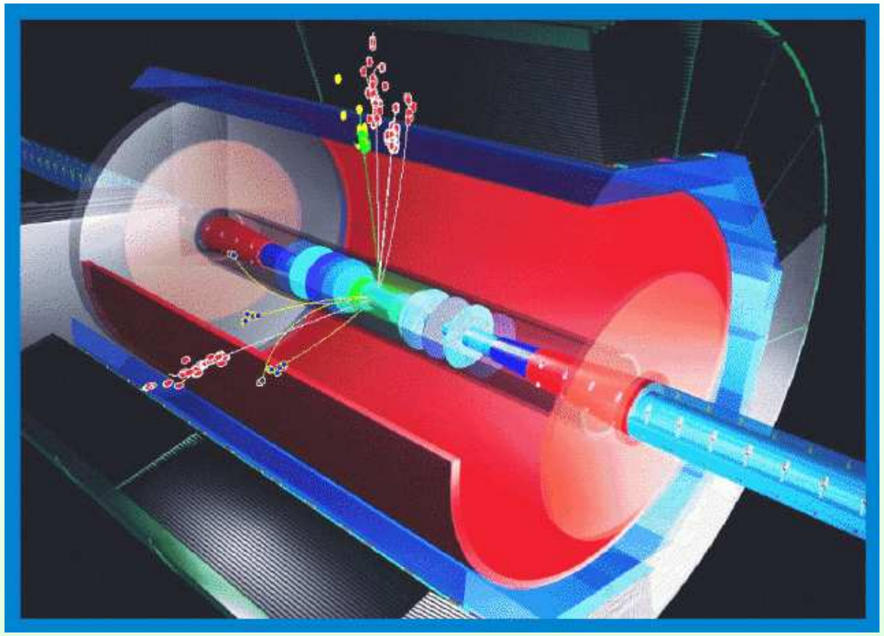
Untersuchung von MSSM Higgs-Bosonen bei TESLA

Tatsiana Klimkovich

DESY, Hamburg

TESLA



Geplanter e^+e^- Linearbeschleuniger

Luminosität: 500 fb^{-1}

$\sqrt{s}$ = 500 GeV, 800 GeV

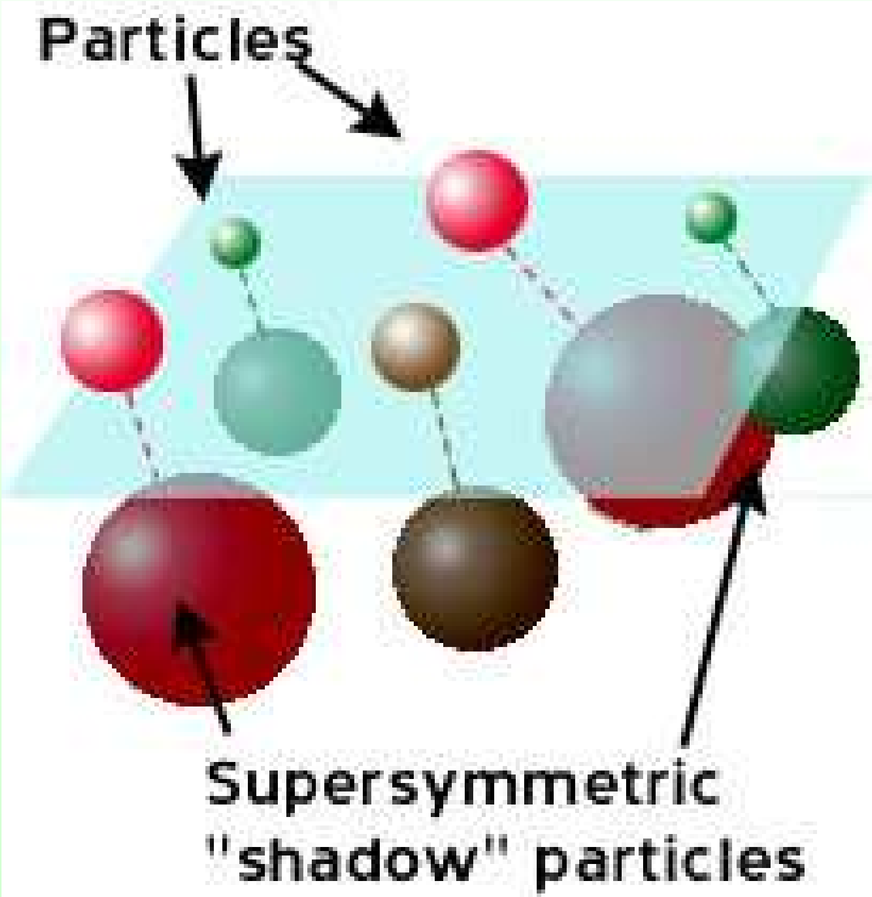
Inhaltsverzeichnis:

- **Higgs-Boson**
- **Supersymmetrie und MSSM**
- **MSSM Higgs-Paarproduktion**
  $e^+e^- \longrightarrow HA \longrightarrow b\bar{b}b\bar{b}$
- **Verschiedene Methoden der Higgsmassenrekonstruktion:**
  - **Schnitte**
  - **Energiereskalierung**
  - **Kinematische Anpassung**
- **Zusammenfassung**

Supersymmetrie

Higgs-Boson: Erklärung des Ursprungs der unterschiedlichen Teilchenmassen.

Ursprünglich masselose Teilchen erhalten durch die Wechselwirkung mit dem Higgs-Feld ihre jeweiligen Massen.



Hauptidee von SUSY:

SUSY ordnet jedem Teilchen einen supersymmetrischen Partner zu:

Bekannte Bosonen $\longleftrightarrow$ Neue Fermionen

Bekannte Fermionen $\longleftrightarrow$ Neue Bosonen

MSSM - Minimal Supersymmetrische Erweiterung des SM

- Lösung des Hierarchieproblems
- Kopplungsvereinigung der 3 Wechselwirkungen (elektromagnetische, schwache, starke)

MSSM

CP-erhaltendes Szenario:

5 physikalische Higgs-Bosonen:

2 neutrale CP-gerade: H^0, h^0

1 neutrales CP-ungerades: A^0

2 geladene: H^+, H^-

Masseneigenzustände = CP-Eigenzustände

CP-verletzendes Szenario:

3 neutrale Higgs-Bosonen:

$$H_1, H_2, H_3$$

$$M_{H_1} \leq M_{H_2} \leq M_{H_3}$$

haben gemischte CP-Paritäten

Masseneigenzustände $\neq$ CP-Eigenzustände

MSSM

CP-Verletzung:

