

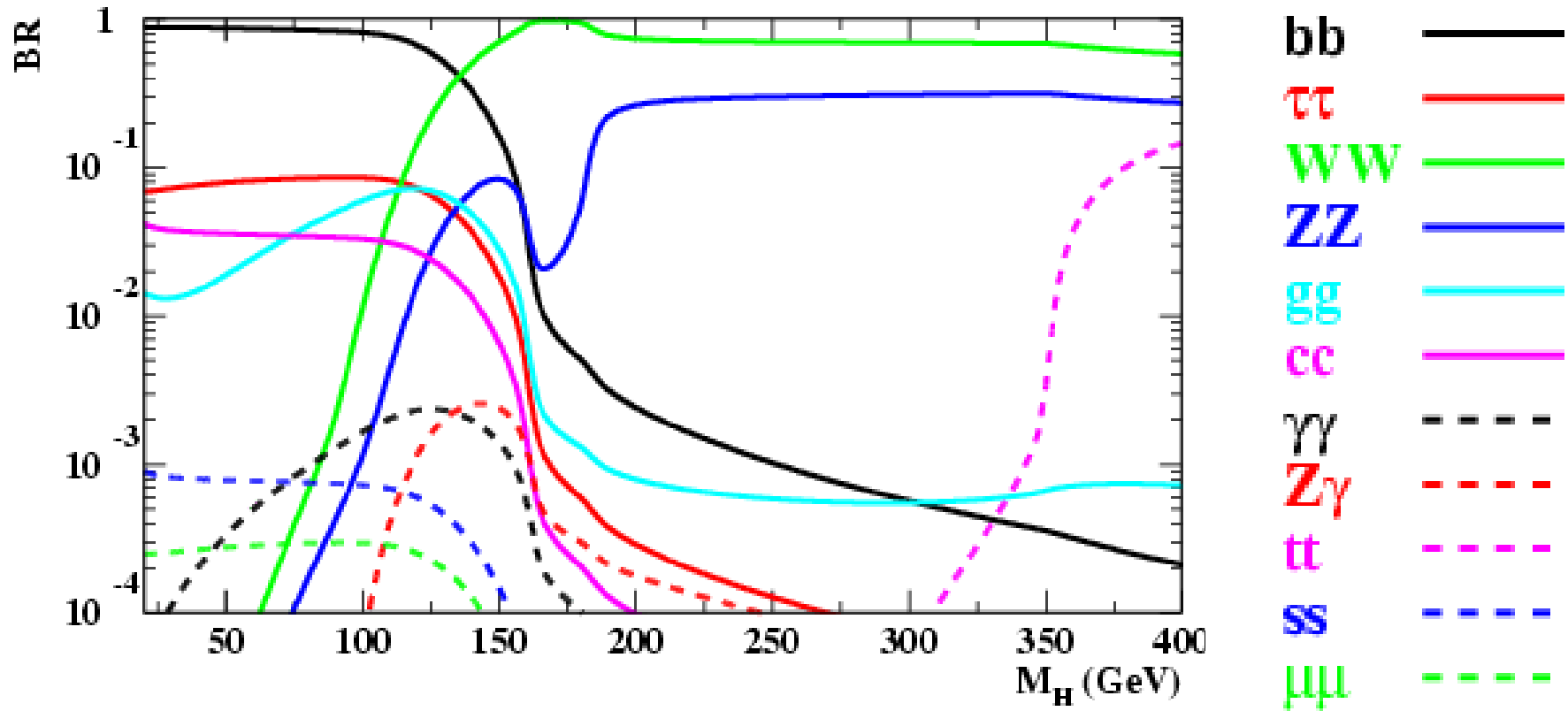
Higgs-Physik und Phänomenologie jenseits des Standardmodells

Dr. Jochen Dingfelder und Prof. Markus Schumacher
Freiburg / Sommersemester 2009

Kapitel 1: Higgs-Physik im Standardmodell

- 1.1 Theorie und Phänomenologie**
- 1.2 Stand der Suche und Entdeckungspotenzial am LHC**
- 1.3 Untersuchung des Higgs-Sektors am LHC und ILC**
- 1.4 Probleme des SM-Higgs-Sektors und möglicher
Erweiterungen und Alternativen**

Verzweigungsverhältnisse des SM Higgs Bosons

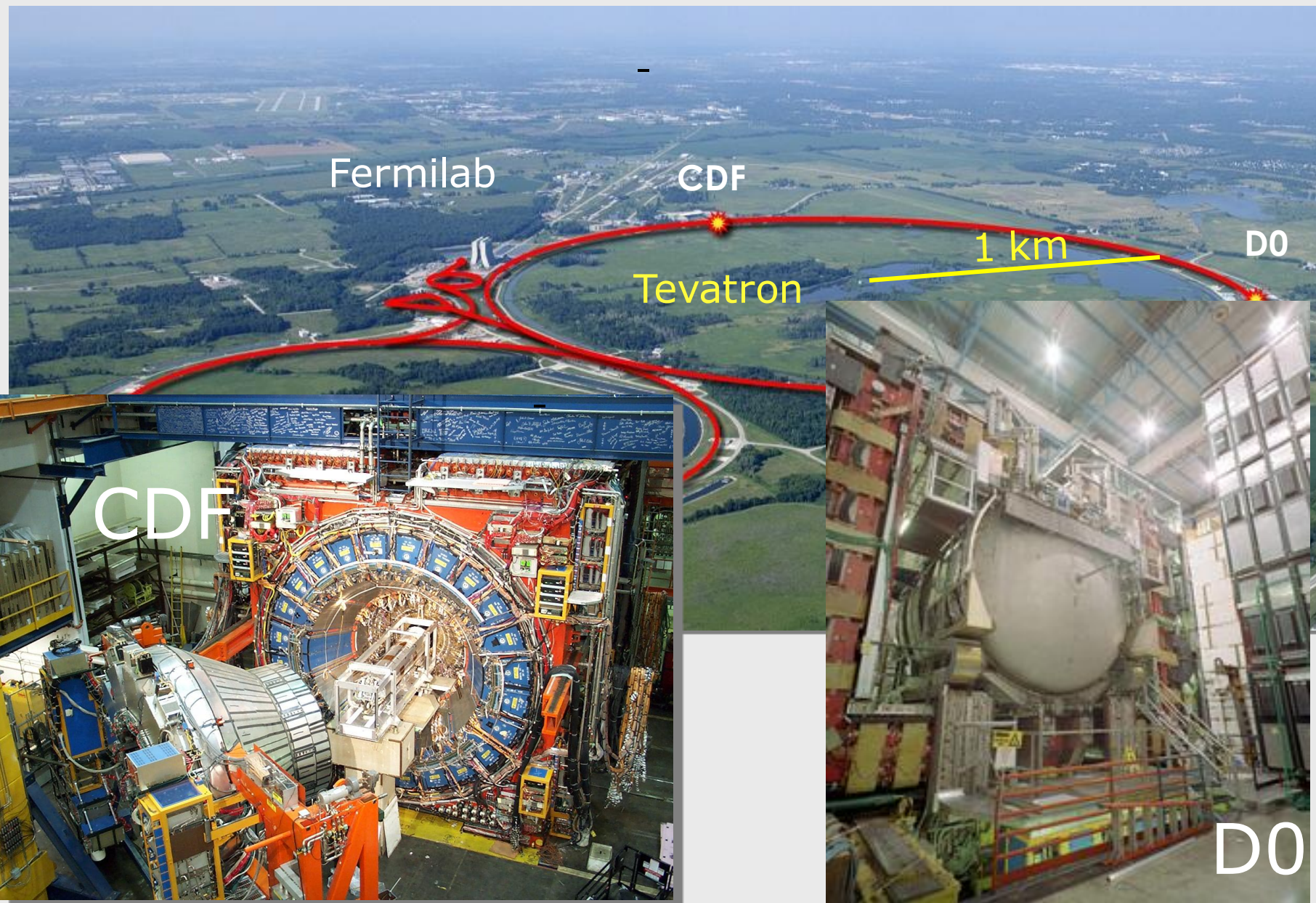


für $M < 135$ GeV: $H \rightarrow bb, \tau\tau$ dominant

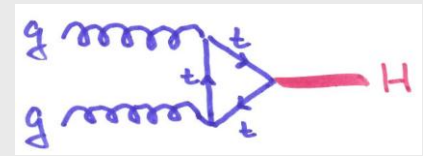
für $M > 135$ GeV: $H \rightarrow WW, ZZ$ dominant

klein: $H \rightarrow \gamma\gamma$ aber wichtig am LHC

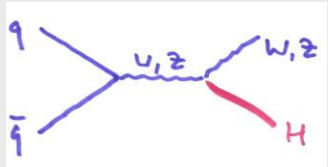
Tevatron: Proton-Antiproton-Kollisionen bei 1.96 TeV



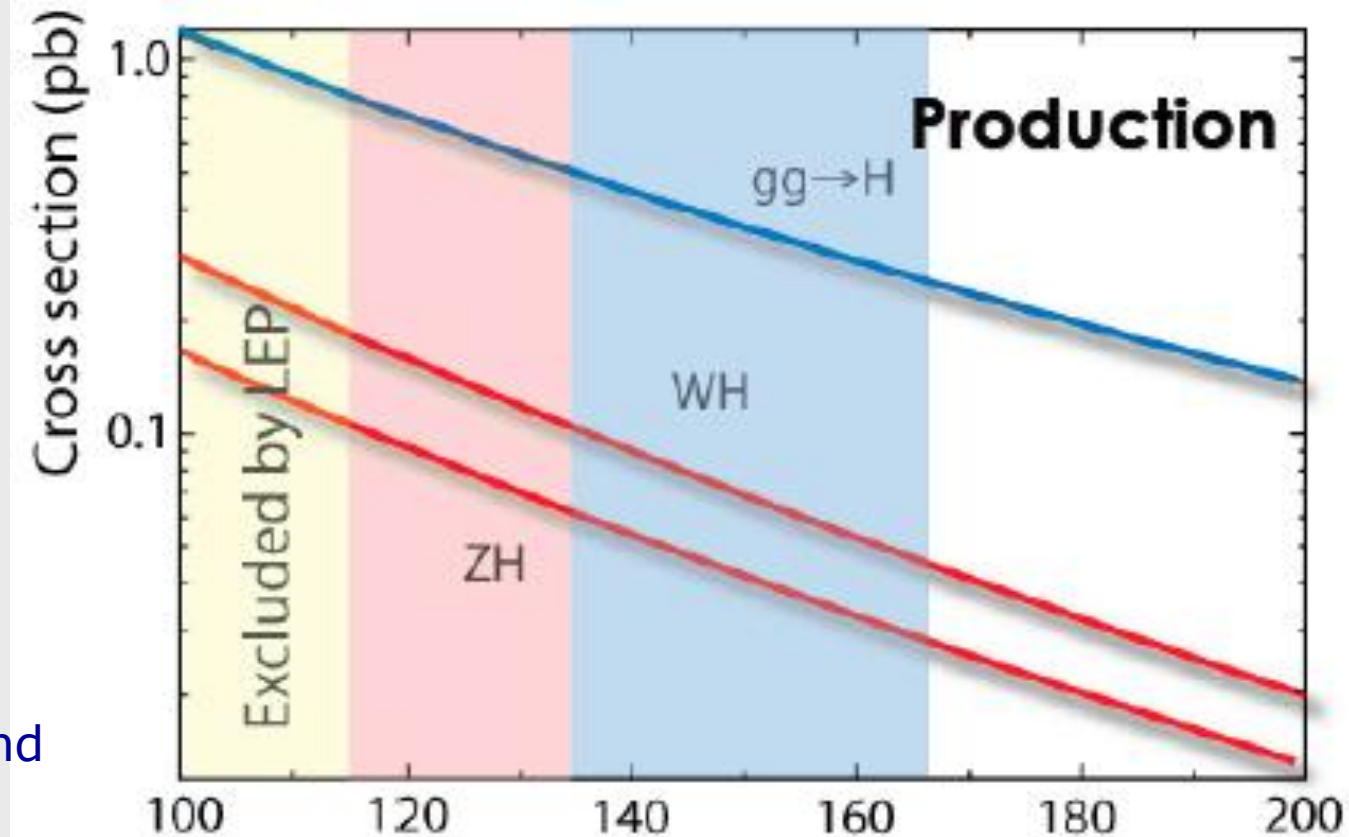
Produktion und Suchtopologien am TEVATRON



2 QCD Vertices
ein $t\bar{t}H$ Vertex
nur H im Endzustand

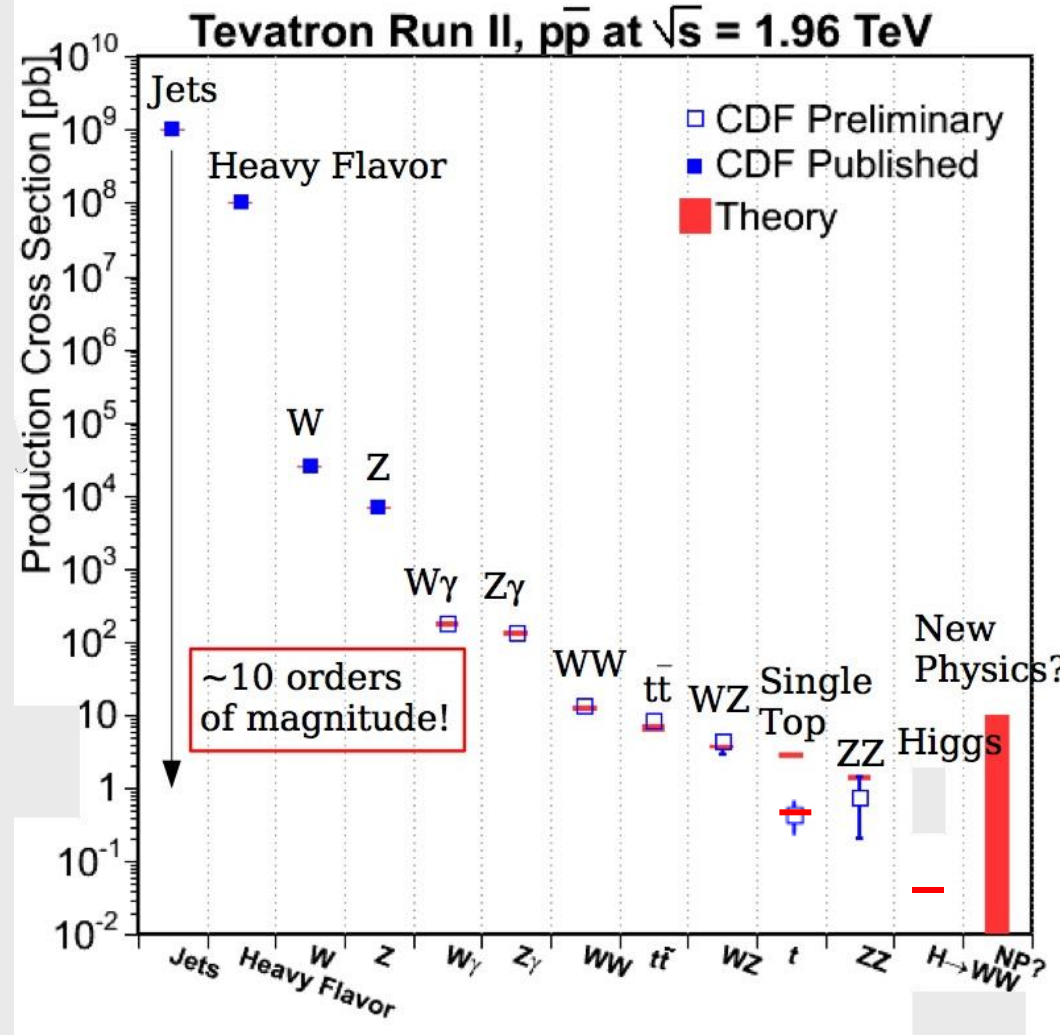
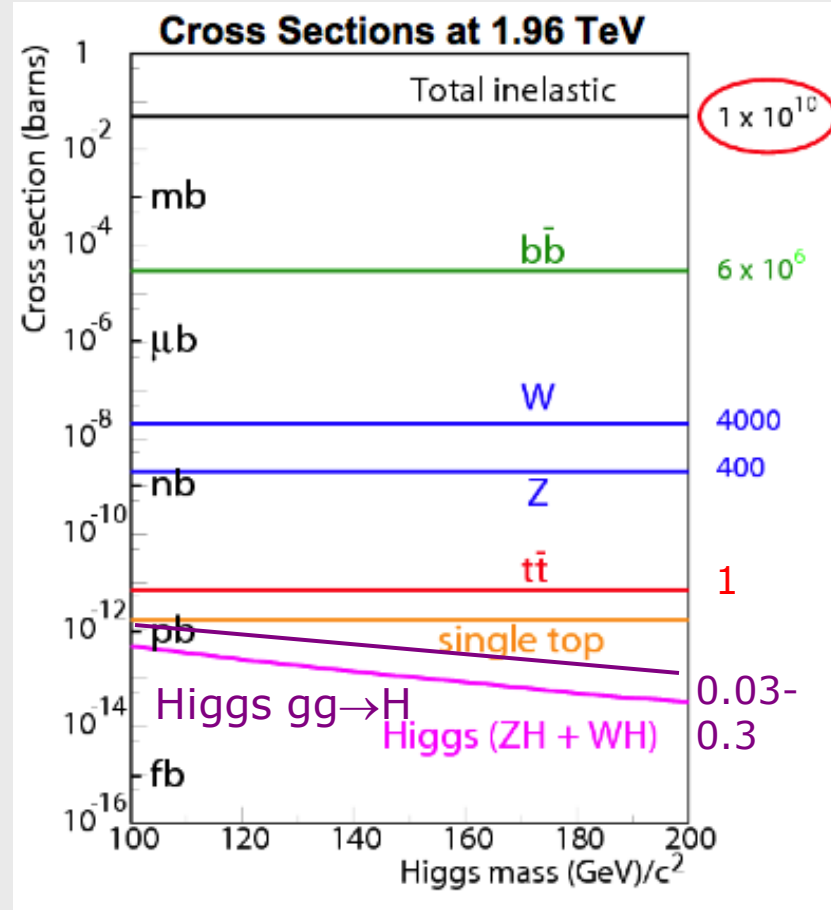


2 „schwache“ Vertices
W und H im Endzustand
(→ Phasenraum)

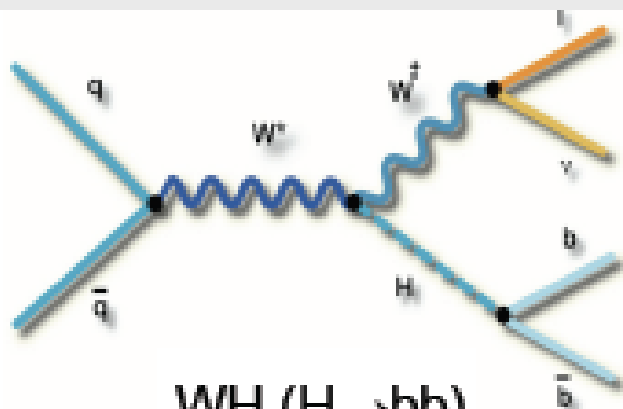


- $gg \rightarrow H \sim 10 \times WH$
- Trigger und Untergrundunterdrückung
→ verlange ein Lepton im Endzustand (kein $gg \rightarrow H \rightarrow b\bar{b}$)
- $M_H < 135$ GeV: $W(Z)H$ mit $H \rightarrow b\bar{b}$
- $M_H > 135$ GeV: $gg \rightarrow H$ mit $H \rightarrow WW$

Signal- und Untergrundwirkungsquerschnitte

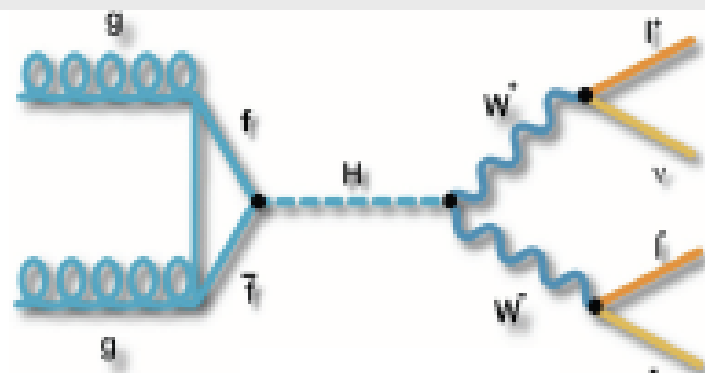


Die wichtigsten Suchtopologien und ihre Untergründe



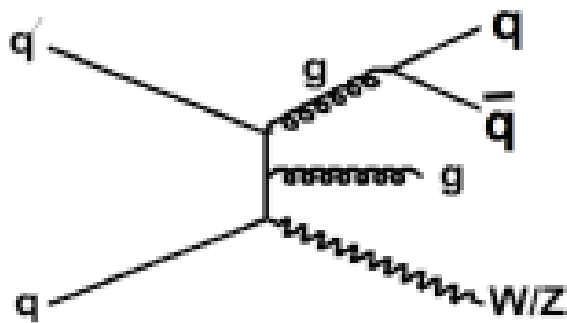
WH (H → bb)

$\sigma \times \text{BR} = 130 \text{ fb}$ bei $m_H = 115 \text{ GeV}$



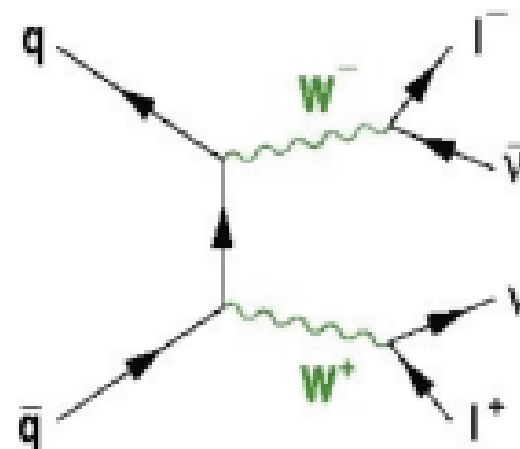
gg → H (H → WW)

$\sigma \times \text{BR} = 380 \text{ fb}$ bei $m_H = 160 \text{ GeV}$



W+qq oder Gluonaufspaltung

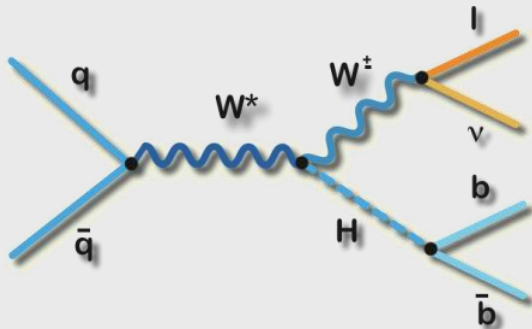
- W+bb: $\sigma \times \text{BR} = 4 \times 10^4 \text{ fb}$
- W+cc: $\sigma \times \text{BR} = 1 \times 10^5 \text{ fb}$
- W+qq: $\sigma \times \text{BR} = 2 \times 10^6 \text{ fb}$



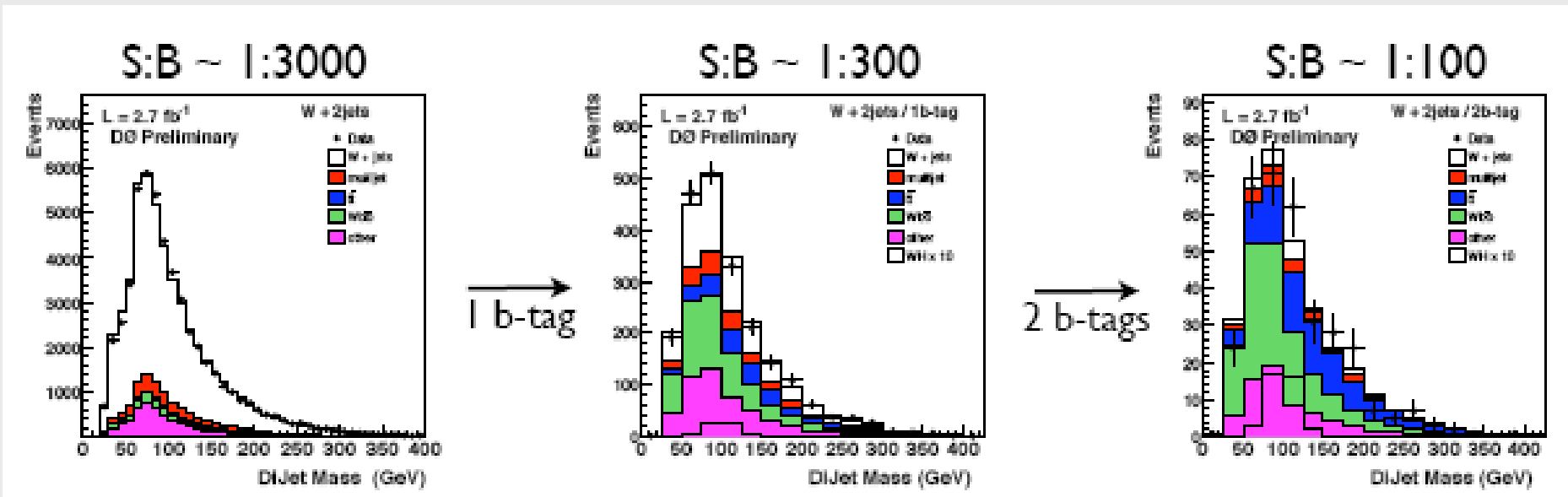
Di-Boson

- WW: $\sigma \times \text{BR} = 1.3 \times 10^4 \text{ fb}$
- WZ: $\sigma \times \text{BR} = 4.0 \times 10^3 \text{ fb}$
- ZZ: $\sigma \times \text{BR} = 1.5 \times 10^3 \text{ fb}$

