Physik am Large Hadron Collider



Der ATLAS-Detektor





Rates for L=1032 cm2s-1 @ 7 TeV

inelastic pp collision	10 ⁷ Hz
b-quark pair production	10⁴ Hz
jet production, E _T >250 GeV	1 Hz
W→Iv	1 Hz
t-quark pair production	10 ⁻² Hz
Z' (m _{z'} =1 TeV)	10 ⁻⁴ Hz
Higgs (m _H =500 GeV)	10 -⁵Hz

Wirkungsquerschnitte σ und Ereignisraten am LHC:

$$\frac{dN}{dt} = \mathcal{L}\sigma$$

1 Higgs-Ereignis pro 10¹¹ pp-Kollision.

 \Rightarrow Hohe Luminosität des Beschleunigers: hohe Strahlintensität und starke Strahlfokusierung bei der Kollision

 $\mathcal{L} = fn \frac{N_1 N_2}{4}$ Instantane Luminosität N_{1.2} = Anzahl der Protonen/ bunch, = Anzahl der bunches/ Strahl, n = Proton-Umlauffrequenz,

= Strahlquerschnitt bei der Kollision Α

Integrierte Luminosität L: $N = \sigma / \mathcal{L} dt = \sigma \cdot L$



Erste Proton-Proton Kollisionen: 20. November 2009 bei 0.9 TeV 11. Dezember 2009 bei 2.36 TeV 30. März 2010 bei 7.0 TeV Schwerpunktsenergie

$$\mathcal{L} = fn \frac{N_1 N_2}{A}$$

Maximale LHC Luminosität nach Design: 1 x 10^{34} cm⁻² s⁻¹ bei 14 TeV mit n = 2835 Proton-bunches/ Strahl bei f = 40 MHz Umlauffrequenz, N_{1,2} = 10¹¹ Protonen/ bunch 335 MJoule gespeicherte Strahlenergie





LHC 2011/2012



95 MJoule gespeicherte Strahlenergie

115 MJoule gespeicherte Strahlenergie

Zunehmende Fokusierung: kleinerer Strahlquerschnitt A, höhere Protondichte bei der Kollision der bunches.



PD Dr.Hubert Kroha, Max-Planck-Institut f. Physik, Tests des Standardmodells der Teilchenphysik

Wiederentdeckung des Standardmodells in 3 Monaten

PD Dr.Hubert Kroha, Max-Planck-Institut f. Physik, Tests des Standardmodells der Teilchenphysik

Nachweis der schwachen Eichbosonen: schon ab $L = 6.4 \text{ nb}^{-1}$

W

Geladenes Lepton mit Transversalimpuls p_T

<u>Neutrino:</u> "fehlende" transversale Energie E_T^{miss} , im Detektor nicht nachweisbar, aus transversaler Energieerhaltung rekonstruierbar

Detektoren offen in Strahlrohrrichtung

 \overline{v}_j

⇒ Energie- und Impulsgleichgewicht nur ihn der Ebene transversal zum Strahl, nur "transversale" W-Masse m_T aus p_T^{I} und E_T^{miss}

р

Nachweis der schwachen Eichbosonen: schon ab L = 6.4 nb⁻¹

Paarproduktion von Eichbosonen

Das Standardmodell am LHC

Wirkungsquerschnitte für W-Bosonproduktion

Wirkungsquerschnitte für Z-Bosonproduktion

Top-Quark-Paarerzeugung

Erster top-Quark-Paarkandidat im Mai 2010

Top-Quark-Production

Such nach t t Ereignissen in Endzuständen mit 1 Lepton + Jets + fehlender Energie

q`, I

q`, l

θ, μ

Wirkungsquerschnitt für Top-Quark-Paarerzeugung

Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung einzelner top-Quarks

Seltener Prozess, der erst am LHC ("top-Quark-Fabrik") genauer studiert werden kann

Messung der top Quark-Masse

Higgs-Boson Produktion und Zerfall

Suche nach dem Higgs-Boson

Combined exclusion limits (July 2012)

Combined exclusion limits (July 2012)

The existence of the Standard Model Higgs boson is excluded with 95% confidence level for almost all masses m_H from 110 GeV to 600 GeV, except for $m_H \approx 120$ - 130 GeV where an excess of events is observed in few channels.