$\boxed{A_{t,b}}$ **- komplex** $\boxed{m_{\tilde{g}}}$ **- komplex**

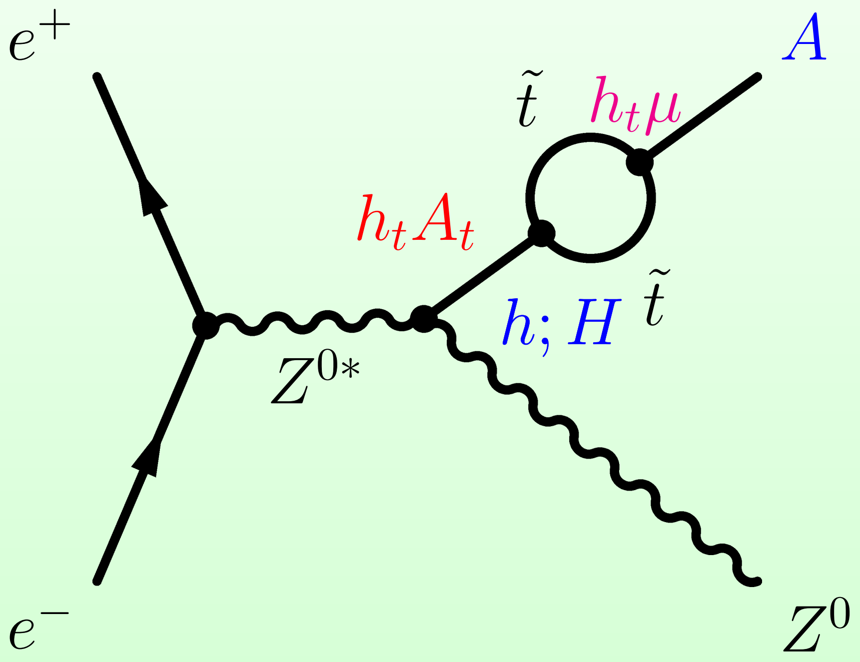
$A_{t,b}$ **- "soft SUSY-breaking" trilineare Kopplung des Higgs-Bosons zu top (bottom) Squarks.**

$h_{t,b}$ **- Yukawa Kopplungen.**

Parametrisierung des Higgssektors:

$\boxed{M_{H^+}}$ **und** $\boxed{tan\beta = \frac{v_2}{v_1}}$

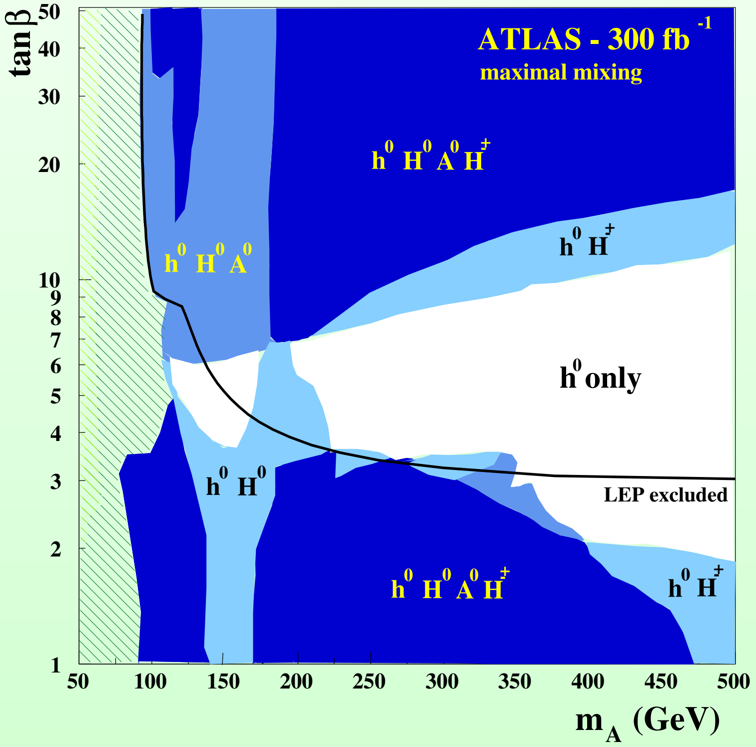
Higgsstrahlung:



Motivation

- Schwere neutrale Higgs-Bosonen sind nicht gut untersucht im Technical Design Report
  - Massenbereich für Entdeckung?
  - Massenpräzision, Wirkungsquerschnitt, Verzweigungsverhältnisse?
  - Breite?

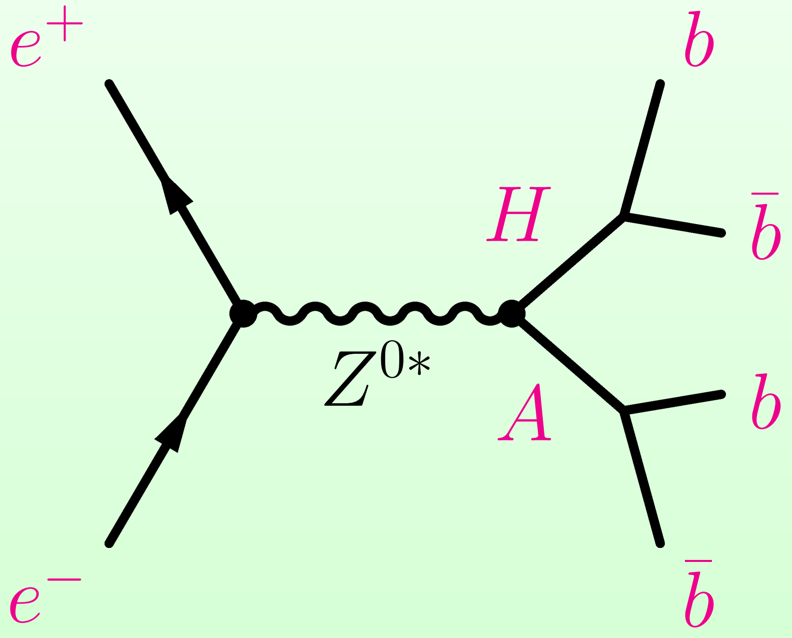
- LHC ”wedge” Bereich $\Longrightarrow$ kann ”Entdeckungskanal” sein!