WH → lνbb

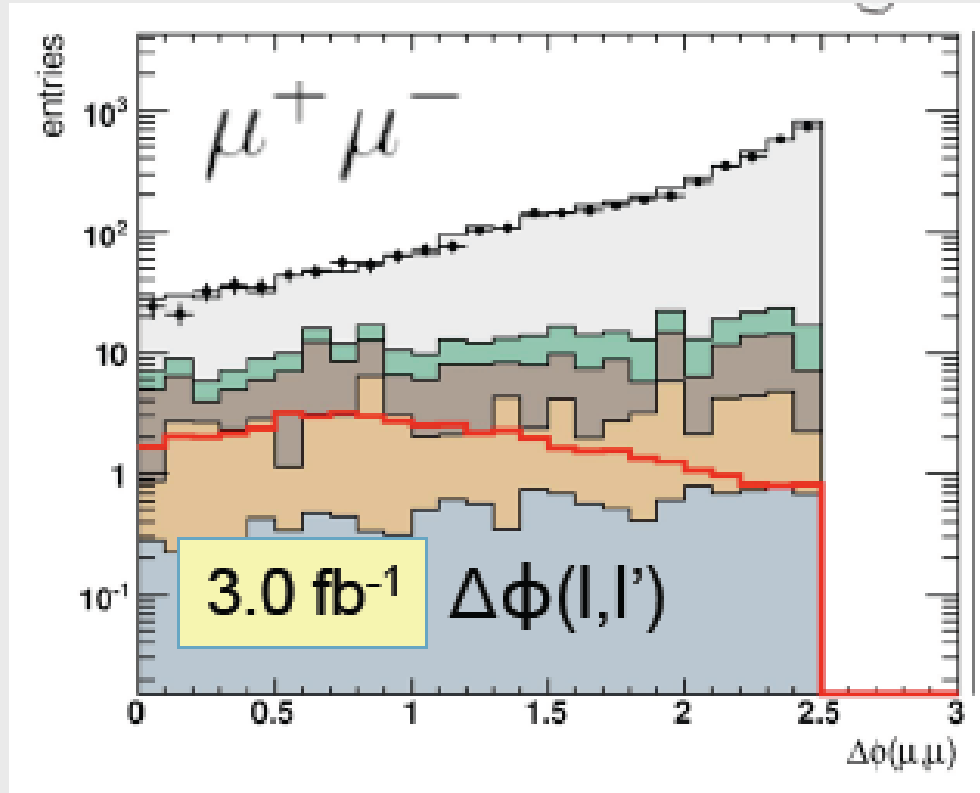
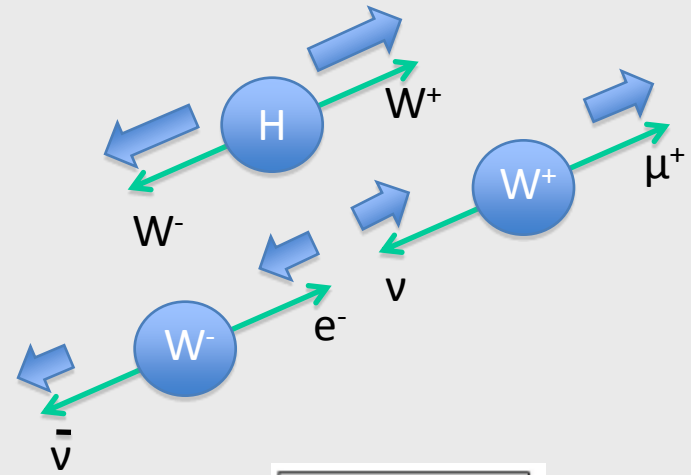
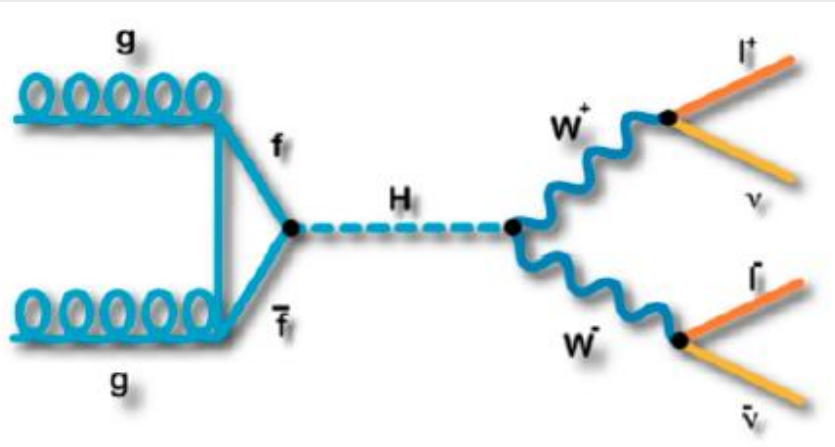


- Lepton (e, μ), 2 Jets und fehlende Transversalenergie
- b-tagging reduziert den W+Jet (uds) Untergrund



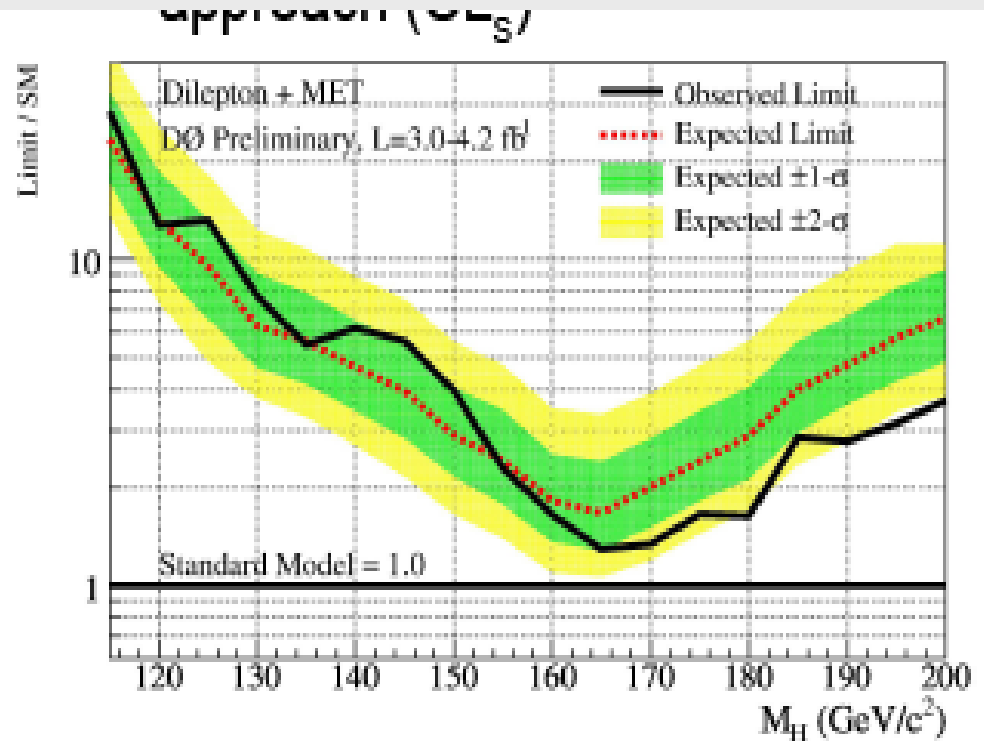
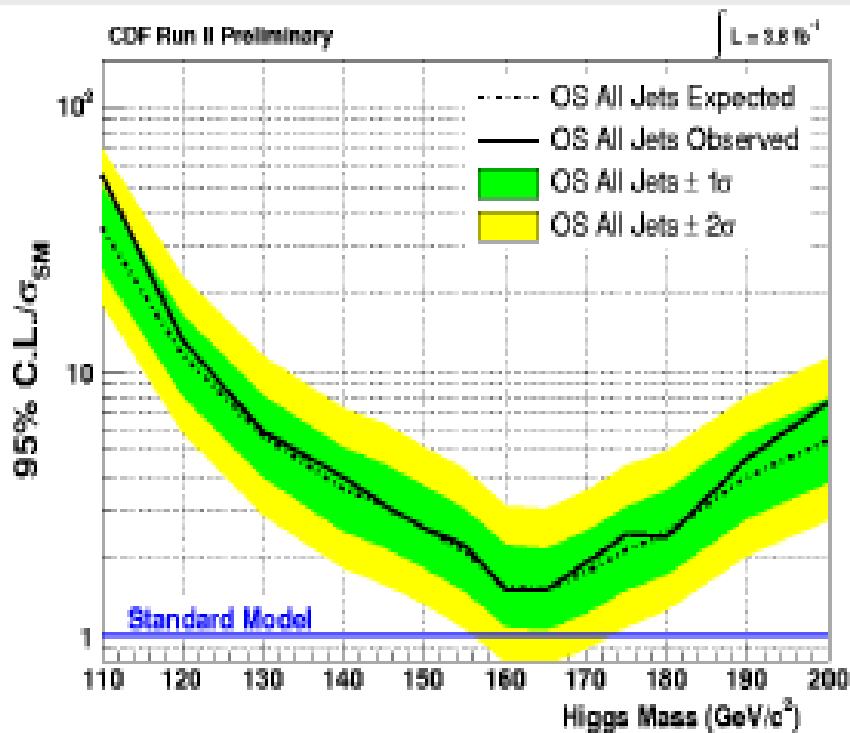
Kein Hinweis auf Existenz des Higgs-Bosons

$gg \rightarrow H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$



— (H+X)x10, $M_H = 165$

CDF und D0: individuelle Ausschlussgrenzen



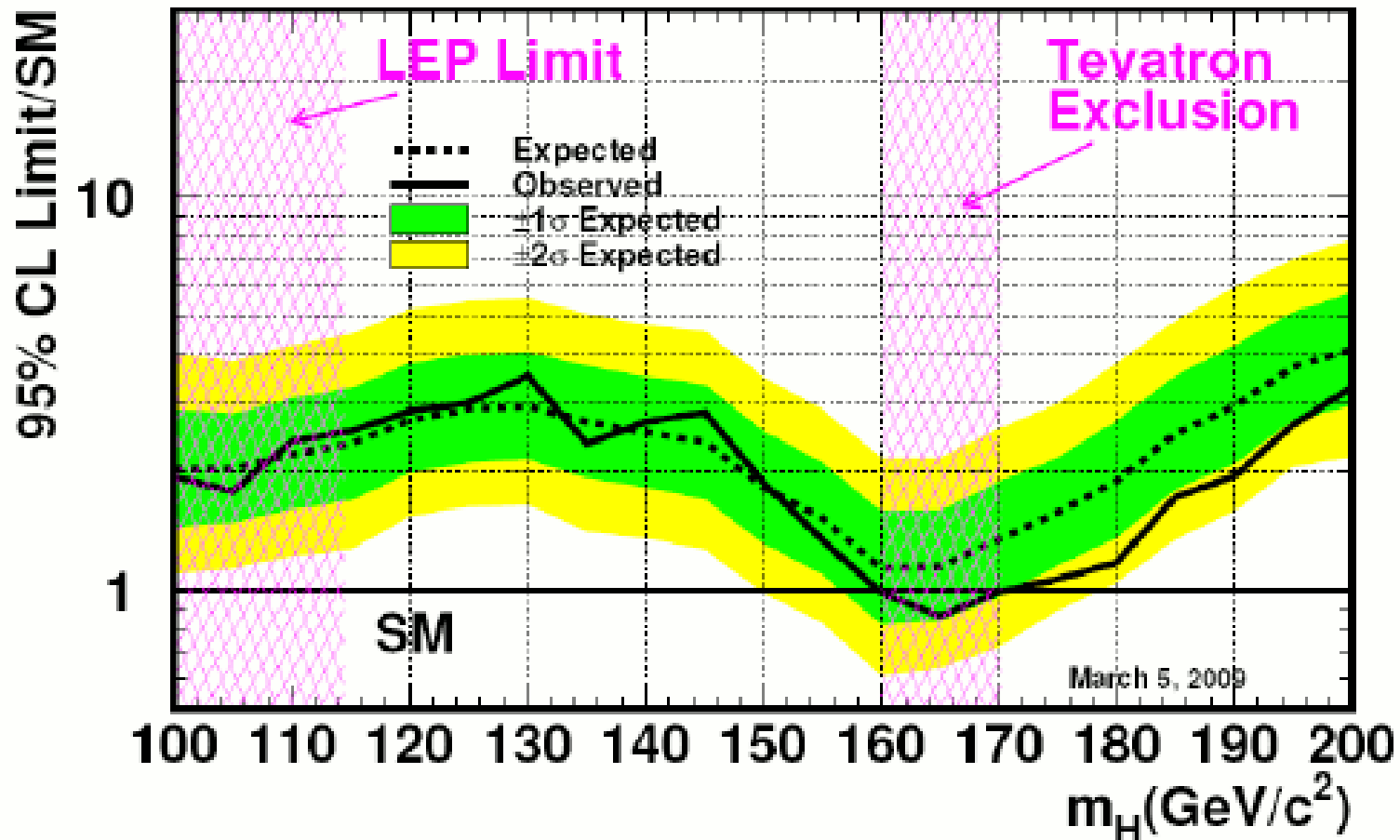
Both experiments are reaching SM sensitivity

95% CL limits, $M_H = 160 \text{ GeV}$ ($\times \sigma_{SM}$)

	Expected	Observed
CDF	1.5	1.5
D0	1.8	1.7

Kombination von 75 Suchen bei CDF und D0

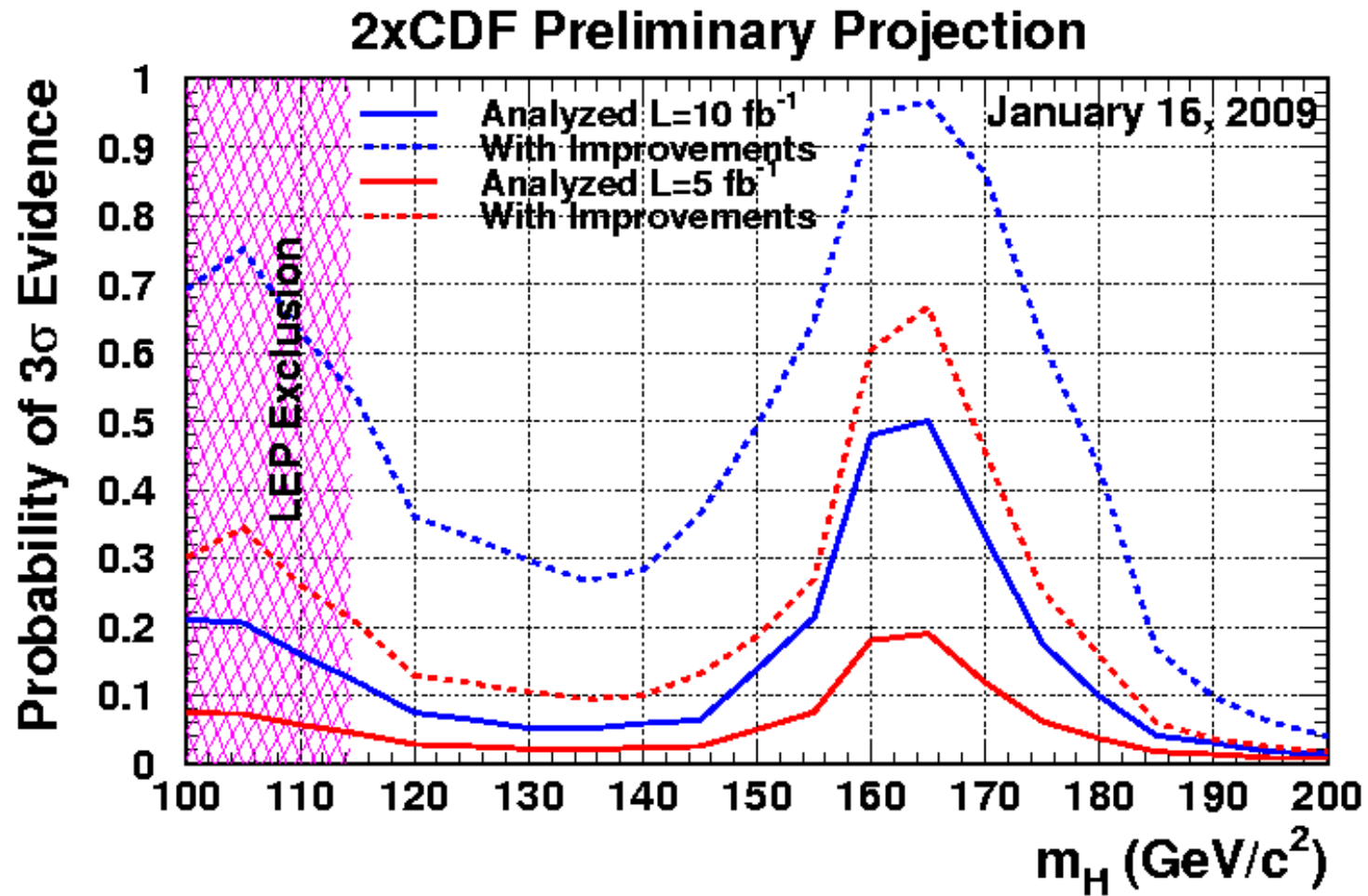
Tevatron Run II Preliminary, $L=0.9-4.2 \text{ fb}^{-1}$



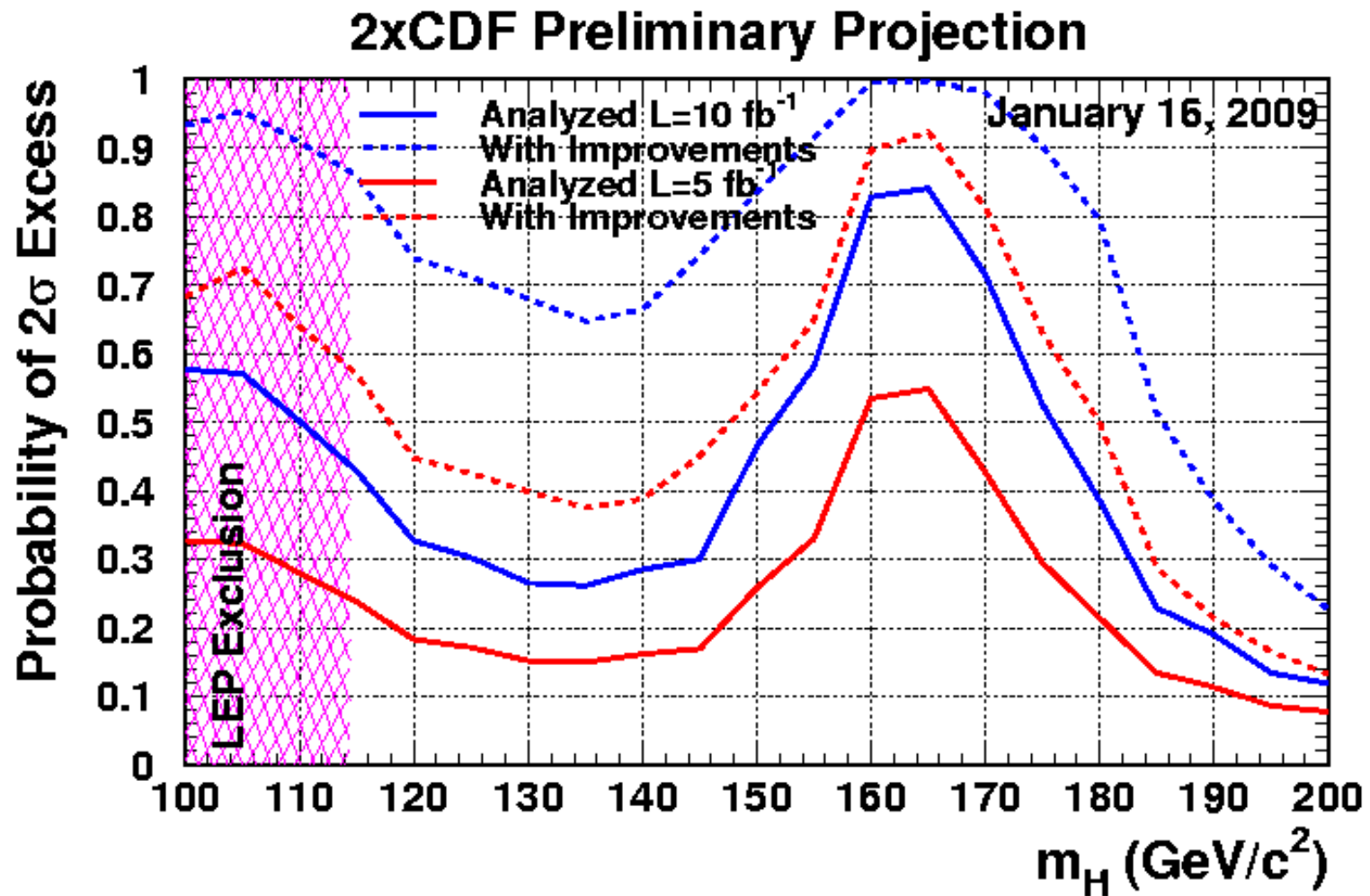
We exclude an Higgs boson in the 160-170 GeV/c^2 mass range!

- Expected limits of 1.1 and $1.4 \times \sigma_{\text{SM}}$ at 160 and $170 \text{ GeV}/c^2$

Projektion der Sensitivität: 3- σ Evidenz



Projektion der Sensitivität: 95% CL Ausschluss



Zusammenfassung: Massenschranken im SM

■ Theorie:

- Unitarität: $M < 750 \text{ GeV}$
- Trivialität und Vakuumstabilität:

Λ	M_H
1 TeV	$60 \text{ GeV} \lesssim M_H \lesssim 700 \text{ GeV}$
10^{19} GeV	$130 \text{ GeV} \lesssim M_H \lesssim 190 \text{ GeV}$

■ Experiment:

- aus Präzisionsmessungen: $M < 163 \text{ GeV}$ mit 95% CL
- aus direkten Suchen: $M < 114.4 \text{ GeV}$ (LEP)
 $160 < M < 170 \text{ GeV}$ (TEVATRON)
ausgeschlossen mit 95% CL

■ Achtung: die Massenschranken gelten nur im SM!

Literatur

Theorie:

The Anatomy of electro-weak symmetry breaking. I: The Higgs boson in the standard model.

By Abdelhak Djouadi

Phys.Rept.457:1-216,2008, hep-ph/0503172

LEP:

Search for the standard model Higgs boson at LEP.

By LEP Working Group for Higgs boson searches and ALEPH

Collaboration and DELPHI Collaboration and L3 Collaboration and OPAL Collaboration (R. Barate et al.).

Phys.Lett.B565:61-75,2003, hep-ex/0306033

TEVATRON:

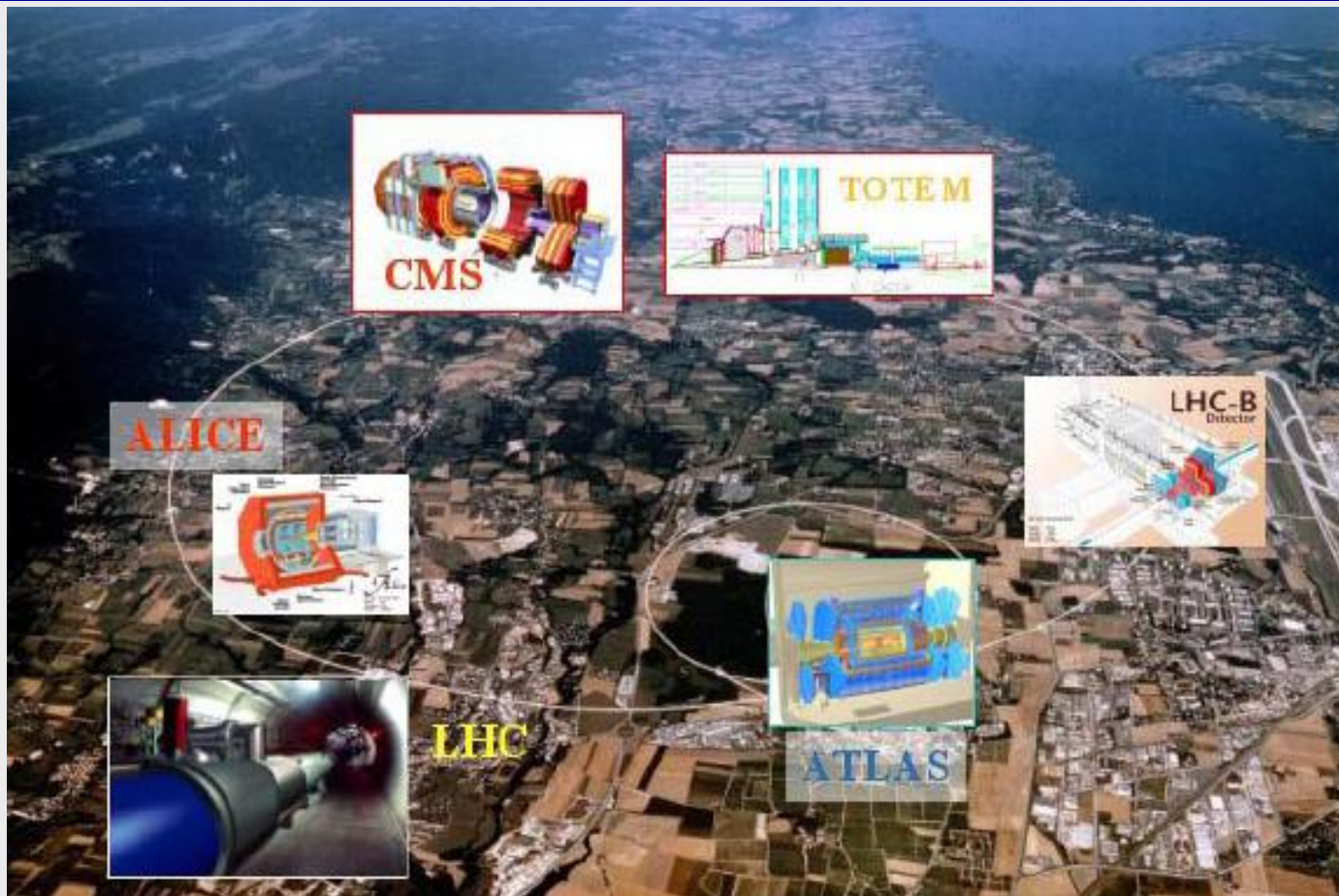
Combined CDF and DZero Upper Limits on Standard Model

Higgs-Boson Production with up to 4.2 fb⁻¹ of Data

By Tevatron New Phenomena, Higgs working group, for the CDF collaboration, DZero collaboration

arXiv:0903.4001

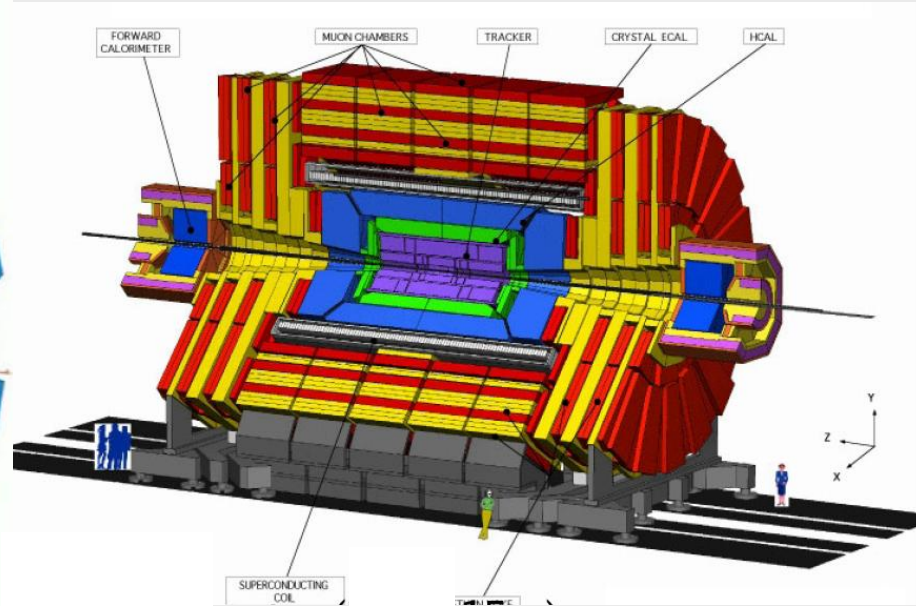
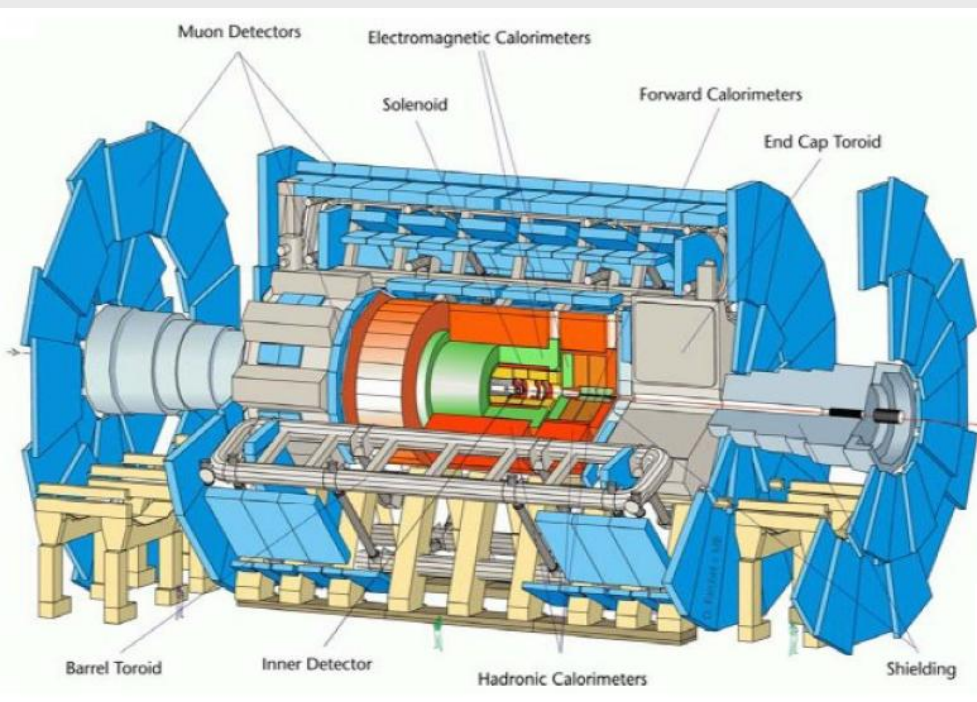
Der Large Hadron Collider LHC



pp-Kollisionen bei 14 TeV und instantaner Lumi = 10^{33} ⁽³⁴⁾ cm⁻²s⁻¹
integrierte Luminosität pro Jahr 10 (100) fb⁻¹

Neustart Oktober 2009 bei 10 TeV, Ziel 0.2 fb⁻¹ bis Ende 2010

Erfolgreiche erste Strahlzirkulation ab 10. September 2008



TRACKER

$$B=2T$$

$$\sigma/p_T \sim 5 \times 10^{-4} p_T \oplus 0.01$$

$$B=4T$$

$$\sigma/p_T \sim 1.5 \times 10^{-4} p_T \oplus 0.005$$

EM CALO

$$\sigma/E \sim 10\%/\sqrt{E} \quad \text{uniform longitudinal segmentation}$$

$$\sigma/E \sim 2-5\%/\sqrt{E}$$

no longitudinal segm.