Higgs-Boson-Signal

Wahrscheinlichkeit einer Untergrundfluktuation

Higgs-Boson-Signalstärke

Higgs-Boson-Masse und Signalstärke

Higgs-Boson-Spin und CP- Quantenzahl

Standardmodell: Spin^{CP} = 0^+ .

Isotrope Winkelverteilung von γ , W, Z im Higgs Ruhesystem für Spin 0.

Spin 1 verboten wegen $H \rightarrow \gamma \gamma$ Zerfall (Landau-Yang Theorem).

SUSY Higgs-Bosonen

Minimale supersymmetrische Erweiterung des Standardmodells (MSSM): 3 neutrale Higgs-Bosonen h, H (CP= +1), A (CP= -1) und zwei geladene H[±].

Zwei wesentliche Parameter in niedrigster Ordnung: M_A und tan $\beta = v_{up} / v_{down}$.

Entdecktes Higgs=Boson = $h \rightarrow \tau \tau$

Interpretation der elektroschwachen Präzisionsmessungen im Standardmodell und im MSSM ($m_h < 130 \text{ GeV}$):

Higgs und 4. Fermiongeneration (mit schweren Neutrinos)

LEP/Tevatron: m(t') > 450 GeV, m(b') > 361 GeV. > 500 GeV keine Störungstheorie mehr.

Starke Konsequenzen der zusätzlichen schweren Quarks (für Higgs-Produktions- und Zerfallsraten: Gluonfusionsproduktion 9 x verstärkt durch 2 zusätzliche schwere Quark-loops, weitgehend unabhängig von der Masse.

Vergleich mit den Messungen:

Higgs und 4. Fermiongeneration (mit schweren Neutrinos)

4. Generation ausgeschlossen:

Suche nach Supersymmetrie (SUSY)

Symmetrie zwischen Fermionen und Bosonen: max. Erweiterung der Raum-Zeit-Symmetrien

- Zu jedem Standard Modell-Teilchen ein schwerer Superpartner mir Unterschied ½ im Spin. Der leichteste Superpartner (neutral und stabil) ist bester Kandidat für Dunkle Materie.
- Erklärung der kleinen Higgs-Bosonmasse (im Vergleich zur Planck-Masse und zu den erlaubten Massenbereichen im Standard Modell), für Superpartnermassen < 1-3 TeV
- 3 neutrale und 2 geladene Higgs-Bosonen in der minimalen supersymmetrischen Erweiterung des Standard Modells (MSSM).
- Vorhersage der Vereinheitlichung der Eichkopplungskonstanten des SM, des Weinberg-Winkels, der spontanen Symmetriebrechung.
- Lokale Supersymmetrie beschreibt die Gravitation (Supergravitation, Superstrings).

Supersymmetrie muss spontan gebrochen sein wegen der offensichtlich hohen Massen der noch nicht beobachteten SUSY-Teilchen.

Die Details des Mechanismus sind unbekannt, was zu vielen (>100) freien Parametern führt, die Massen-vorhersagen unmöglich machen.

Suche nach Supersymmetrie

Suche nach Ereignissen mit > 2 - 6 Jets und grosser fehlender Energie, evtl. ausserdem mit Leptonen.

 $m_{eff} = E_T^{miss} + p_T^{jets}$

Ein Signal von Zerfällen supersymmetrischer Teilchen wird in dieser Gegend erwartet. Bisher wurden noch keine Anzeichen gefunden.

Suche nach Supersymmetrie

⇒ Massenausschlussgrenzen f
ür die Superpartner von Quarks (squarks) und Gluonen (gluinos): LHC-Daten r
ücken squark- und gluino-Massen bereits in den Bereich > 1 TeV.

stop und slepton-Massen könnten evtl. leichter sein, wurden aber auch noch nicht gefunden.

Suche nach neuen schweren Eichbosonen W', Z'

Resonanzen in den Verteilung der invarianten Leptonpaarmassen oder der transversalen Iv-Massen

(Annahme: gleiche Kopplungsstärken an SM Fermionen wie W und Z.)

Substruktur der Quarks?

- 1. Angeregte Quark-Zustände $q^* \rightarrow q_1 q_2$
- 2. Neue effective qq' \rightarrow qq' Wechselwirkung, Energieskala Λ_c der Substrukturwechselwirkung

Massengrenze für angeregt Quarks

Energieskala der Substruktur

Suche nach SUSY am I HC.