MSSM Higgs-Paarproduktion

Modellunabhängige Analyse:

$$\boxed{e^+e^- \longrightarrow HA \longrightarrow b\bar{b}b\bar{b}}$$



$$\sqrt{s} = 500GeV, 800GeV$$

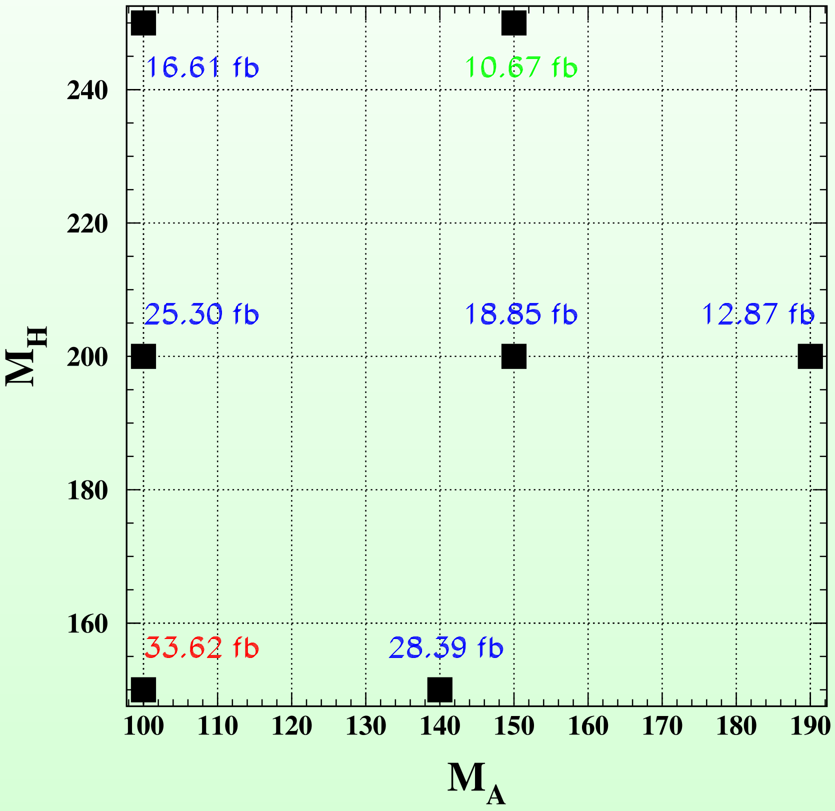
$$L = 500 fb^{-1}$$

TOOLS:

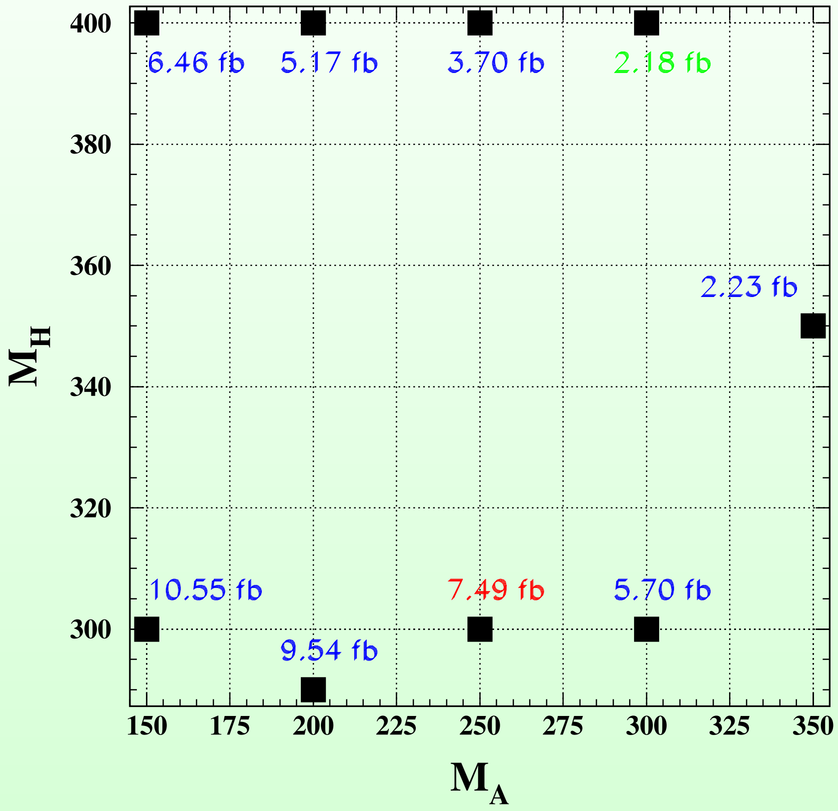
- **PYTHIA: Ereignisgeneration (Signal und Untergrund)**
- **CIRCE: Beamstrahlung**
- **SIMDET 4.01: Schnelle Detektor-simulation**
- **ZV-TOP (von SLD): b-Identifikation**
- **Kinematische Anpassung (von DELPHI)**

Untersuchte Massenkombinationen

500 GeV



800 GeV



Annahme:

$\sin^2(\beta - \alpha)$ **= 1**

BR($H, A \rightarrow b\bar{b}$**) = 0.85**

$e^+e^- \rightarrow HA \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$

Untergrund Prozesse:

Prozess	$\sigma \times BR$ [fb]	
	500 GeV	800 GeV
$Z^0 Z^0 \rightarrow 4q$	314.3	174.3
$W^+ W^- \rightarrow 4q$	4134.0	2335.0
$Z^0/\gamma^* \rightarrow 2q$	13580.0	5453.0
$t\bar{t} \rightarrow W^+ W^- b\bar{b}$	669.3	165.2

Schnitte

Gegen 2-Fermionen Untergrund:

- Hadronische 4-Jet Ereignisse mit voller Energie

Gegen 4-Fermionen Untergrund:

- Zentrale und sphärische Ereignisse

Für $t\bar{t}$ Untergrund Reduzierung:

- Spur- und Clusteranzahl (für 500 GeV)
- Jet-Auflösungsparameter (y_{56})

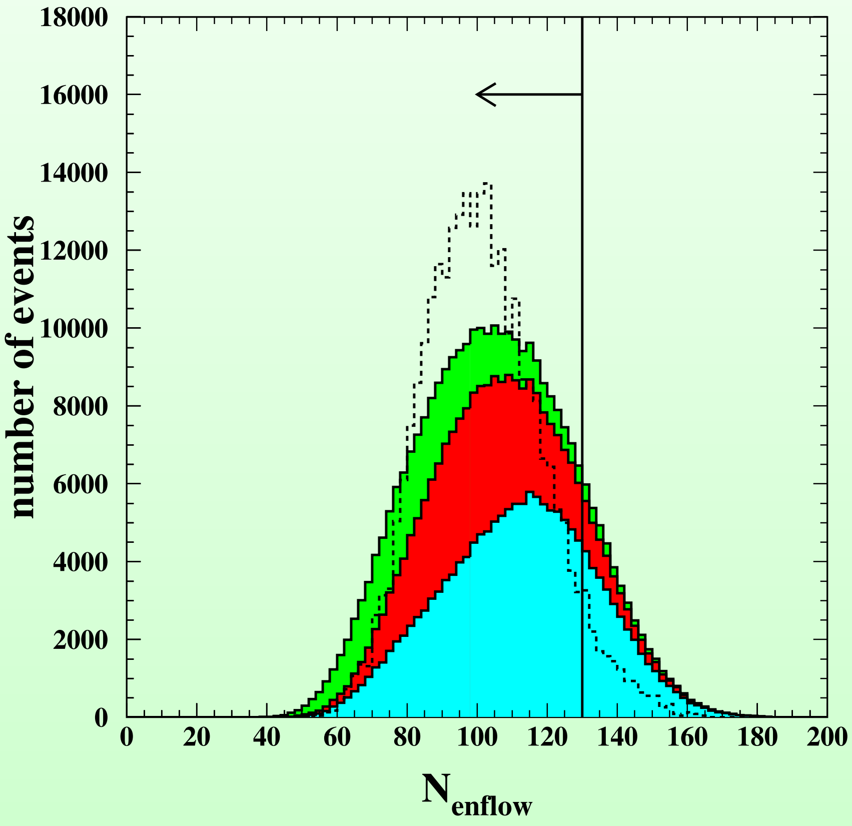
Gegen lightflavour Quarks:

- b-Tag

Cuts gegen $t\bar{t}$ Untergrund für 500 GeV

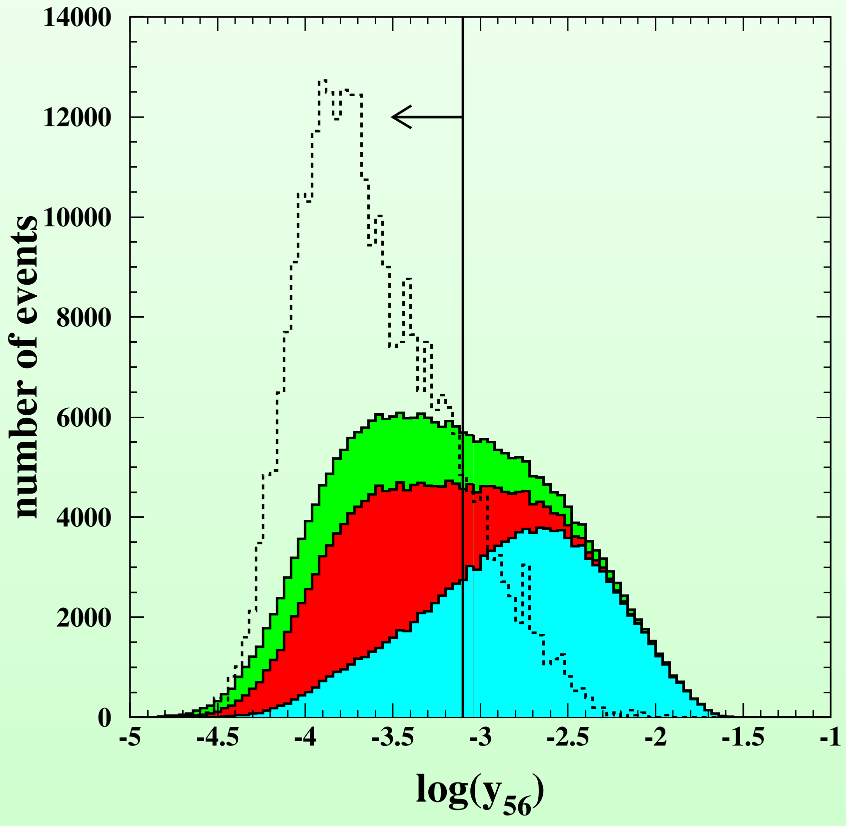
Anzahl der rekonstruierten Teilchen

("energyflow" objects)



Jet-Auflösungsparameter Cut

(5 $\longrightarrow$ 6 Jets)

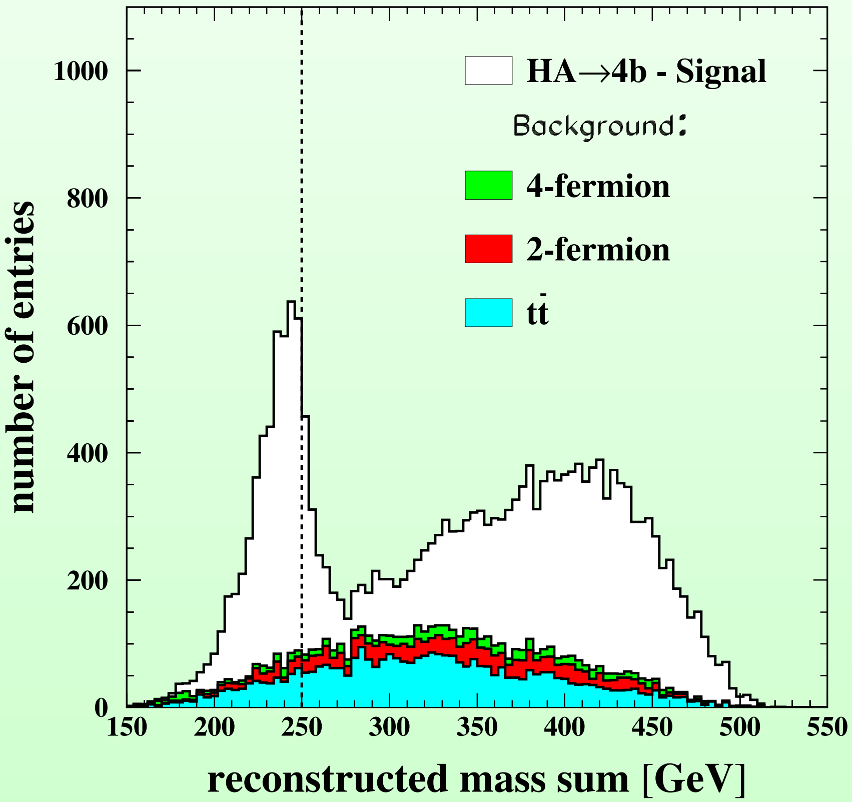


Cuts

Rekonstruierte Massensumme nach Cuts

$(M_A + M_H)$

3 Kombinationen der 4 Jets für 2 Massen



Cutflow

Cut	Signal	Eff.	Gesamter BG
ohne Cuts	12100	100.0	9380780
N_{jets}	12100	100.0	9309750
P_{vis}	11884	98.2	6035870
N_{tr}/jet	11040	91.2	2675300
$\cos(thrust)$	10278	84.9	1357080
$thrust$	8153	67.4	335995
$\log(y_{34})$	7991	66.0	306623
N_{eflow}	7593	62.8	265119
$\log(y_{56})$	6548	54.1	148085
B_{12}	6397	52.9	41912
B_{34}	5109	42.2	1960

Massenrekonstruktion Verbesserung

Die rekonstruierte Masse ist verschoben:

Fehlende Energie aus Zerfallsneutrinos.