HAD CALO

$$\sigma/E \sim 50\%/\sqrt{E} \oplus 0.03$$

$$\sigma/E \sim 100\%/\sqrt{E} \oplus 0.05$$

MUON

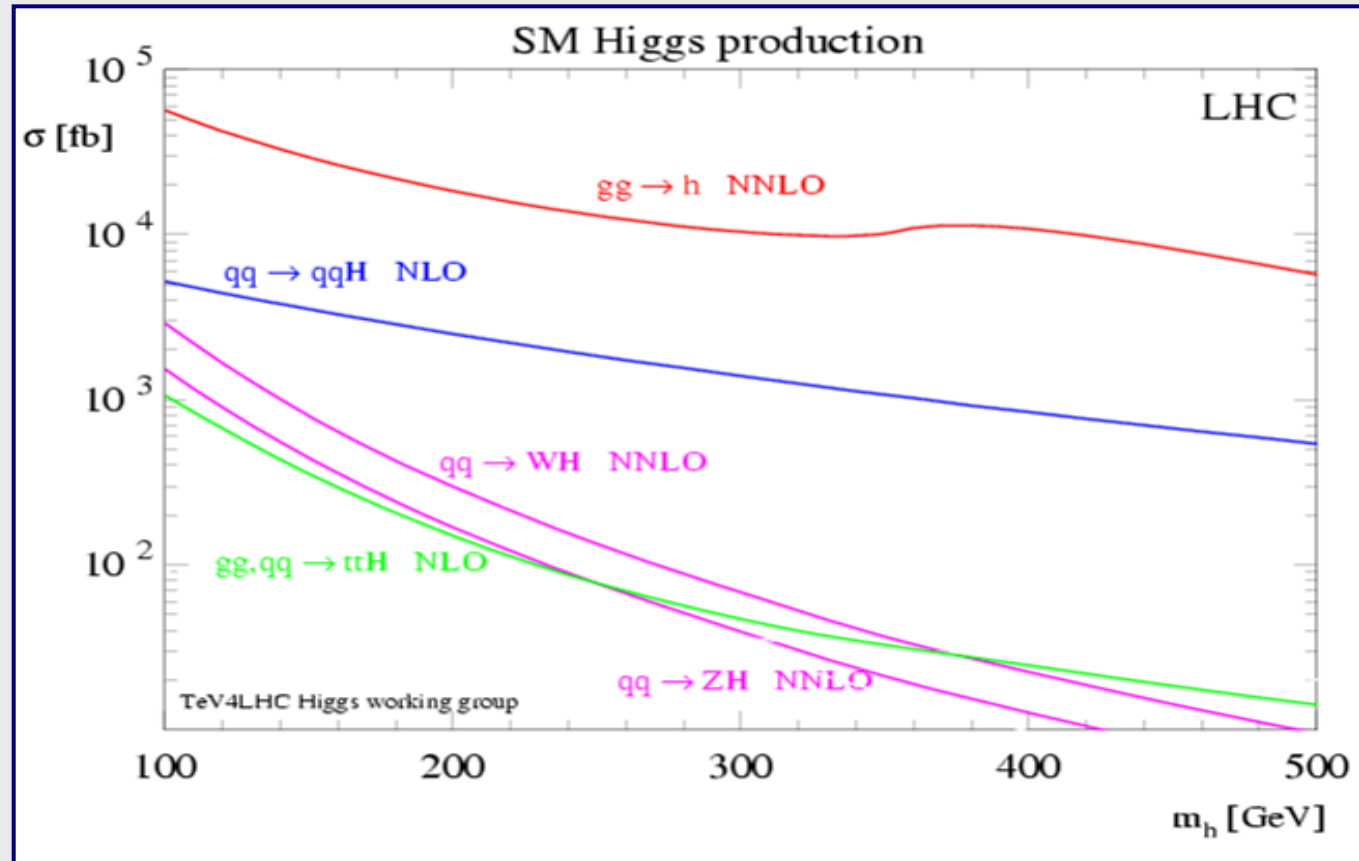
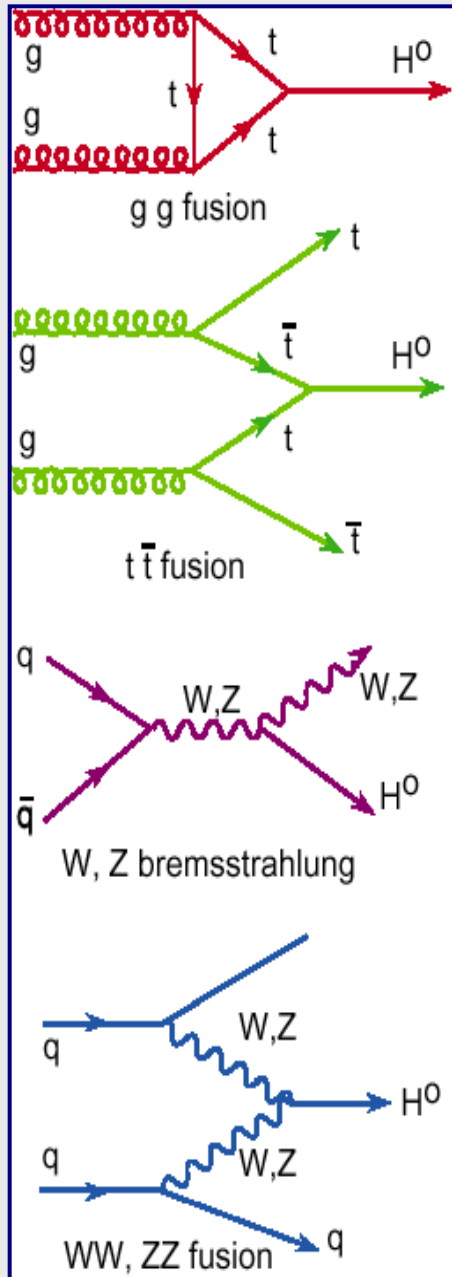
$$\text{Air} \rightarrow \sigma/p_T \sim 7\% \text{ at } 1 \text{ TeV}$$

standalone

$$\text{Fe} \rightarrow \sigma/p_T \sim 5\% \text{ at } 1 \text{ TeV}$$

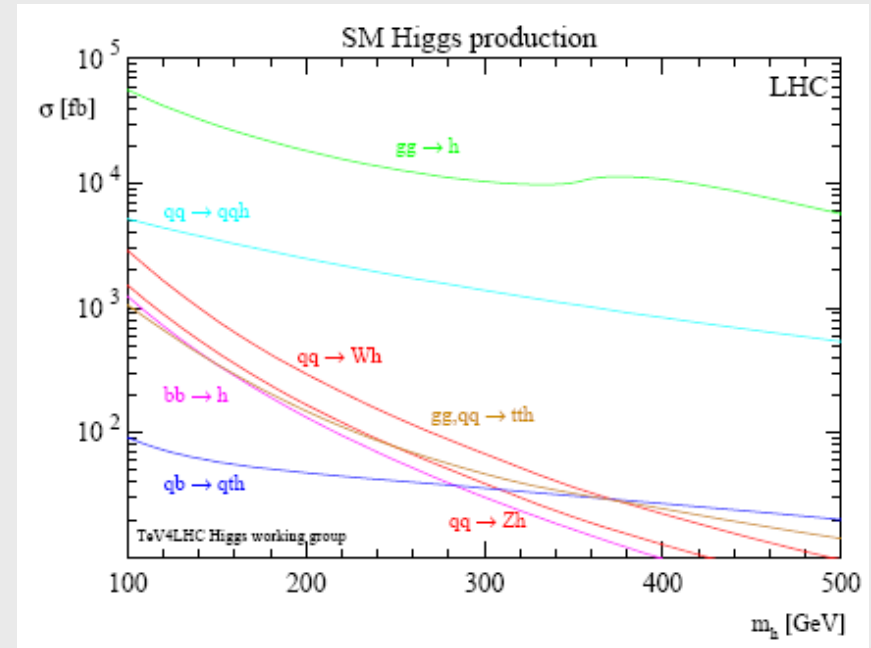
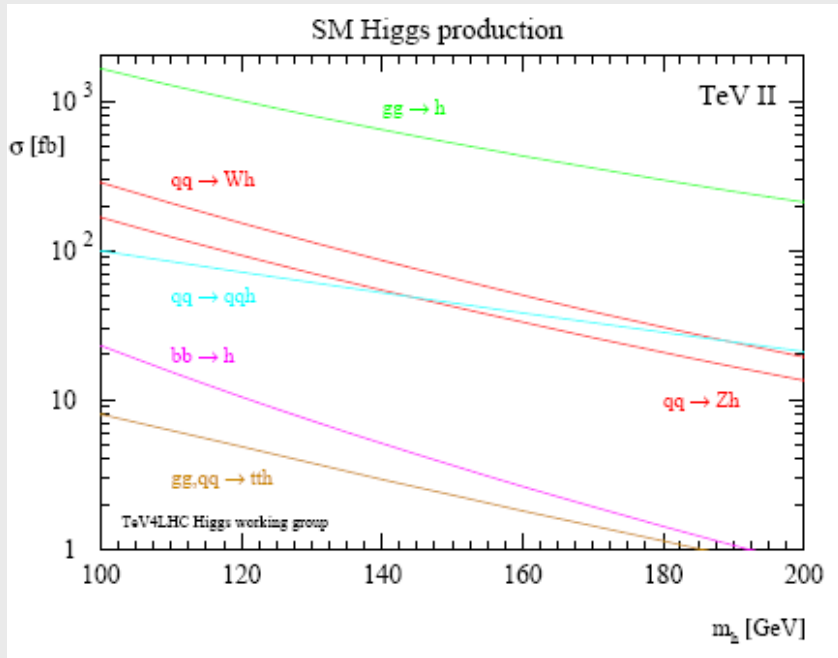
combining with tracker

Produktion des SM Higgs-Bosons am LHC

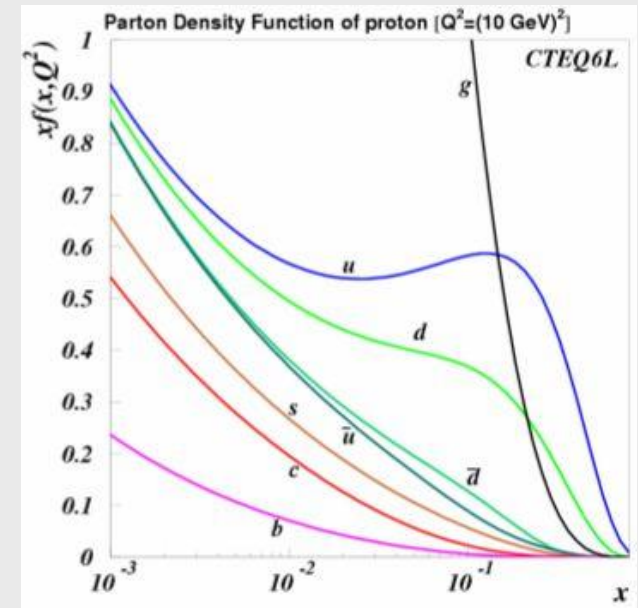


- **dominanter Prozess: Gluonfusion**
- **Faktor 10 unterdrückt: Vektor Boson Fusion (VBF)**
- **ttH: wichtig an der LEP-Grenze?**
- **W(Z)H: nicht für Entdeckung wegen gr. Untergrund**

Vergleich von TEVATRON und LHC

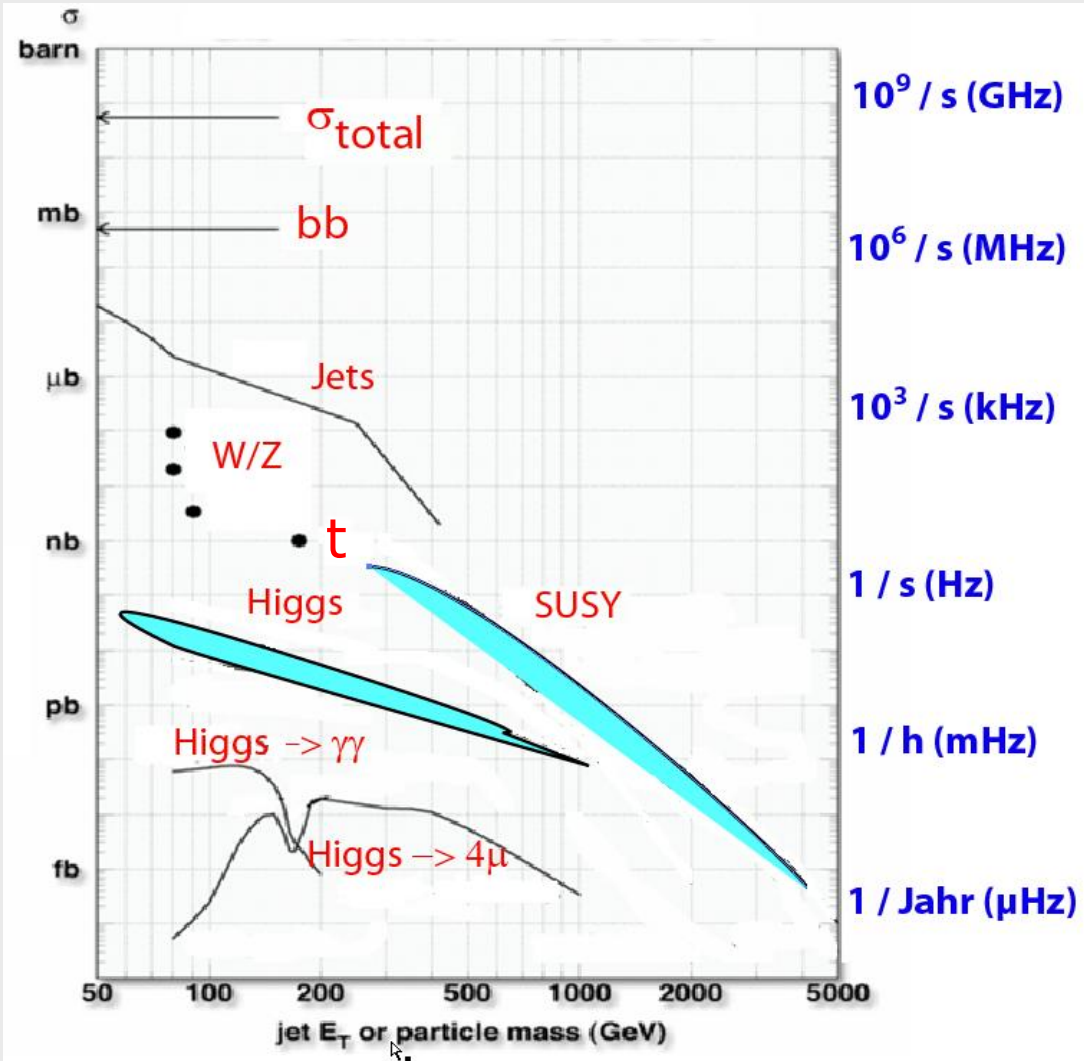


- TEVATRON: ppbar-Kollisionen bei 2 TeV
- LHC: pp-Kollisionen bei 14 TeV
- Antiquarks am LHC nur aus See: $qqbar \rightarrow W/Z$ -Produktion kleiner
- LHC: Gluonen haben absolut höhere Energie \rightarrow Gluonwechselwirkungen wichtiger



Vergleich: Signalproduktion und Untergrundraten

Produktionsrate am LHC
(logarithmisch)



alle Kollisionen
 \rightarrow **Nicht interessant**

Daten volumena :
 1 Million Gigabyte/s
 2 Mikrosekunden „online“

Aufzeichnung
 \rightarrow **Vielleicht interessant**
(0.0005%)

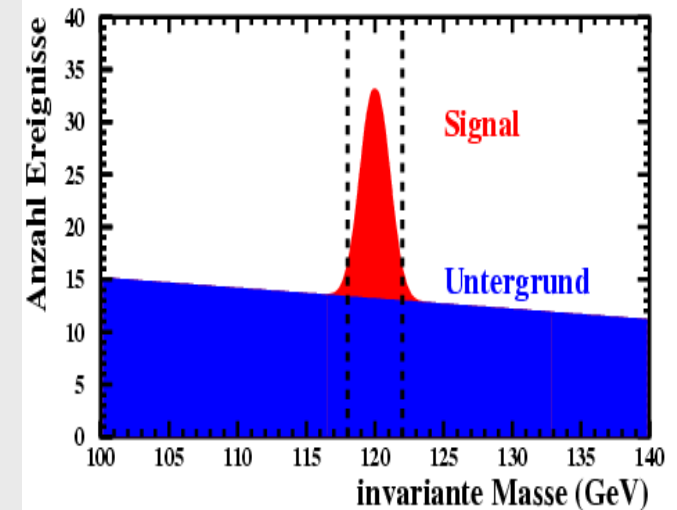
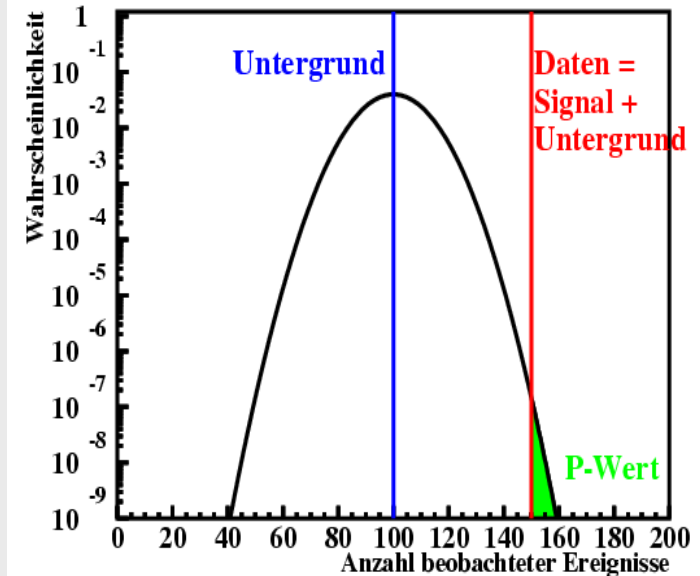
Daten Volumen:
 1 Audio-CD/s
 „kluge Selektion“

Mögliche Entdeckungen
 \rightarrow **nur 0.000000001%**

nur 1 Higgs boson pro 1 000 000 000 000 Protonkollisionen !!

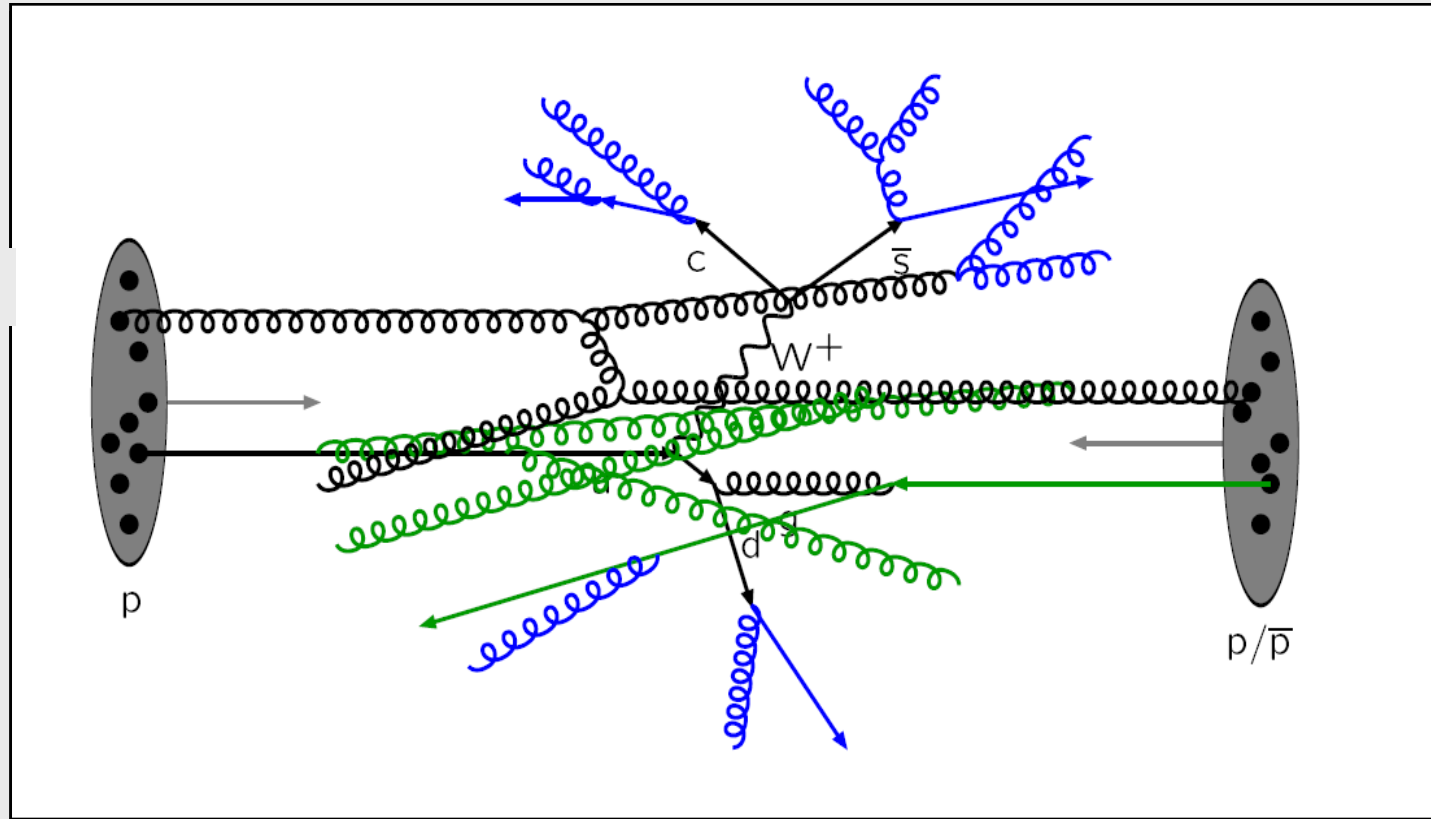
Entdeckung = signifikante Abweichung von SM-Erwartung

- **signifikant:** Wahrscheinlichkeit einer Untergrundfluktuation $< 2.9 \times 10^{-7}$
äquivalent to „5 sigma“ für Gauss-Vtlg.
- **Abweichung:**
 - neuer Peak in Massenverteilung
 - Überschuss in kinematischer Vtlg.
- **für Entdeckung:**
 - nur Kenntnis des Untergrundes
 - falsche Modellierung des Signals
→ nicht optimale Suchstrategie
→ mehr Daten benötigt
- **für Ausschluss:**
 - zusätzlich Kenntnis des Signals nötig
- **Ziel:** Selektionskriterien liefern
Signal-zu-Untergrund-Verhältnis
von 1:1 (1:20)



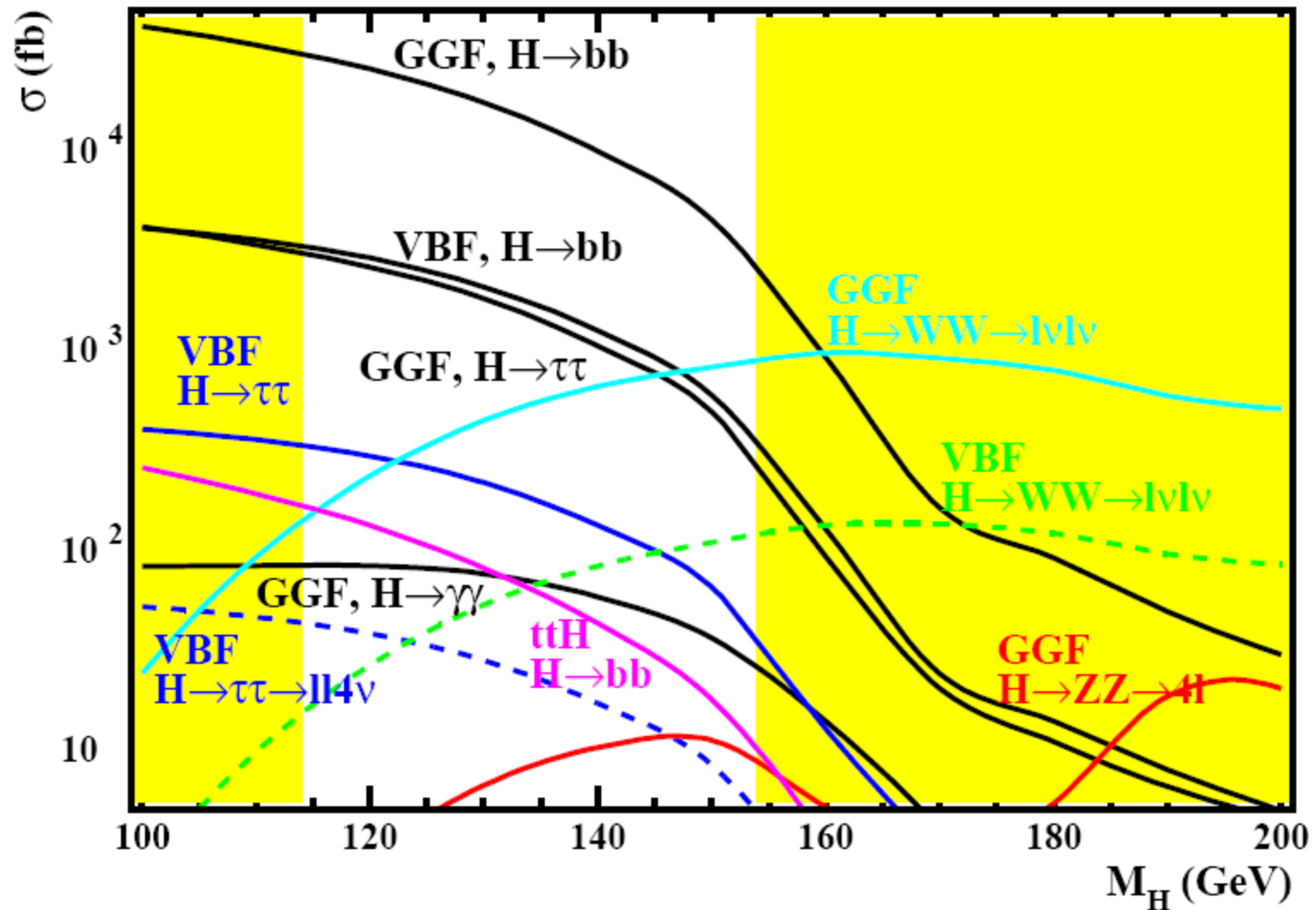
Die Komplexität eines Ereignisses am LHC

„harte Kollision
+ ISR,FSR
+ „underlying event“



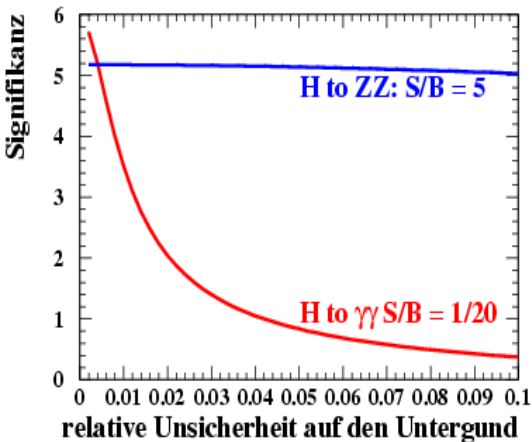
- + ~ 23 überlappende pp-Wechselwirkungen pro Strahldurchkreuzung
- $\rightarrow \sim 10^9$ pp-Kollisionen/s $\rightarrow \sim 1600$ charged Teilchen im Detektor
- + Effekte von „pile up“: Auslesezeit $> \Delta t$ zwischen Strahlkreuzungen

Signalraten für Kombinationen von Produktion und Zerfall



- kleine Signalraten a priori nicht ungeeignet
- Ziel: Untergrundunterdrückung bis zu S/B von 1 zu 1 (20)

Welche Kombination von Produktion + Zerfall?