Suche nach SUSY am LHC	ATLAS SUSY Searches* - 95% CL Lower Limits (Status: March 26,	2013)
$\begin{array}{c} MSUGRA/CMSSM: 0 \ lep + j's + E_{\tau,miss}\\ MSUGRA/CMSSM: 1 \ lep + j's + E_{\tau,miss}\\ Pheno \ model: 0 \ lep + j's + E_{\tau,miss}\\ Pheno \ model: 0 \ lep + j's + E_{\tau,miss}\\ Pheno \ model: 0 \ lep + j's + E_{\tau,miss}\\ Gluino \ med_{\lambda} \tilde{\chi}^{\dagger} (\tilde{\mathfrak{g}} \to q q \tilde{\chi}^{\sharp}): 1 \ lep + j's + E_{\tau,miss}\\ GMSB (\tilde{t} NLSP): 2 \ lep \ (OS) + j's + E_{\tau,miss}\\ GMSB (\tilde{t} NLSP): 1 - 2\tau + j's + E_{\tau,miss}\\ GGM (bino \ NLSP): 1 - 2\tau + j's + E_{\tau,miss}\\ GGM (bino \ NLSP): 1 - 2\tau + j's + E_{\tau,miss}\\ GGM (higgsino \ NLSP): \gamma + lep + E_{\tau,miss}\\ GGM (higgsino \ NLSP): \gamma + b + E_{\tau,miss}\\ GGM (higgsino \ NLSP): Z + jets + E_{\tau,miss}\\ Gravitino \ LSP: 'monojet' + E_{\tau,miss}\\ Gravitino \ LSP: 'monojet' + E_{\tau,miss}\\ S T NLSP (SP): SP = SP $	L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-109] 1.50 TeV $\tilde{q} = \tilde{g}$ mass L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-109] 1.24 TeV $\tilde{q} = \tilde{g}$ mass L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-109] 1.18 TeV $\tilde{q} = \tilde{g}$ mass L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-109] 1.18 TeV $\tilde{q} = \tilde{g}$ mass L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-109] 1.88 TeV $\tilde{q} = \tilde{g}$ mass L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-109] 1.88 TeV $\tilde{q} = \tilde{g}$ mass L=5.8 fb ⁺ , 8 TeV [1208.4688] 900 GeV \tilde{g} mass $(m(\tilde{q}_{0}) < 200 \text{ GeV}, m(\tilde{\chi}^{+}) < 200 \text{ GeV}, m(\tilde{\chi}^{+}) < 200 \text{ GeV}, m(\tilde{\chi}^{+}) < 50 \text{ GeV}, m(\tilde{\chi}^{+}) < 50 \text{ GeV}$ L=4.7 fb ⁺ , 7 TeV [1209.4753] 1.07 TeV \tilde{g} mass $(m(\tilde{\chi}^{+}) > 50 \text{ GeV})$ L=4.8 fb ⁺ , 7 TeV [211.1167] 900 GeV \tilde{g} mass $(m(\tilde{\chi}^{+}) > 200 \text{ GeV})$ L=4.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-142] 690 GeV \tilde{g} mass $(m(\tilde{\chi}^{+}) > 200 \text{ GeV})$ L=4.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-144] 619 GeV \tilde{g} mass $(m(\tilde{\chi}^{+}) > 200 \text{ GeV})$ L=4.8 fb ⁺ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-147] 645 GeV $\tilde{F}^{1/2}$ scale $(m(\tilde{g}) > 10^{+} eV)$	ATLAS Preliminary 4.4 - 20.7) fb ⁻¹ f s = 7, 8 TeV
$\begin{array}{cccc} & \tilde{g} \rightarrow b \tilde{b} \tilde{\chi}^0: 0 \mbox{ lep } + 3 \mbox{ b-j's } + \mathcal{E}_{\tau, miss} \\ & \tilde{g} \rightarrow t \tilde{\chi}^0: 2 \mbox{ SS-lep } + (0-3b-)j's + \mathcal{E}_{\tau, miss} \\ & \tilde{g} \rightarrow t \tilde{\chi}^0: 0 \mbox{ lep } + multi-j's + \mathcal{E}_{\tau, miss} \\ & \tilde{g} \rightarrow t \tilde{\chi}^0: 0 \mbox{ lep } + 3 \mbox{ b-j's } + \mathcal{E}_{\tau, miss} \end{array}$	L=12.6 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2012-145] 1.24 TeV \widetilde{g} mass $(m(\overline{\chi}^0_{+}) < 200 \text{GeV})$ 8 TeV. L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2012-103] 900 GeV \widetilde{g} mass $(m(\overline{\chi}^0_{+}) < 300 \text{GeV})$ 8 TeV. L=5.8 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2012-103] 1.00 TeV \widetilde{g} mass $(m(\overline{\chi}^0_{+}) < 300 \text{GeV})$ 8 TeV. L=12.6 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2012-103] 1.00 TeV \widetilde{g} mass $(m(\overline{\chi}^0_{+}) < 200 \text{GeV})$ 8 TeV.	all 2012 data partial 2012 data
