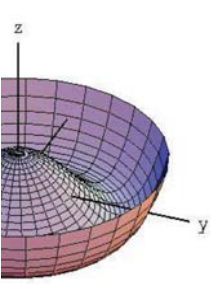


Dem Higgs-Boson auf der Spur

K. Desch • Universität Freiburg • 27/03/2006

1. Das Problem mit der Masse
2. Das Erbe von LEP
3. Die Jahre der Entscheidung: Tevatron und LHC
4. Fragen über Fragen: Was wir über den Higgs-Mechanismus lernen müssen und wie: LHC - ILC



1. Das Problem mit der Masse

Massive Vektorbosonen verletzen die Eichinvarianz

Wellengleichung $(\square + M^2) W^\nu - \partial^\nu \partial_\mu W^\mu = j^\nu$

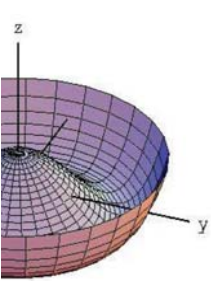
Eichtransformation $W^\nu \rightarrow W^\nu - \partial^\nu \chi$

liefert zusätzlich $-M^2 \partial^\nu \chi$

- Theorie nicht renormierbar!
- bestenfalls effektive Theorie für kleine Energien

könnte sein...

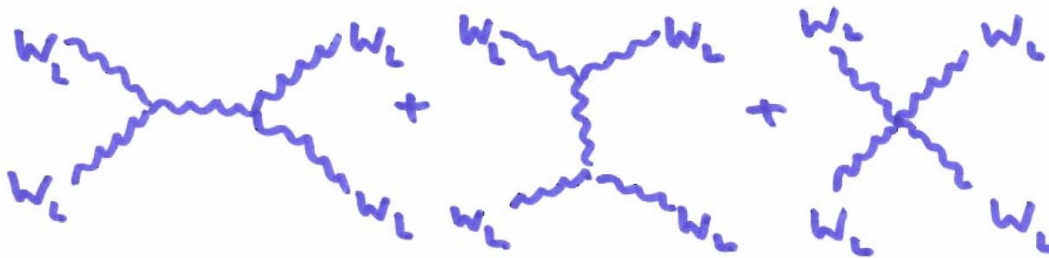
Konsequenz: Standardmodell bricht zusammen bei ~ 1 TeV



Konsequenzen...

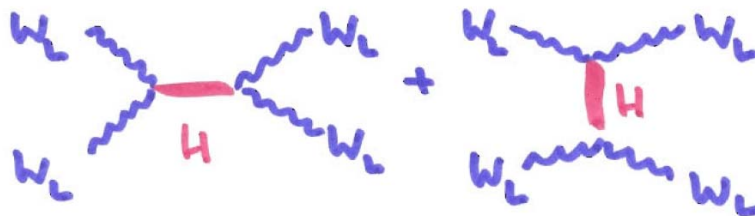
Polarisationsvektor für longitudinal polarisierte W-Bosonen

$$\varepsilon_{\text{long}}^\mu(p) = \frac{1}{M_W}(E, 0, 0, p) \sim E$$

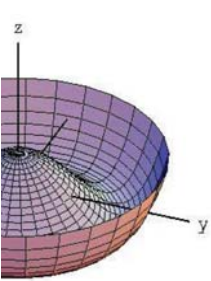


divergiert für $\sqrt{s} \rightarrow \infty$, verletzt Unitarität bei $\sqrt{s} \approx 1.2 \text{ TeV}$

Divergenz kann kompensiert werden durch elementares Skalar mit Kopplung \sim Masse



oder durch neue starke Wechselwirkung (hoher Preis...)



Der Higgs-Mechanismus

Annahme:

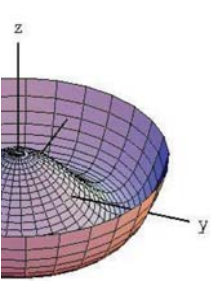
Alle Elementarteilchen sind masselos!

⇒ Eichprinzip funktioniert

⇒ Renormierbare Theorie (endliche Wirkungsquerschnitte)

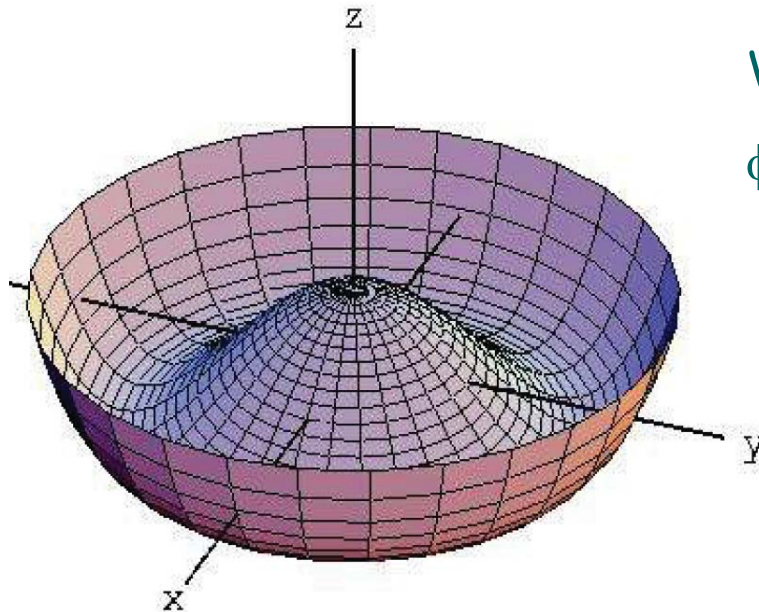
Durch ständige Wechselwirkung mit dem Higgs-Feld verhalten sich die Teilchen **als ob** sie Masse hätten (effektive Masse)

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{\text{wavy line}}_{\frac{1}{q^2}} + \underbrace{\text{wavy line with 2 red dashed lines}}_{\left(\frac{gv}{\sqrt{2}}\right)^2 \frac{1}{q^2}} + \underbrace{\text{wavy line with 4 red dashed lines}}_{\left(\frac{gv}{\sqrt{2}}\right)^4 \left(\frac{1}{q^2}\right)^2} + \dots \\
 & = \text{wavy line} \frac{1}{q^2 - M^2} \quad \text{mit } M^2 = g^2 \frac{v^2}{2}
 \end{aligned}$$



Der Higgs-Mechanismus im SM

Eichinvariantes Hinzufügen eines Feldes mit $\langle \Phi \rangle_0 \neq 0$ ist nicht trivial - erfordert Feld mit Selbstwechselwirkung

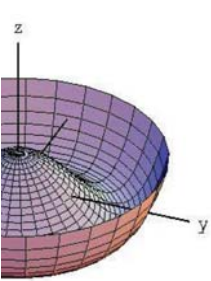


$$V = -\mu^2 |\phi^+\phi| + \lambda |\phi^+\phi|^2$$

ϕ : komplexes skalares Dublett des schwachen Isospins

$$\phi = \begin{pmatrix} \phi^+ \\ \phi^0 \end{pmatrix} \quad \langle \phi \rangle_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ v \end{pmatrix}$$

Anregungen von ϕ :
 3 longitudinale Eichbosonen
 1 Higgs-Boson, $m_H = \mu$
 einzige Unbekannte im SM



Die Masse des Higgs-Bosons (Theorie)

Wenn das Higgs-Boson zu schwer ist kommt die Rettung zu spät:

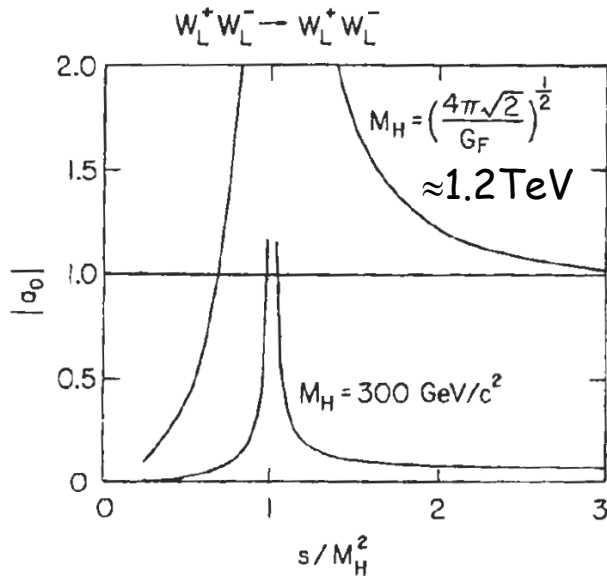
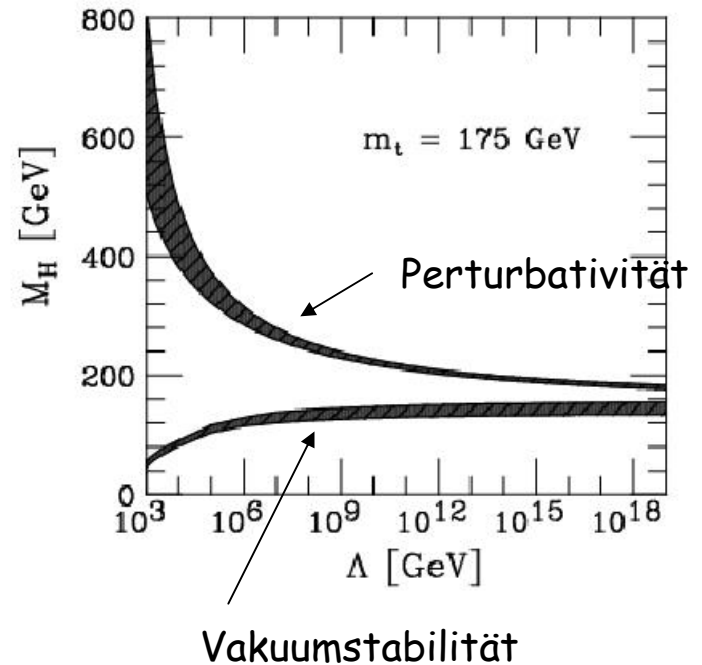
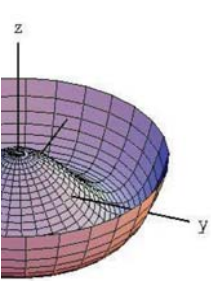


FIG. 6. Sketch of the energy dependence of the $J=0$ partial-wave amplitude for elastic scattering of longitudinally polarized W bosons for two choices of the Higgs-boson mass. For $M_H > (4\pi\sqrt{2}/G_F)^{1/2}$ the partial-wave unitarity bound $|a_0| \leq 1$ is violated for $s > M_H^2$.

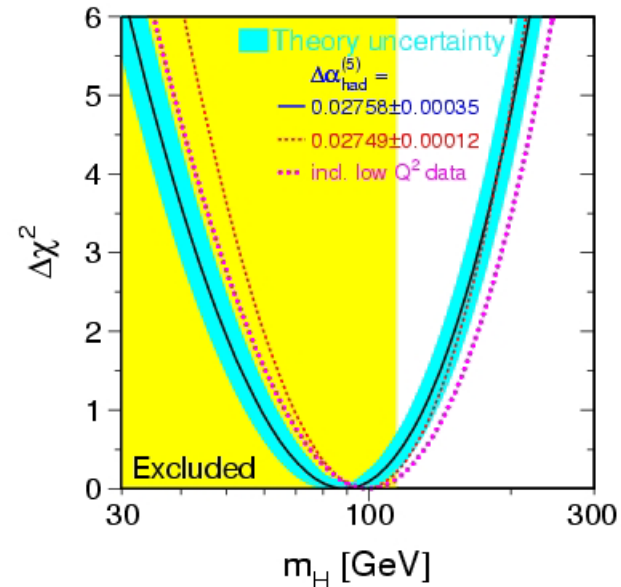
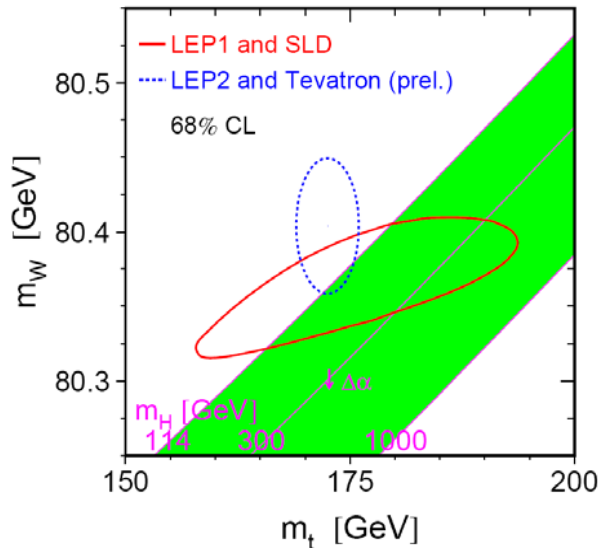
a_0 = Streuamplitude (J=0)
Unitarität: $|a_0| < 1$

Stärkere Grenzen aus Forderung nach Perturbativität und Stabilität des Vakuums:



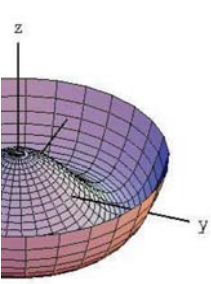


Die Masse des Higgs-Bosons (Experiment)



Das SM funktioniert:
direkte und indirekte Massen
stimmen überein

$m_H = 91 +45 -32 \text{ GeV}$
 $m_H < 186 \text{ GeV @ 95\%CL}$
innerhalb des Standard-Modells



Alternativen

Trotz der guten Übereinstimmung der Daten mit der SM-Higgs-Hypothese ist die Existenz des SM-Higgs-Bosons nicht garantiert.

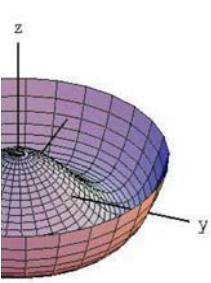
Die Entdeckung des SM-Higgs-Bosons am Tevatron oder LHC wäre eine SENSATION!!!

Route 1: kein Higgs-Mechanismus

- erfordert neue WW an der TeV-Skala
Technicolor, Higgsless Model, ...
i.A. in Konflikt mit Präzisionsdaten, aber...

Route 2: Higgs-Mechanismus, aber mit aufwändigerer Realisierung der Higgs-Felder

- zwei Dubletts (realisiert in **minimaler Supersymmetrie**)
- zusätzliche Singletts
(NMSSM, „Higgs-Kontinuum“)
- Tripletts (LR-Symmetrie)
- ...