	Gluon fusion	VBF	WH/ZH	tth
$H \rightarrow \gamma\gamma$	Green	Green	Orange	Orange
$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$	Green	Orange	Orange	Orange
$H \rightarrow WW \rightarrow 2l2\nu$	Green	Green	Orange	Orange
$H \rightarrow \tau\tau$	Purple	Green	Purple	Orange
$H \rightarrow bb$	Red	Red	Purple	Purple

- ausreichende Produktionsrate?
- effizienter Trigger?
- Untergrund unterdrückbar?
- Untergrund kontrollierbar?

$\sigma_{\text{prod}} \times \text{Verzweigungsverhältnis}$

Leptonen, Photonen, Taus + MET

Mass rekonstruierbar, gutes S/B

Bestimmung aus Daten

Entdeckungskanäle und Unterkategorien

■ Entdeckungskanäle am LHC

- inklusive Suchen: nur Higgszerfallsprodukte werden selektiert
dominiert durch Gluonfusion, andere Beiträge berücksichtigt

$H \rightarrow \gamma\gamma, ZZ \rightarrow 4l, WW \rightarrow l\nu l\nu$

- exclusive Suchen: zusätzliche Signaturen werden ausgenutzt

VBF with $H \rightarrow \tau\tau, WW, \gamma\gamma, tth$ $H \rightarrow bb$

■ Unterkategorien

- reduzierbarer Untergrund:

andere Endzustandsteilchen, Selektion durch Fehlidentifikation

→ Optimierung der Identifikation für Photonen, Leptonen, Taus, b-Jets

- irreduzierbarer Untergrund:

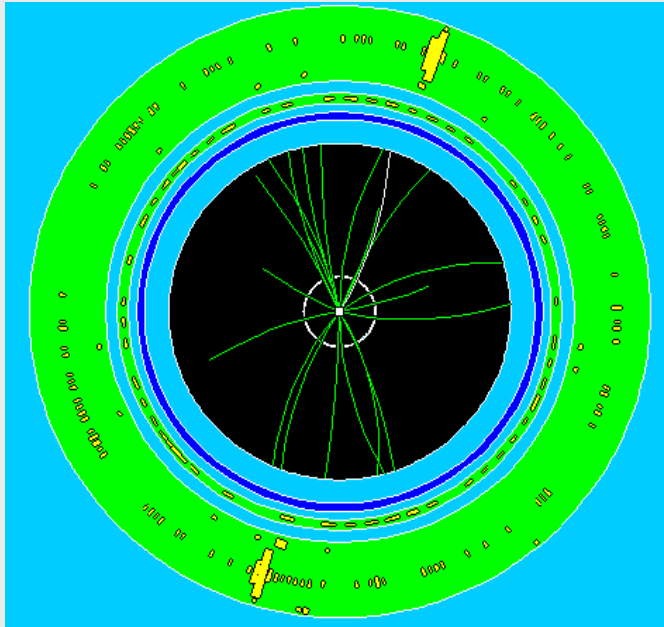
selber Endzustand im Detektor, Unterscheidung durch Masse, Spin

→ Optimierung der Massenrekonstruktion

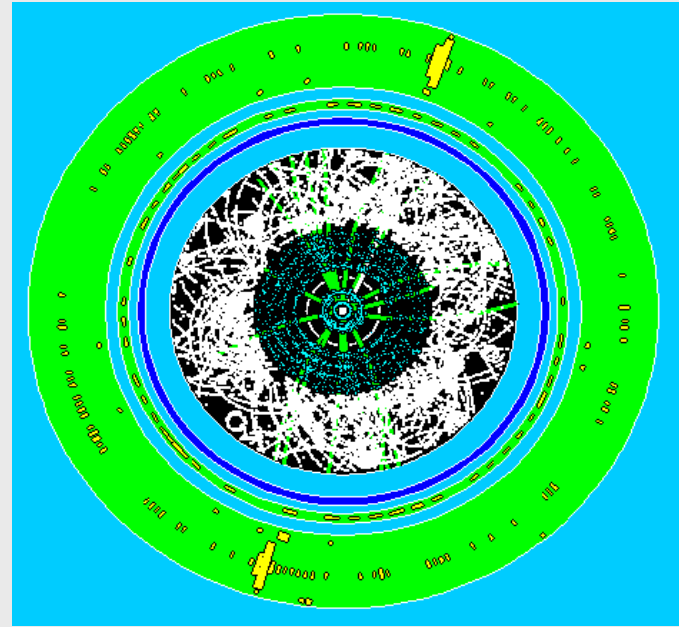
H → 2 Photonen

Signal: zwei energiereiche Photonen

Anfangs-
lumi:

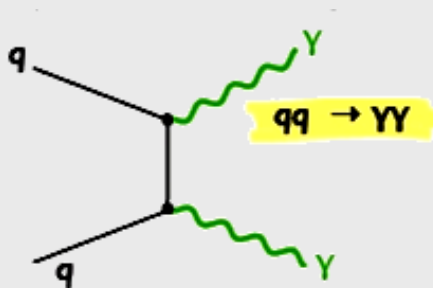


Design-
lumi:



Untergründe:

irreduzible $\gamma\gamma$ (30pb)



→ Massenrekonstruktion

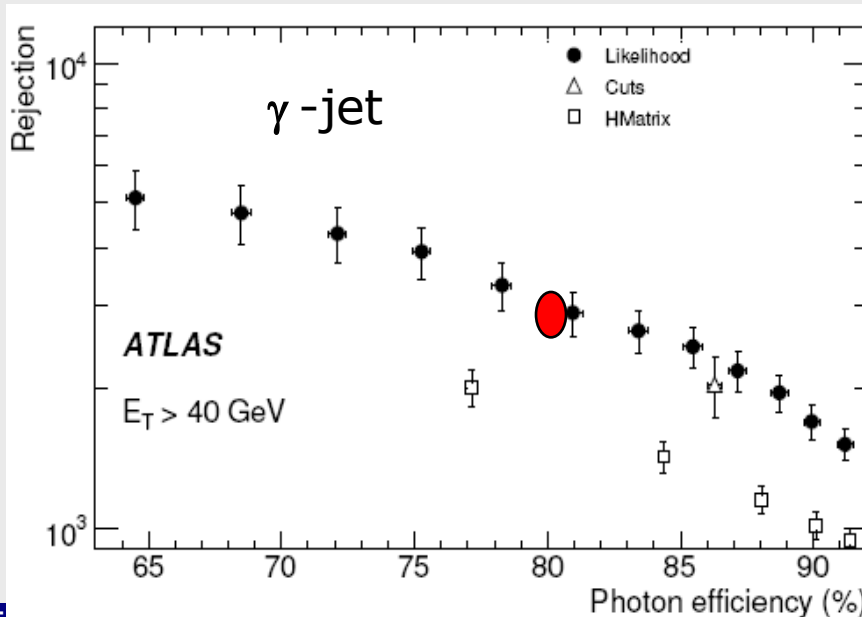
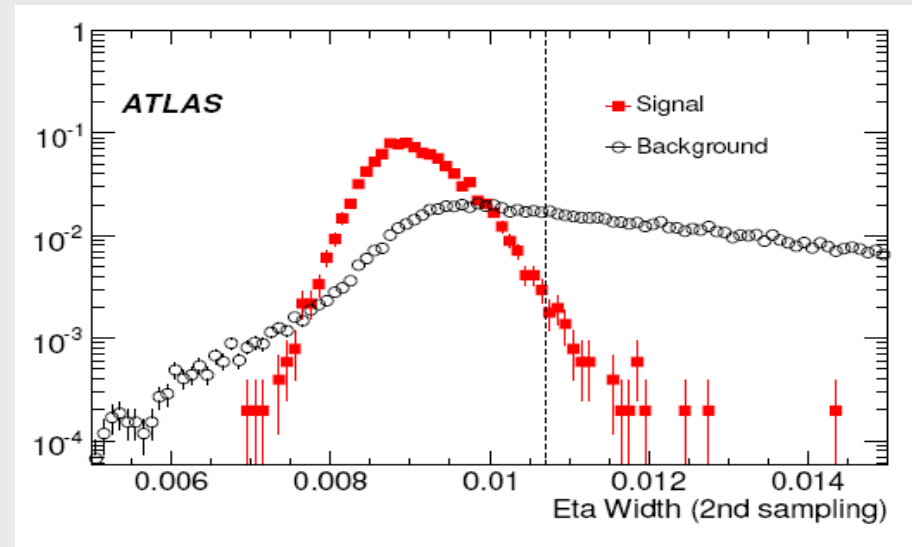
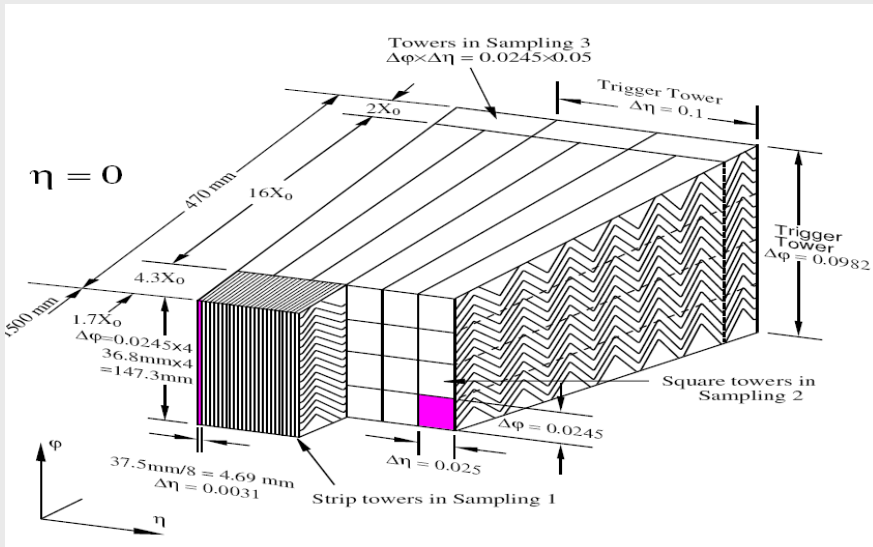
reduzibel: γ -jet 180 nb + jet-jet (480 μ b)



→ Unterscheidung von Photon + Jet

Trennung von Photonen und Jets (einzelne pi0)

- Unterschiedliche Schauerform: z.B. Breite des Cluster in 2. Lage



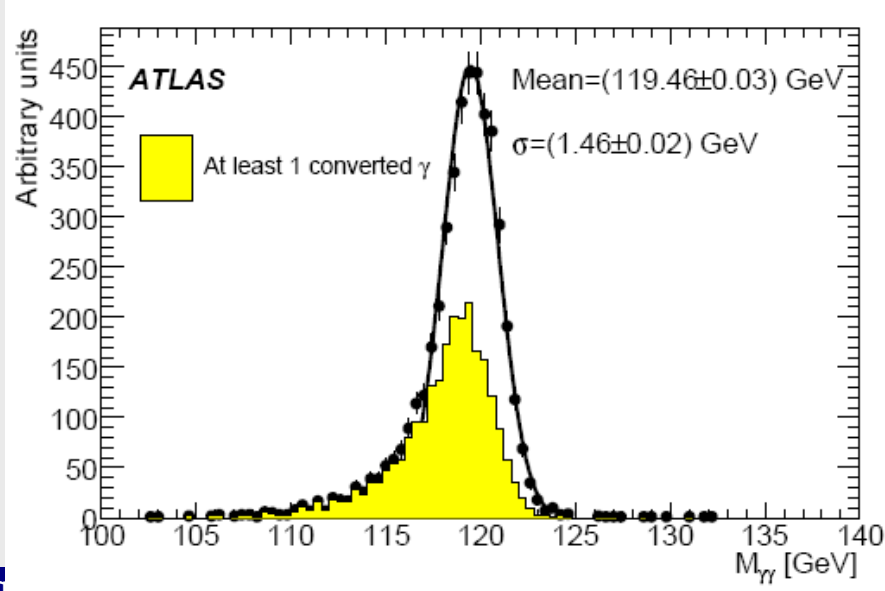
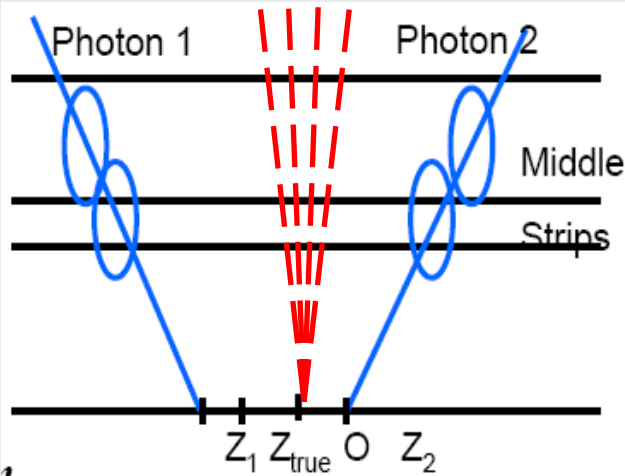
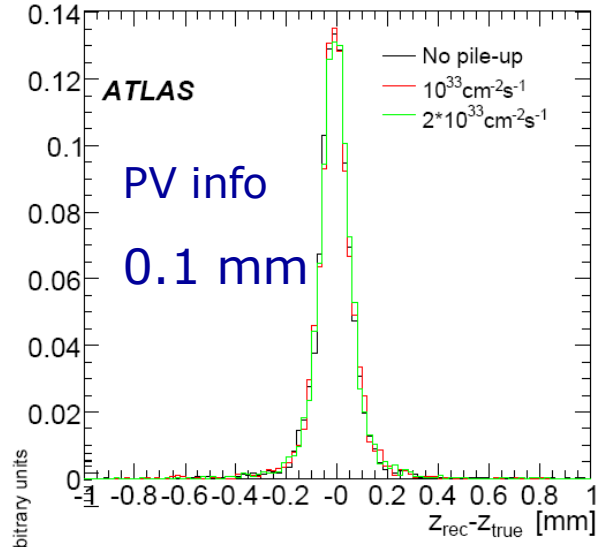
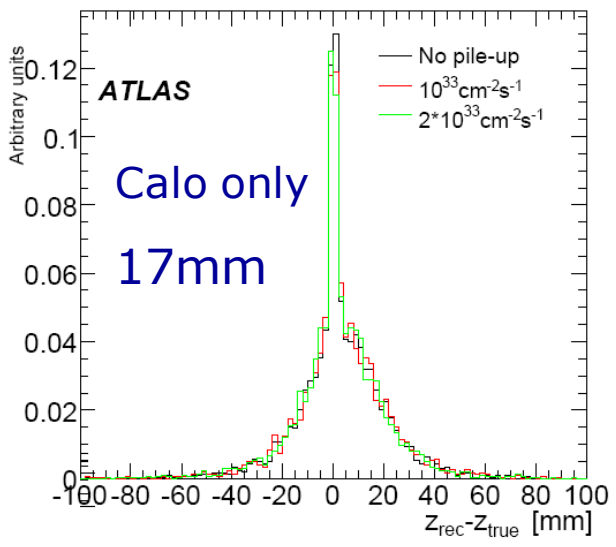
	All	quark-jet	gluon-jet
<i>before isolation cut</i>			
Rejection	5070 ± 120	1770 ± 50	15000 ± 700
<i>after isolation cut</i>			
Rejection	8160 ± 250	2760 ± 100	27500 ± 2000

Trennung besser für breitere Gluon-Jets
 Photoneffizienz (> 25 GeV): 80%

Massenauflösung: Ursprung der Photonen entlang Strahlachse

Photon-Vertex: - Photon Richtung aus Kalorimeter (+ Konversion)

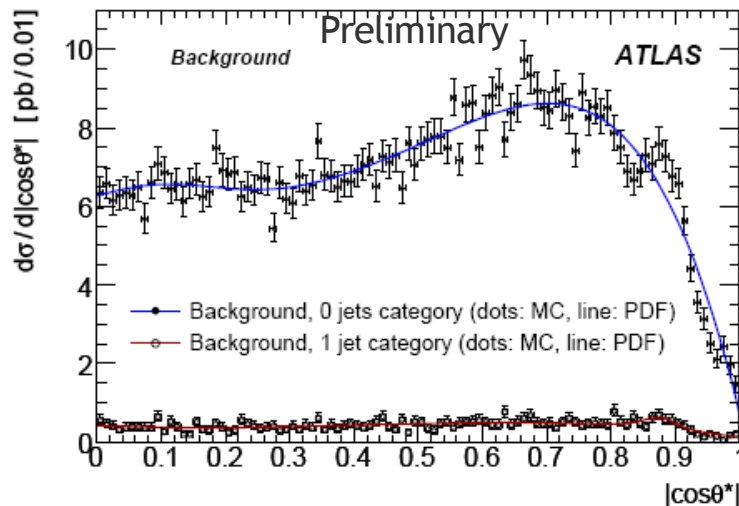
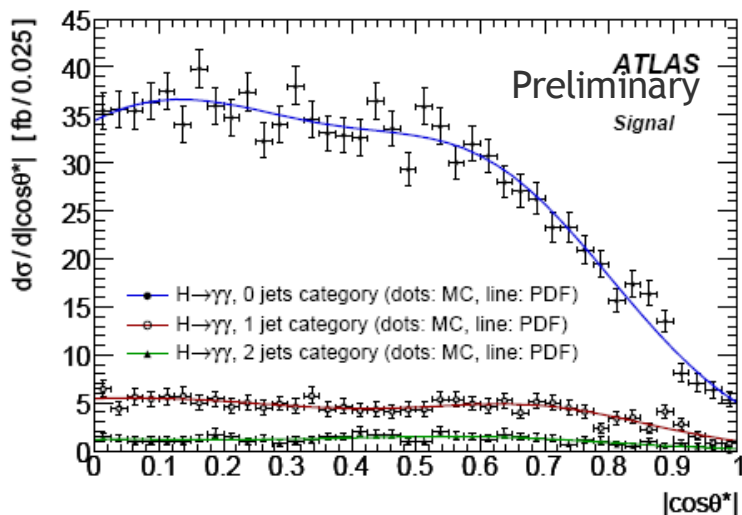
- Primärvertex aus „underlying event“



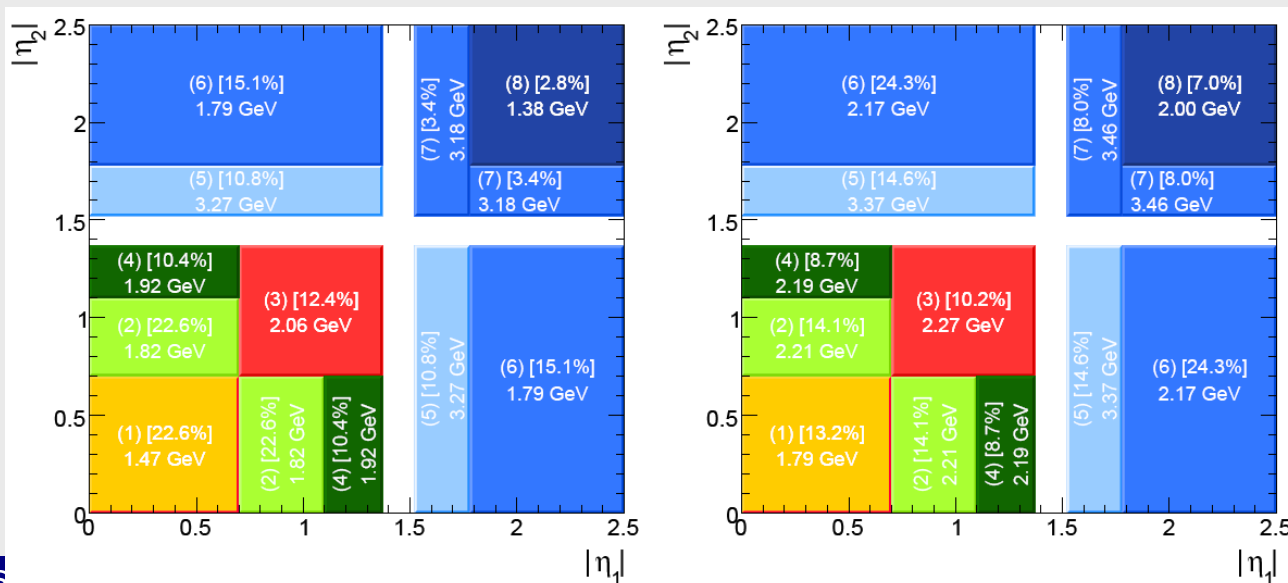
- Exzellente Massenauflösung
- $\Delta M/M \sim 1.5\%$ braucht Kenntnis von
- Energieskala: einige per mille
- inkl. Konversionen + totes Material

H → 2 Photonen: Optimierung der Analyse

Ausnutzung weiterer Informationen: $M_{\gamma\gamma} + \cos\theta^* + PT_{\text{Higgs}}$

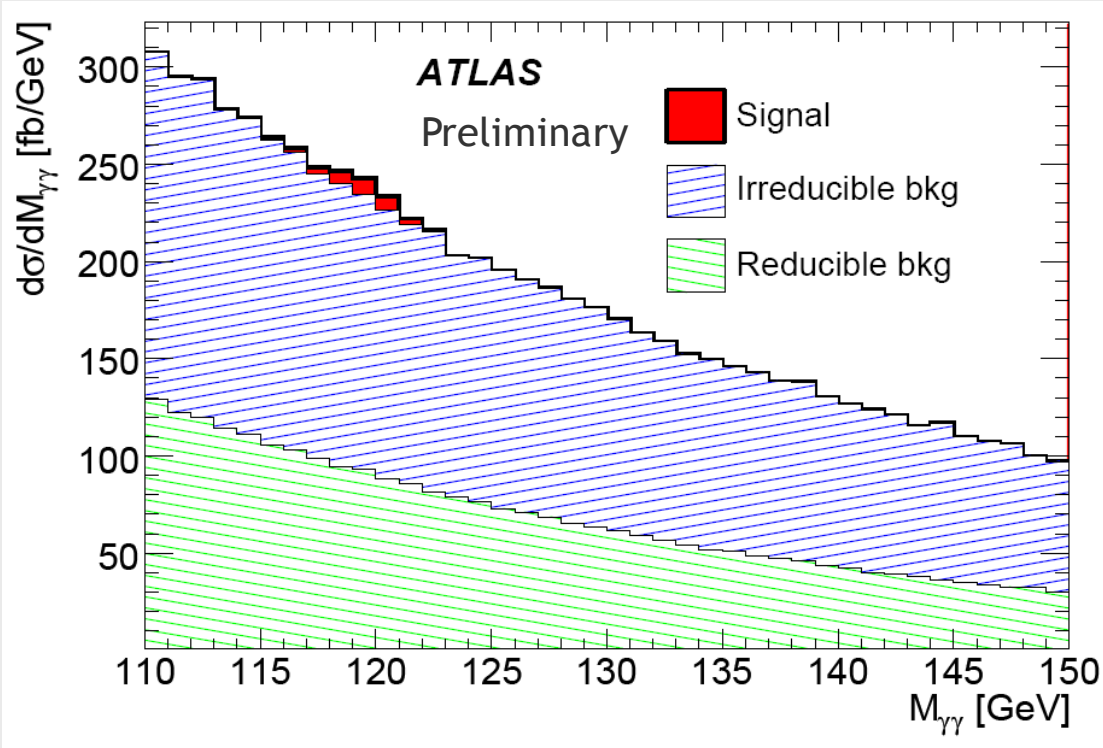


Einteilung in Ereigniskategorien bzgl. Massenauflösung



links:
0 Konversionen
rechts:
>0 Konversionen

Ergebnis: inklusive Analyse



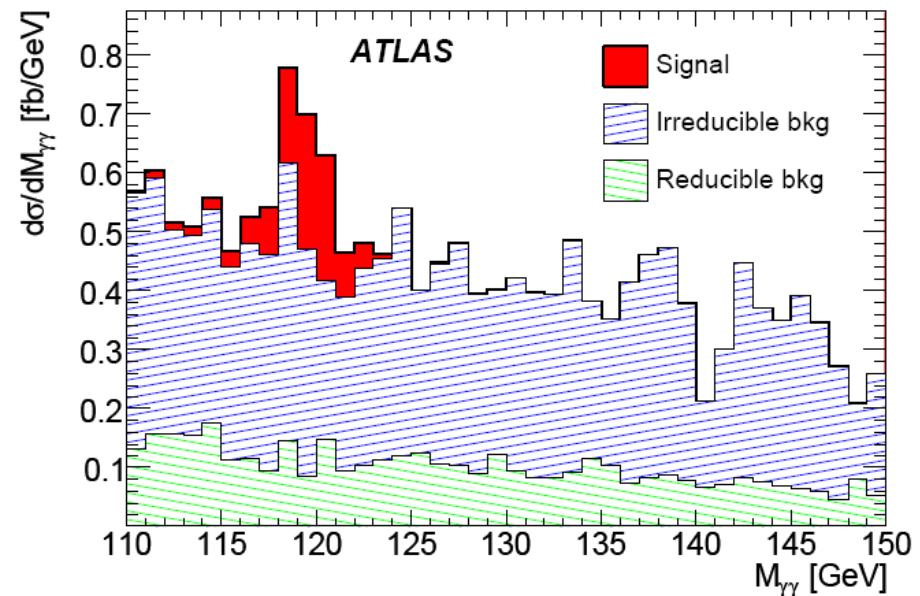
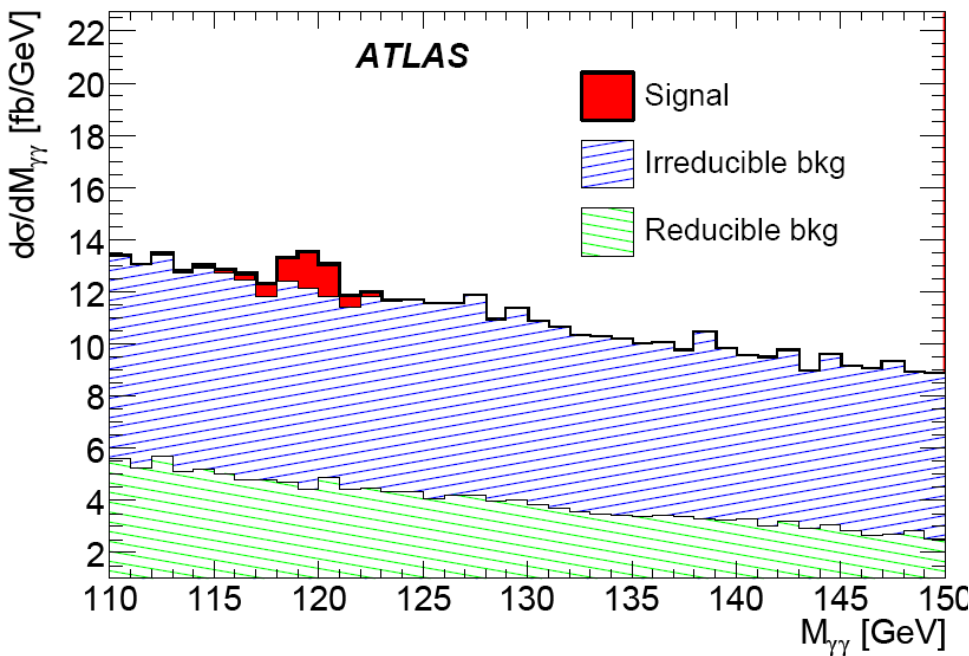
- Selektion: $Pt_{1(2)} > 40(25)\text{GeV}$
- $S/B \sim 1/40$
- Effekt des pile-up:
 10% kl. Effizienz
 10% schlechteres
 Massenauflösung