$\begin{array}{c} b\bar{b}, \bar{b}_1 \rightarrow b\bar{\chi}^0 \stackrel{!}{,} 0 \ \text{lep} + 2\text{-b-jets} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{b}\bar{b}, \bar{b}_1 \rightarrow t\bar{\chi}^1_1 : 2 \ \text{SS-lep} + (0.3b-)j's + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{b}\bar{b}, \bar{b}_1 \rightarrow t\bar{\chi}^1_1 : 1/2 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}\bar{t} (\text{light}), \bar{t} \rightarrow b\bar{\chi}^1_1 : 1/2 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}\bar{t} (\text{medium}), \bar{t} \rightarrow b\bar{\chi}^1_1 : 2 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}\bar{t} (\text{medium}), \bar{t} \rightarrow b\bar{\chi}^1_1 : 2 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}\bar{t} (\text{heavy}), \bar{t} \rightarrow t\bar{\chi}^0_1 : 1 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}\bar{t} (\text{heavy}), \bar{t} \rightarrow t\bar{\chi}^0_1 : 0 \ \text{lep} + 6(2b\text{-})\text{jets} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}\bar{t} (\text{natural GMSB}) : Z(\rightarrow II) + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}_{\bar{\chi}}\bar{t}_2, \bar{t}_2 \rightarrow \bar{t}_1 + Z : Z(\rightarrow II) + 1 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \bar{t}_{\bar{\chi}}\bar{t}_2, \bar{t}_2 \rightarrow \bar{t}_1 + Z : Z(\rightarrow II) + 1 \ \text{lep} + b\text{-jet} + E_{\text{T,miss}} \\ \end{array}$	L=12.6 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2012-165] 620 GeV b mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) > 120 GeV)$ 7 TeV, L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-007] 430 GeV b mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 2m(\tilde{\chi}_{1}^{0}))$ L=4.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-037] 167 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 2m(\tilde{\chi}_{1}^{0}))$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-037] 160-410 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 0 GeV, m(\tilde{\chi}_{1}^{1}) = 150 GeV)$ L=30.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-037] 160-410 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 0 GeV, m(\tilde{\chi}_{1}^{1}) = 10 GeV)$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-037] 160-400 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 0 GeV, m(\tilde{\chi}_{1}^{1}) = 10 GeV)$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-037] 200-660 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 0)$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-022] 320-660 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) = 0)$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-025] 500 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) > 150 GeV)$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-025] 500 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) > 160 GeV)$ L=20.7 fb ⁺ .8 TeV [ATLAS-CONF-2013-025] 520 GeV t mass $(m(\tilde{\chi}_{1}^{0}) > 160 GeV)$	all 2011 data
$ \begin{array}{c} \left[\left[1, 1 \rightarrow \widetilde{\chi}^{0} : 2 \text{ lep } + E_{\tau, \text{miss}} \right] \\ \widetilde{\chi}^{+}_{\overline{\chi}} \widetilde{\chi}^{+}_{\overline{\chi}} \rightarrow \widetilde{I}_{\overline{\chi}} (\widetilde{v}\rangle : 2 \text{ lep } + E_{\tau, \text{miss}} \\ \widetilde{\chi}^{+}_{\overline{\chi}} \widetilde{\chi}^{0}_{\overline{\chi}} \rightarrow \widetilde{I}_{\overline{\chi}} (\widetilde{v}\rangle : 2 \tau + E_{\tau, \text{miss}} \\ \widetilde{\chi}^{+}_{\overline{\chi}} \widetilde{\chi}^{0}_{\overline{\chi}} \rightarrow \widetilde{I}_{\overline{\chi}} (\widetilde{v}\rangle\rangle, \widetilde{v} (\widetilde{v}\rangle\rangle) : 3 \text{ lep } + E_{\tau, \text{miss}} \\ \widetilde{\chi}^{+}_{\overline{\chi}} \widetilde{\chi}^{0}_{\overline{\chi}} \rightarrow W^{(n)} \widetilde{\varphi}^{0} Z^{(n)} \widetilde{\varphi}^{0} : 3 \text{ lep } + E_{\tau, \text{miss}} \\ \end{array} $	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1208.2884] 85-195 GeV I MASS $(m(\overline{\chi}_1^0) = 0)$ L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1208.2884] 110-340 GeV $\widetilde{\chi}_1^+$ MASS $(m(\overline{\chi}_1^0) < 10 \text{ GeV}, m(\overline{\chi}X) = \frac{1}{2}(m(\overline{\chi}_1^+) + m(\overline{\chi}_1^0)))$ L=2.7 fb ⁻¹ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2013-028] 180-330 GeV $\widetilde{\chi}_1^+$ MASS $(m(\overline{\chi}_1^0) < 10 \text{ GeV}, m(\overline{\chi}X) = \frac{1}{2}(m(\overline{\chi}_1^+) + m(\overline{\chi}_1^0)))$ L=2.7 fb ⁻¹ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2013-035] 600 GeV $\widetilde{\chi}_1^+$ MASS $(m(\overline{\chi}_1^+) = m(\overline{\chi}_2^0), m(\overline{\chi}_1^+) = 0, m(\overline{\chi}X)$ as above) L=20.7 fb ⁻¹ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2013-035] 315 GeV $\widetilde{\chi}_1^+$ MASS $(m(\overline{\chi}_1^+) = m(\overline{\chi}_2^0), m(\overline{\chi}_1^+) = 0, m(\overline{\chi}X)$ as above)	
$\begin{array}{c} \text{Direct} \widetilde{\chi}_1^{\text{st}} \widetilde{\rho}_2^{\text{air}} \text{prod.} (\text{AMSB}) : \text{long-lived} \widetilde{\chi}_1 \\ \text{Stable} \widetilde{g}, \text{R-hadrons} : \text{low } \beta, \beta\gamma \\ \text{GMSB}, \text{stable} \widetilde{\tau} : \text{low } \beta \\ \text{GMSB}, \text{stable} \widetilde{\tau} : \text{low } \beta \\ \text{GMSB}, \widetilde{\chi}_1^0 \rightarrow \gamma \widetilde{G} : \text{non-pointing photons} \\ \widetilde{\chi}_1^0 \rightarrow qq\mu \ (\text{RPV}) : \mu + \text{heavy displaced vertex} \end{array}$	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1210.2852] 220 GeV $\tilde{\chi}_{1}^{\pm}$ mass (1 < τ(\tilde{\chi}_{1}^{\pm}) < 10 ns) L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1211.1597] 985 GeV \tilde{g} mass L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1211.1597] 300 GeV $\tilde{\tau}$ mass (5 < tanβ < 20)	
LFV : $pp \rightarrow \overline{v}_{\tau} + X, \overline{v}_{\tau} \rightarrow e+\mu$ resonance LFV : $pp \rightarrow \overline{v}_{\tau} + X, \overline{v}_{\tau} \rightarrow e(\mu) + \tau$ resonance Bilinear RPV CMSSM : 1 lep + 7 j's + $E_{\tau,miss}$ $\widetilde{\chi}_{1}^{+}\widetilde{\chi}_{1}^{+}\widetilde{\chi}_{1}^{+} \rightarrow W\widetilde{\chi}_{1}^{0}, \widetilde{\chi}_{1}^{0} \rightarrow eev_{\mu}, e\muv_{\mu} : 4 lep + E_{\tau,miss}$ $\widetilde{\chi}_{1}^{+}\widetilde{\chi}_{1}^{+}\widetilde{\chi}_{1}^{+} \rightarrow W\widetilde{\chi}_{1}^{0}, \widetilde{\chi}_{1}^{0} \rightarrow eev_{\mu}, e\muv_{\mu} : 3 lep + 1\tau + E_{\tau,miss}$ $\widetilde{\chi}_{1}^{+}\widetilde{\chi}_{1}, \widetilde{\chi}_{1}^{+} \rightarrow tv_{e}, etv_{\tau} : 3 lep + 1\tau + E_{\tau,miss}$ $\widetilde{g} \rightarrow qqq : 3-jet resonance pair \widetilde{g} \rightarrow tt, t \rightarrow bs : 2 SS-lep + (0-3b-)j's + E_{\tau,miss}$	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	
Scalar gluon : 2-jet resonance pair WIMP interaction (D5, Dirac χ) : 'monojet' + $E_{\tau,miss}$	L=4.6 fb ⁻¹ , 7 reV [1210.4826] 100-287 GeV Sgluon mass (incl.1 limit from 1110.2693) L=10.5 fb ⁻¹ , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-147] 704 GeV M* scale (m _x < 60 GeV, limit of < 687 GeV for D8)	1
Erstmals direkte Erforschung (Skala der elektroschwachen	der Energieskala um 1 TeV am LHC Symmetriebrechung und möglicher neuer Teilchen).) ∌V]