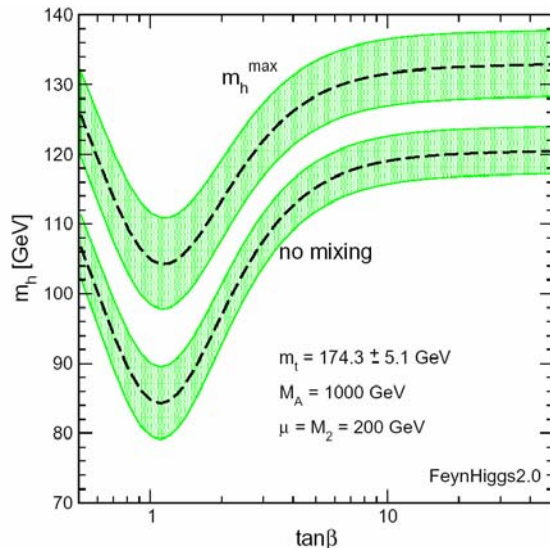


Higgs-Bosonen im MSSM

SM-Higgs-Masse erfährt große Strahlungskorrekturen
 → großes „Finetuning“, wenn SM gültig bis zu hohen Skalen (M_{Planck})

Supersymmetrie behebt dies durch \approx Aufhebung der Korrekturen

Neben der Verdopplung der SM-Freiheitsgrade (Teilchen+Steilchen) muss der Higgs-Sektor erweitert werden:
 mindestens 2 Higgs-Dubletts mit v.e.v.'s v_1 und v_2

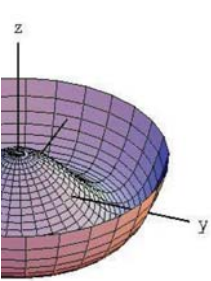


h, H	neutral, CP-gerade
A	neutral, CP-ungerade
H^\pm	geladen

Massen werden vorhergesagt als Funktion der SUSY-Parameter

Führende Ordnung: nur m_A and $\tan\beta = v_2/v_1$
 Große Korrekturen (top, stop)

$m_h < 135 \text{ GeV}$

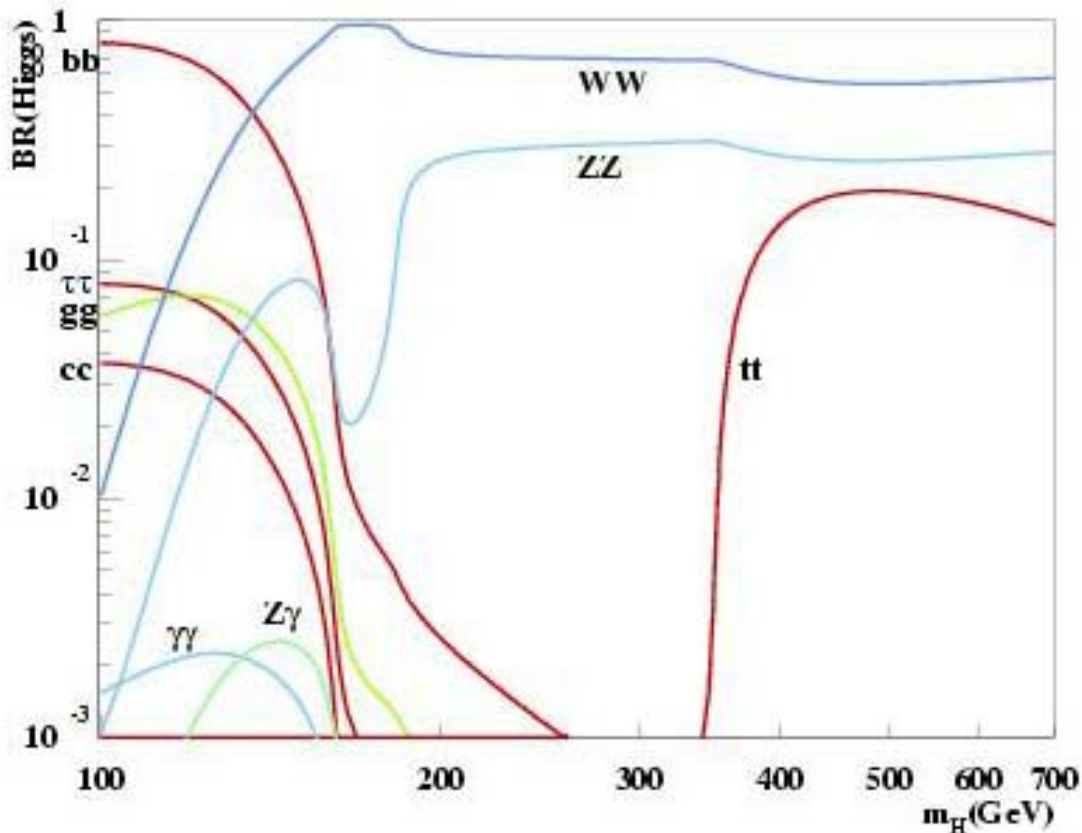


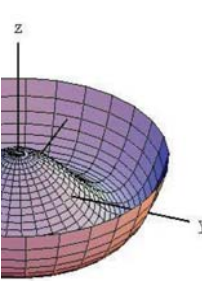
Higgs - Zerfälle im SM

Zerfälle bestimmt durch Kopplung an Masse:

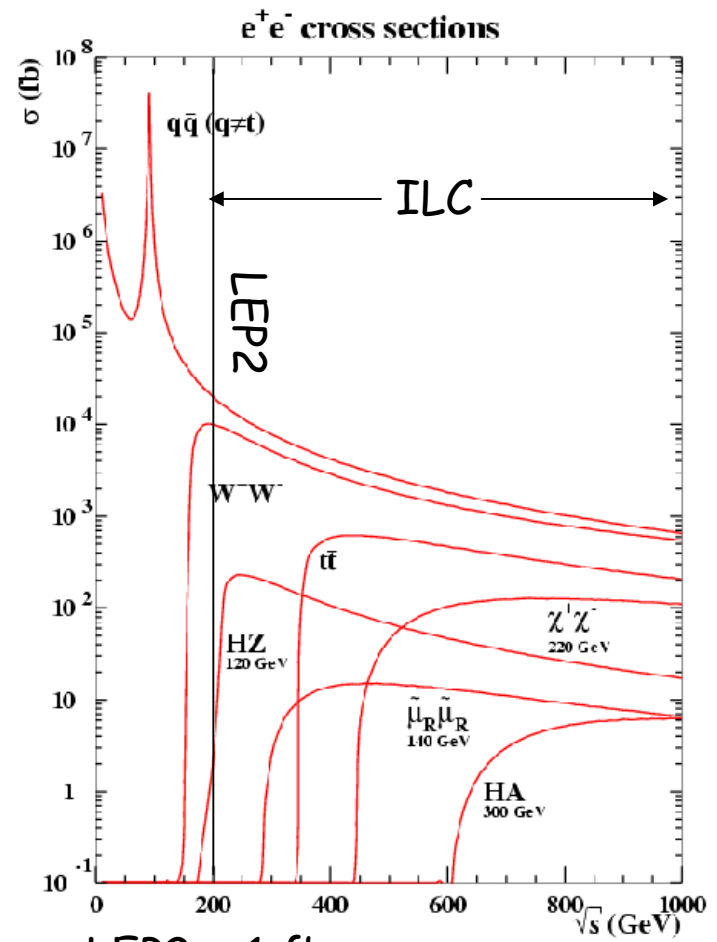
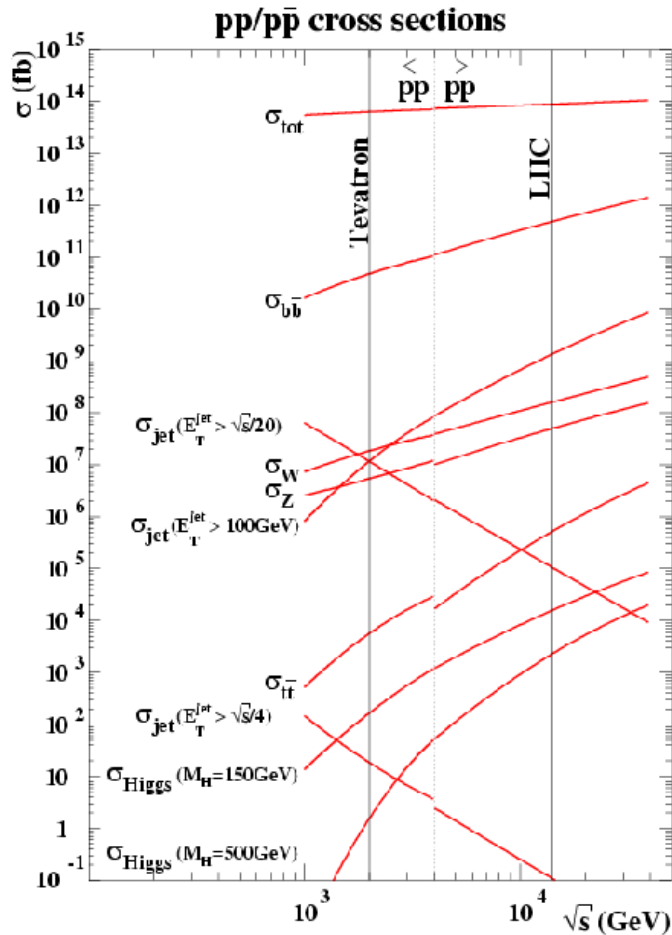
$$g_{HVV} \sim M_V$$

$$g_{Hf} \sim M_f$$





Higgs Produktion



Für $m_H=120\text{ GeV}$

Tevatron: $\sim 700\text{fb}$

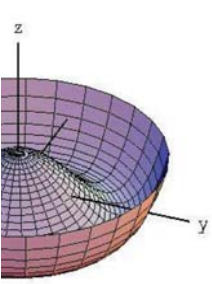
LHC : $\sim 30000\text{fb}$

S/B $\sim 10^{-12}$

LEP2: $\sim 1\text{ fb}$

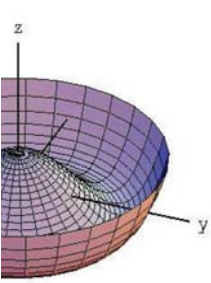
ILC: $\sim 200\text{ fb}$

S/B $\sim 10^{-2}$



2. Das Erbe von LEP

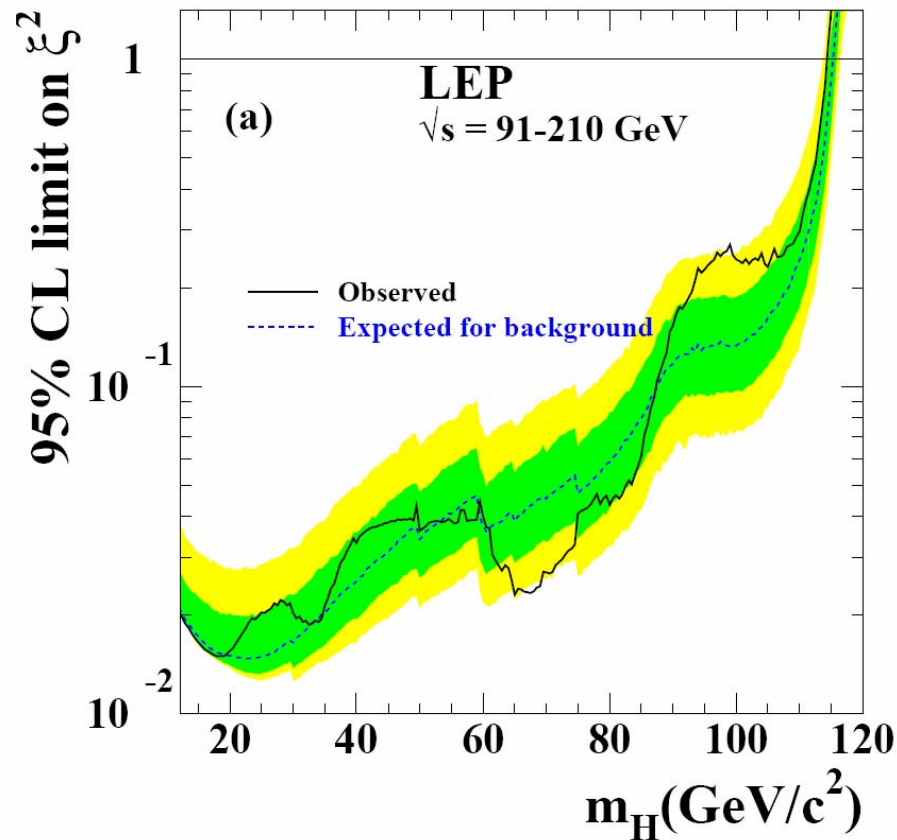


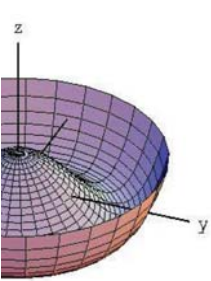


Das Erbe von LEP: SM Higgs

Standardmodell-Higgs ausgeschlossen für $m_H < 114.4 \text{ GeV}$ (95%CL)

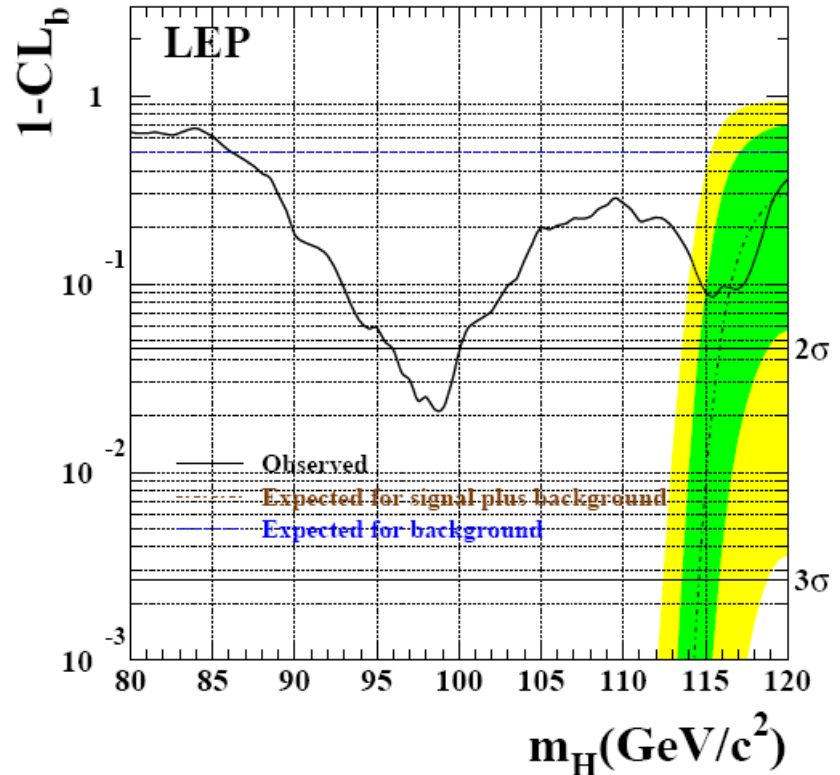
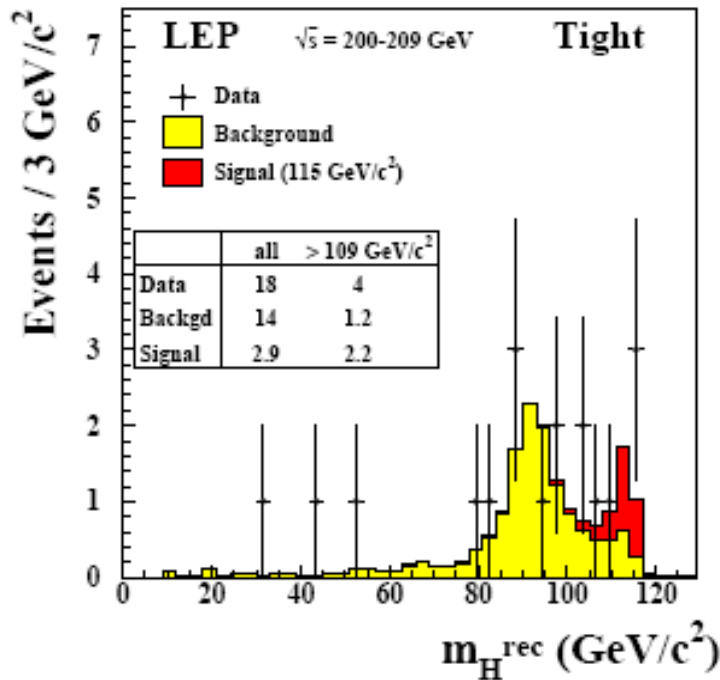
Für Modellbauer: Grenzen auf g^2_{HZ} :



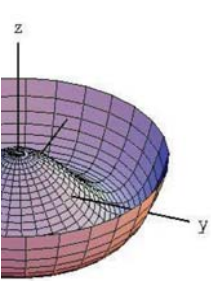


Das Erbe von LEP: SM Higgs

Leichter Überschuss bei $m_H \approx 98 \text{ GeV}$ (2.3σ) und $m_H \approx 115 \text{ GeV}$ (1.7σ)

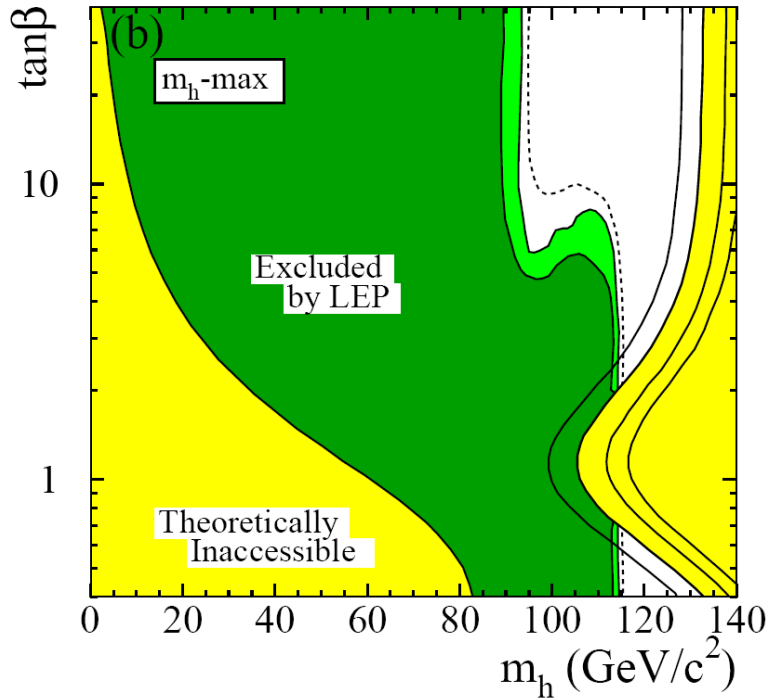


and **ALEPH:** In the preliminary results published in November 2000 shortly after the closing down of the LEP collider: a significant excess of events is observed, consistent with the production of a $115 \text{ GeV}/c^2$ Standard Model Higgs boson. The final results of the searches for the neutral Higgs bosons of the MSSM are also