Signal Process	Cross-section (fb)	Background Process	Cross-section (fb)
$gg \rightarrow H$	21	$\gamma\gamma$	562
VBF H	2.7	Reducible γj	318
ttH	0.35	Reducible jj	49
VH	1.3	$Z \rightarrow e^+e^-$	18

H + 0,1,2 Jetanalysis: Verbesserung von S/B

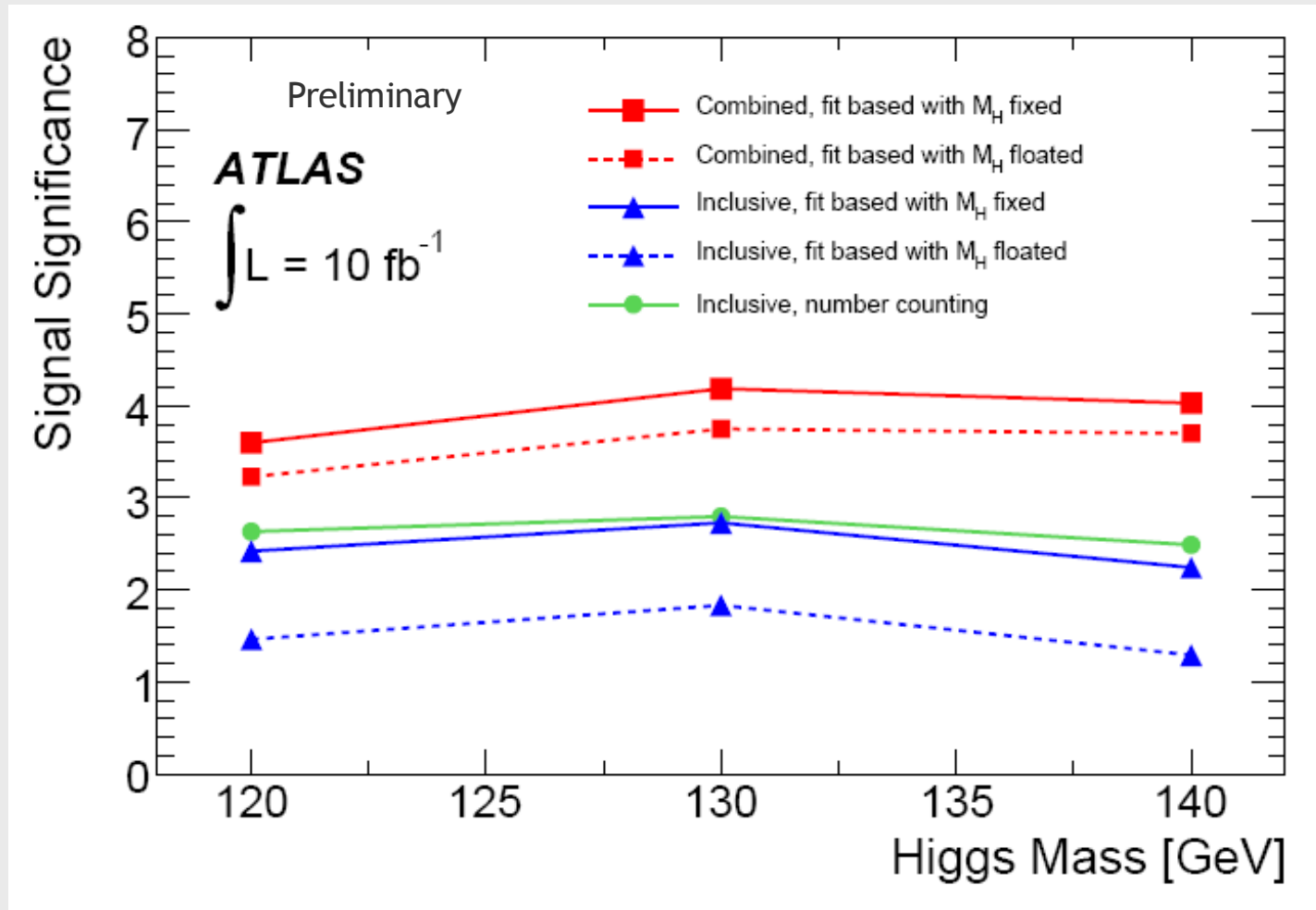
1 Jet: $S/B = 1/12$
selektiertes Signal = 4fb

2 Jets:
 $S/B = 1/2$
selektiertes Signal = 1fb



besseres S/B , aber kleineres Signal \rightarrow Steigerung der Sensitivität

H → 2 Photonen: Entdeckungspotenzial

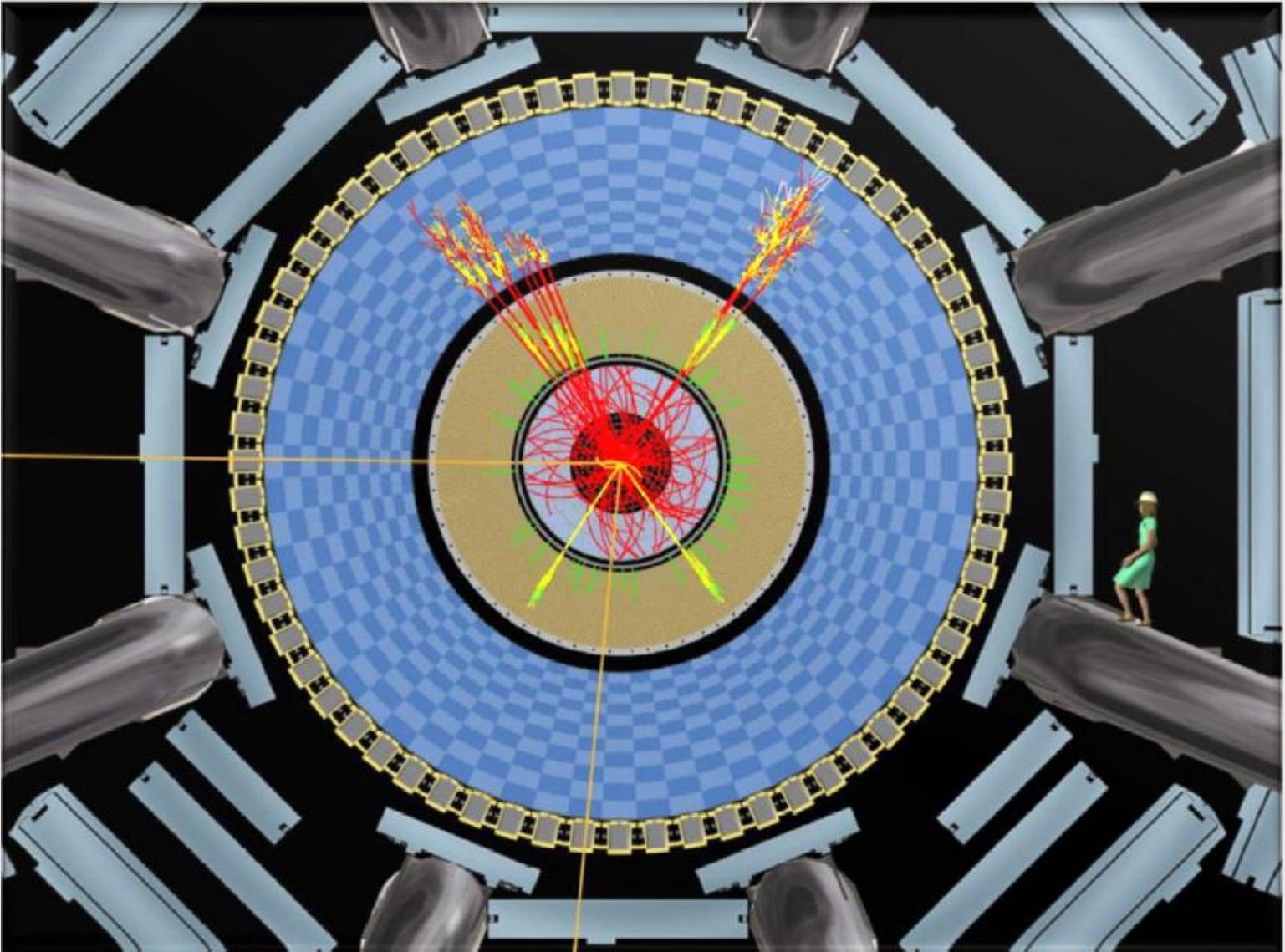


- Zählexperiment = Fit inkl. Formunsicherheit und syst. Fehler
- Kombination der Analysen + zusätzliche Variablen steigern Signifikanz um 50%

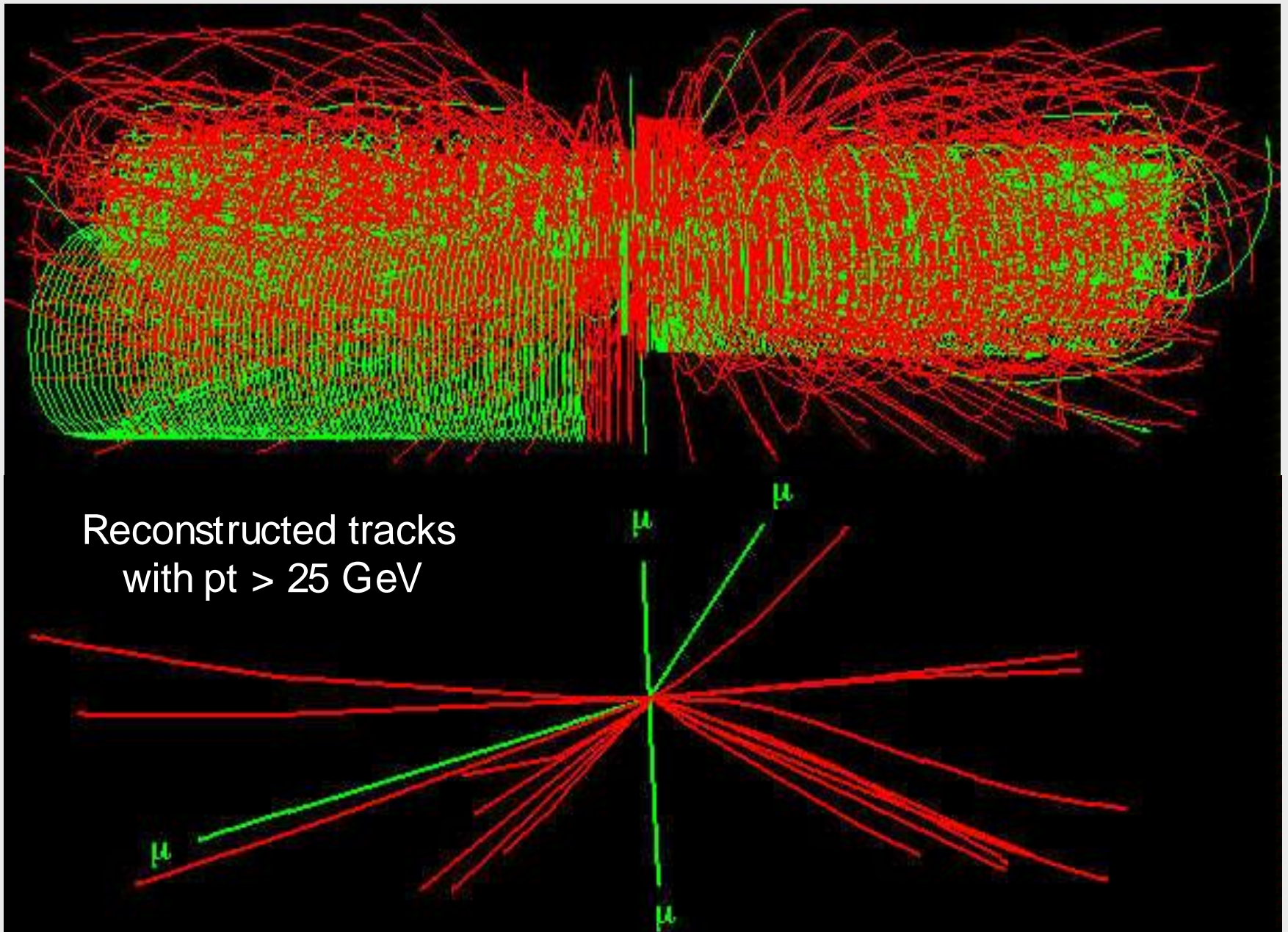
$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4 \text{ Leptonen}$

■ Signal: $\sigma = 6 \text{ fb}$ bei $M = 130 \text{ GeV}$

Signatur: 4 isolierte Leptons , $1(2) M_{\parallel} = M_Z$

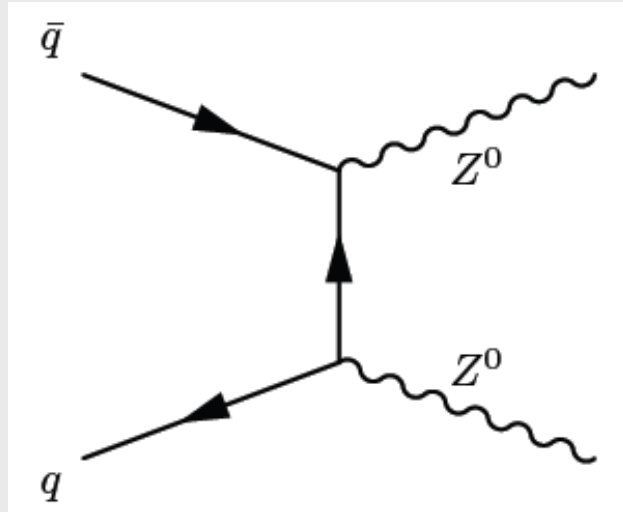


$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4 \text{ Myonen}$ (Goldener Kanal)



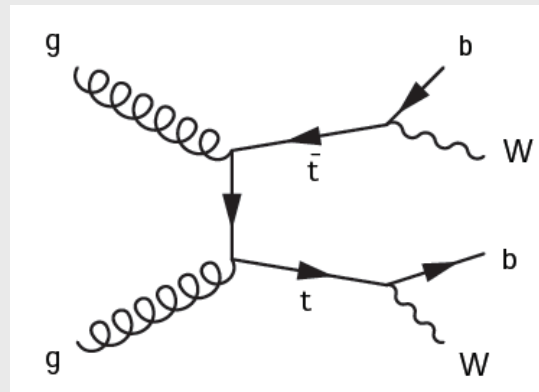
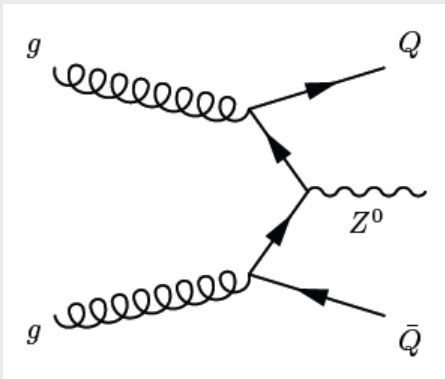
$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4$ Leptonen: Untergrund

- irreduzibel: $ZZ \rightarrow 4$ Leptonen (56fb)



exzellente Rekonstruktion der invarianten Vierleptonenmasse

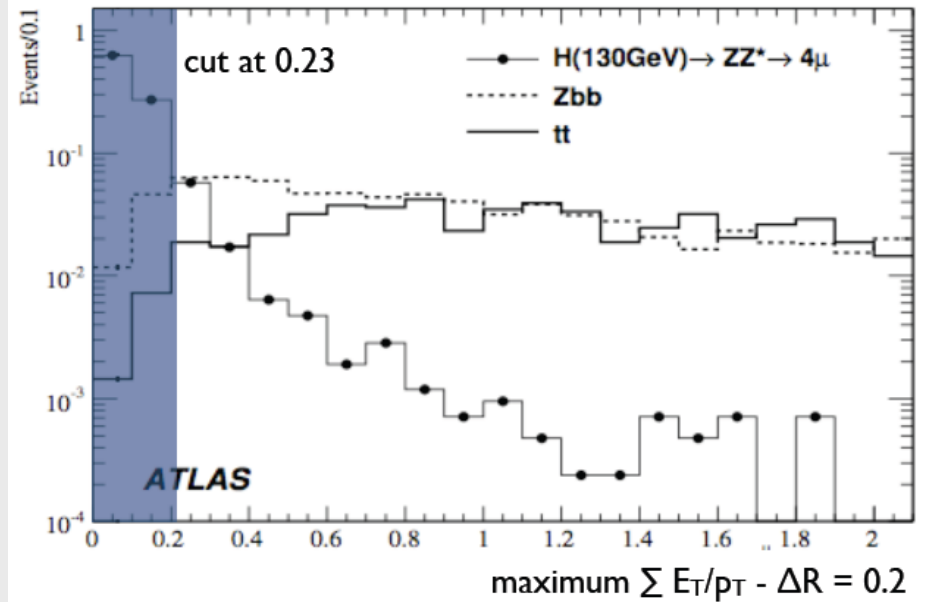
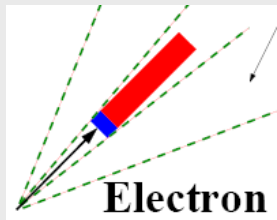
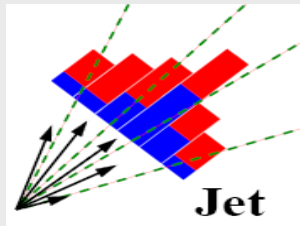
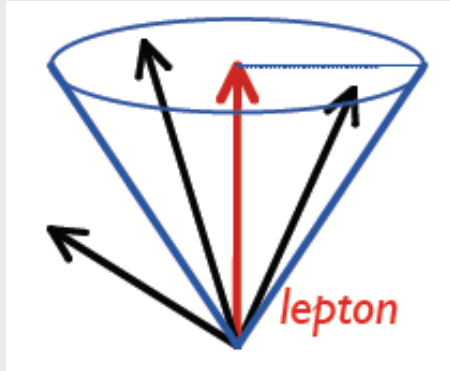
- reduzibel: $tt \rightarrow bbl\nu\nu$ (6pb) Zbb (810fb): 2 Leptonen aus B-Zerfällen



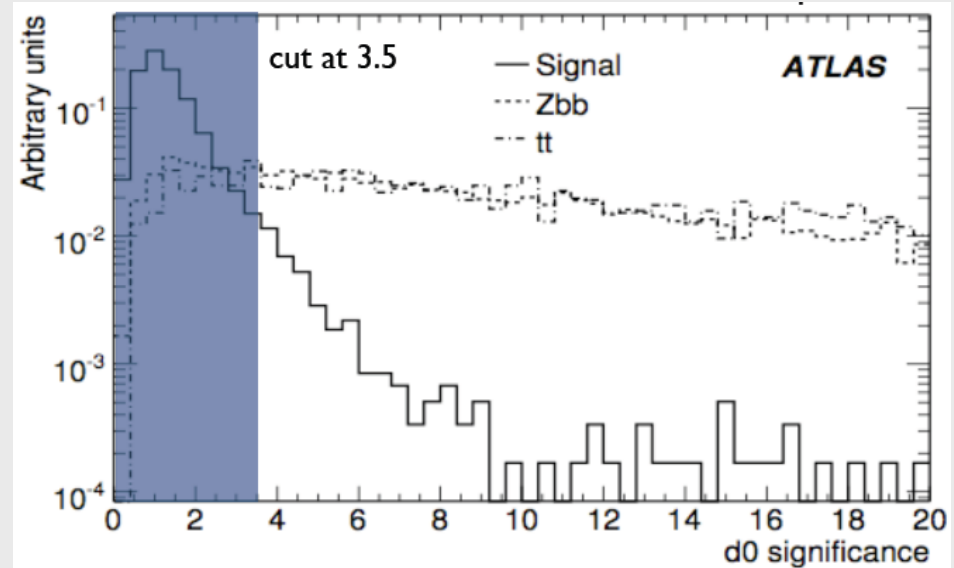
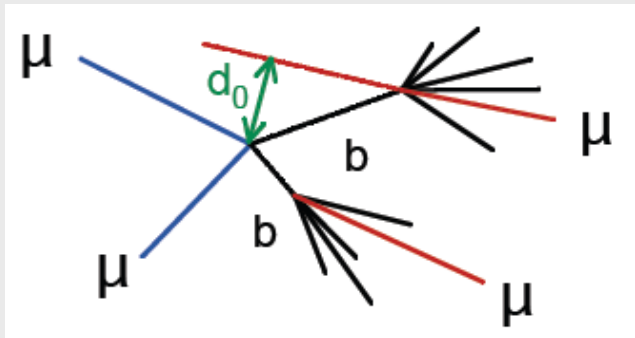
→ Unterscheide direkte Leptonen aus Z-Zerfällen und oder B→IX Zerfall

Unterdrückung des reduzierbaren Untergrundes

Isolation:



Stossparameter:

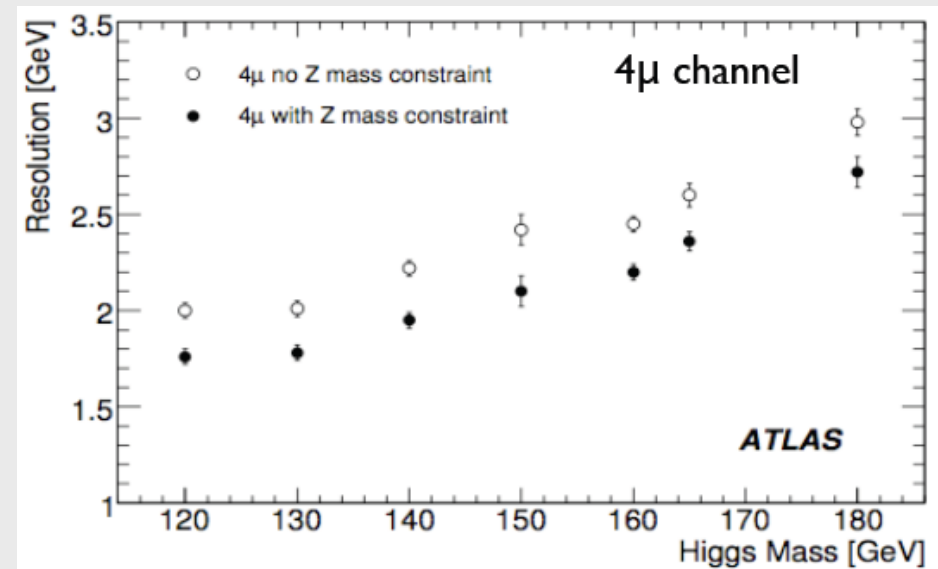
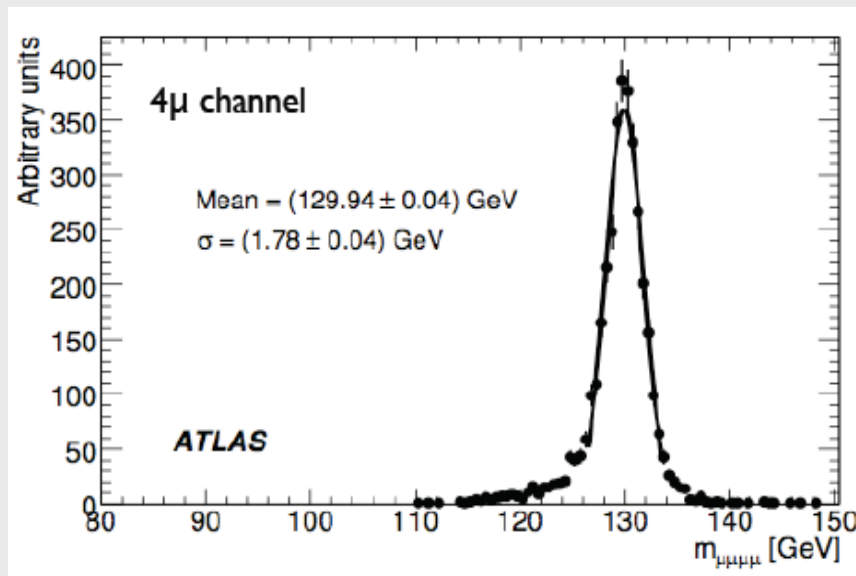


Effizienz(Signal) = 80%

Zurückweisung: $\mathcal{O}(100)$ Zbb and $\mathcal{O}(1000)$

H → ZZ(*) → 4 Leptonen: Massenrekonstruktion

- 4 Leptons (je 2 Ladung +/- u. selben Flavor) $pt_{1,2} > 20$ $pt_{3,4} > 7$ GeV
- $|M_{12} - M_Z| < 15$ GeV $M_{34} > 30$ GeV (150 GeV) $|M_{12(34)} - M_Z| < 12$ GeV (300 GeV)
- bessere Massenauflösung durch M_Z c-Zwangsbedingung