$\Rightarrow$ Energiereskalierung:

$$E_{jet}, \vec{p}_{jet} * \frac{\sqrt{s}}{E_{vis}}$$

$\Rightarrow$ Kinematische Anpassung:

Benutzung der Zwangsbedingungen.

$$4c \quad Anpassung : \begin{cases} \sum E_i = \sqrt{s} \\ \sum p_{xi} = 0 \\ \sum p_{yi} = 0 \\ \sum p_{zi} = 0 \end{cases}$$

Kinematische Anpassung:

$$Q(\vec{y}, \vec{\lambda}) = (\vec{y} - \vec{y_0})^T V^{-1} (\vec{y} - \vec{y_0}) + 2\vec{\lambda}\vec{f}(\vec{y})$$

$\vec{f}(\vec{y})$ **- Zwangsbedingungen**

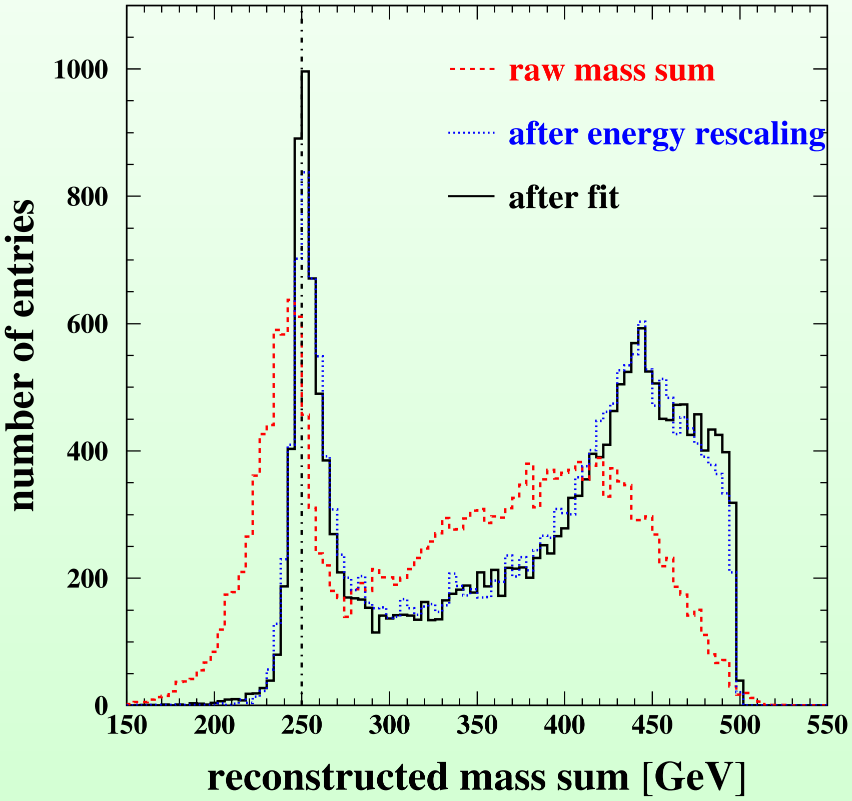
$\vec{y}$ **- Jetparameter**

$\vec{\lambda}$ **- Lagrange-Multiplikator**

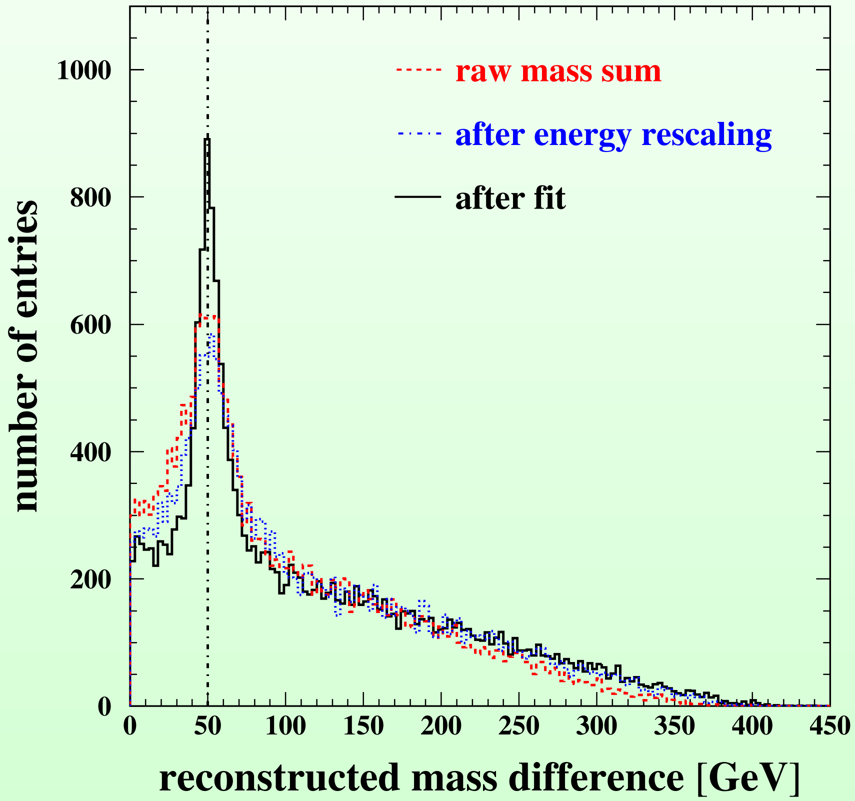
V **- Fehlermatrix**

Verbesserte Massenrekonstruktion für 500GeV

