

Nächster Upgrade 2018 - 2020:

- 2018 - 2020: nächste Ausbaustufe zu höheren Strahlintensitäten
- Upgrade der Detektor- und Datennahme-Technologien

Es bleibt unglaublich spannend!