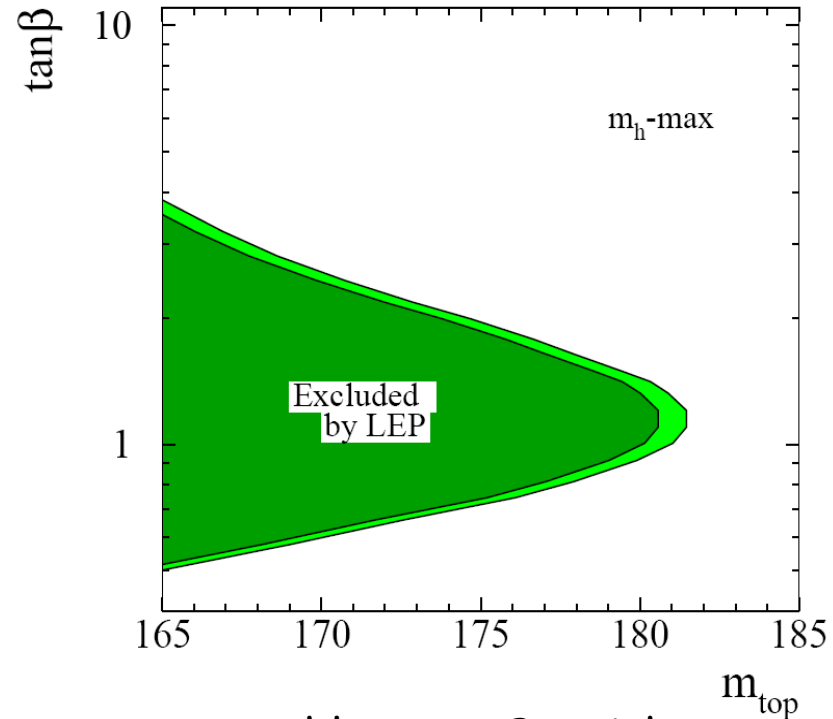


Das Erbe von LEP: MSSM Higgs

Endgültige Kombination der neutralen MSSM Higgs-Suchen
veröffentlicht Anfang 2006!

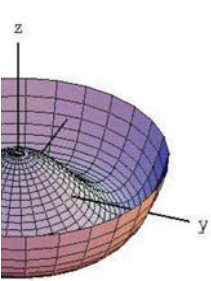


$$m_{top} = 174.3 \text{ GeV}$$



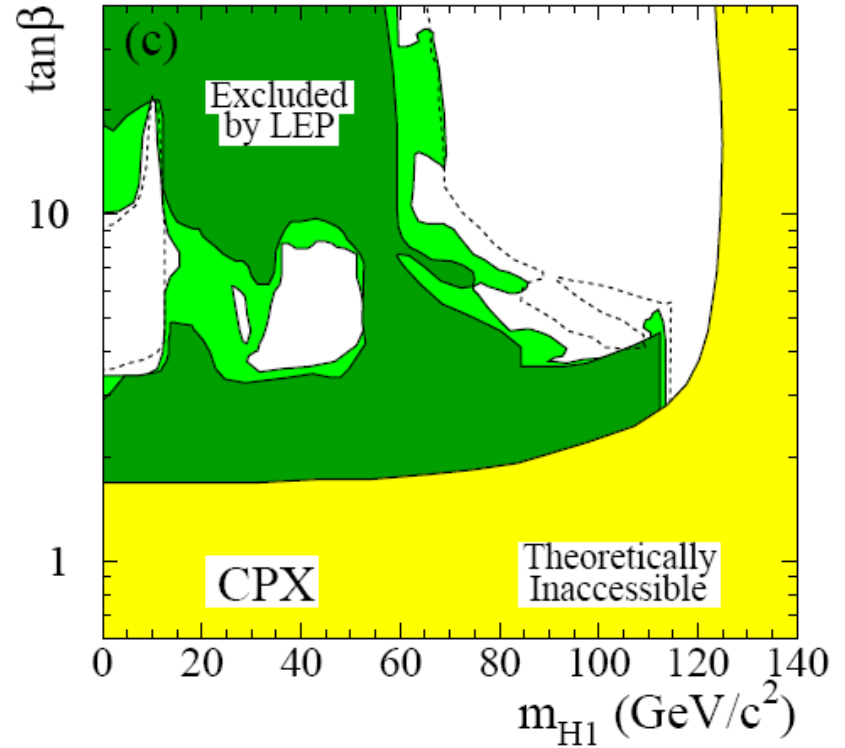
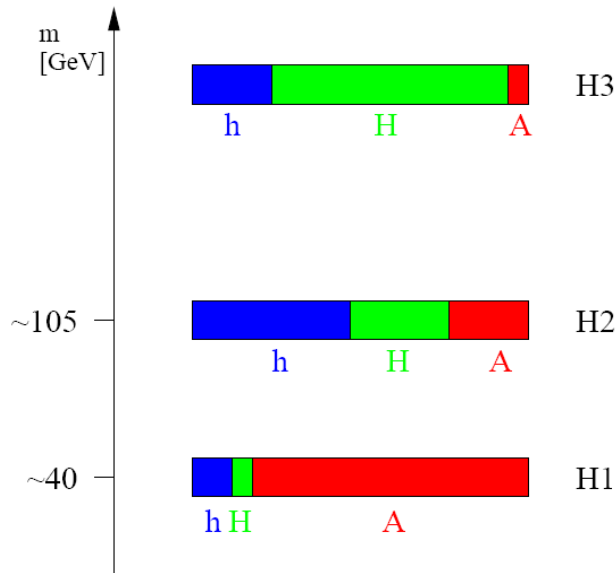
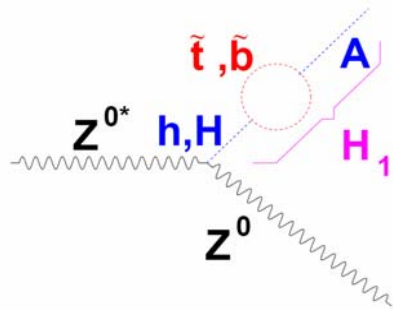
Ausschluss von Bereich
in $\tan\beta$ als Funktion von m_{top}

$$m_h, m_A < 93 \text{ GeV @ 95\%CL}$$



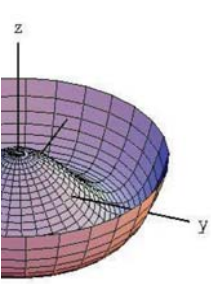
Das Erbe von LEP: Higgs mit CP-Verletzung

Komplexe Phasen in trilinearen Kopplungen können zu Mischung von h, H, A führen:



$$m_{\text{top}} = 174.3 \text{ GeV}$$

„Loch“ bei kleinen Higgs-Massen!
LHC dort sensitiv?



Das Erbe von LEP: Exotika

Ausschlussgrenzen für eine Vielzahl erweiterter Higgs-Modelle

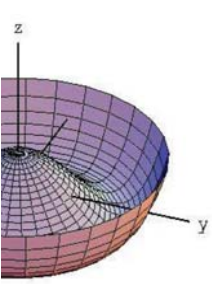
- geladene Higgs-Bosonen
- doppelt geladene Higgs-Bosonen
- unsichtbare Higgs-Zerfälle
- fermiophobische Higgs-Bosonen ($H \rightarrow \gamma\gamma$)
- Higgskontinuum
- zerfallsunabhängige Ausschlussgrenzen

$m > \sim 100 \text{ GeV}$

Aber:

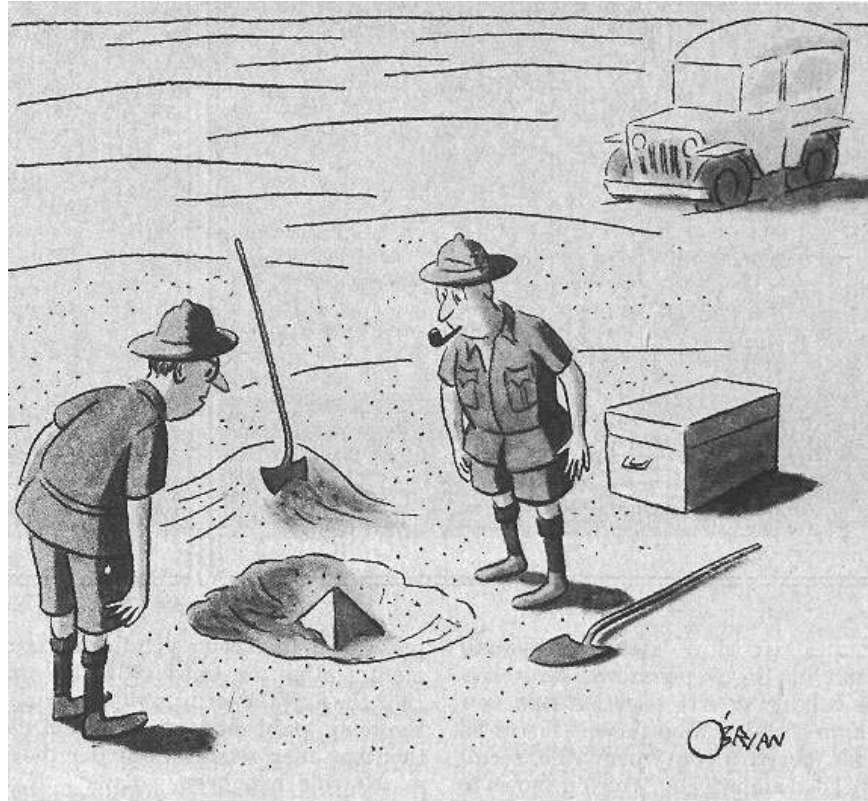
nicht alles unter 100 GeV ist ausgeschlossen!

- (sehr) leichtes CP-ungerades Higgs \rightarrow B-Fabriken?
- Higgs/Radion-Mischung (Randall-Sundrum-Modell)
- MSSM mit CP-Verletzung



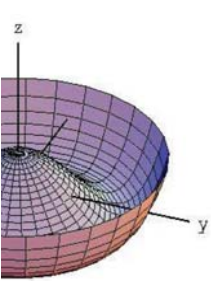
3. Die Jahre der Entscheidung

Tevatron



LHC

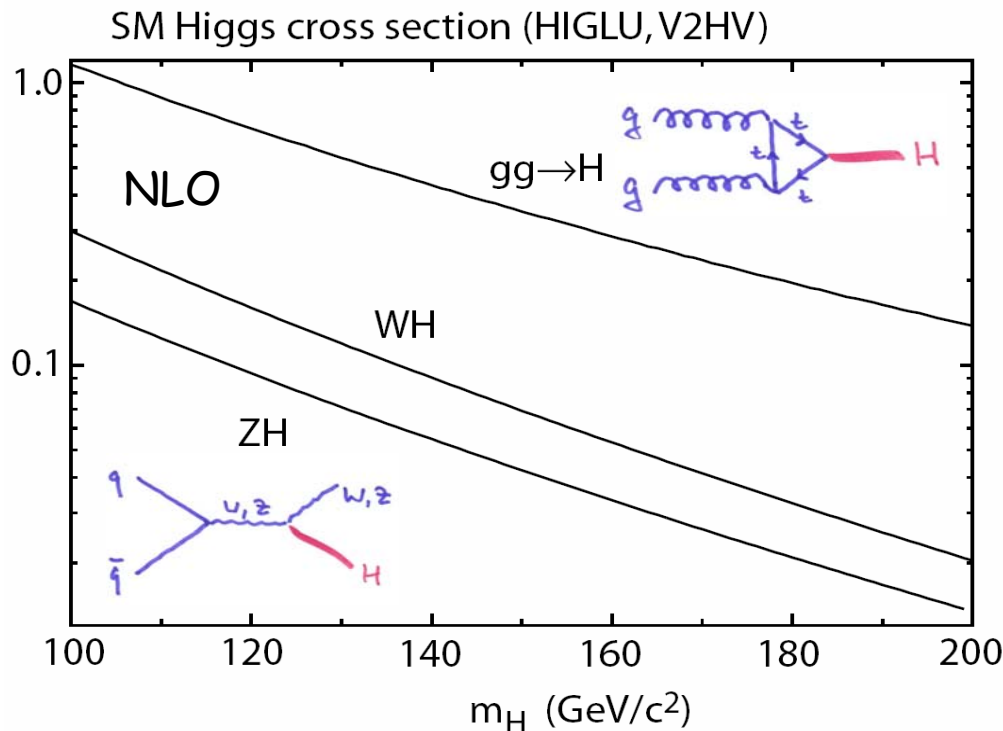
"This could be the discovery of the century. Depending, of course, on how far down it goes."



Higgs-Suche am Tevatron

>1 fb⁻¹/Experiment aufgezeichnet
wenn das SM stimmt wurden schon ca. 1000 Higgs produziert!

8 fb⁻¹ bis Ende 2009 erwartet



$m_H < \sim 135 \text{ GeV}$:

$H \rightarrow b\bar{b}$ nur in
assoziierter Produktion

$ZH \rightarrow l\bar{l}b\bar{b}$

$ZH \rightarrow \nu\nu b\bar{b}$

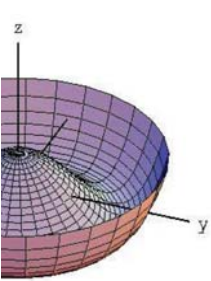
$WH \rightarrow l\nu b\bar{b}$

$m_H > \sim 135 \text{ GeV}$

$H \rightarrow WW \rightarrow l^+\nu l^-\bar{\nu}$

(inklusive)

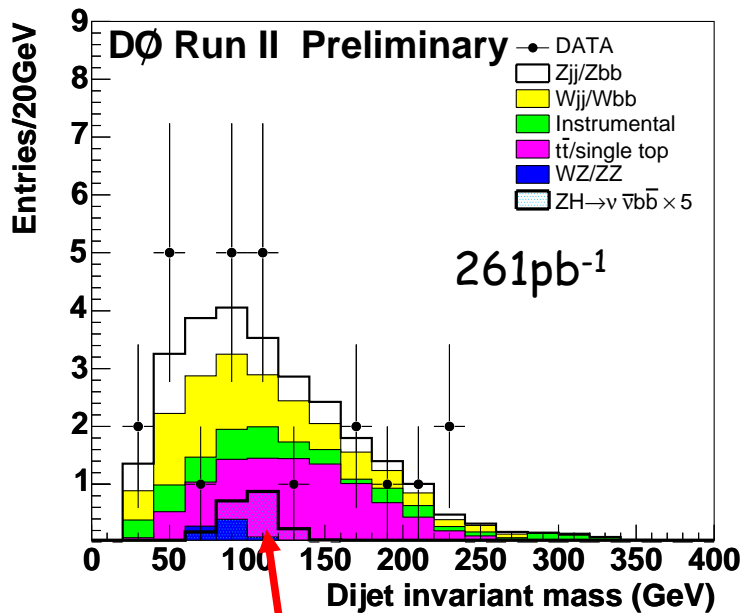
$WH \rightarrow WW \rightarrow l^\pm l^\pm X$
(gleichgelad. Lept.)