Massensumme

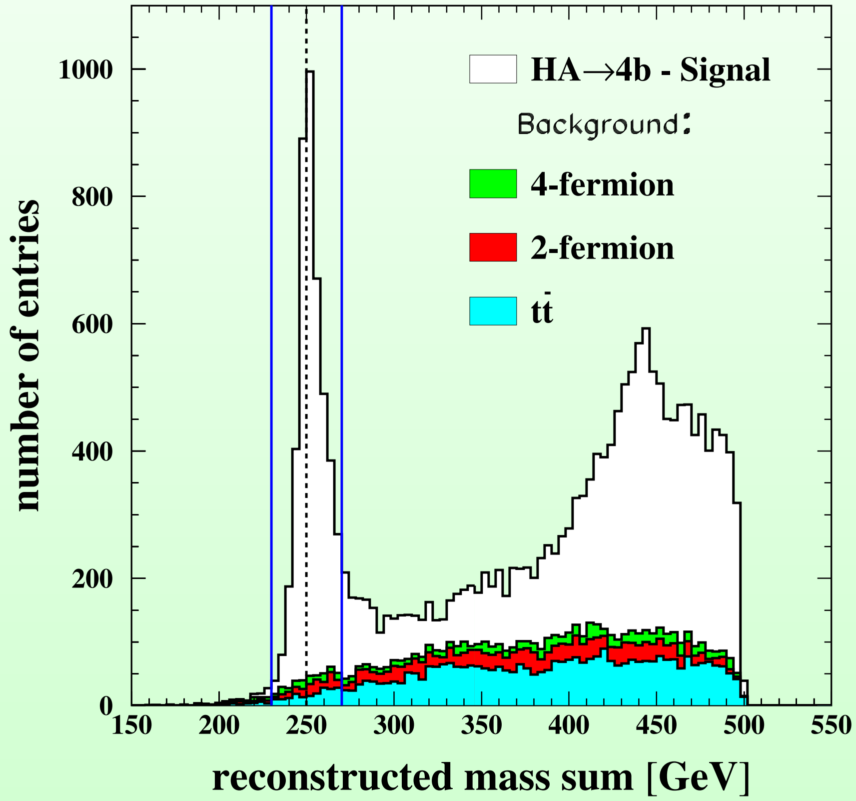


Massendifferenz

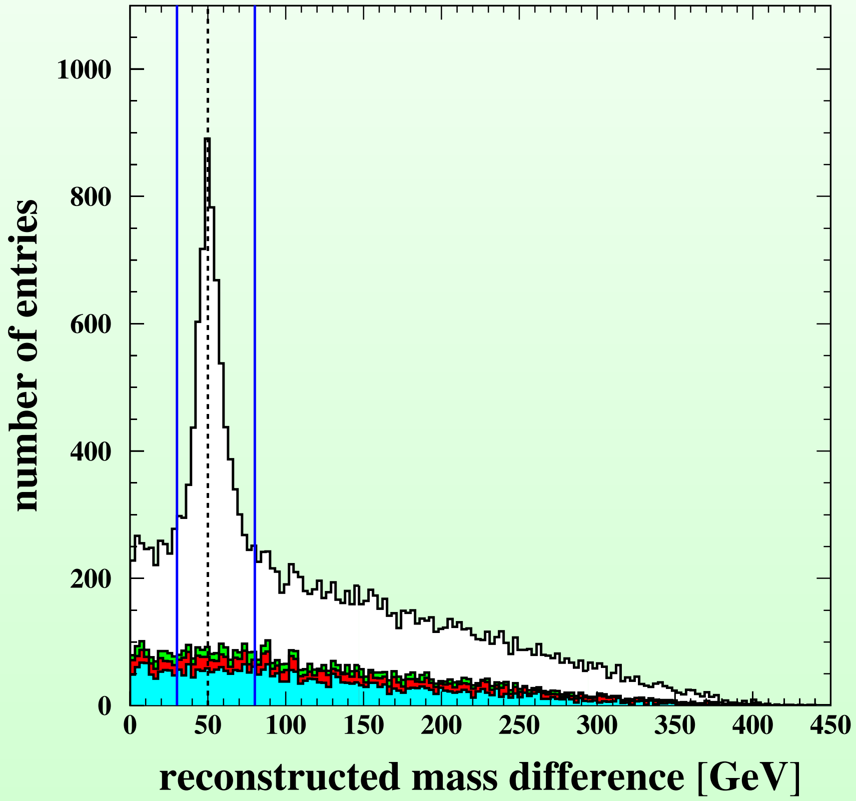


Massenrekonstruktion nach der Anpassung

Rekonstruierte Massensumme

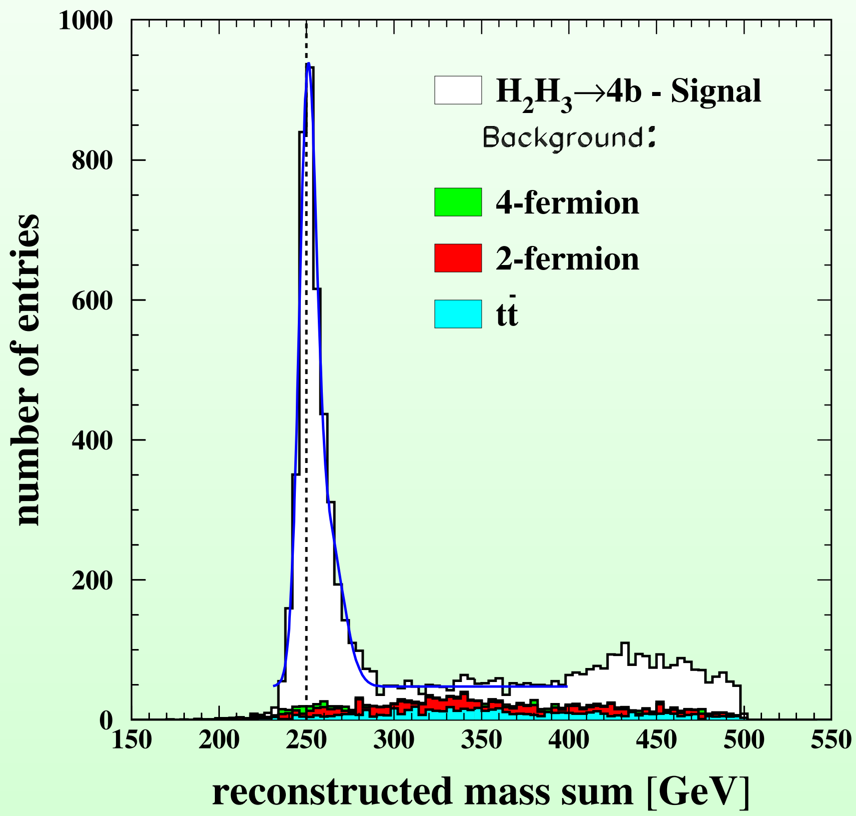


Rekonstruierte Massendifferenz



Anpassung der Massenspektren

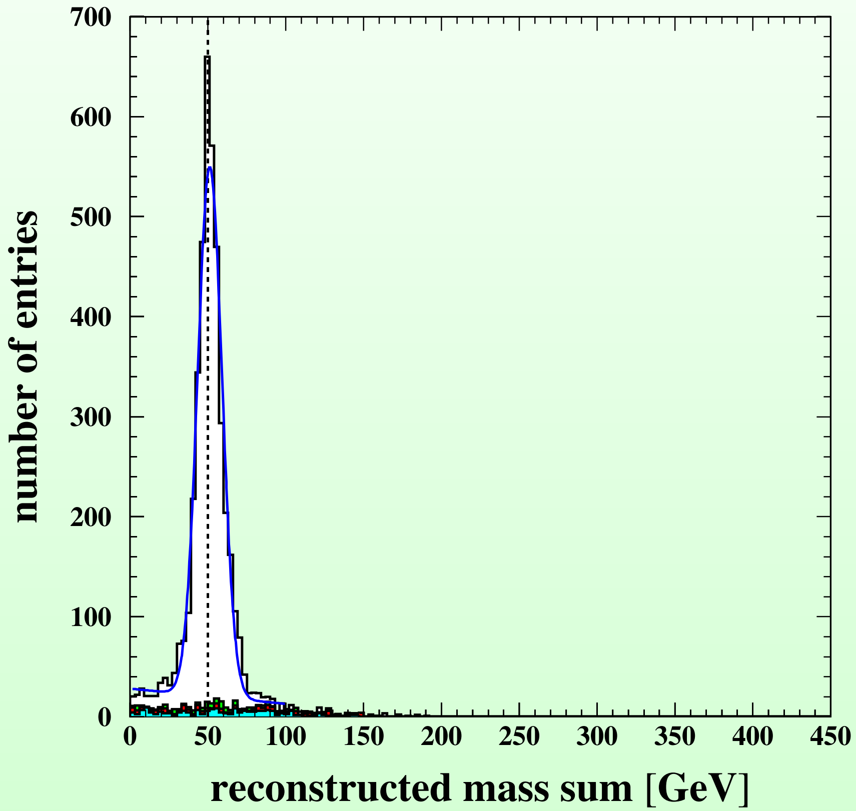
Rekonstruierte Massensumme



ΣM = (250.65 $\pm$ 0.32) GeV

Auflösung = (4.89 $\pm$ 0.30) GeV

Rekonstruierte Massendifferenz

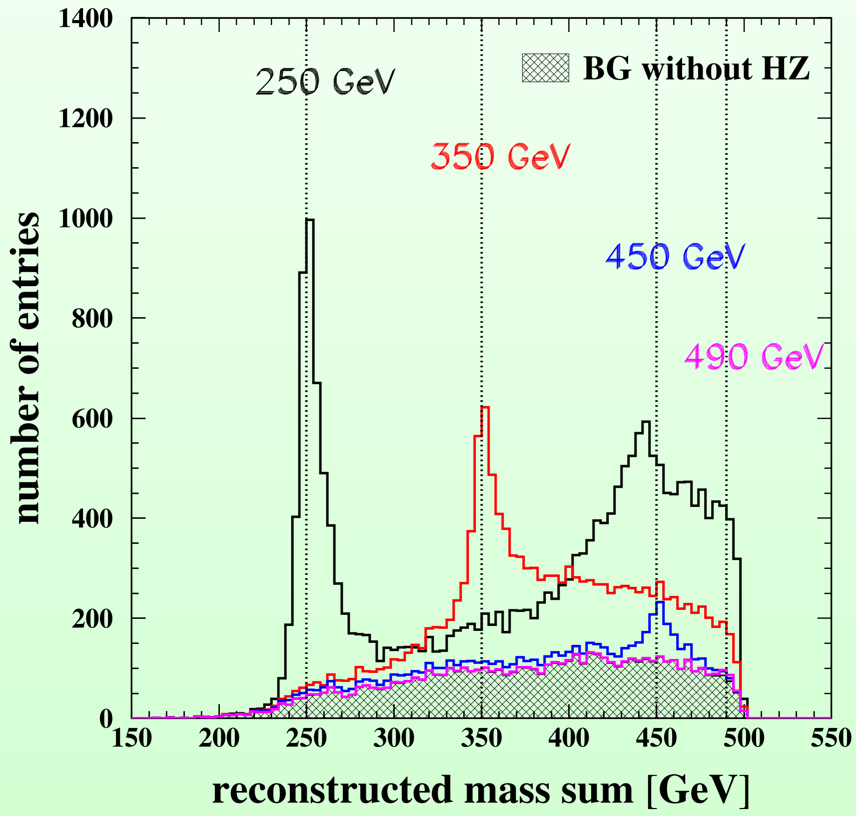


ΔM = (51.20 $\pm$ 0.15) GeV

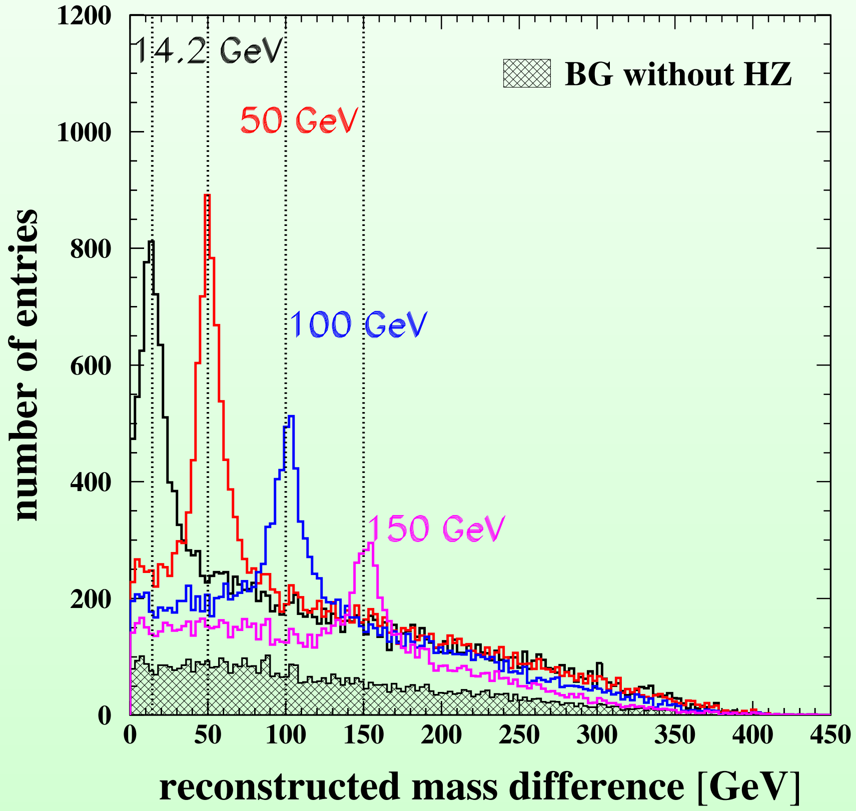
Auflösung = (7.86 $\pm$ 0.16) GeV

Verschiedene Massenkombinationen für 500 GeV

Rekonstruierte Massensumme