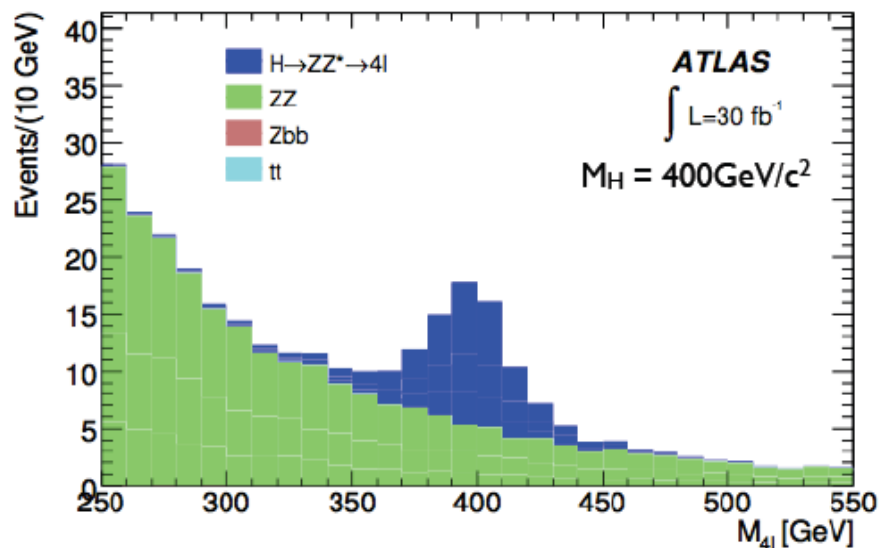
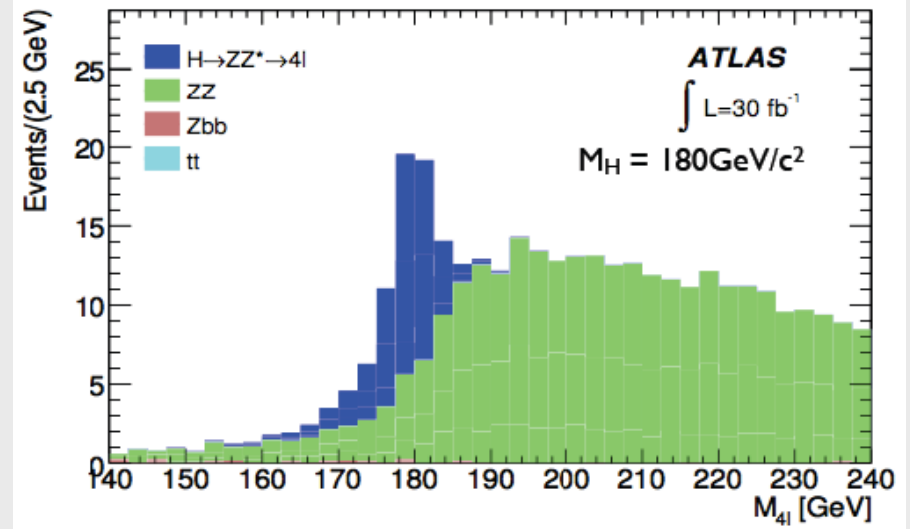
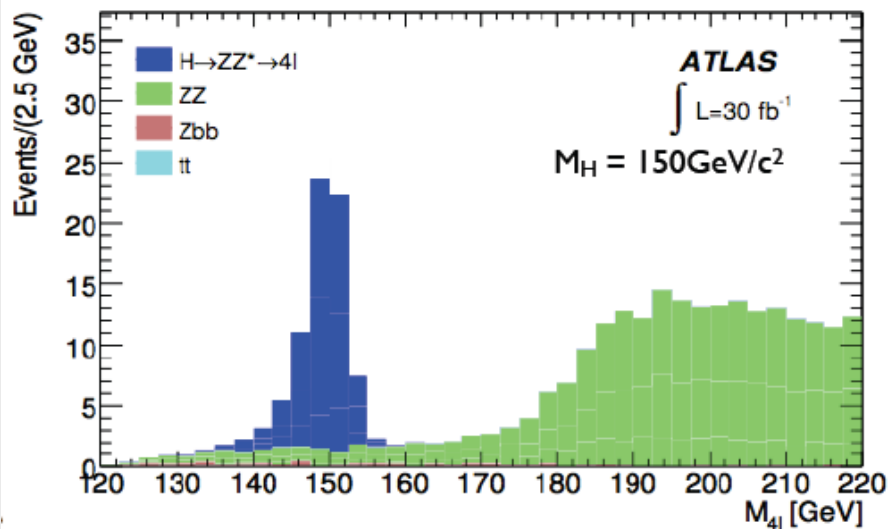


Schlechtere Massenauflösung für Elektronen:

4e: $\sigma = 2.2$ GeV 2e2μ: $\sigma = 1.9$ GeV

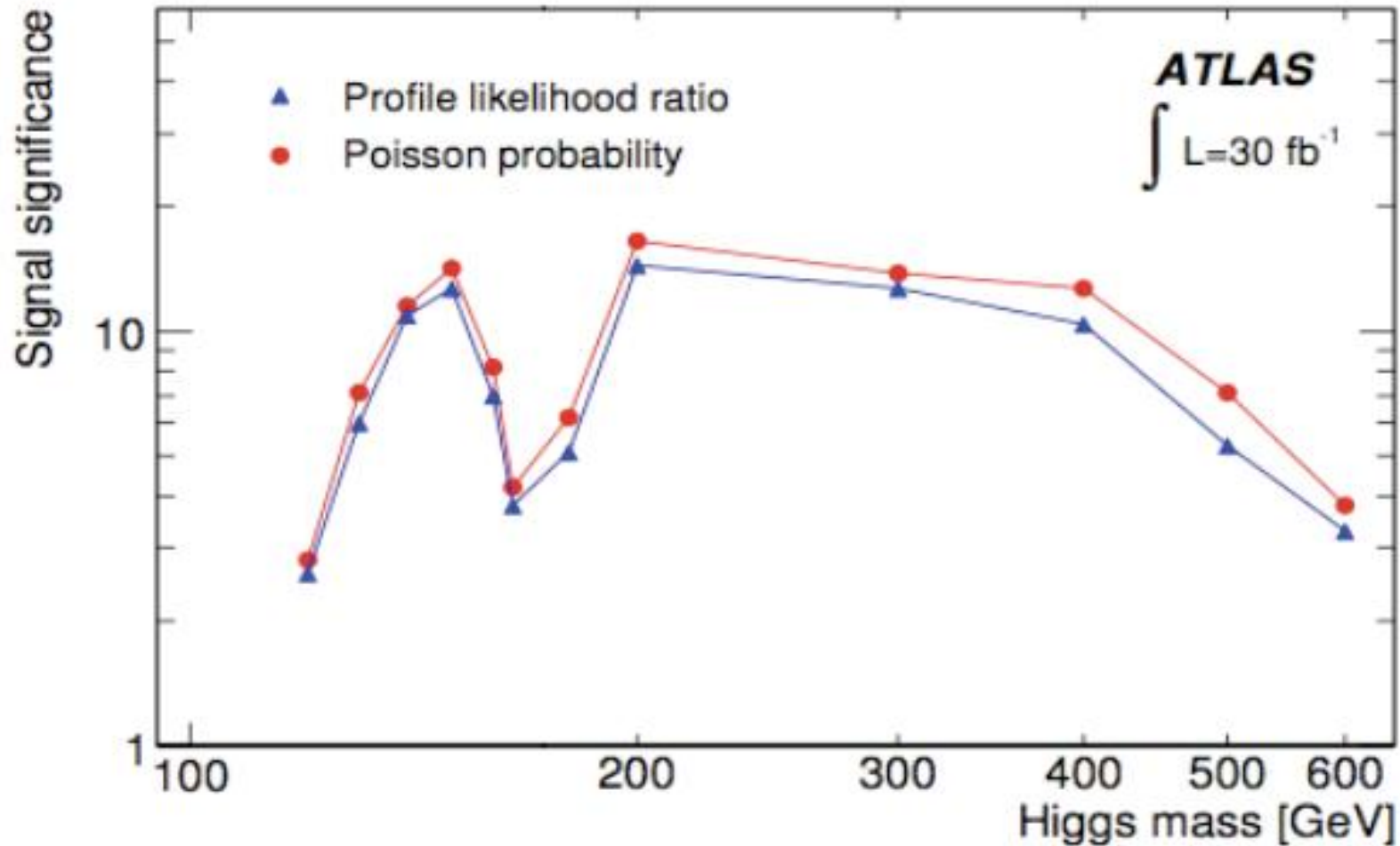
wegen Bremsstrahlung

Massenverteilung nach allen Schnitten



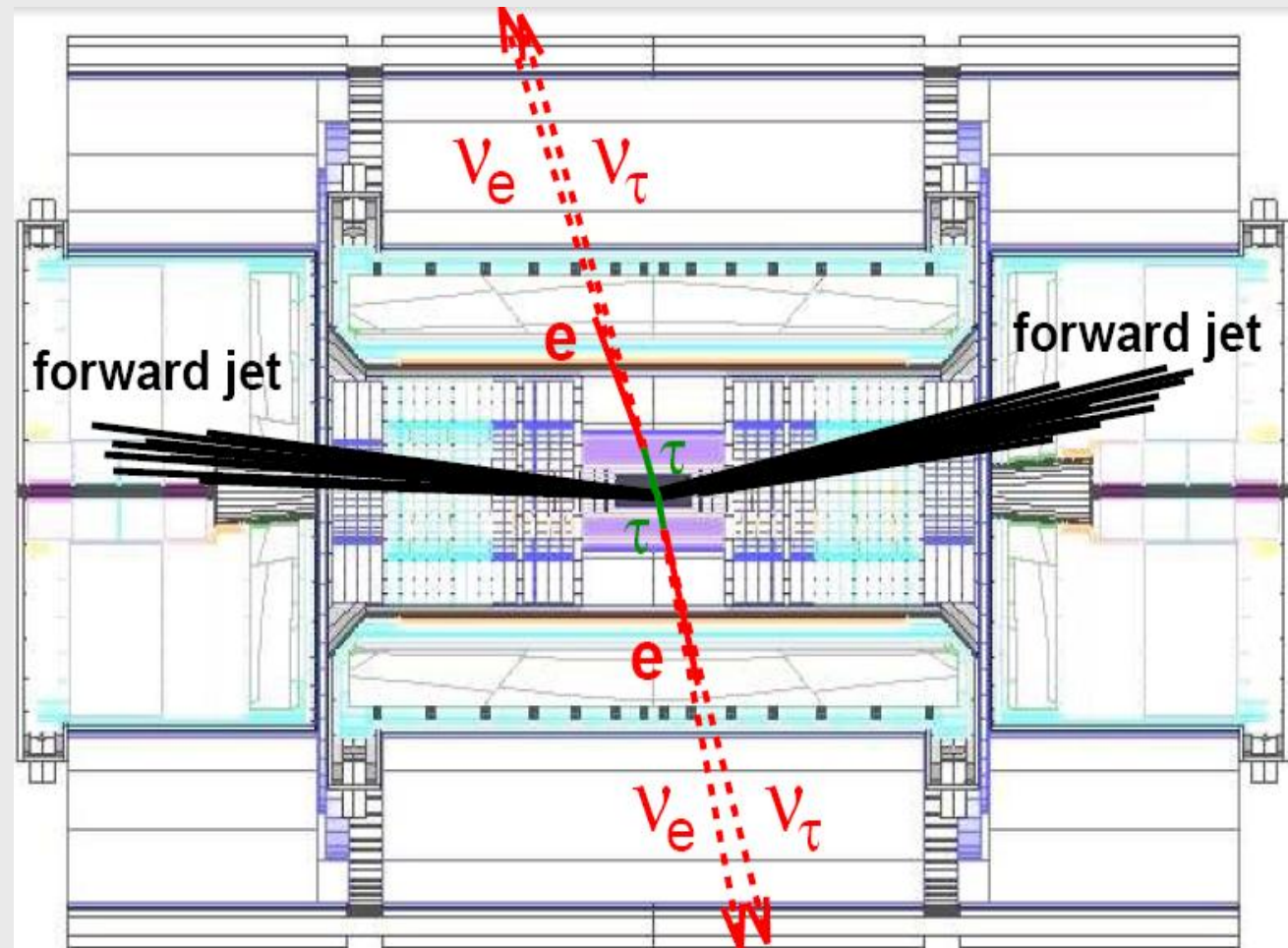
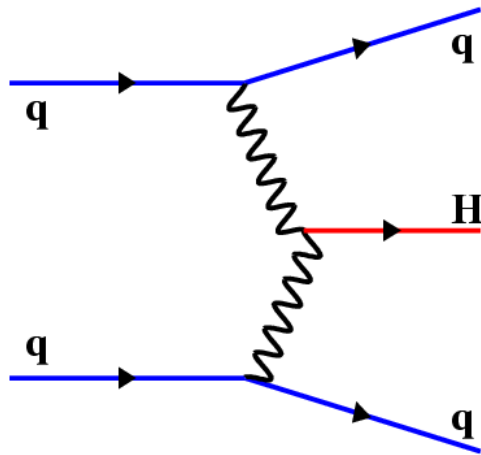
- grosses S/B ratio
- $\Delta M/M \sim 1.5\%$
- ZZ dominant background
- $M < 170 \text{ GeV}$: small + flat BG
- $M > 170 \text{ GeV}$: Form des ZZ
- Kontinuums wichtig
- $M > 250$: Breite dominiert
- durch natürliche Breite des H

H → ZZ → 4 Leptonen: Entdeckungspotenzial



- aus Ereignissen in 1.4σ Massenfenster
- Effekt des pile-up → Effizienz kleiner um 10% → Signifikanz runter um 5%
- inkl. UG-Unsicherheit: Signifikanz vermindert um 10%

Vektorbosonfusion $pp \rightarrow qqH$ mit $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll 4\nu$ / $l \text{ had } 3\nu$



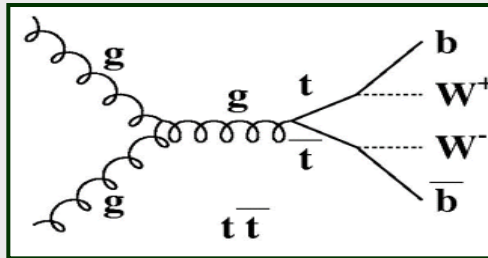
$\tau\tau \rightarrow ll$ ($l=e, \mu$): 40fb
 $\tau\tau \rightarrow l \text{ had}$: 140 fb

■ Signatur:

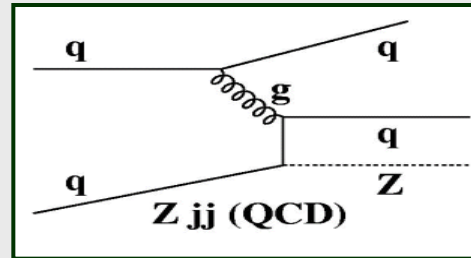
- 2 Jets in der Nähe der Strahlachse, keine weiteren Jets
- Higgs-Boson-Zerfallsprodukte in der Zentralregion
- fehlende transversale Energie aus den Neutrinos

Vektorbosonfusion $pp \rightarrow qqH$ mit $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \ell\ell 4\nu$ / ℓ had 3ν

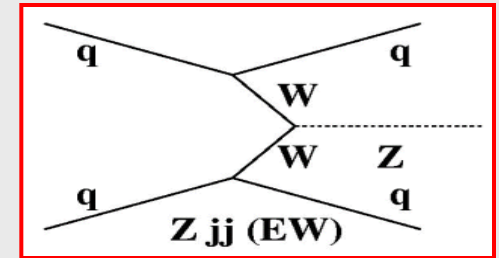
■ Untergrund: reduzible -----> irreducible



833 pb



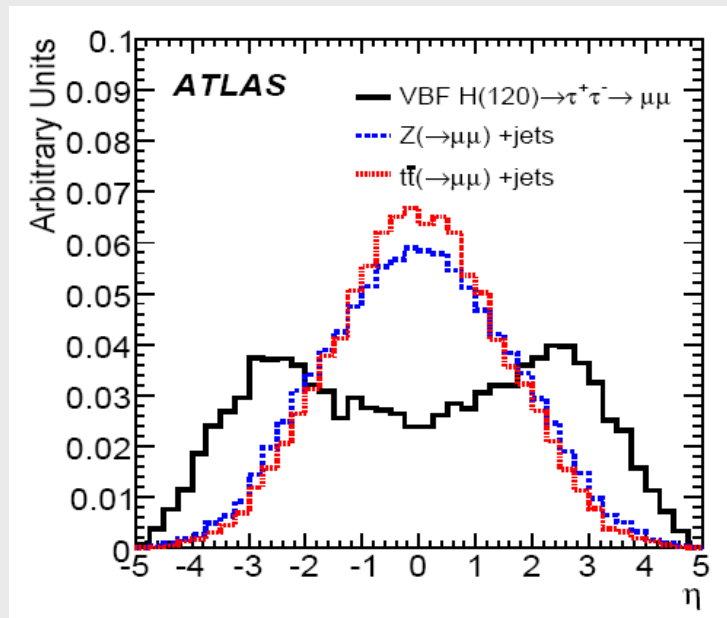
770($\ell\ell$)+170($\tau\tau$)pb



1.7pb ($\tau\tau$)

Kinematik, Farbfluss, ...

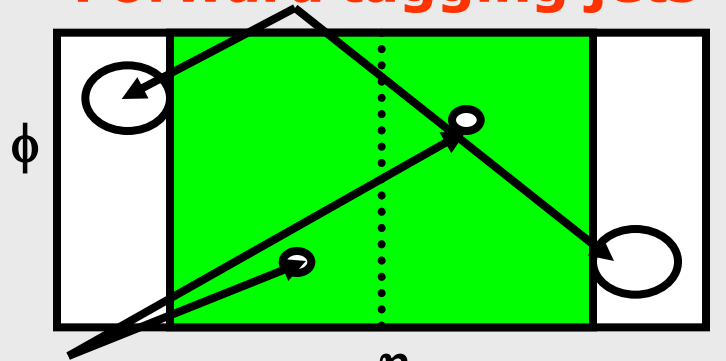
Massenrekonstruktion



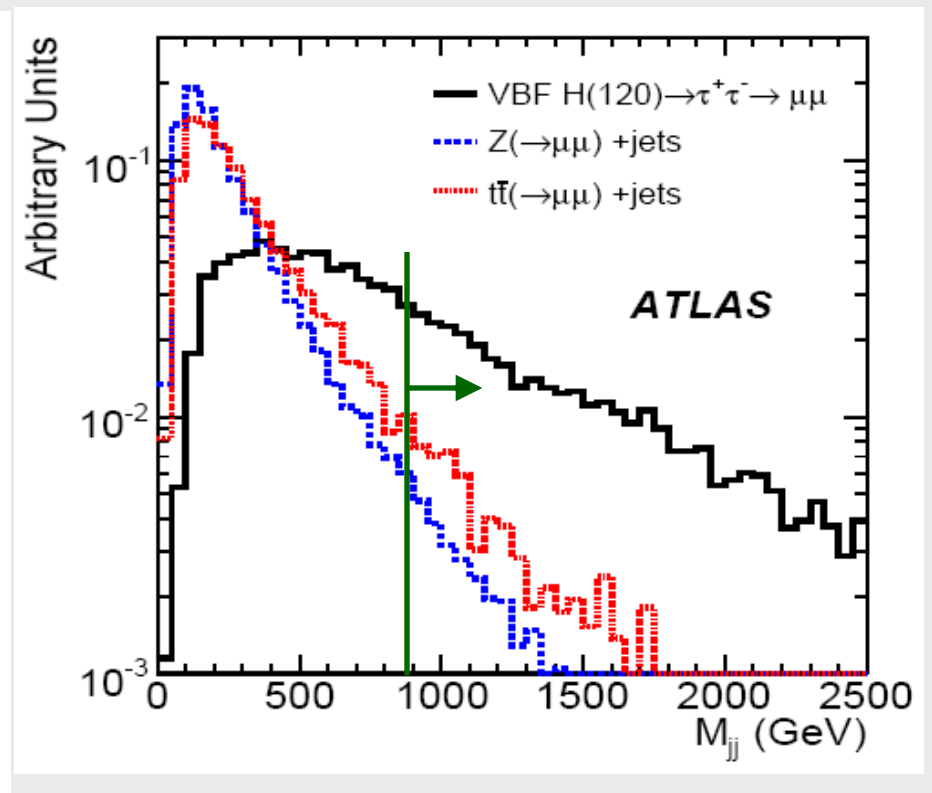
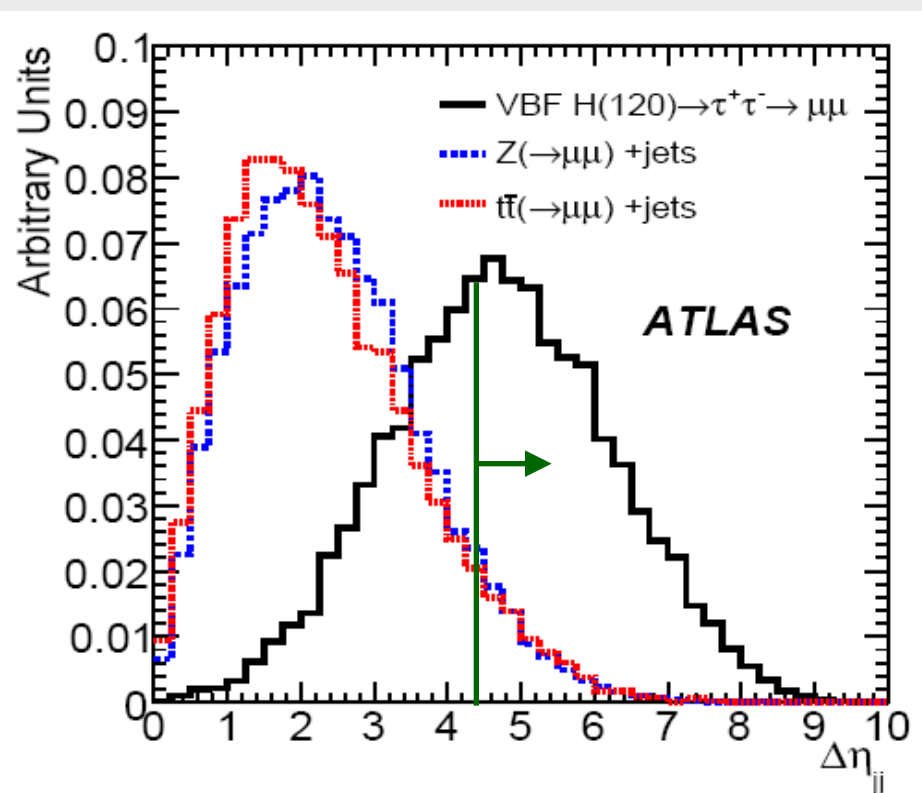
reduzierbarer Untergrund
besitzt zentrale Jets

Unterdrückung des reduzierbaren Untergrundes: Kinematik

Forward tagging jets

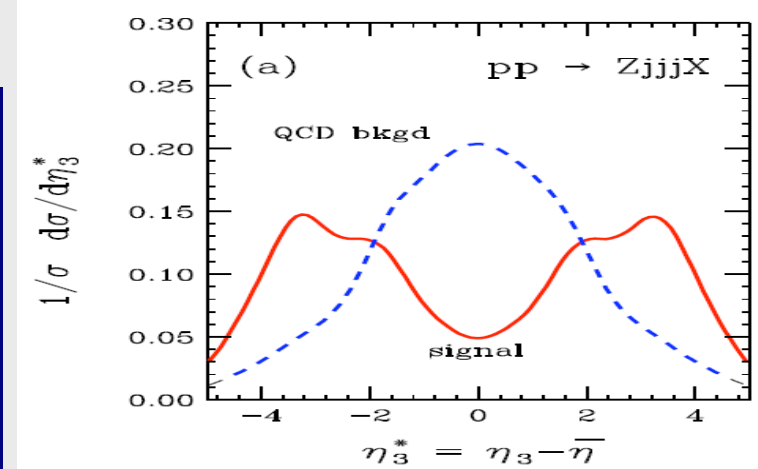
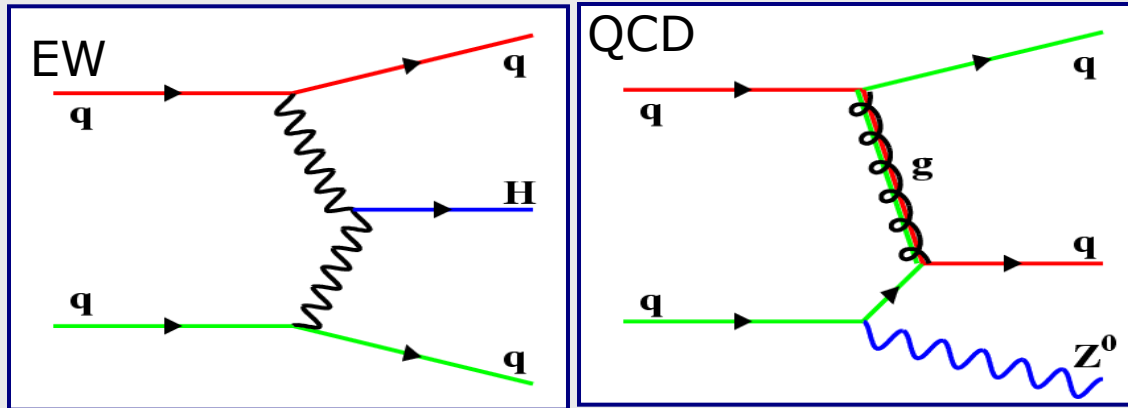


Higgs Decay



Zentrales Jet-Veto

- unterscheidlicher Farbfluss in EW und QCD Prozessen

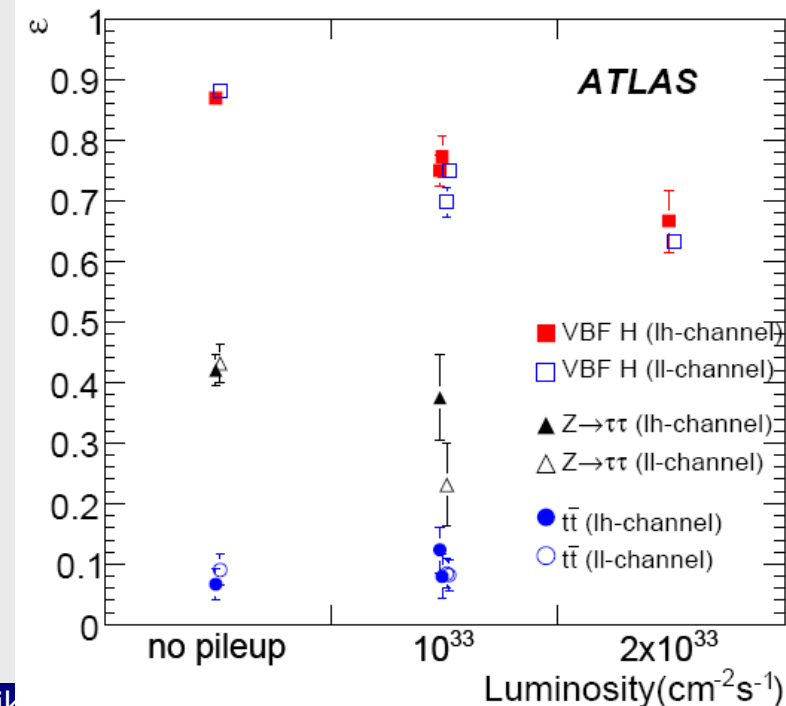


D. Zeppenfeld et al., Phys.Rev.D54 (1996)6680

- Signal: zusätzliche Jets nahe Tagging-Jets
- QCD-UG: zusätzliche zentrale Jets

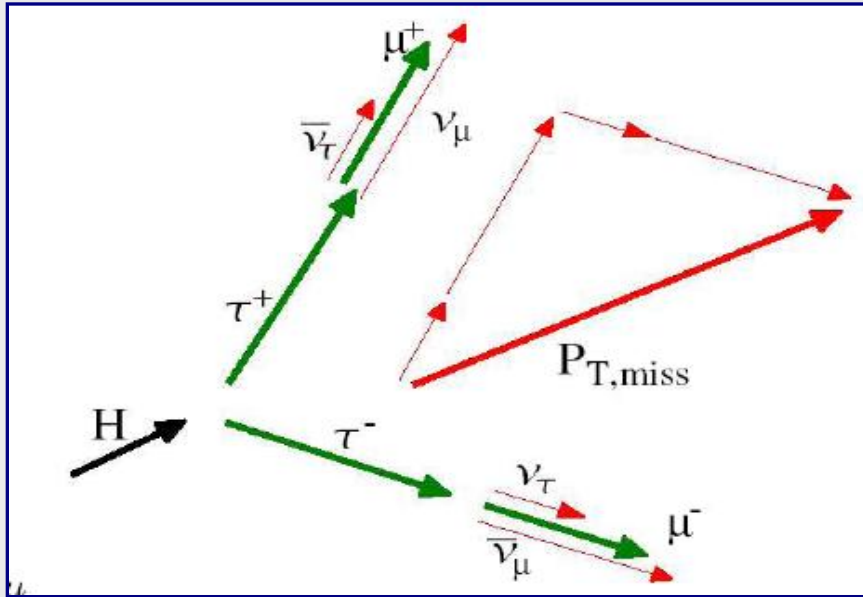
→ Veto auf zusätzliche Jets mit
 $P_t > 20 \text{ GeV}$ and $|\eta| < 3.2$