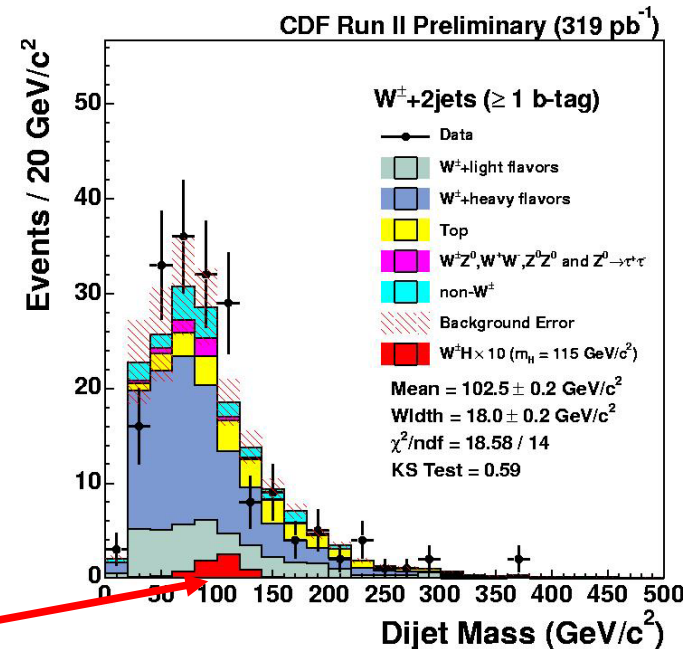
Higgs-Suche am Tevatron

Beispiele:
 $ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}bb$

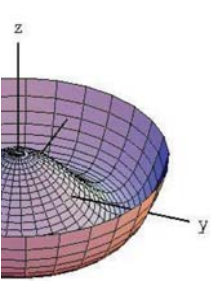
$WH \rightarrow l\nu bb$



SM-Higgs(115) * 10



Bei höherer integrierter Luminosität wird auch besseres S/B benötigt
 -härtere Schnitte, verbessertes b-tagging, multivariate Analysen,...

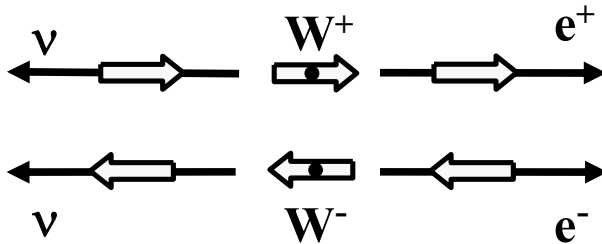


Higgs-Suche am Tevatron

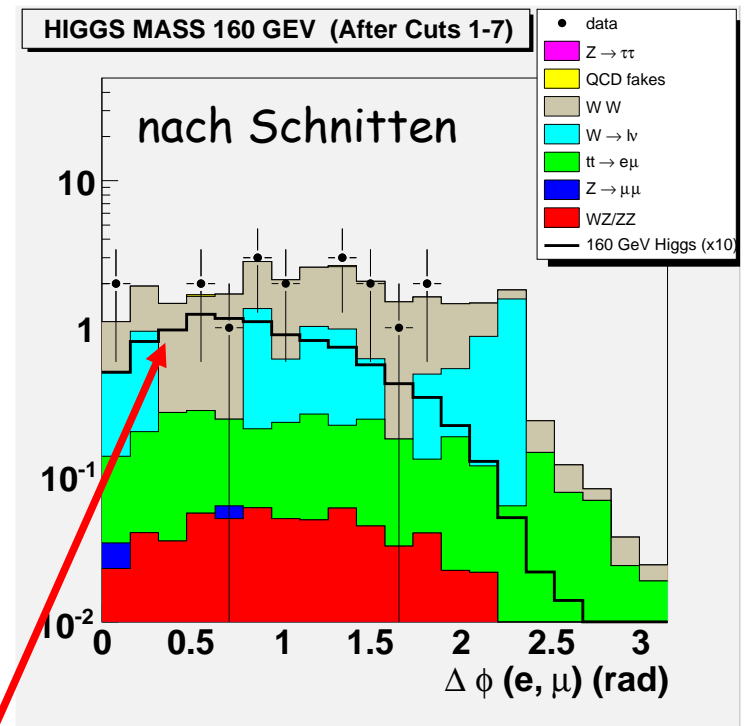
$$H \rightarrow WW \rightarrow l^+ \nu l^- \bar{\nu}$$

Keine Massenrekonstruktion möglich
Ausnutzung der ll -Winkelkorrelation

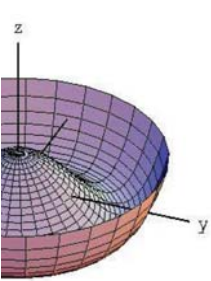
D0 preliminary, 950 pb⁻¹



Leptonen aus $H \rightarrow WW$ sind bevorzugt kollinear



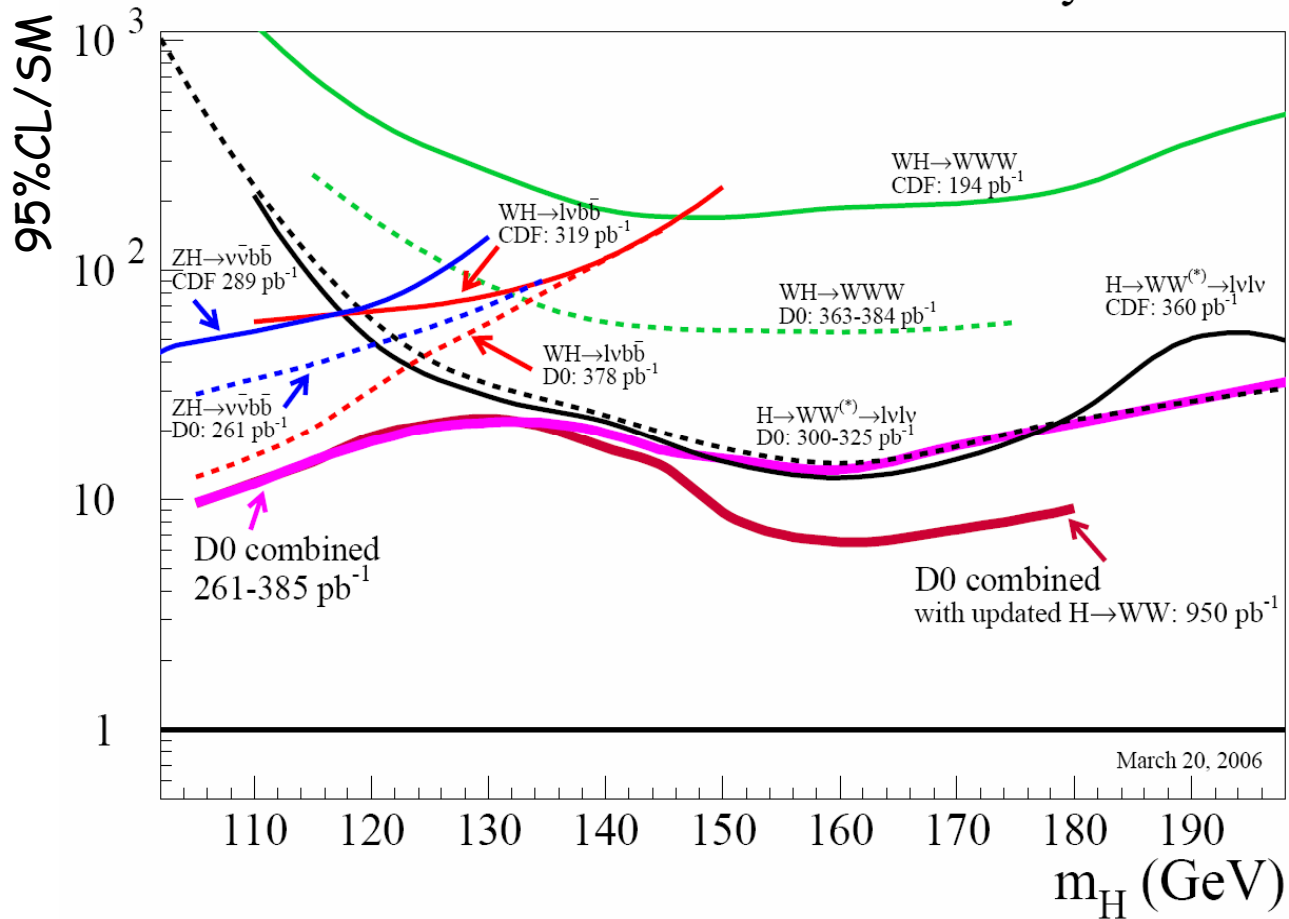
SM-Higgs(160) * 10

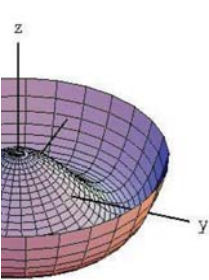


Higgs-Suche am Tevatron

SM-Higgs-Grenzen:

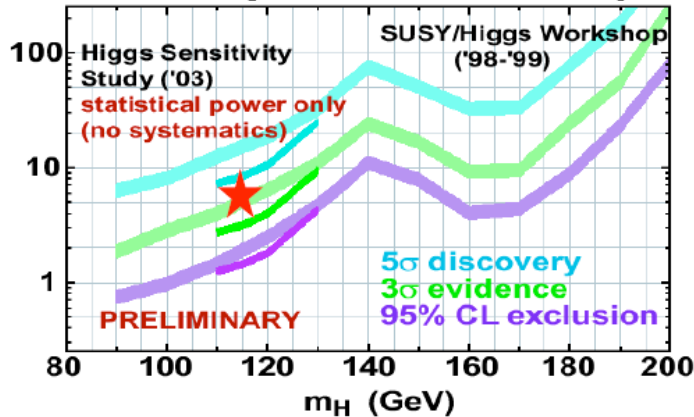
Tevatron Run II Preliminary



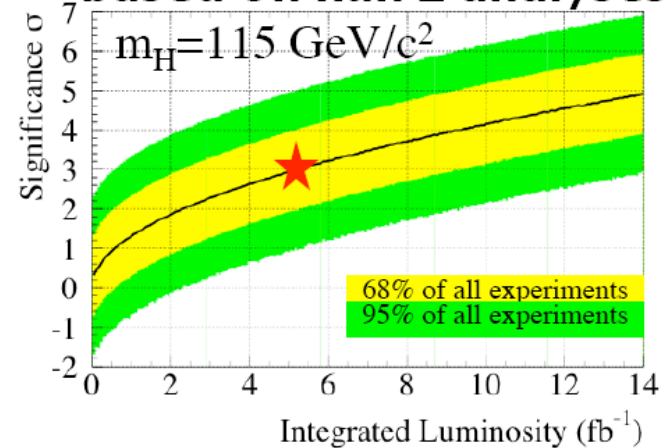


SM-Higgs am Tevatron: Erwartungen

based on pre-Run 2 analyses

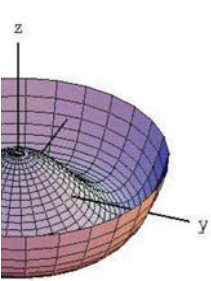


based on Run 2 analyses

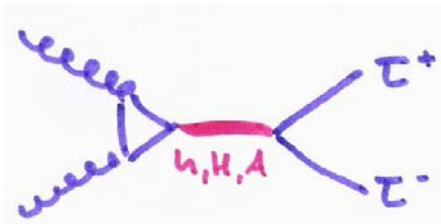


- **Confirmed previous studies with run 2 data experience**
 - Syst. uncertainties increase required luminosity by 40%
 - **95% C.L. exclusion:**
 - $\int L dt = 2-2.5 \text{ fb}^{-1}$: probe LEP excess at $m_H = 115 \text{ GeV}/c^2$
 - $\int L dt = 4.0 \text{ fb}^{-1}$: up to $m_H = 130 \text{ GeV}/c^2$
 - $\int L dt = 8.0 \text{ fb}^{-1}$: up to $m_H = 135 \text{ GeV}/c^2$
- Severely constrains MSSM**
- **3σ evidence: ★**
 - $\int L dt \approx 5.0 \text{ fb}^{-1}$: for $m_H = 115 \text{ GeV}/c^2$

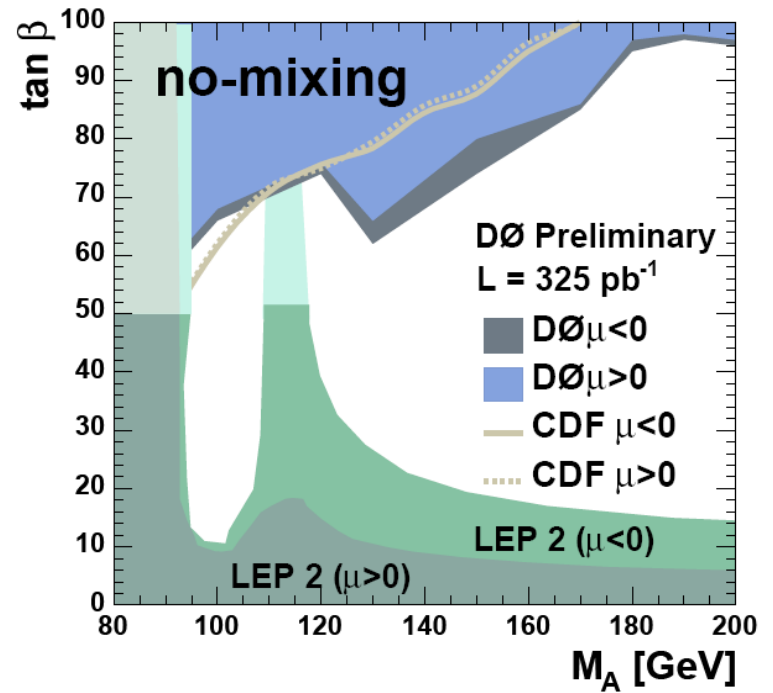
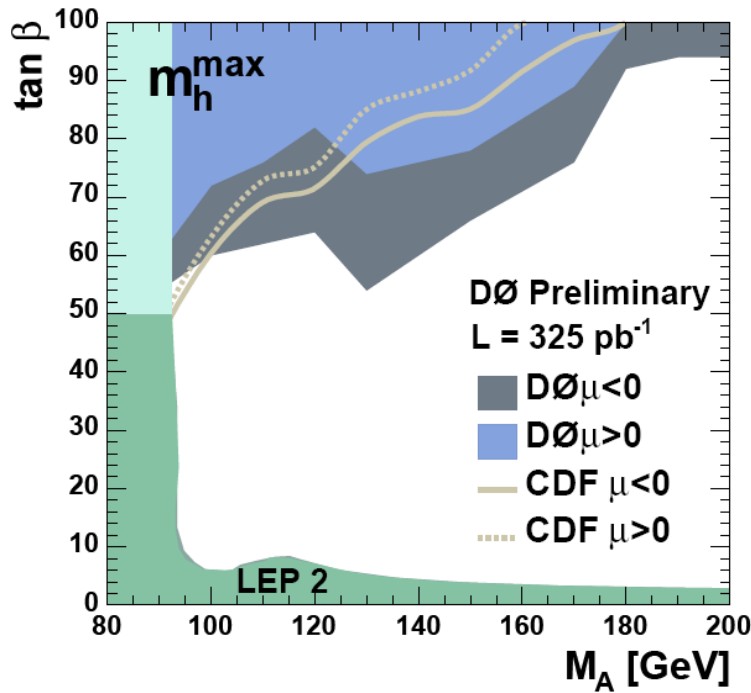
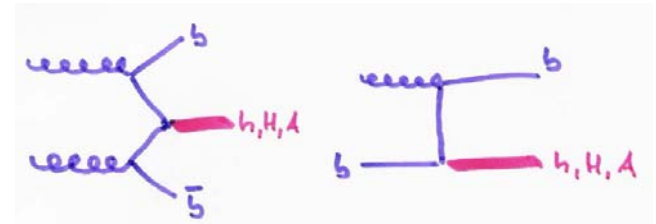
Beate Heinemann



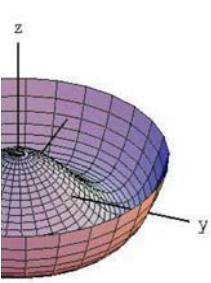
SUSY-Higgs am Tevatron



$$\sigma \sim \tan^2 \beta$$



Suchen beginnen, den physikalisch sinnvollen Bereich anzukratzen...