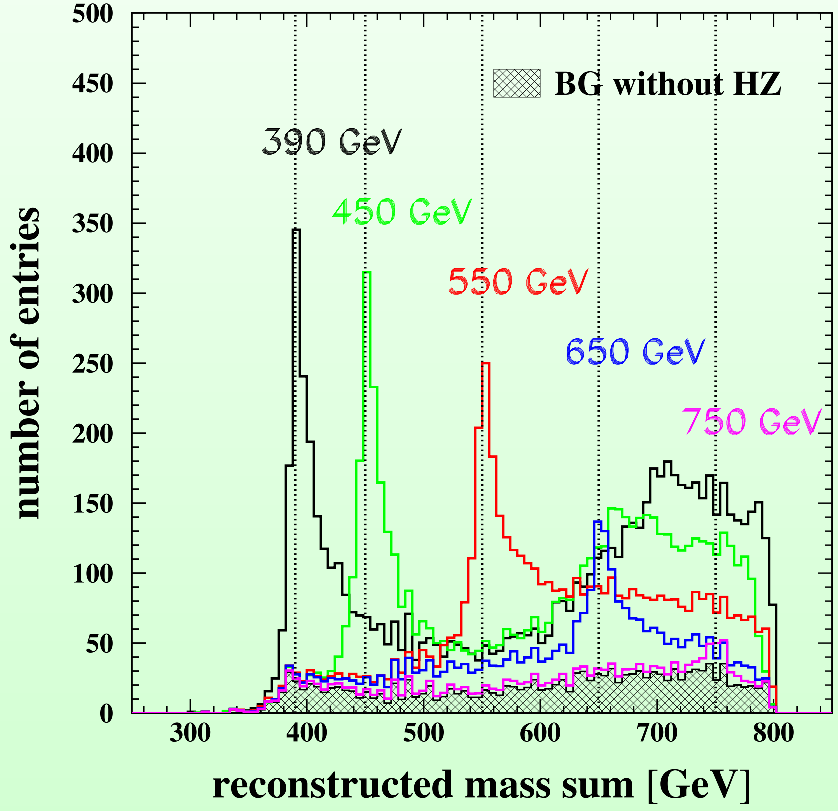


Rekonstruierte Massendifferenz

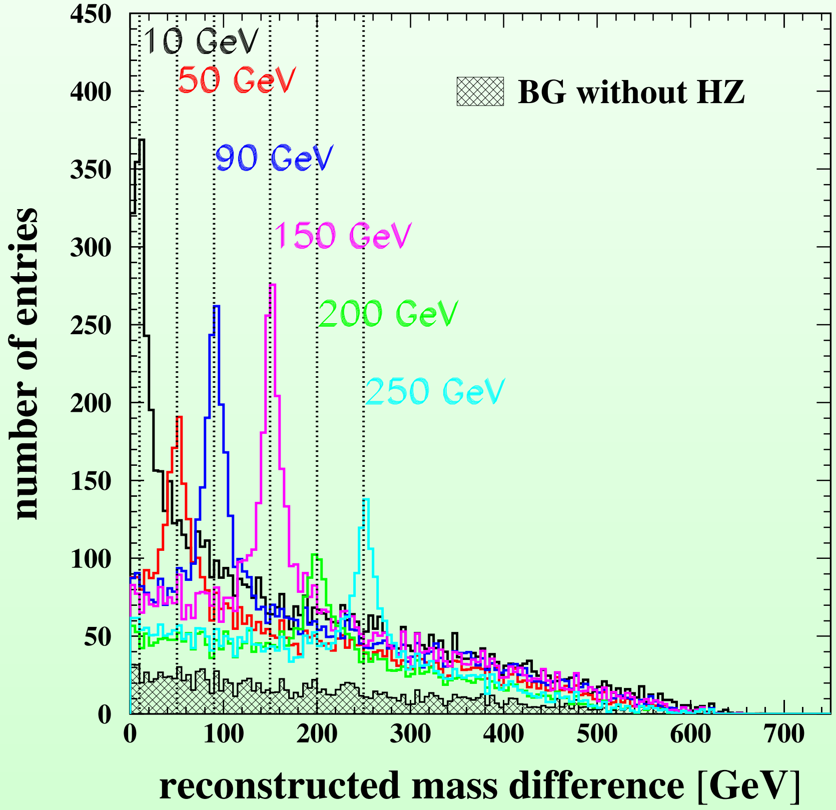


Verschiedene Massenkombinationen für 800 GeV

Rekonstruierte Massensumme



Rekonstruierte Massendifferenz



Ergebnisse für 500 GeV

(M_A, M_H) [GeV]	Eff. [%]	$\delta\sigma/\sigma$ [%]	$\delta(\Sigma M)$[MeV]	$\delta(\Delta M)$[MeV]
(100,150)	42.22	1.67	316	150
(100,200)	40.92	2.11	240	294
(100,250)	35.99	2.61	318	446
(140,150)	47.56	1.57	102	224
(150,200)	41.84	2.50	202	667
(150,250)	35.50	3.75	517	936
(190,200)	37.66	3.13	333	1684
(200,250)	29.89	7.08	-	-

Ergebnisse für 800 GeV

(M_A, M_H) [GeV]	Eff. [%]	$\delta\sigma/\sigma$ [%]	$\delta(\Sigma M)$ [MeV]	$\delta(\Delta M)$ [MeV]