SS 2014

Suche nach Erweiterungen des SM am LHC (ausser SUSY)

am I	LHC (ausser SUSY)	ATLAS Exolics Searches - 55% GE Lower Limits (Status, HGF 2012)	
<u> </u>	Large ED (ADD) : monoiet + E	L=4.7 (b ⁻¹ , 7 TeV /1210.4491) 4.37 TeV M _O (δ=2)	ш
	Large ED (ADD) ; monophoton + E	L=4.6 (b ⁻¹ , 7 TeV (1209.4625) 1.93 TeV M _C (\delta=2)	
\$	Large ED (ADD) : diphoton & dilepton, m	4.18 TeV (1211.1150) 4.18 TeV M ₀ (HLZ δ=3, NLO) ATL	AS
OL	UED : diphoton + E_{π}	A 4 8 th ⁻¹ 7 TeV (ATLAS CONF-2012-072) 1 41 TeV Compact scale R ⁻¹	inary
ISI	S ¹ /Z ED : dilepton m	/ =4.9-5.0 (b ⁻¹ .7 Tay 11209.2535) 4.71 Tay M _{ex} ~ R ⁻¹	
er	RS1 : diphoton & dilepton, m	$z_{\pm 4,750} = 0.1$ (1310 3360) (1310 3360) (2.23 TeV Graviton mass $(k/M_{-} = 0.1)$	
E	RS1: 77 resonance m	$L \to 0$ h^{-1} Z Tay includes a state of the state o	
Ø	RS1: WW resonance m	$\int dt = (1, 0, -13, 0)$) fh ⁻¹
tra	$BS_{q} \rightarrow tt (BR=0.925) : tt \rightarrow 1+iets m$		1.2
X	ADD BH (M (M =3) : SS dimuon M	[s = 7, 8]	TeV
	ADD BH $(M_{TH}/M_D=3)$: leptons + jets Σn		
	Ouantum black hole : dijet E (m)		
diame	and contact interaction : 2(m)	L=4.7 ID , 7 IeV [1210.1718] 4.11 IeV M _D (0=0)	
-	qqqq contact interaction . (m)	L=4.8 fb , 7 TeV [ATLAS-CONF-2012-038]	
0	qqii Ci . ee a µµ, m	L=4.9-5.0 m ⁻ , 7 TeV [1211.1150] 13.9 TeV A (constructive int.)	
	uutt CI: SS dilepton + jets + $E_{T,miss}$	L=1.0 fb ⁻ , 7 TeV [1202.5520] 1.7 TeV A	
	2' (SSM) : m _{ee/μμ}	L=5.9-6.1 (b , 8 TeV [ATLAS-CONF-2012-129] 2.49 TeV Z' mass	
	$Z'(SSM): m_{ee}$	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1210.6604] 1.4 TeV Z' mass	
~	W' (SSM) : m _{T,e/µ}	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1209.4446] 2.55 TeV W' mass	
_	VV' (\rightarrow tq, g _R =1) : m_{tq}	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1209.6593] 430 GeV W' mass	
	$W'_{R} (\rightarrow tb, SSM) : m_{tb}$	L=1.0 fb ⁻¹ , 7 TeV [1205.1016] 1.13 TeV W' mass	
	W* : <i>m</i> _{T,e/µ}	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1209.4446] 2.42 TeV W* mass	
\sim	Scalar LQ pair (β =1) : kin. vars. in eejj, evjj	∠=1.0 fb⁻¹, 7 TeV [1112.4828] 660 GeV 1 ^{2*} gen. LQ mass	
9	Scalar LQ pair (β=1) : kin. vars. in μμjj, μvjj	L=1.0 /b ⁻¹ , 7 TeV [1203.3172] 685 GeV 2 nd gen. LQ mass	