Vom Tevatron zum LHC: Untergründe modellieren

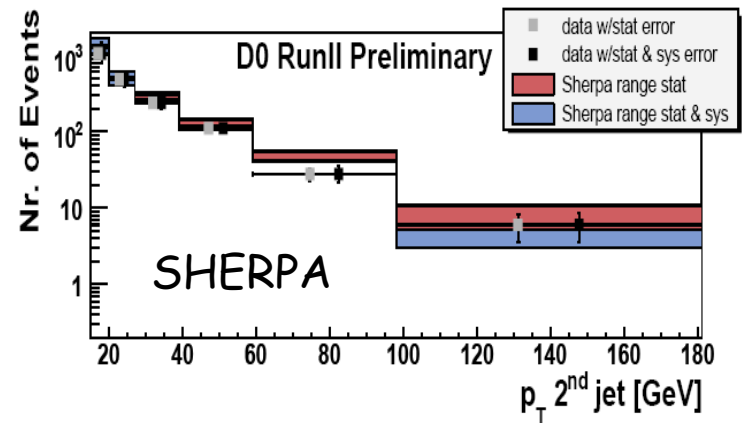
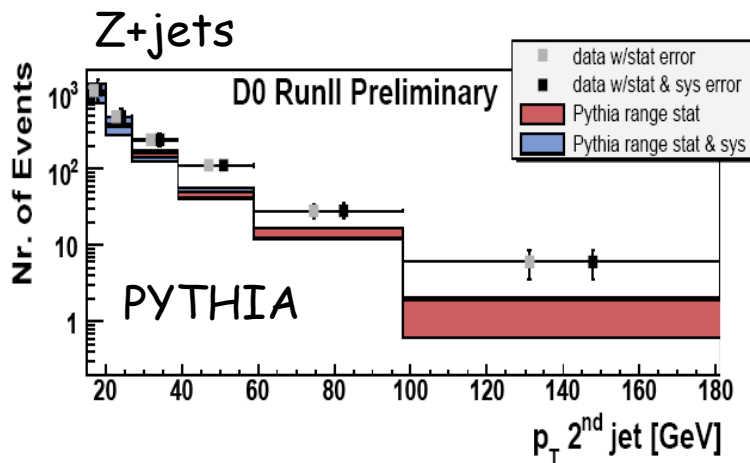
Zum Verständnis der wichtigsten Untergrundprozesse am LHC (Z+jets, W+jets, tt+jets,...) werden Simulationen benötigt, die über LO+Partonschauer hinausgehen.

Neue Entwicklungen:

MC@NLO (bis zu 1 zusätzlicher Jet)

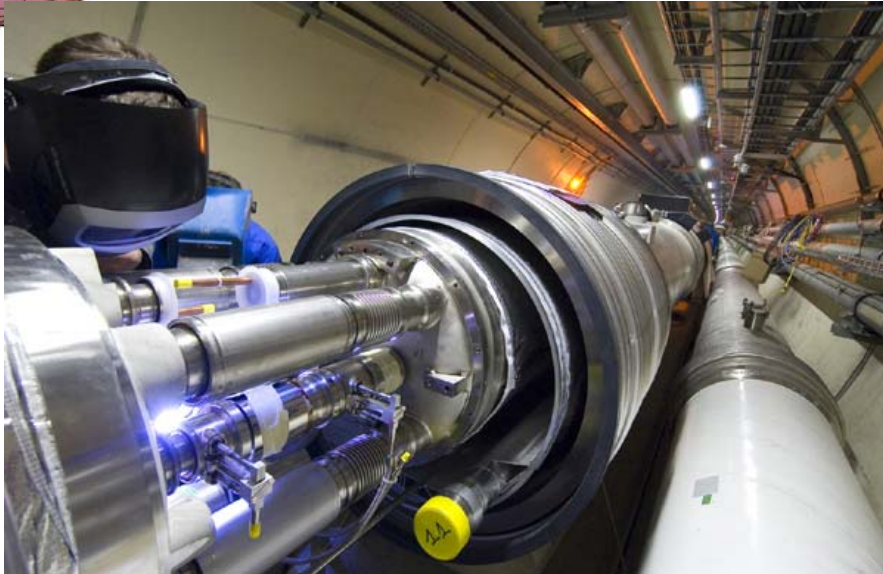
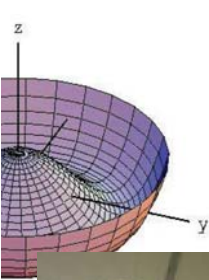
ALPGEN, SHERPA (n zusätzliche Jets als LO Matrix-Element, „matching“ von Matrix-Element und Partonschauer)

Wichtige Tests am Tevatron:

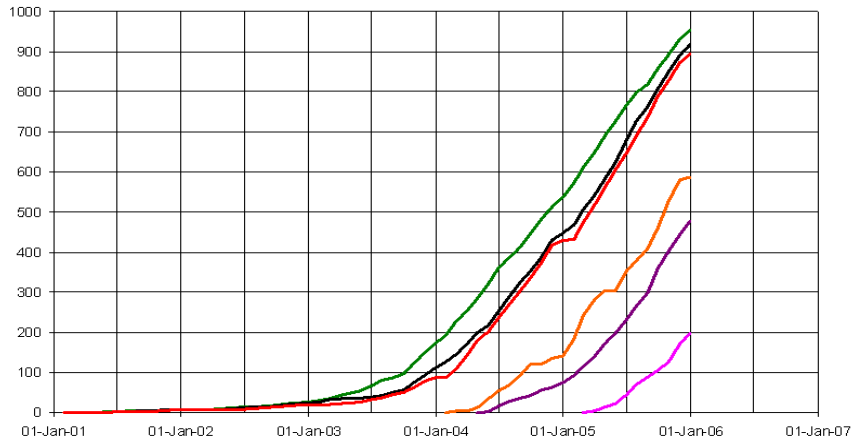
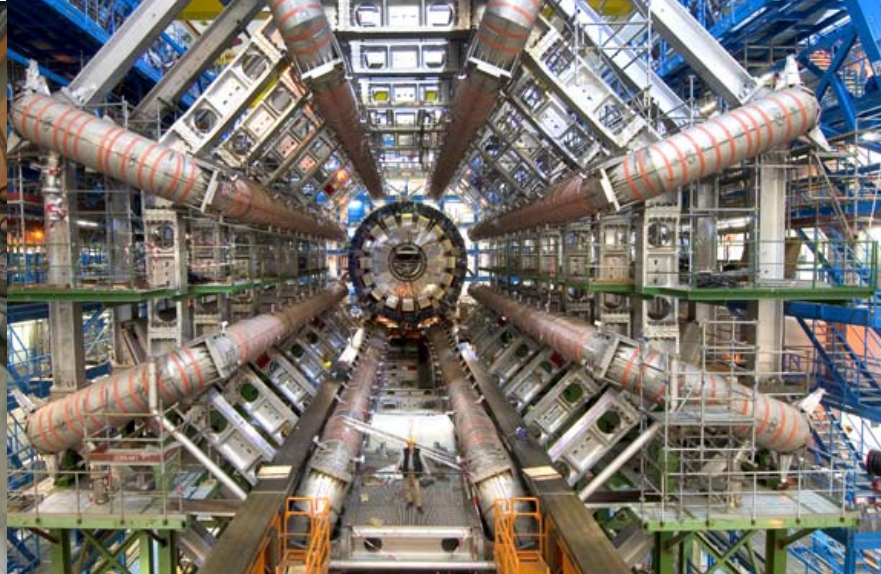


Der LHC wird zur Gegenwart!

K. Desch Dem Higgs-Boson auf der Spur p. 26



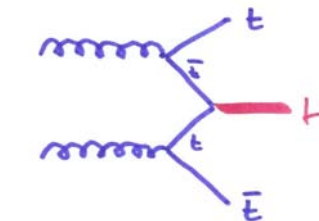
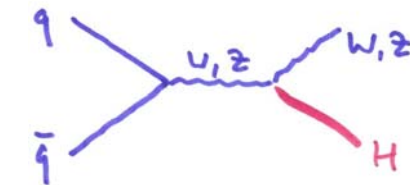
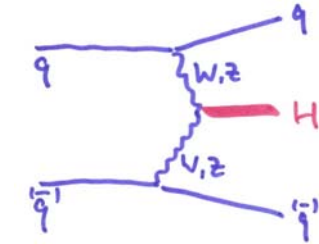
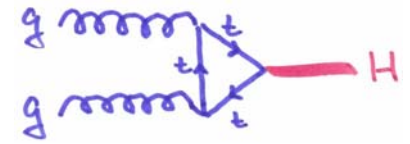
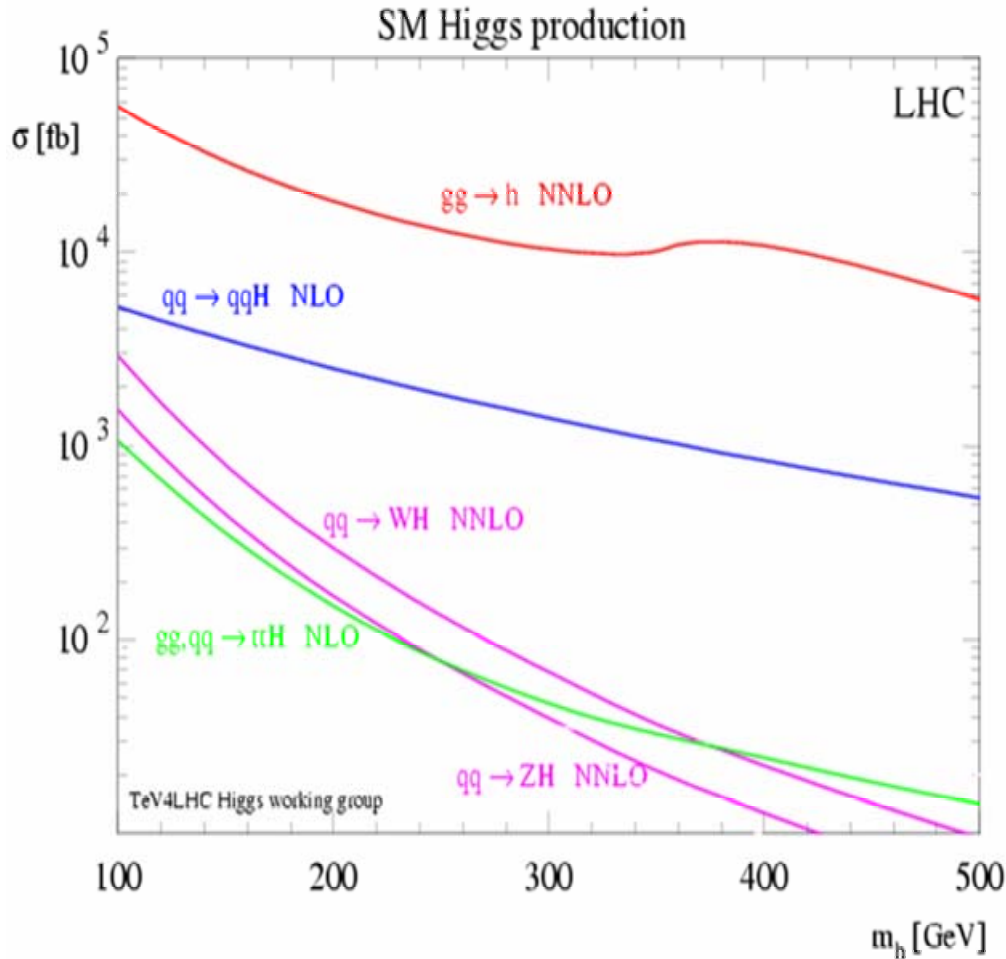
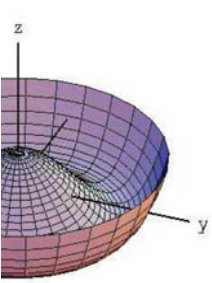
Cryodipole overview

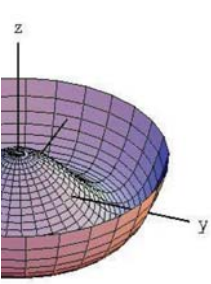


- Cold masses delivered
- Cryodipoles cold tests passed
- Cryodipoles prepared for installation
- Cryodipoles assembled
- Cryodipoles assigned to position in ring
- Cryodipoles installed

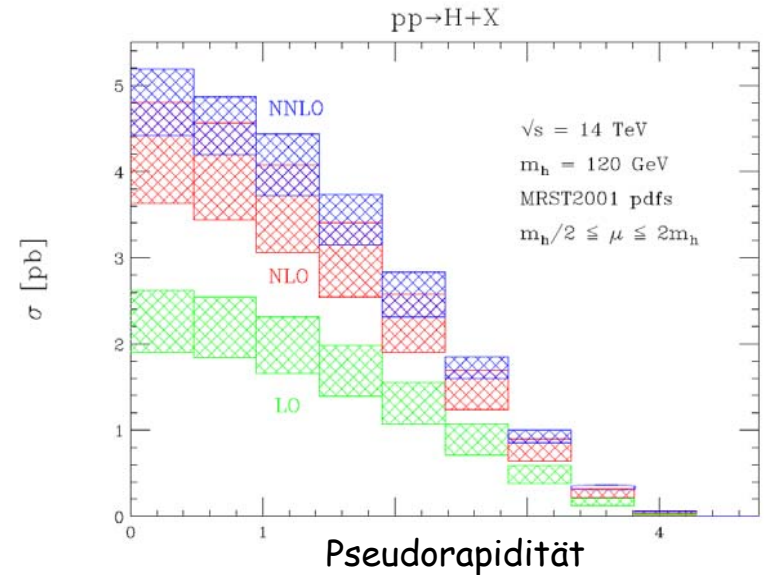
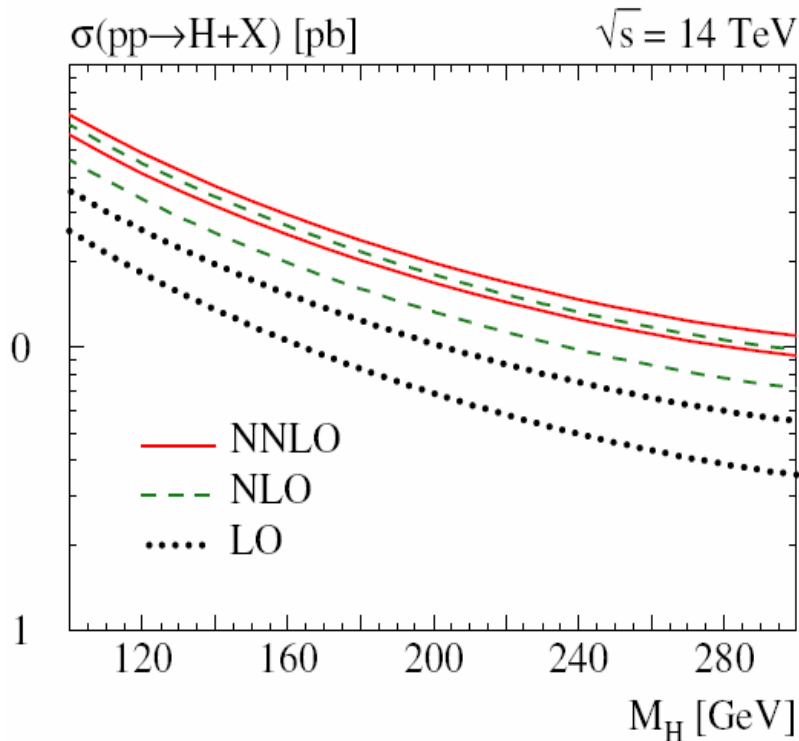


Higgs-Produktion am LHC



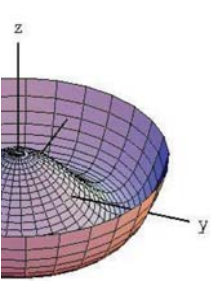


Schleifen-Korrekturen sind wichtig!



komplizierte und mühsame Schleifenrechnungen in NNLO nötig!
wer so etwas kann und tut verdient hohen Respekt!