Starker Einfluss von pileup



Rekonstruktion der Higgs-Bosonmasse

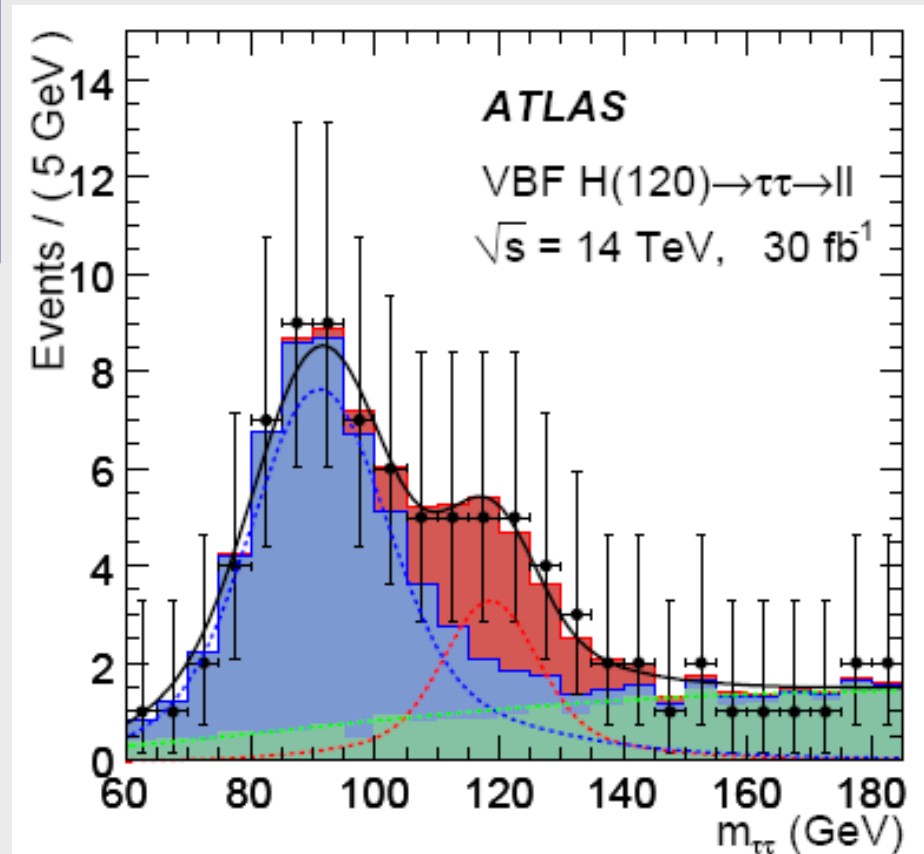
- kollineare Näherung trotz 4 Neutrinos



- $\sigma_M/M \sim 10$ to 14% dominiert von E_{miss}

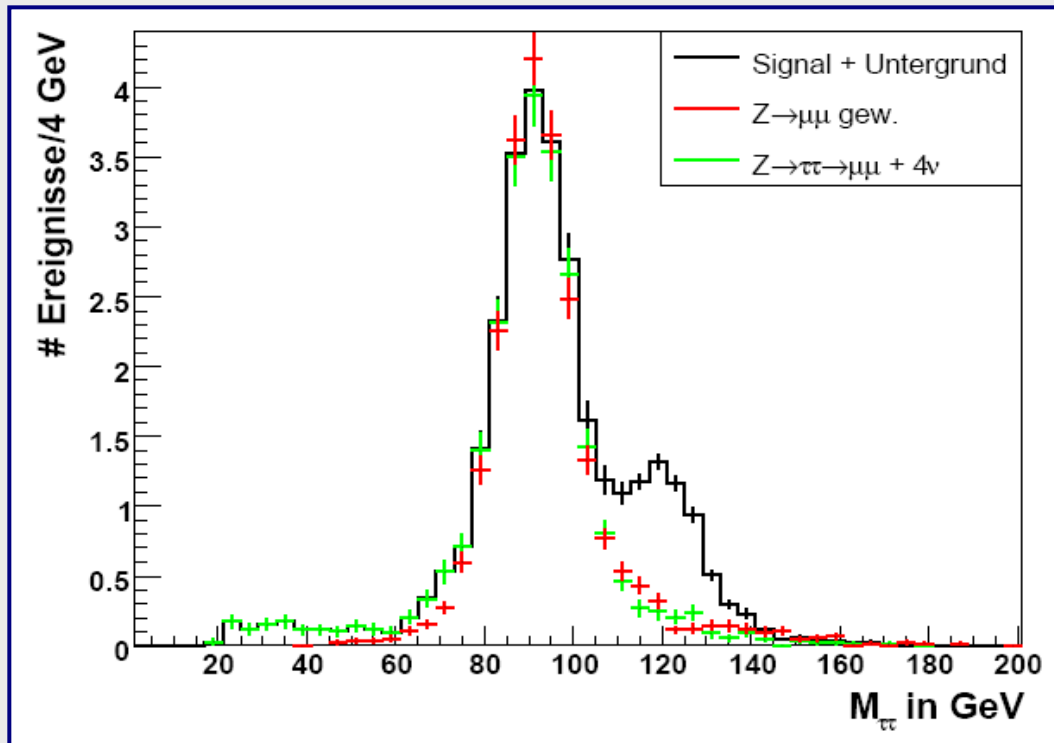
- Higgssignal auf Schulter des Z-Peaks

→ wie extrahiert man Signal?



VBF, $H \rightarrow \tau\tau$: Bestimmung des Untergrundes aus Daten

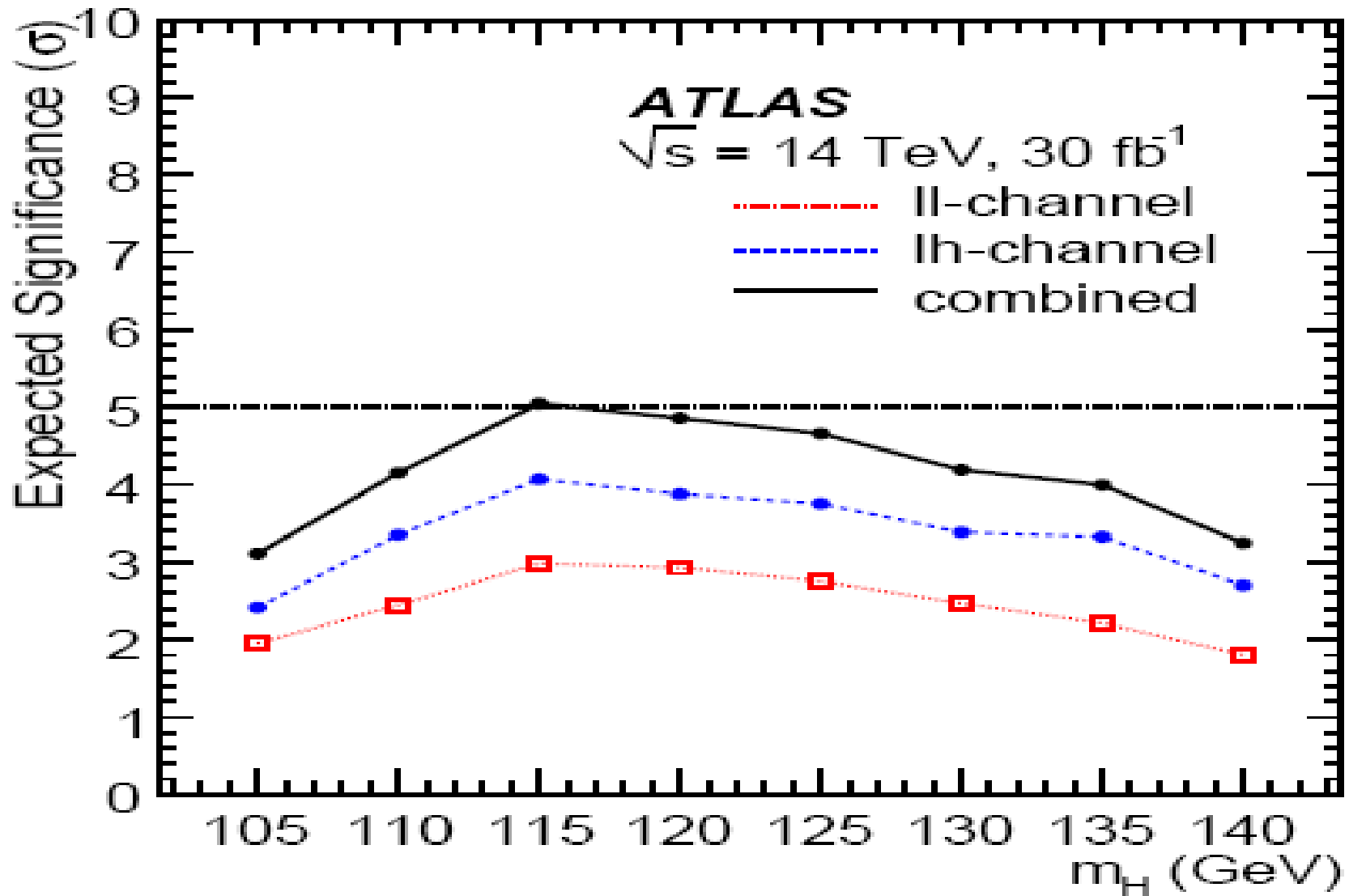
- Idee: $jjZ \rightarrow \mu\mu$ und $jjZ \rightarrow \tau\tau \rightarrow \mu\mu$ haben identische Topologie
 - Myonen sind MIPS \rightarrow selbe Energiedeposition in Kalorimetern
 - Unterschied nur in Impulspektren der Myonen
- Methode: 1) selektiere $Z \rightarrow \mu\mu$ Ereignisse
 - 2) „würfele“ μ -Impulse gemäß $Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow \mu\mu + 4\nu$ MC
 - 3) wende „normale“ Selektion und Massenrekonstruktion an



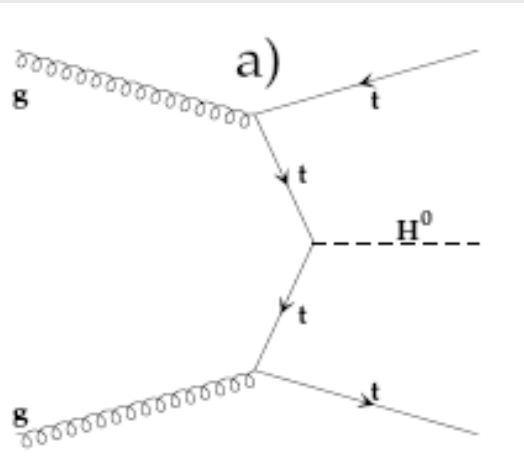
Form des Untergrundes
kann gut aus Daten
vorhergesagt werden
(M. Schmitz, Diplomarbeit BN 2006)

Bestimmung der Masse mit
stat. Genauigkeit von
etwa 3 GeV mit 30 fb^{-1}

Entdeckungspotential VBF

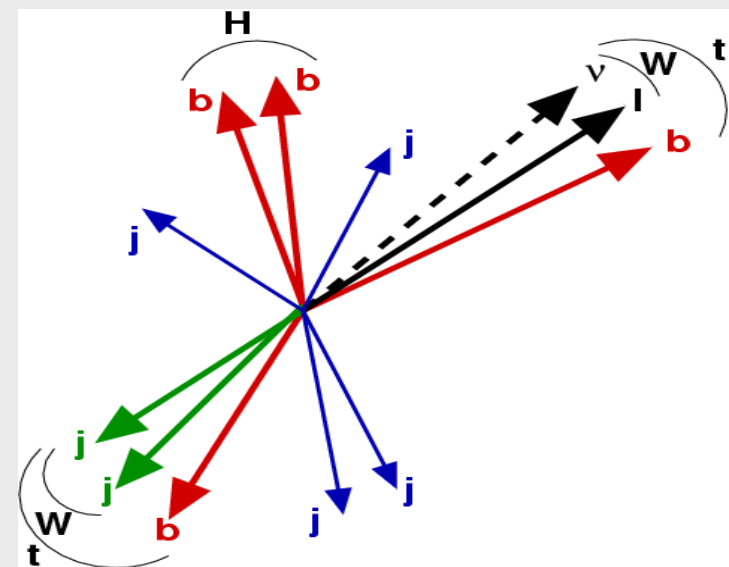


ttH with $H \rightarrow bb$



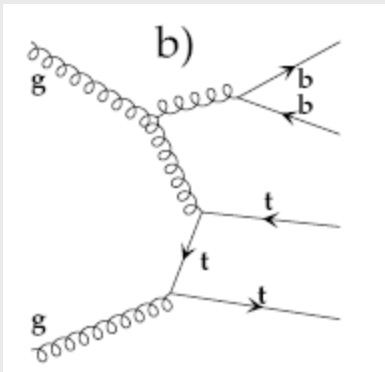
Signal:

- 1 Lepton (\rightarrow Trigger)
- Fehlende Energie
- 6 Jets (4 aus bs)



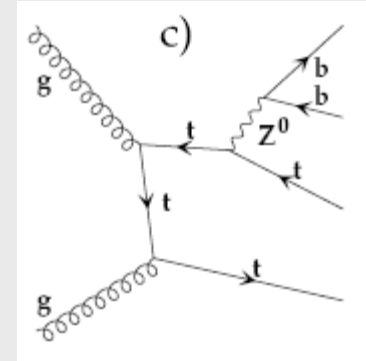
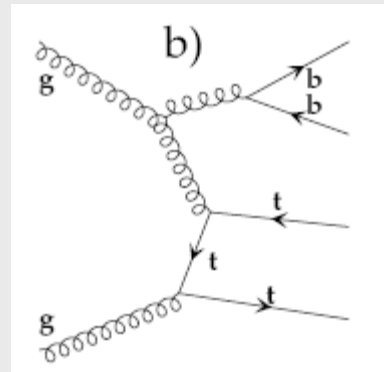
Untergrund:

reducible: tt+jets (200pb)



\rightarrow b-tagging

irreducible: ttbb (2370+250fb)



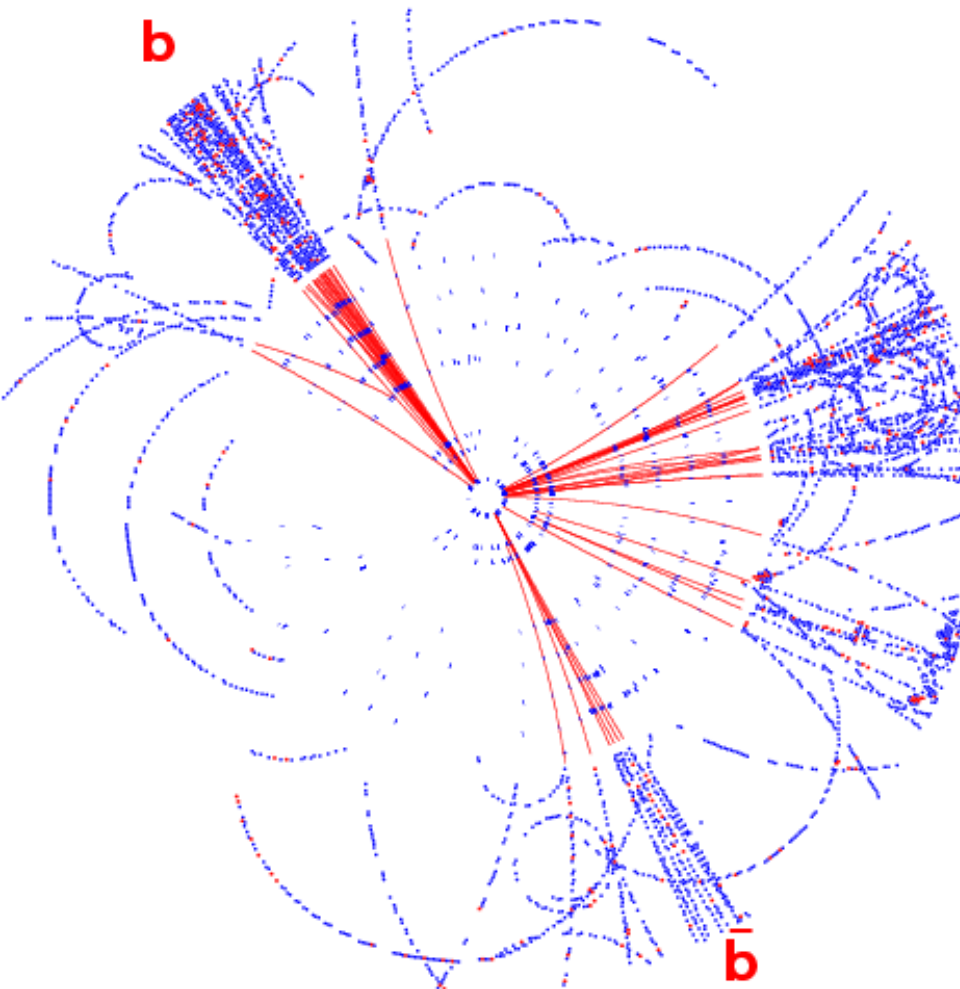
\rightarrow Rekonstruktion der Higgs-Boson-Masse

Herausforderung für die Identifikation von b-Quarks

ATLAS Barrel Inner Detector

$H \rightarrow b\bar{b}$

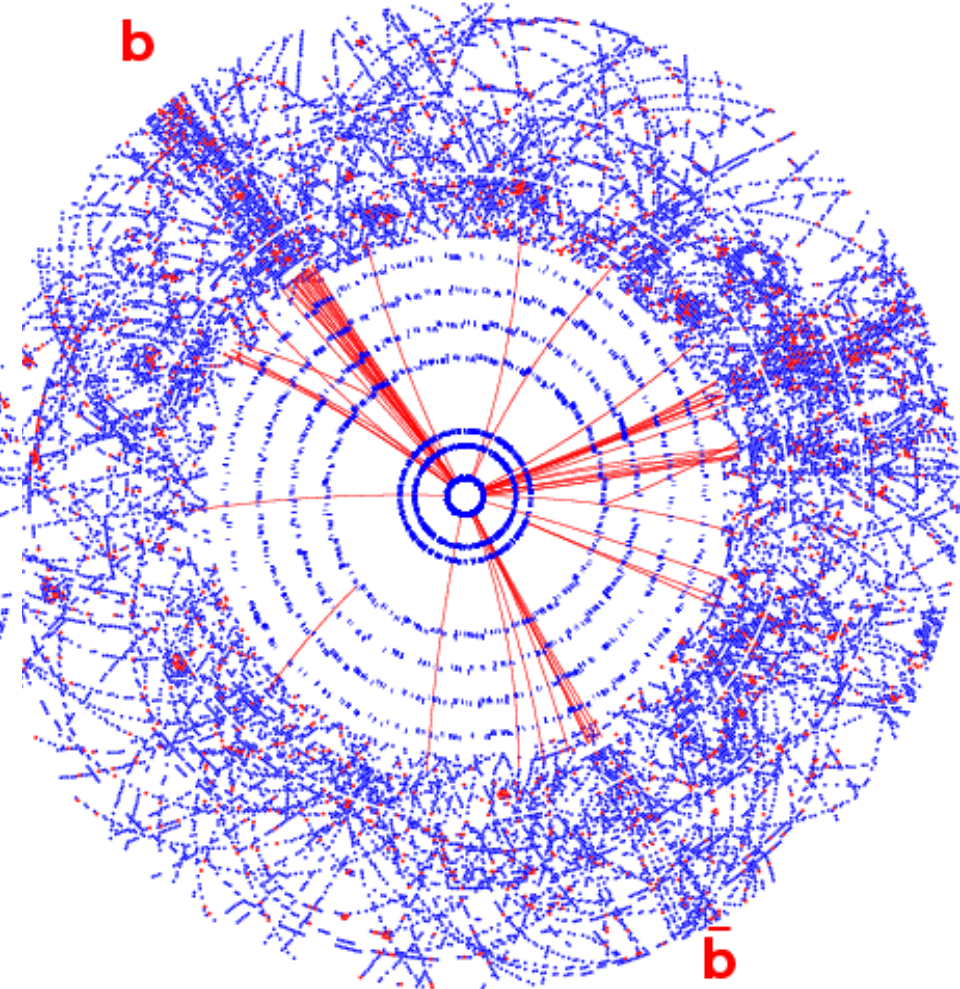
low luminosity



ATLAS Barrel Inner Detector

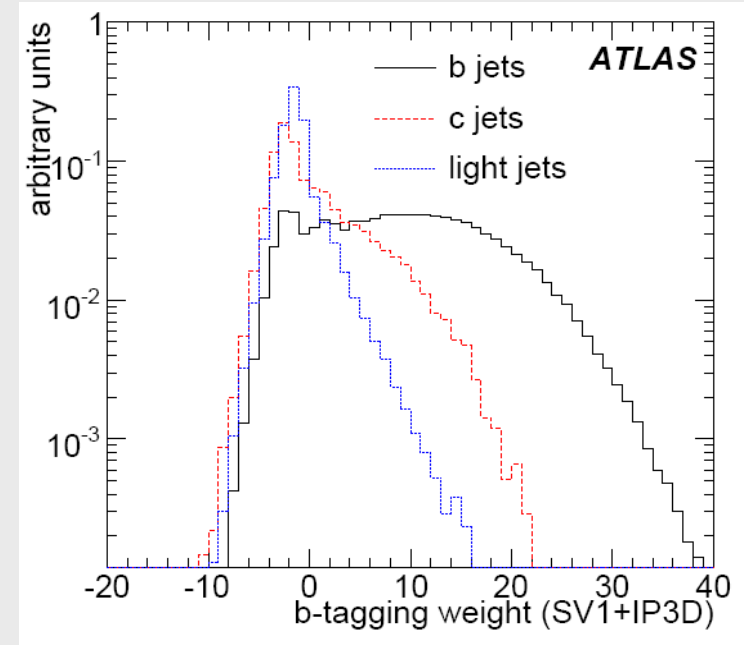
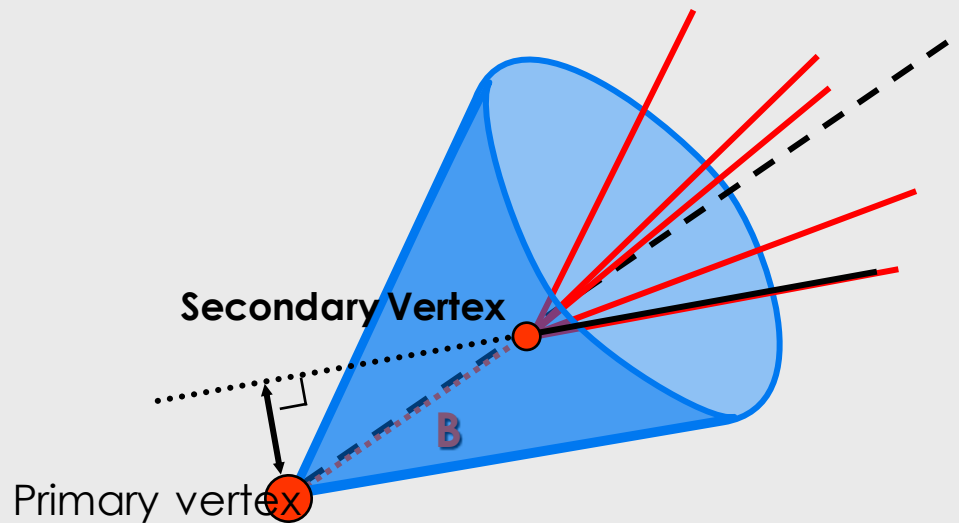
$H \rightarrow b\bar{b}$

high luminosity

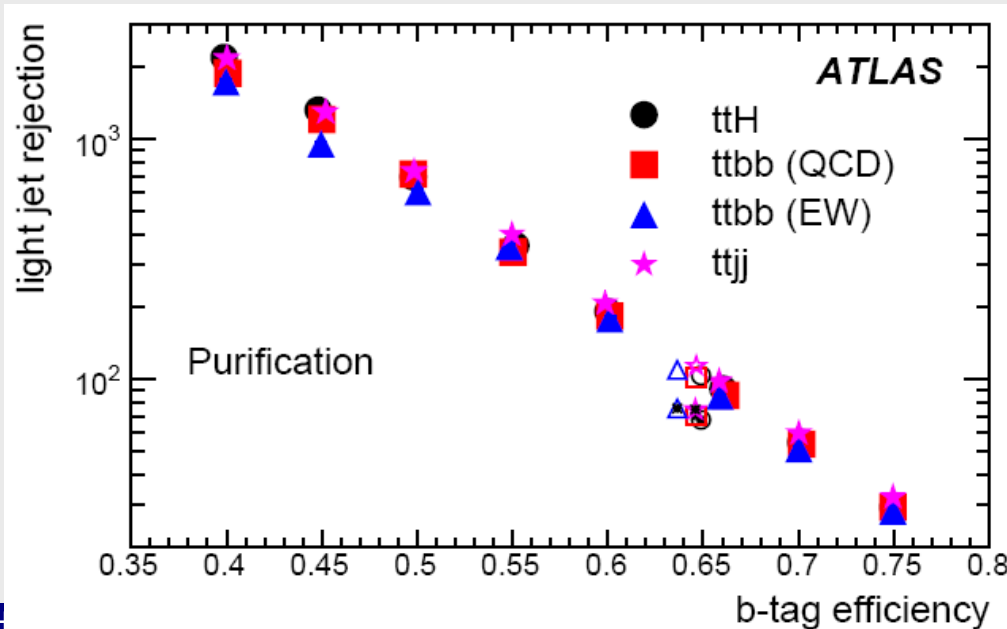


ttH, H→bb: Identifikation von b-Quarks

■ nutze lange Lebensdauer der B: Stossparameter, Zerfallslänge



■ Rekonstruktionsgüte in ttX Ereignissen



Arbeitspunkt:

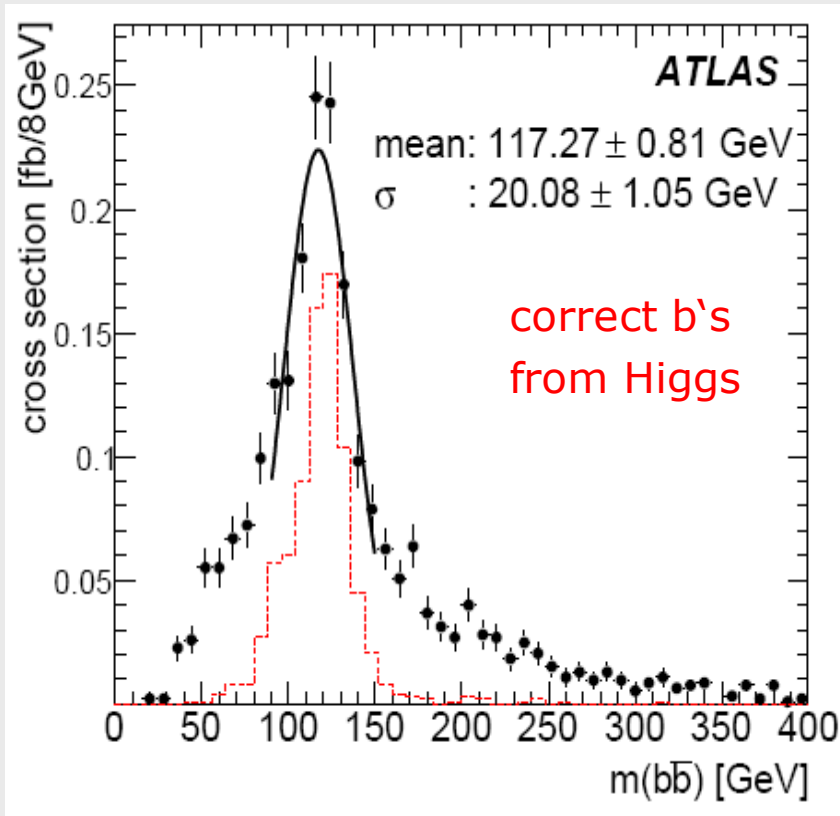
Eff.(b) = 65%

Eff.(c) 1/6

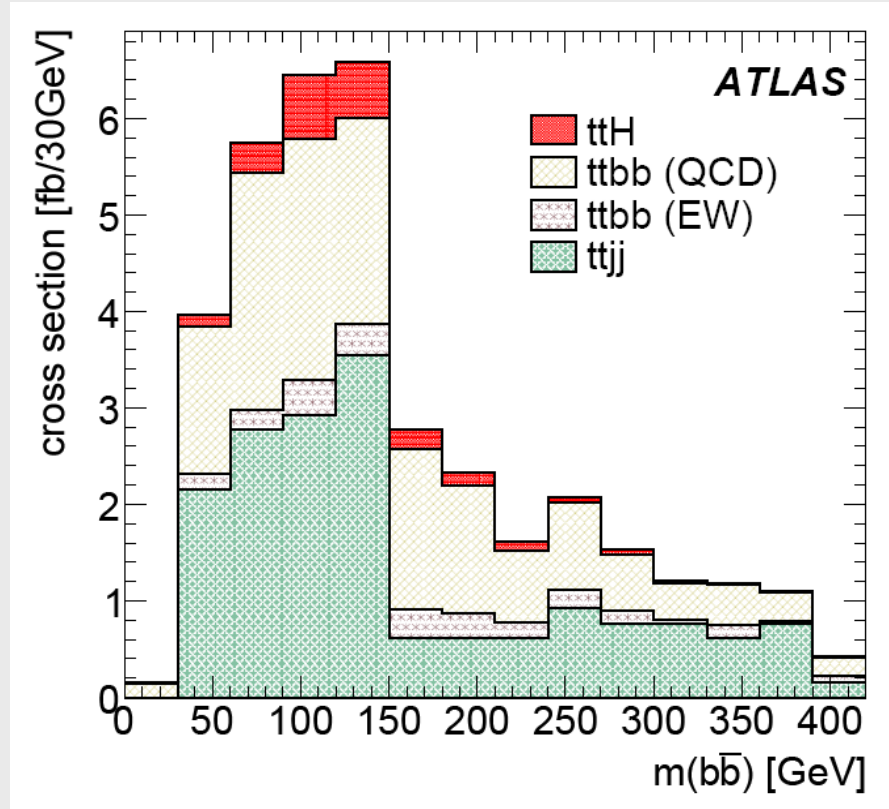
Eff.(udsg) = 1/60

Rekonstruktion der Masse

nur Signal



Signal und Untergrund



Reinheit: 34% (zufällig 16%)

Auflösung: 20 GeV

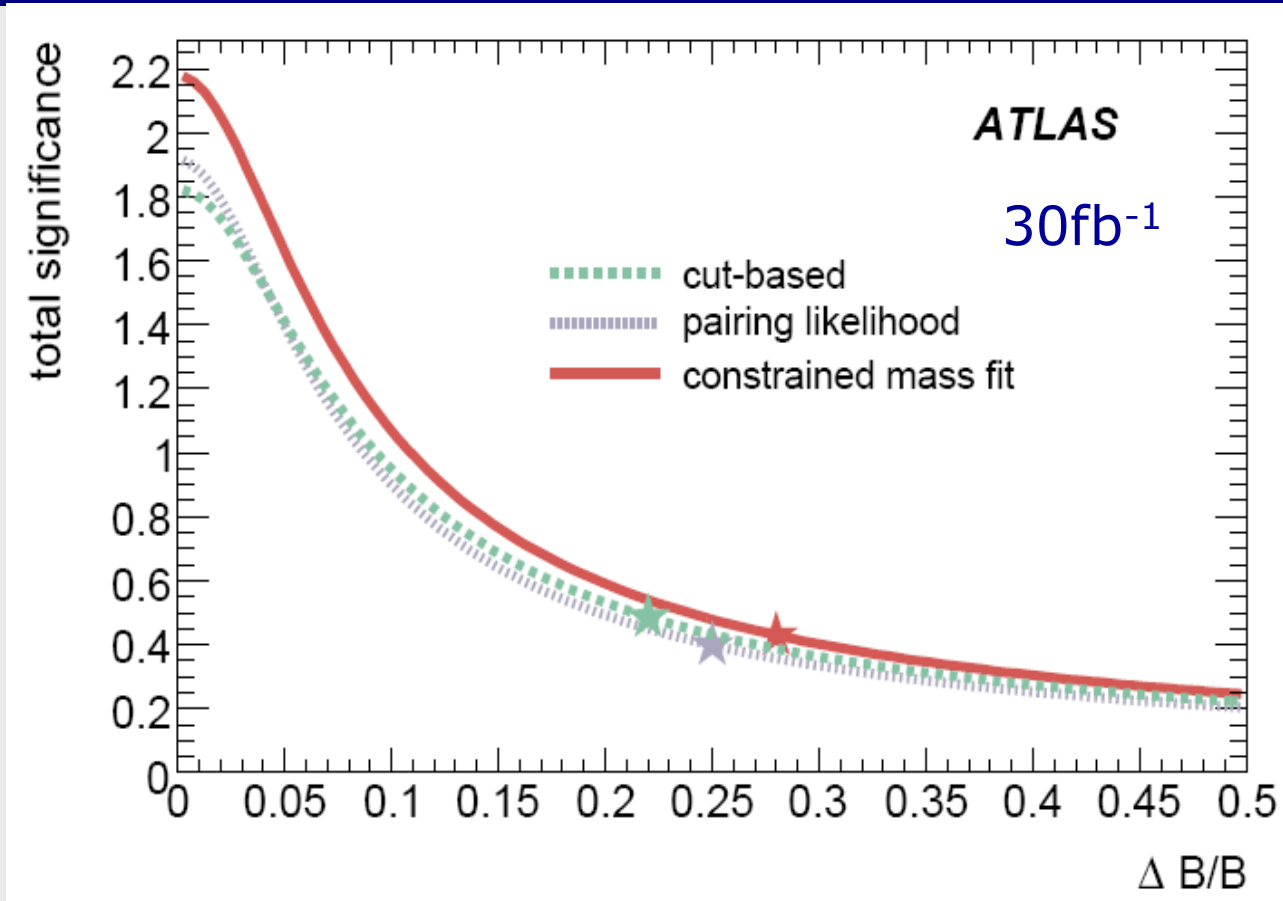
Effizienz: 2.3%

$S/B = 1/10$ $S/\sqrt{B} = 1.95$

Signal- und Untergrundvtlg.

sehr ähnlich

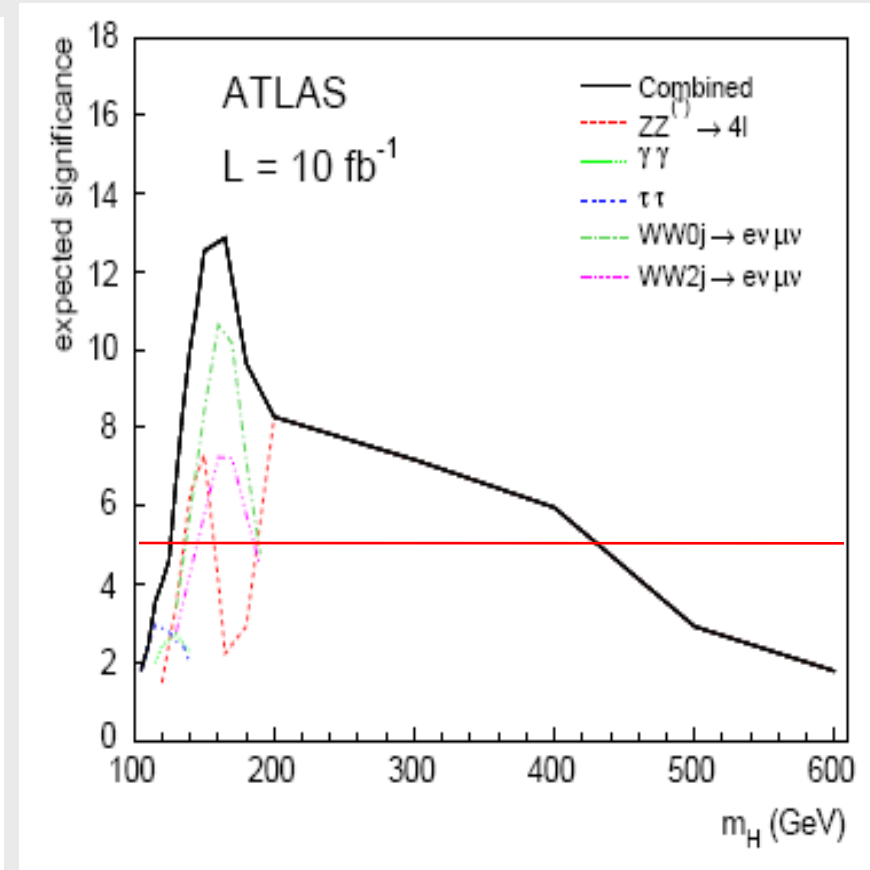
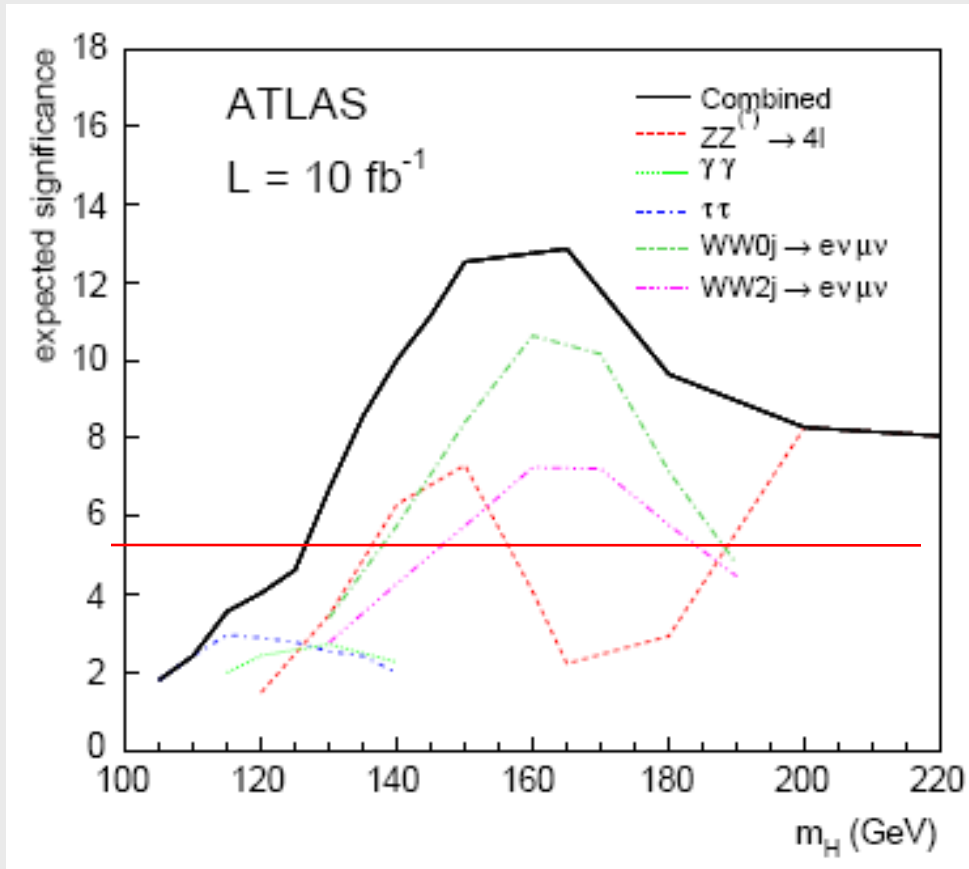
ttH, H→bb: Signifikanz



- Signifikanz für 30fb⁻¹ ohne systematische Unsicherheiten < 2.2
- kleines S/B=1/10 und schlechtes Verständnis des Untergrundes
- zur Zeit nicht als Entdeckungskanal betrachtet
- aber wichtig für Messung der Kopplung von Higgs an b-Quark

Entdeckungspotential bei ATLAS

● Erwartung für 10 fb^{-1}

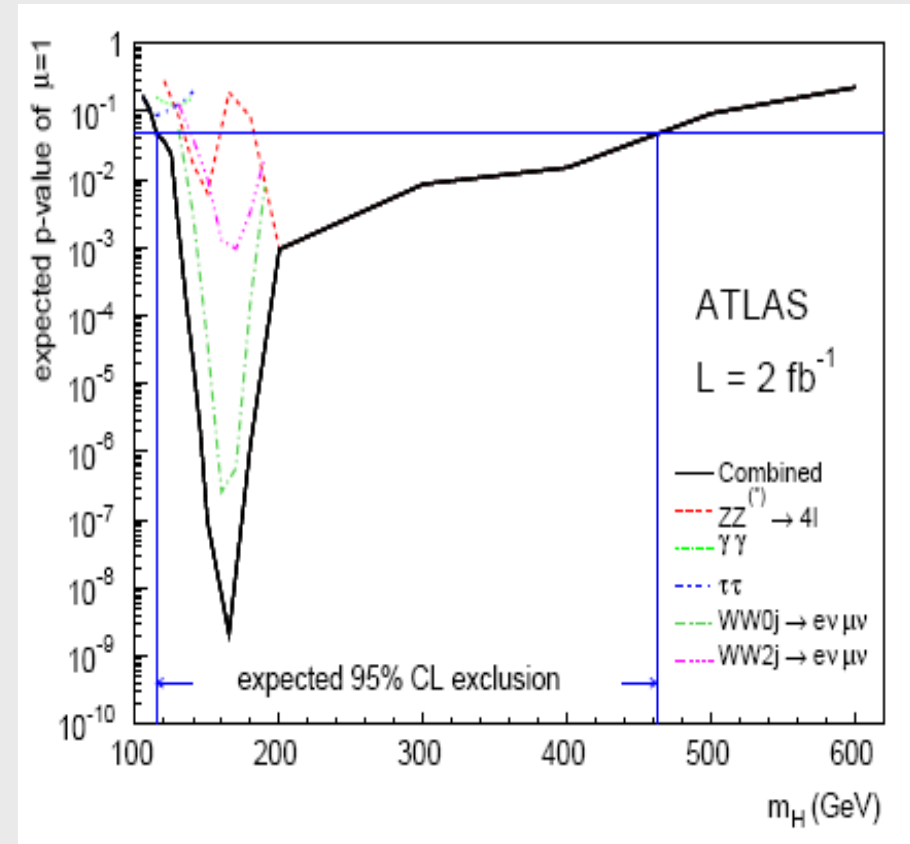
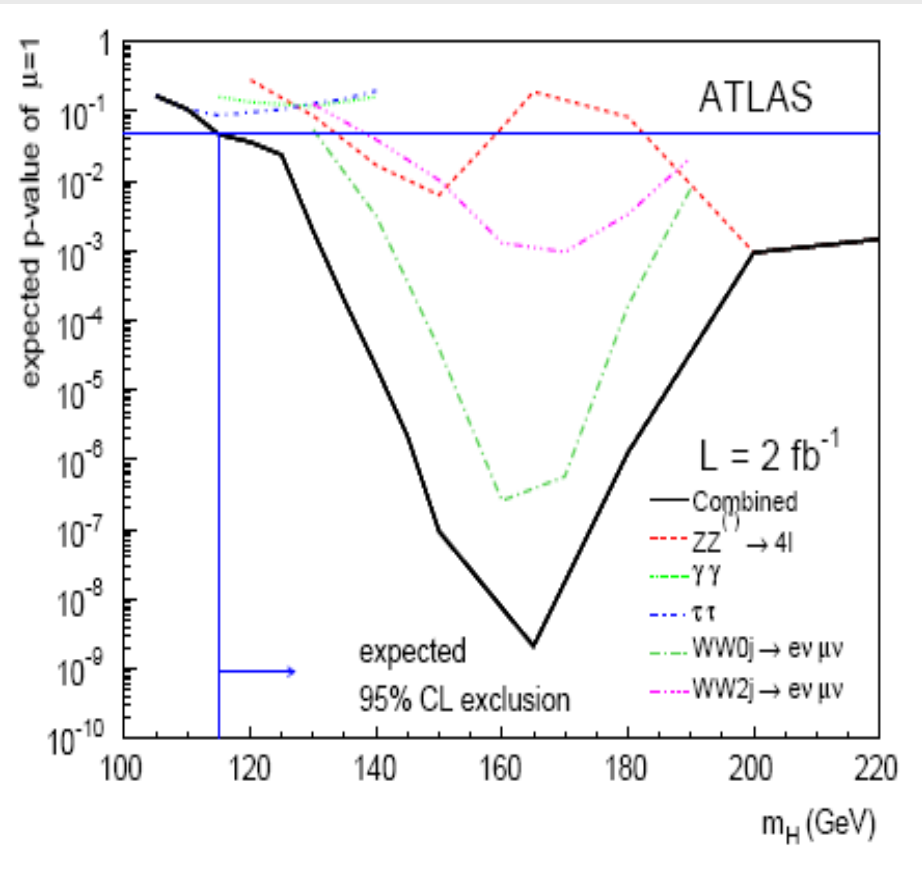


- Entdeckung von 124 to 440 GeV
- kleine Massen am schwierigsten

- $H \rightarrow \gamma\gamma$ und $\tau\tau$ jeweils alleine
- keine Entdeckung bis 30 fb^{-1}

Potenzial für Ausschluss mit 95% CL

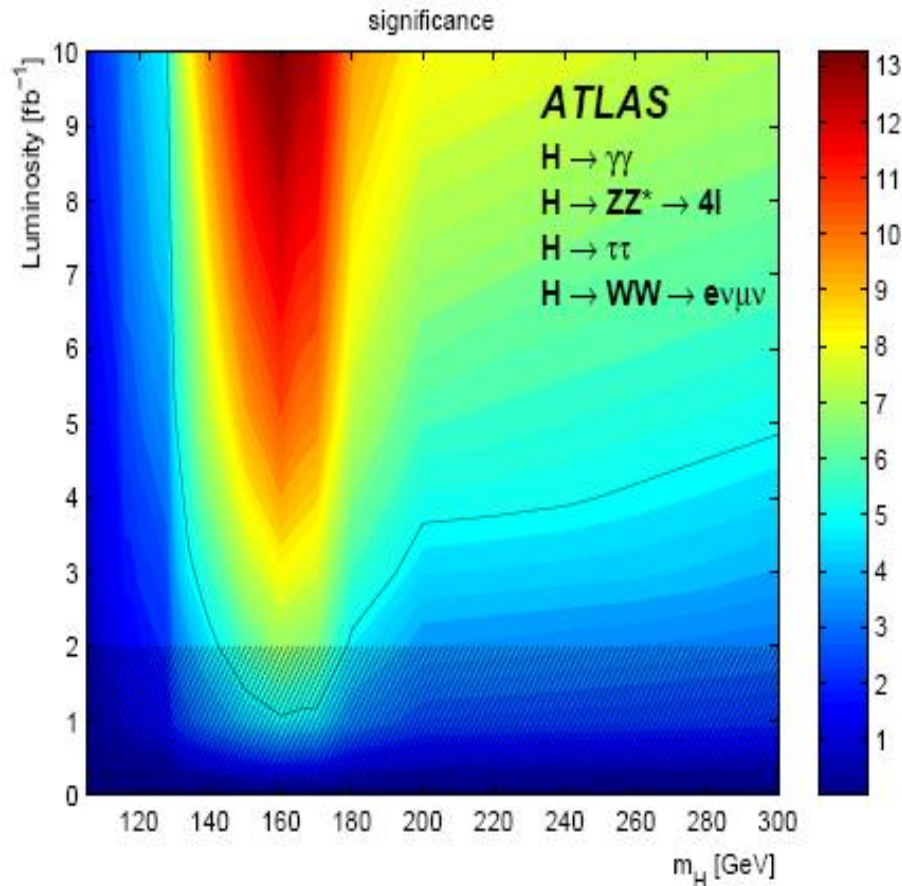
■ Erwartung für 2 fb^{-1}



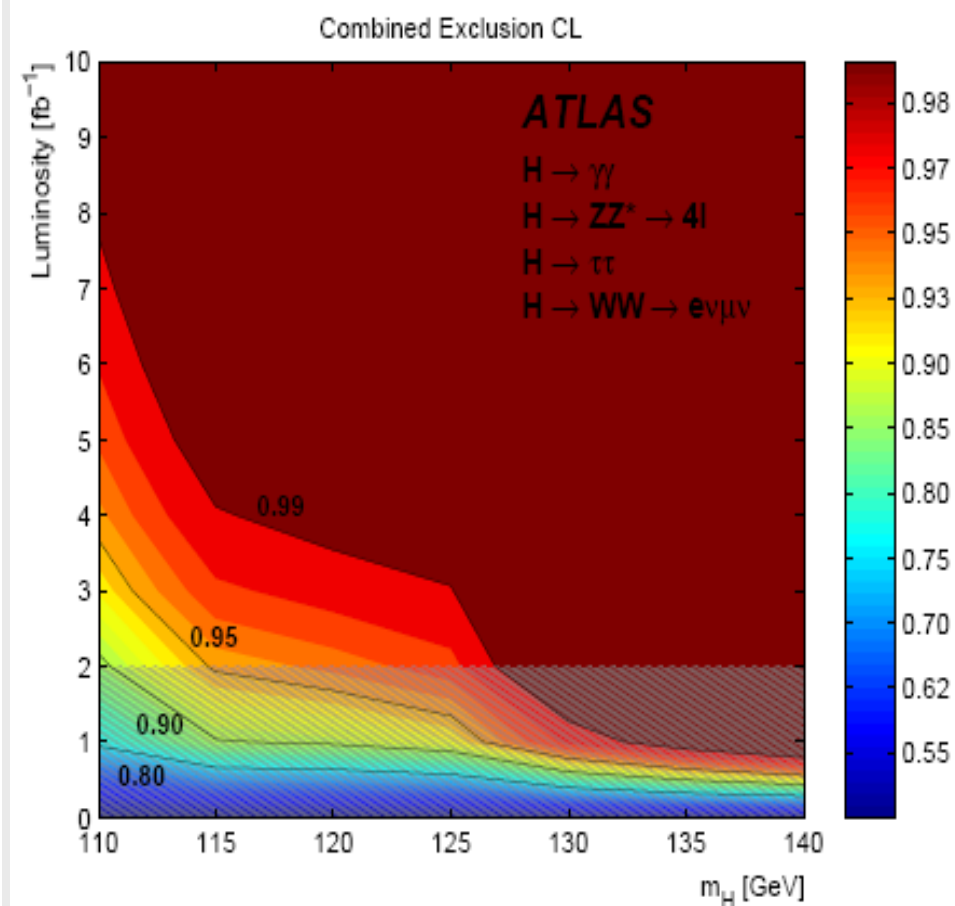
mit 2fb^{-1} : Ausschluss von from $M_H = 115$ bis 460 GeV

Potenzial für Higgs-Suchen mit ATLAS am LHC

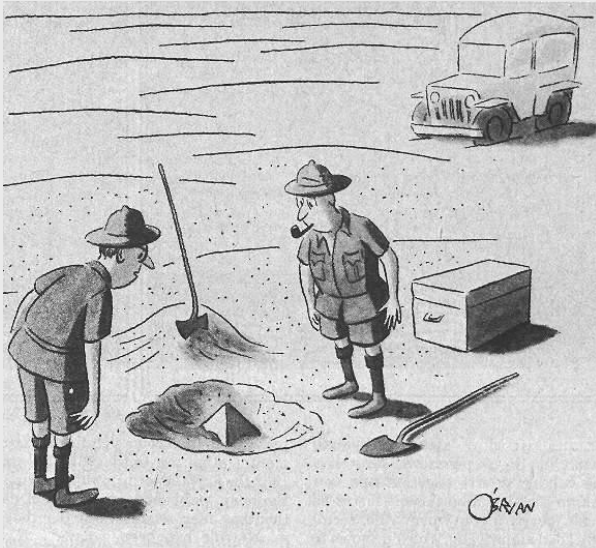
Für 5σ Entdeckung, braucht man



Für 95% CL Ausschluss, braucht man



Entdeckung ist nur der erste Schritt



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



- ist es wirklich ein Higgs-Boson?
 - ist es der Begleiter der Massenerzeugung?
 - ist die Symmetrie spontan gebrochen?
 - ist es das Higgs-Boson des SM?
-
- Bestimmung der Masse
 - Profil im SM festgelegt
 - Spin = 0 ? CP = + ?
 - Kopplung \sim Masse?
 - Selbstwechselwirkung?
 - Konsistenz oder Abweichung vom SM?

LHC/ATLAS:

Expected Performance of the ATLAS Experiment : Detector, Trigger and Physics

By ATLAS Collaboration, arXiv:0901.0512; CERN-OPEN-2008-020

LHC/CMS:

CMS Physics TDR: Volume II (PTDR2), Physics Performance

CERN-LHCC-2006-021, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 34 995-1579,

Übersichtsartikel:

a) Higgs bosons at the LHC

by Karl Jakobs, Eur.Phys.J.C59:463-495,2009.

b) Prospects for Higgs Boson Searches at LHC,

Karl. Jakobs u. Markus Schumacher,

Int. Journal of Mod. Physics A, Volume 23, Issue 32, (2008) 5093

<http://db0.worldscinet.com/worldsci->

[staging/Files/20090428175625625906%5B500372@132.230.190.158%5D@page.pdf](http://db0.worldscinet.com/worldsci-staging/Files/20090428175625625906%5B500372@132.230.190.158%5D@page.pdf)