	Scalar LQ pair (β=1) : kin. vars. in ττjj, τvjj	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [Preliminary] 538 GeV 3 rd gen. LQ mass	
\$	4 th generation : t't'→ WbWb	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1210.5468] 656 GeV t' MASS	
X	4^{th} generation : b'b'($T_{en}T_{53}$) \rightarrow WtWt	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [ATLAS-CONF-2012-130] 670 GeV b' (T _{en}) mass	
ng	New quark b' : b'b' \rightarrow Zb+X, m	L=2.0 fb ⁻¹ , 7 TeV [1204.1265] 400 GeV b' mass	
6	Top partner : $TT \rightarrow tt + A_0A_0$ (dilepton, M_{ro}^2)	L=4.7 fb ⁻¹ , 7 TeV [1209.4186] 483 GeV T mass ($m(A_{\perp}) < 100$ GeV)	
θM	Vector-like guark : CC, m	L=4.6 fb ⁻¹ , 7 TeV [ATLAS-CONF-2012-137] 1.12 TeV VLQ mass (charge -1/3, coupling $\kappa_{n0} = v/m_0$)	
Ž	Vector-like guark : NC, min	$L=4.6 \text{ fb}^3$, 7 TeV IATLAS-CONF-2012-1371 1.08 TeV VLQ mass (charge 2/3, coupling $\kappa_{-2} = v/m_0$)	
÷	Excited quarks : y-jet resonance, m	L=21 tb ⁴ .7 TeV (1112 3580) 246 TeV 0* mass	
U CI	Excited guarks : dijet resonance, m	L=13.0 (b ⁻¹ , 8 TeV IATLAS-CONF-2012-148) 3.84 TeV 0 ⁺ mass	
ê û	Excited lepton : I-y resonance, m	$l = 13.0 \text{ (b}^{-1}, 8 \text{ TeV}$ [AT AS-CONE-2012-146] 2.2 TeV [* mass ($\Lambda = m(l^*)$)	
	Techni-hadrons (LSTC) : dilepton m	$(\pm 4.9,5.0)^{-1}$ 7 Tay (1999 933) 850 Gay 0 (ω) mass ($m(\alpha/\omega) - m(\pi) = M$)	
Te	echni-hadrons (LSTC) : WZ resonance (vIII), m	$(1 + 10)^{13} \text{ Try (10)} (450) $	
2	Major poutr (LRSM, no mixing) : 2 lop + jots	$L=2 + h^{-2} + T_{W} (1232 5420)$	
he	W (LRSM, no mixing): 2-lep + jets	$z_{1} = z_{1} + z_{2} + z_{3} + z_{4} + z_{3} + z_{4} + z_{4$	
Ot	$H^{\pm}(DY \text{ prod } BR(H^{\pm} \rightarrow II)=1)$: SS ee (IIII) m		
Ŷ	H^{\pm} (DY prod. BR($H^{\pm} \rightarrow eu$)=1): SS eu m		
	Color octat scalar : dilat resonance m	Leter to the second sec	
	Color octer scalar , ujer resonance, m		
		10 ⁻¹ 1 10	-
		10 1 10	
irek	te Ausschlussgrenzen z.B.	für neue Substruktur bis 10 TeV.	Te\

OFO/ OI

CP 2012

Reparatur und Nachrüsten des LHC in 2013/14

Ab 2015 Datennahme bei 14 TeV Design-Schwerpunktsenergie:

Neues Fenster für neue Physik jenseits des Standard Modells.

Genaue Vermessung der Higgs-Eigenschaften.