Wichtig für LHC und ILC



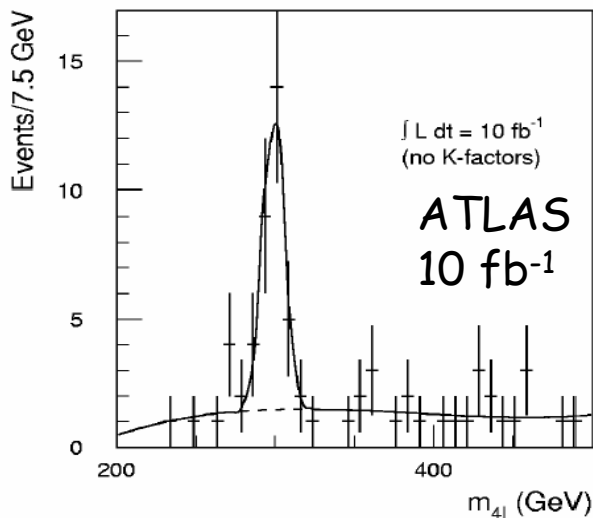
Higgs-Entdeckung am LHC

Vielzahl von Produktionsmechanismen und Zerfallskanälen

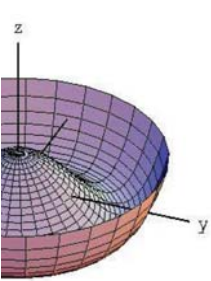
- Inklusive Suche nur in Lepton/Photon Endzuständen möglich ($H \rightarrow \gamma\gamma$, $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$)
- $H \rightarrow bb$ nur in Assoziation mit tt
- $H \rightarrow \tau\tau$ in Assoziation mit Vorwärts-Jets ($qq\tau\tau$)

Nur Endzustände mit Lepton/Photon-Trigger als Entdeckungs-Kanäle

Goldener Kanal für $m_H \gtrsim 140$ GeV:



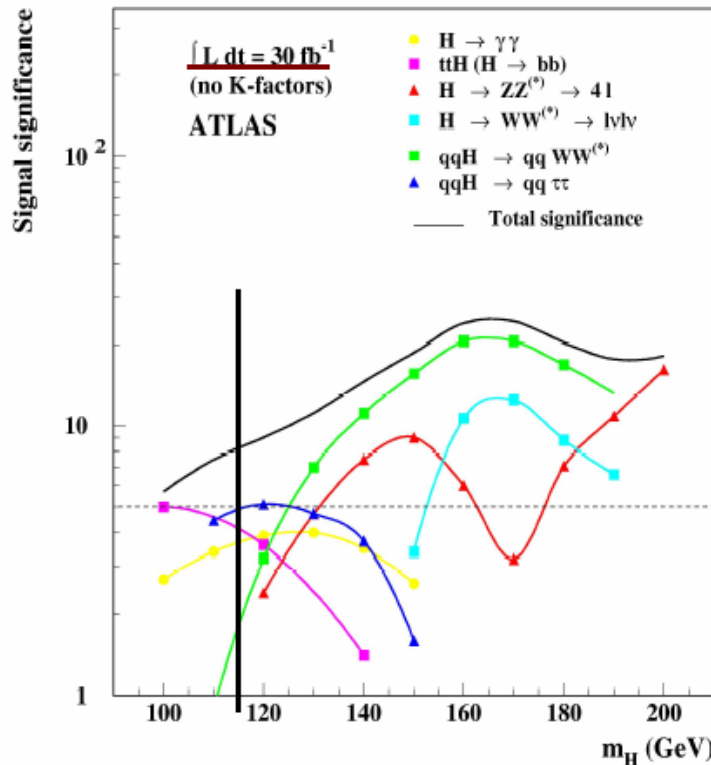
- sehr moderater Untergrund
- $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$ hat höhere Rate, aber keine Massenrekonstruktion (nicht ideal für Entdeckung)
- benötigt 3-4 fb^{-1} für Entdeckung ($m_H > 180$ GeV oder $m_H = 135-155$ GeV)



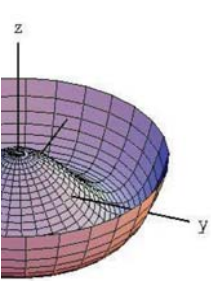
Higgs-Entdeckung am LHC

Leichtes ($m_H < 140$ GeV) Higgs:

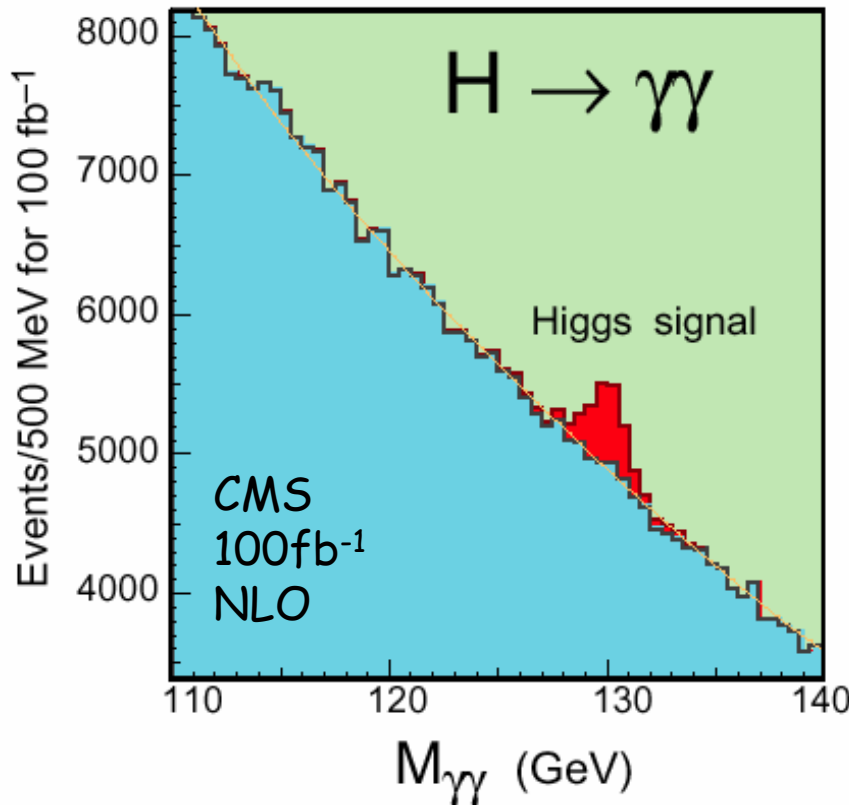
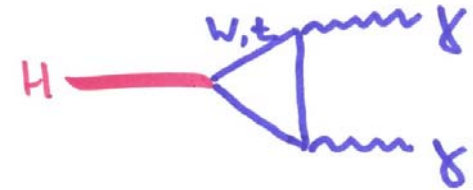
frühe Entdeckung (10 fb^{-1}) durch Kombination von 3 Kanälen möglich
(Fluch oder Segen?)



$m_H = 115 \text{ GeV}$	Signifikanz für 10 fb^{-1} :		
	S	B	S/\sqrt{B}
$H \rightarrow \gamma\gamma$	130	4300	2.0
$ttH, H \rightarrow bb$	15	45	2.7
$qqH, H \rightarrow \tau\tau$	10	10	2.7
Kombiniert: $\sim 4\sigma$			



Inklusive Suche nach $H \rightarrow \gamma\gamma$

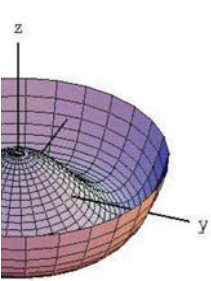


dominanter irreduzibler Untergrund
 $pp \rightarrow \gamma\gamma + X$

reduzibler Untergrund
 $pp \rightarrow \gamma\pi^0 + X$
 schwer zu berechnen
 (Fragmentation, Isolation)

Benötigt optimale Massenauflösung
 $\sigma_M/M = 1\%$

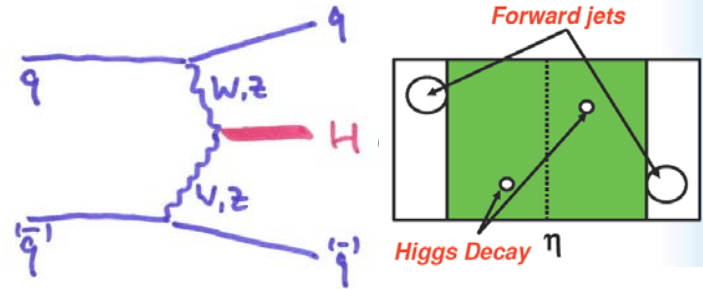
Untergrund aus Seitenband



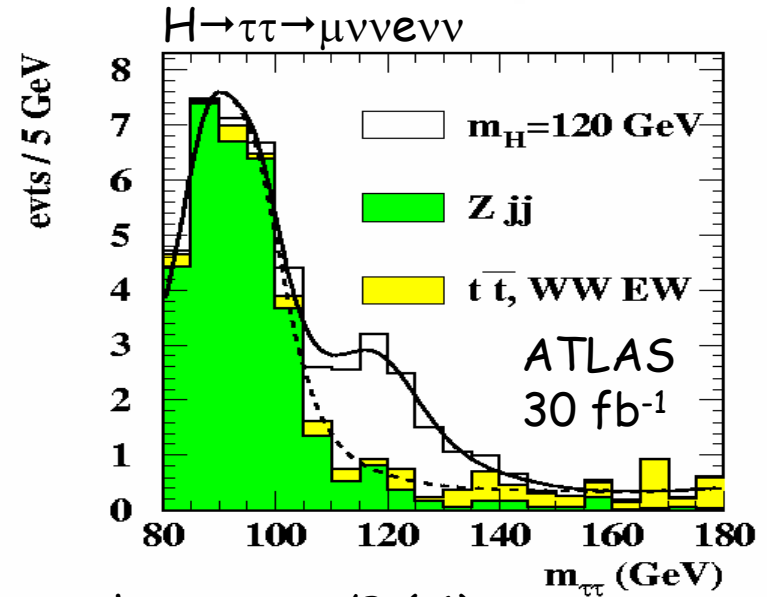
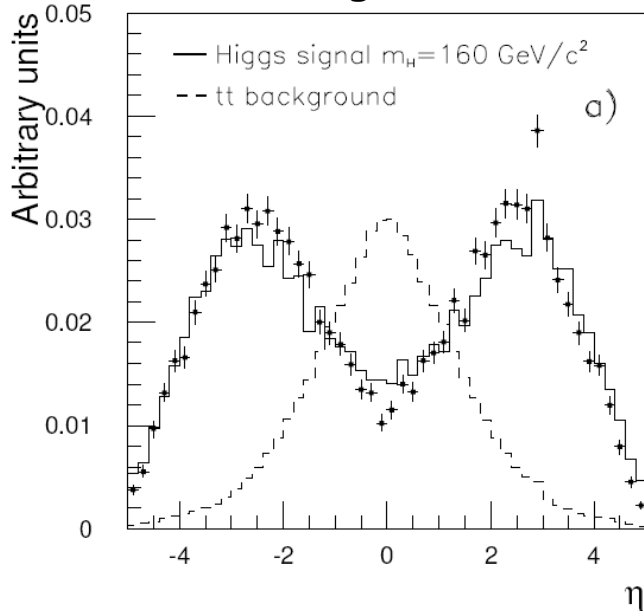
Vektorboson-Fusion

Nach Gluon-Fusion nächstgrößerer WQ
 Untergrundunterdrückung durch

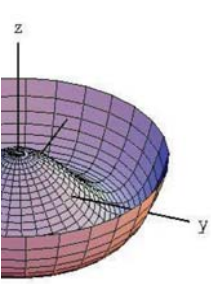
- Vorwärts-Jets
- Kein Farbfluss im Zentralbereich:
 Rapiditylücke



Winkelverteilung der Jets:

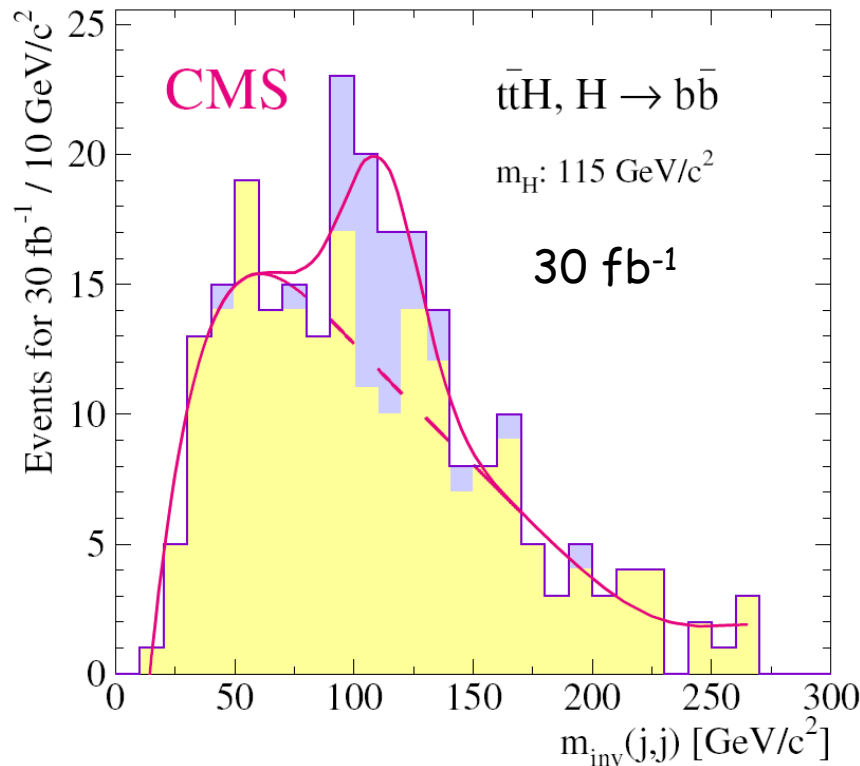


- sehr gutes S/B (>1)
- kritisch:
- Effizienz der Vorwärtsjet-Erkennung
- zentrales Jet-Veto



Assoziierte top-Higgs-Produktion

Bislang einziger zugänglicher Kanal im dominanten $H \rightarrow b\bar{b}$ -Zerfall
Endzustand: $t\bar{t}H \rightarrow bWbWb\bar{b} \rightarrow blvbjjbb$

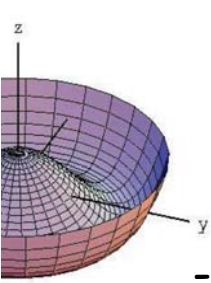


trägt bei niedrigen m_H
zum Entdeckungspotenzial bei

Zugang zur Top-Yukawa-Kopplung

kritisch:

- b-tagging
- $t\bar{t}$ +jets-Untergrund
- Bestimmung des Untergrundes aus Daten

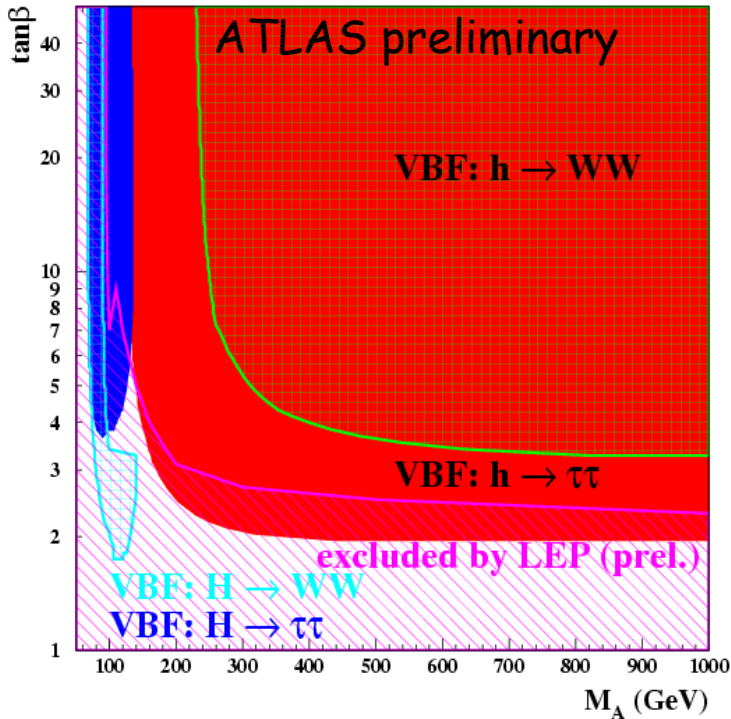


Higgs in SUSY

- mindestens ein MSSM-Higgs-Boson kann im gesamten Parameterbereich gesehen werden
- für große $\tan\beta$ Entdeckung von H/A und H^\pm möglich ($H/A \rightarrow \tau\tau, \mu\mu, H^\pm \rightarrow \tau\nu$)

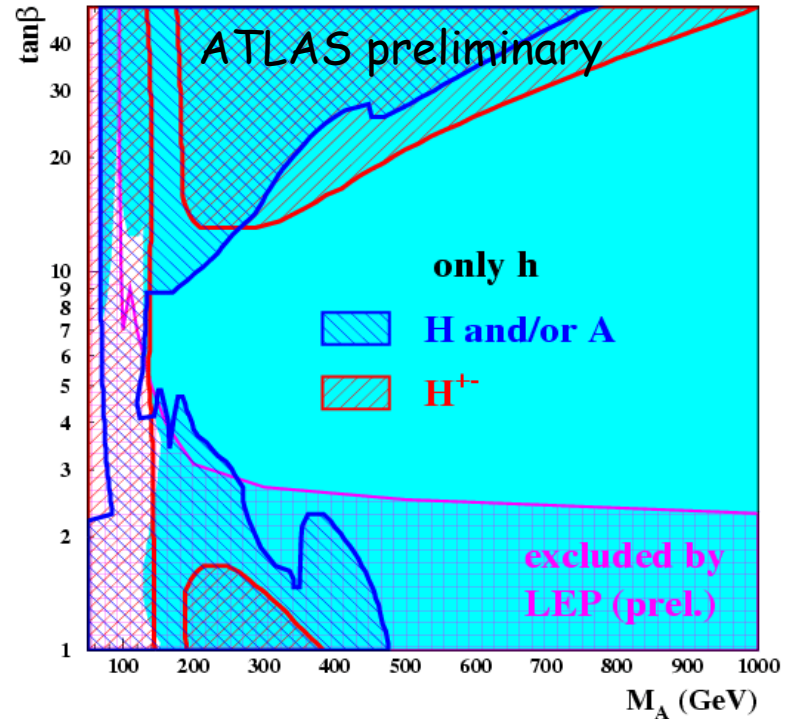
VBF, 30fb^{-1}

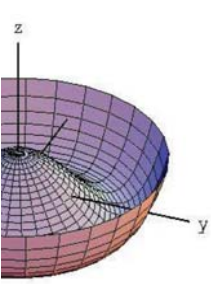
MHMAX scenario



300fb^{-1}

MHMAX scenario





4. Nach der Entdeckung...

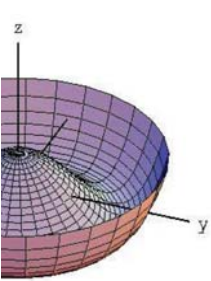
Peak im Massenspektrum ist noch kein Beweis für Higgs-Mechanismus

Nötige Messungen:

- Masse, totale Breite
- Spin, $CP = 0^+$
- Kopplung an Vektorbosonen $\sim m_V$
- Kopplung an Fermionen $\sim m_f$ (Yukawa-Mechanismus)
- Selbstkopplung des Higgs-Bosons (Form des Higgs-Potentials)

Ziel:

1. Bestätigung des Higgs-Mechanismus
2. Realisierung des Higgs-Sektors (1 Dublett oder komplizierter)
 - Sensitivität auf Physik jenseits des Standardmodells



Messungen am LHC

Higgs-Masse

<140 GeV: aus $H \rightarrow \gamma\gamma$

>140 GeV: aus $H \rightarrow 4l$

$$\Delta m/m \sim 10^{-3}$$

totale Breite:

nicht möglich für $m < 200 \text{ GeV}$
 ($\Gamma_{\text{Higgs}} \ll \Gamma_{\text{Detektor}}$)

$$\Delta\Gamma/\Gamma \sim 20\% \quad (250 \text{ GeV})$$

$$\Delta\Gamma/\Gamma \sim 5\% \quad (400 \text{ GeV})$$

aus Linienbreite in $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

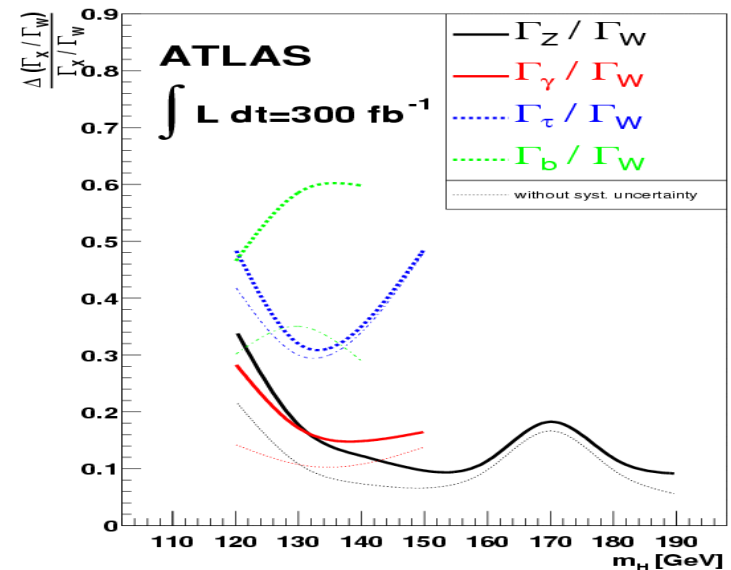
Kopplungen:

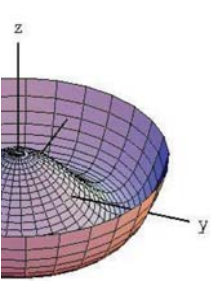
Produktionsraten enthalten
 immer Produkte von Kopplungen

Verhältnisse von Raten \sim

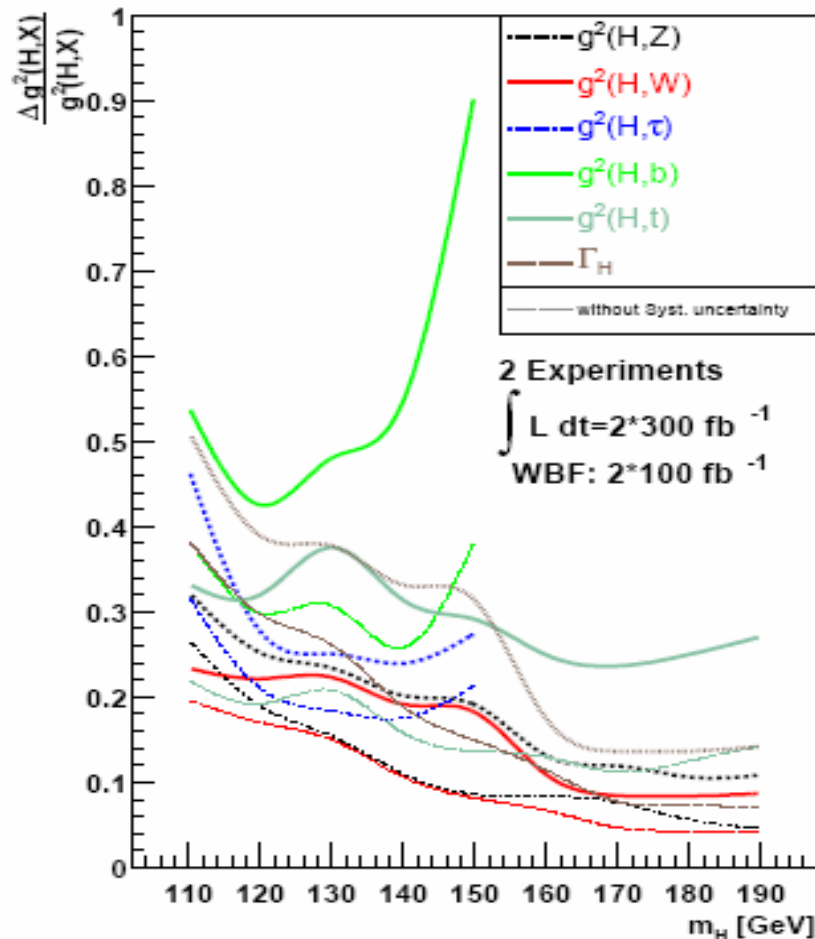
Verhältnisse von Partialbreiten

globaler Fit mit 13 Endzuständen





Messungen am LHC



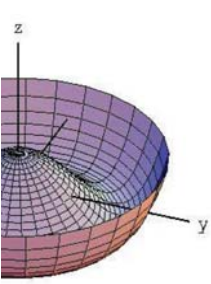
Extraktion der absoluten Kopplungen mit Modellannahmen:

$$- g_V \leq g_V^{SM}$$

→ Extraktion der absoluten Kopplungen

Präzision auf $\Delta g^2/g^2 \sim 20\text{-}50\%$ für Z, W, τ, b, t

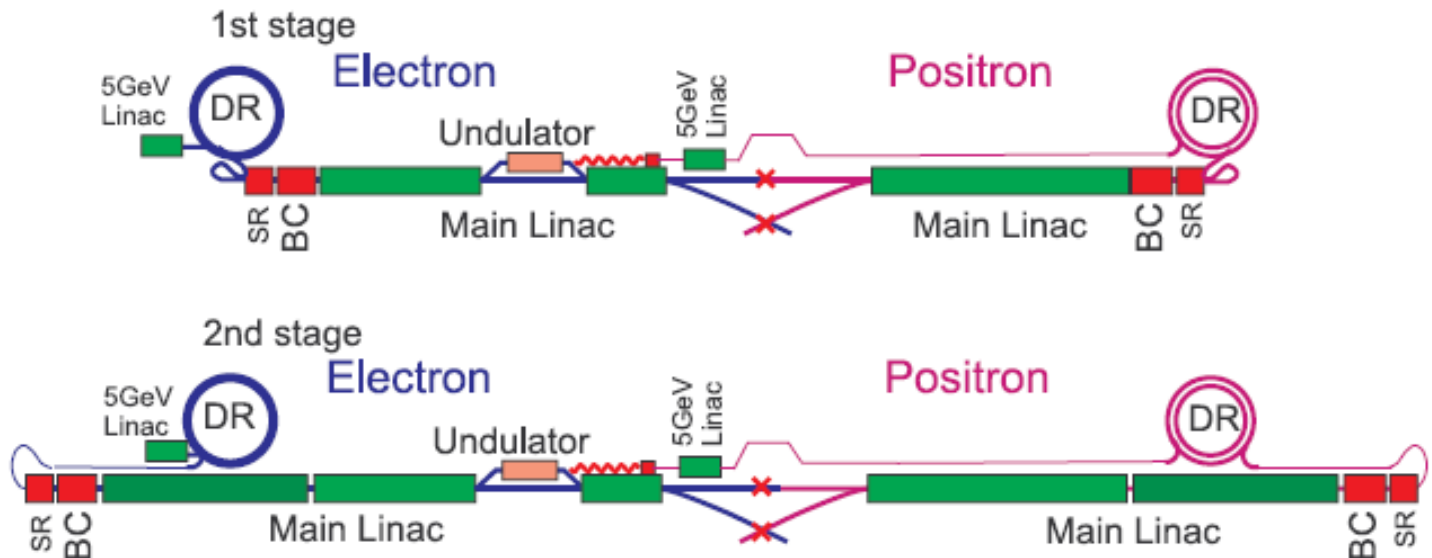
großer Beitrag des syst. Fehlers (QCD+PDF-Unsicherheit in Produktionsquerschnitt)



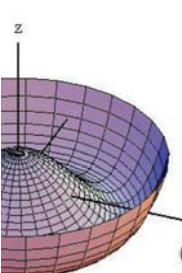
Higgs am ILC

Zur genauen Untersuchung des Higgs-Mechanismus sind e^+e^- - Kollisionen unverzichtbar!

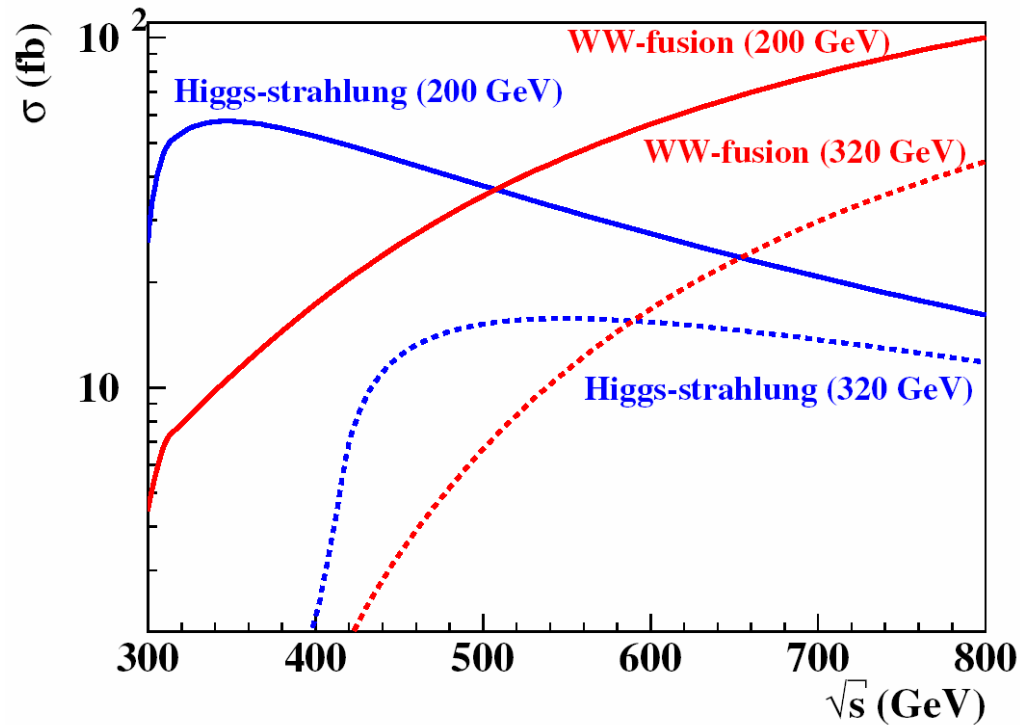
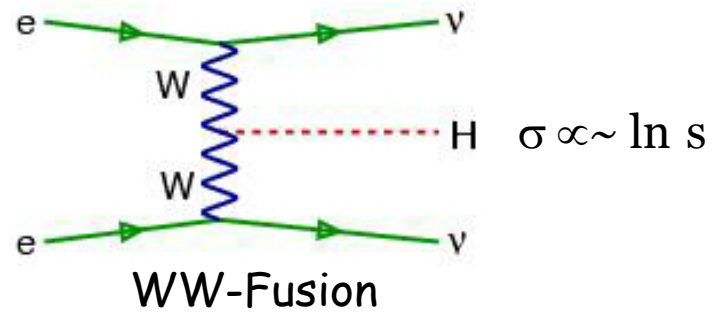
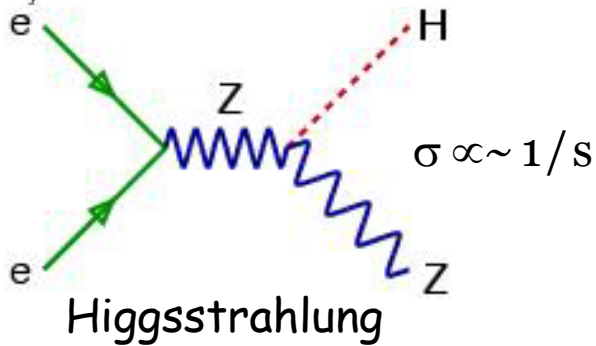
Eine der Hauptmotivationen für den International Linear Collider ILC

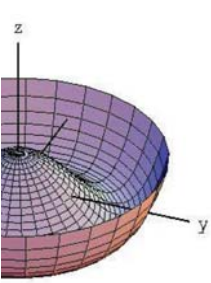


ILC wird ein Präzisionslabor für Higgs-Physik!



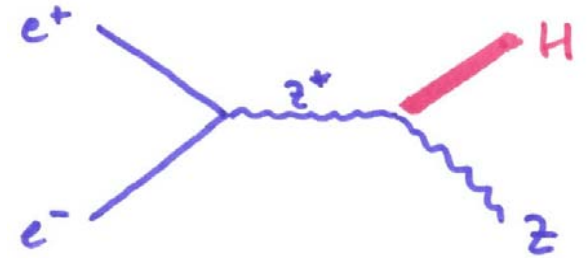
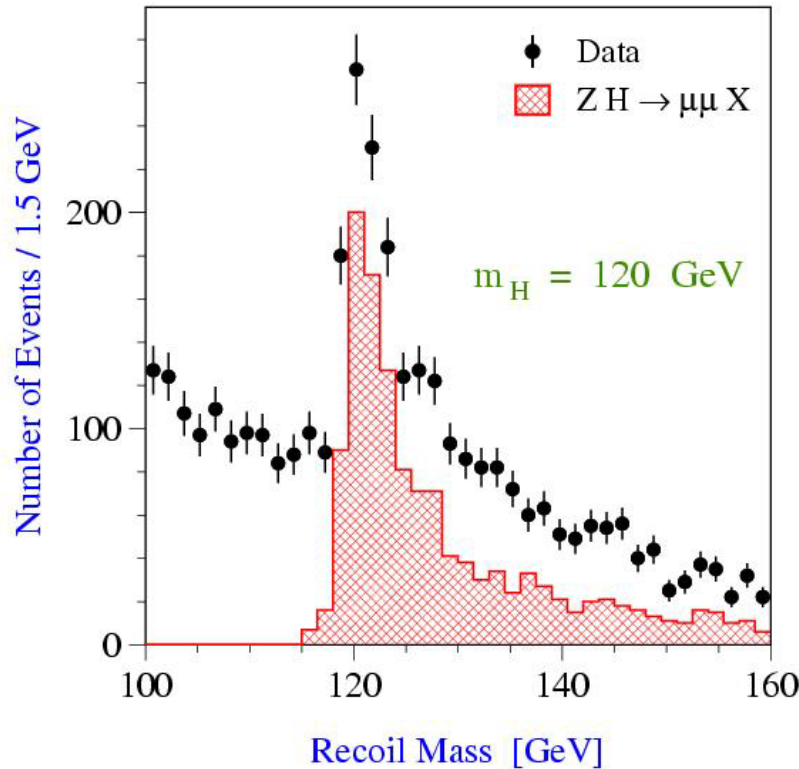
Higgs Produktionsprozesse am ILC





Das Higgs sehen ohne hinzusehen

Anker der Higgs-Physik am ILC:
zerfallsunabhängiger Nachweis



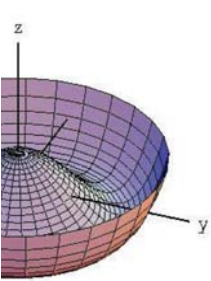
$$m_H^2 = (p_{\ell\ell} - p_{\text{initial}})^2$$

Rückstoßmasse

$$\Delta\sigma/\sigma \sim 2\%$$

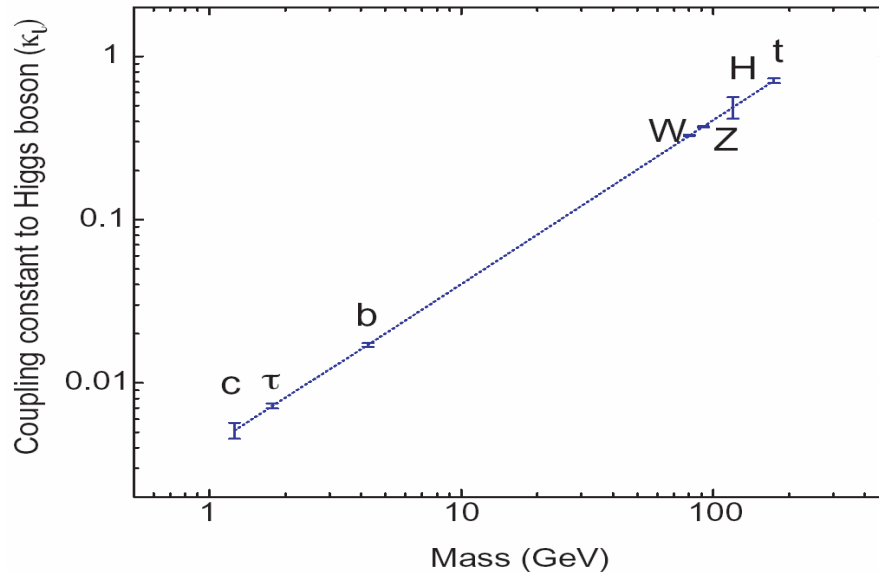
$$\Delta m/m \sim 50 \text{ MeV}$$

$$HZ\text{-Kopplung} \sim 1\%$$



Higgs-Verzweigungsverhältnisse

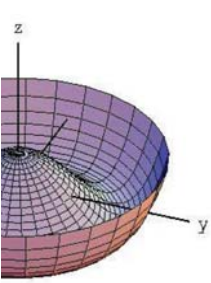
Beste Möglichkeit zur Überprüfung des Yukawa-Mechanismus
 $\Gamma(H \rightarrow ff) \sim m_f ?$



Präzision: ~%

Am ILC ist die Messung **absoluter** Verzweigungsverhältnisse möglich, wegen der zerfallsunabhängigen Messung von g_{HZ} :

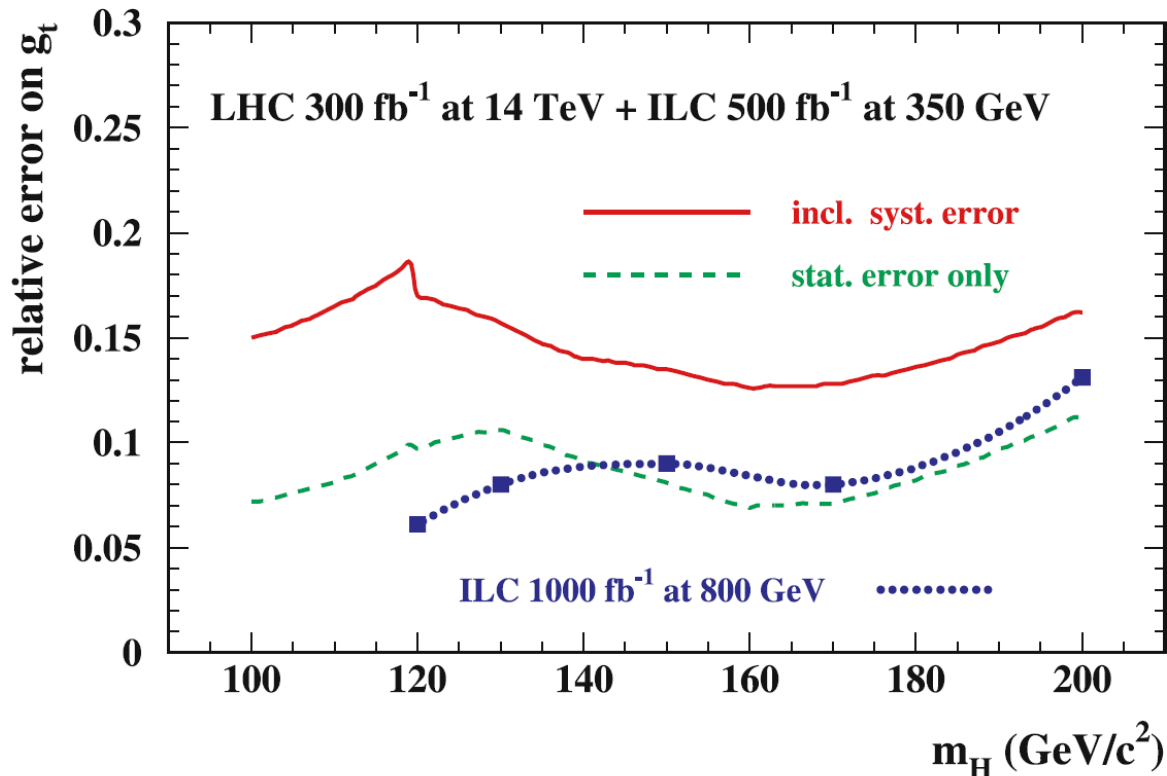
$$BR(H \rightarrow X) = \frac{[\sigma(HZ) \cdot BR(H \rightarrow X)]^{\text{meas}}}{\sigma(HZ)^{\text{meas}}}$$

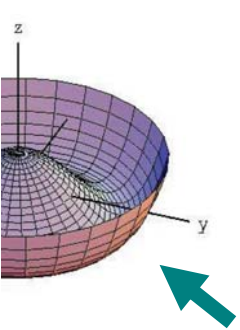


Top Yukawa Kopplung: LHC+ILC Synergie

LHC: Messung von
 $\sigma_{t\bar{t}h} \times \text{BR}(H \rightarrow b\bar{b})$
 $\sigma_{t\bar{t}h} \times \text{BR}(H \rightarrow W\bar{W})$
 $\rightarrow g_t^2 \times \text{BR}(H \rightarrow x\bar{x})$

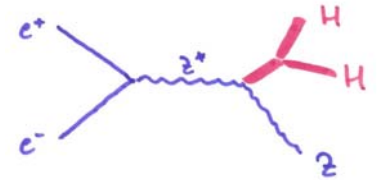
ILC: Messung der BRs
 $\text{BR}(H \rightarrow b\bar{b})$
 $\text{BR}(H \rightarrow W\bar{W})$





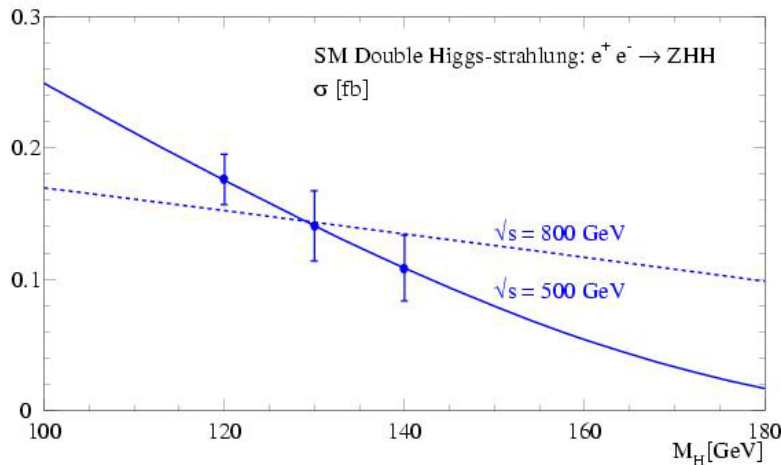
Higgs Selbstkopplung

Eng verknüpft mit der Form des Higgs-Potenzials
 → wichtigster Test des Mechanismus der spontanen Symmetriebrechung

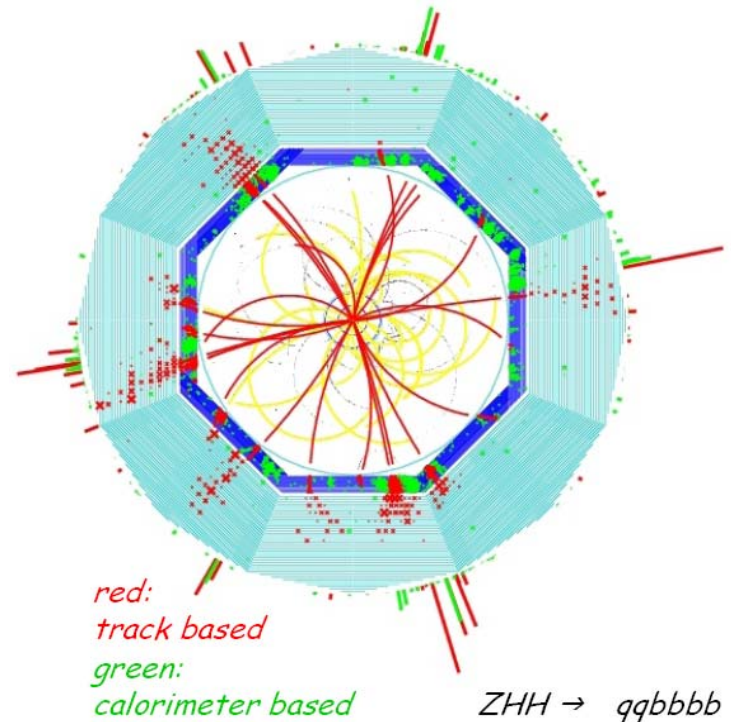


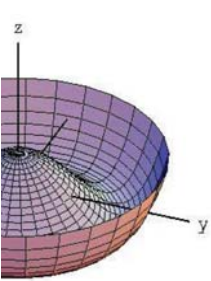
Messung am LHC nicht möglich

ILC: doppelte Higgs-Strahlung:



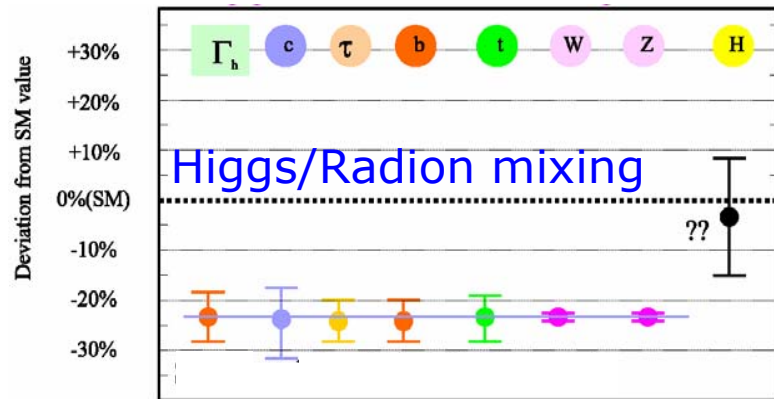
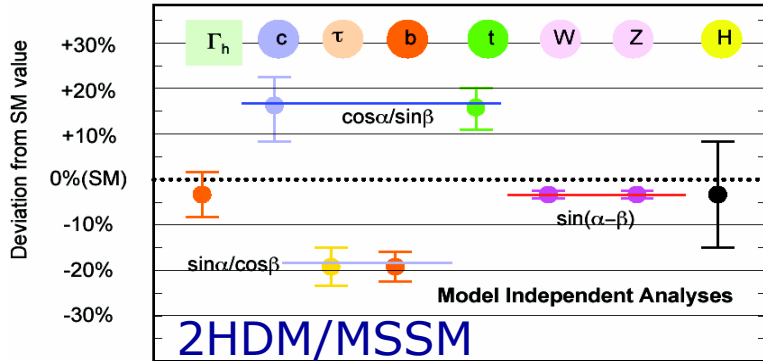
$\Delta\lambda/\lambda = 20\% @ 500 \text{ GeV}$
 $12\% @ 1 \text{ TeV} (?)$



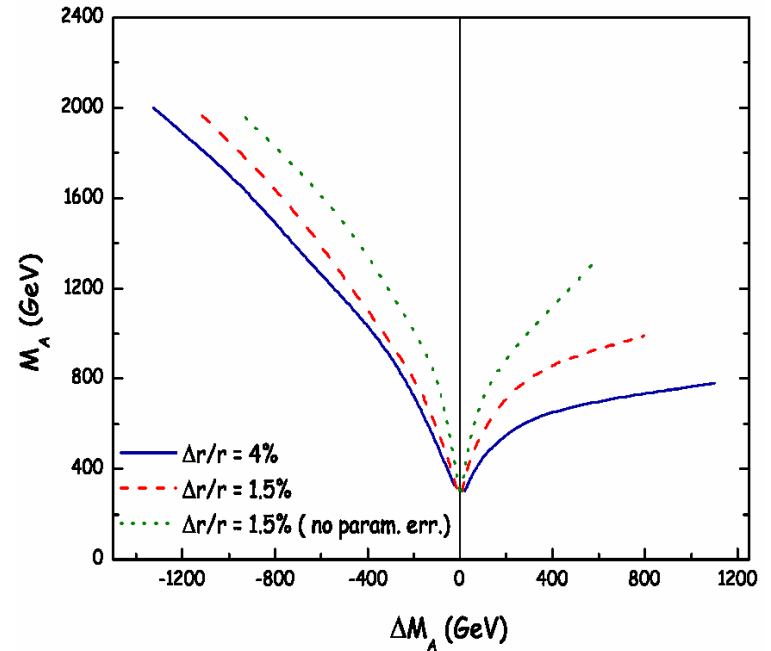


Warum ist die Präzision wichtig?

Modelle unterscheiden:

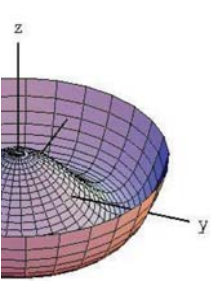


Indirekte Bestimmung der Masse des schweren Higgs-Bosons (MSSM):



$\Delta m_A = 30\%$ für $m_A = 800$ GeV

Photon collider: direkte Produktion von H, A bis ~ 800 GeV am ILC(1000)



Zusammenfassung

Konzept des Higgs-Mechanismus hält seit 42 Jahren experimentellen Tests Stand - ohne bisher experimentell bestätigt zu sein!

Beste Komplettierung des SM - aber nicht garantiert

Mit Tevatron und (vorallem) LHC haben wir Werkzeuge um bald zu wissen ob es (mindestens) ein Higgs-Boson gibt

Suchen am Tevatron - kann noch Konkurrenz zum LHC werden?

Vorbereitung auf die Analysen am LHC geht jetzt in die kritische Phase

Zur Untersuchung dieses fundamental neuen Mechanismus ist ein Elektron-Positron-Collider (ILC) unverzichtbar

~40 Vorträge in den Parallelsitzungen: wir sind aktiv!

Danke an P.Jonsson,C.Nöding,A.Safonov,M.Schumacher,M.Titov u.v.a.