(150,300)	42.72	2.85	602	487
(200,290)	45.67	2.89	431	740
(250,300)	44.92	3.21	587	779
(300,300)	43.74	3.76	647	-
(350,350)	37.24	7.07	1258	-
(150,400)	37.00	4.15	596	780
(200,400)	39.87	4.54	775	1106
(250,400)	39.81	5.53	940	1897
(300,400)	36.97	7.39	1243	1313

Zusammenfassung

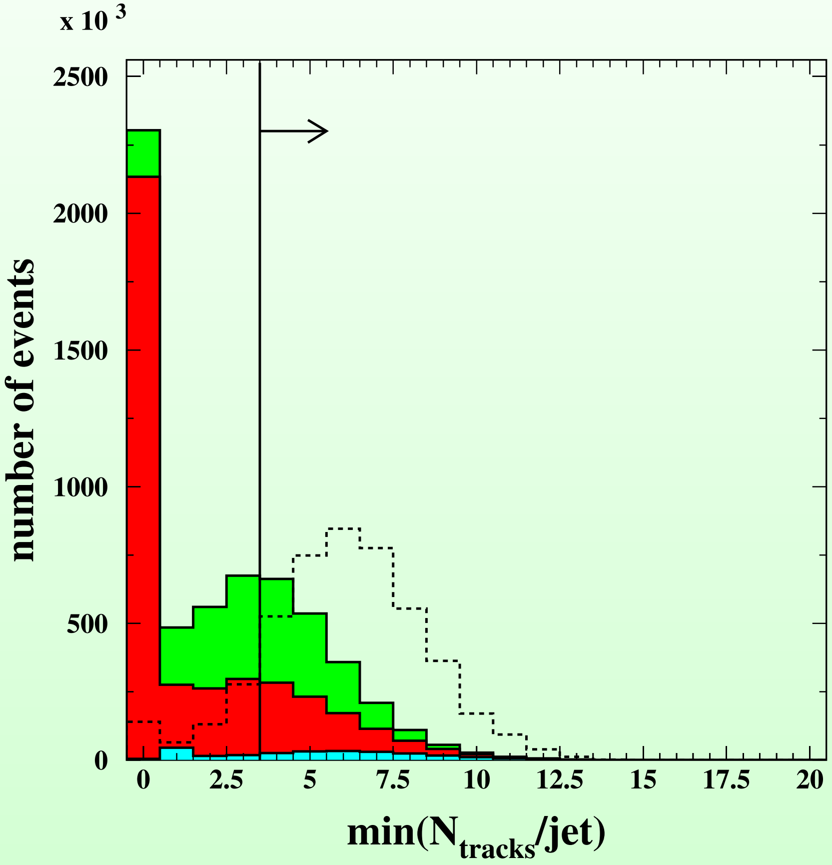
- Studie von MSSM Higgs-Paarproduktion Analyse $e^+e^- \rightarrow HA \rightarrow b\bar{b}b\bar{b}$ für beiden 500 und 800 GeV
- Verschiedene Massenkombinationen wurden untersucht
- Higgs Entdeckung bis zum $M_{H,A} \sim (\frac{\sqrt{s}}{2} - 50)$ GeV
- Typische Präzision:

	500 GeV	800 GeV
δ(Masse) [MeV]	180-550	380-1050
$\delta\sigma/\sigma$ [%]	1.6 - 3.7	3.2 - 7.4

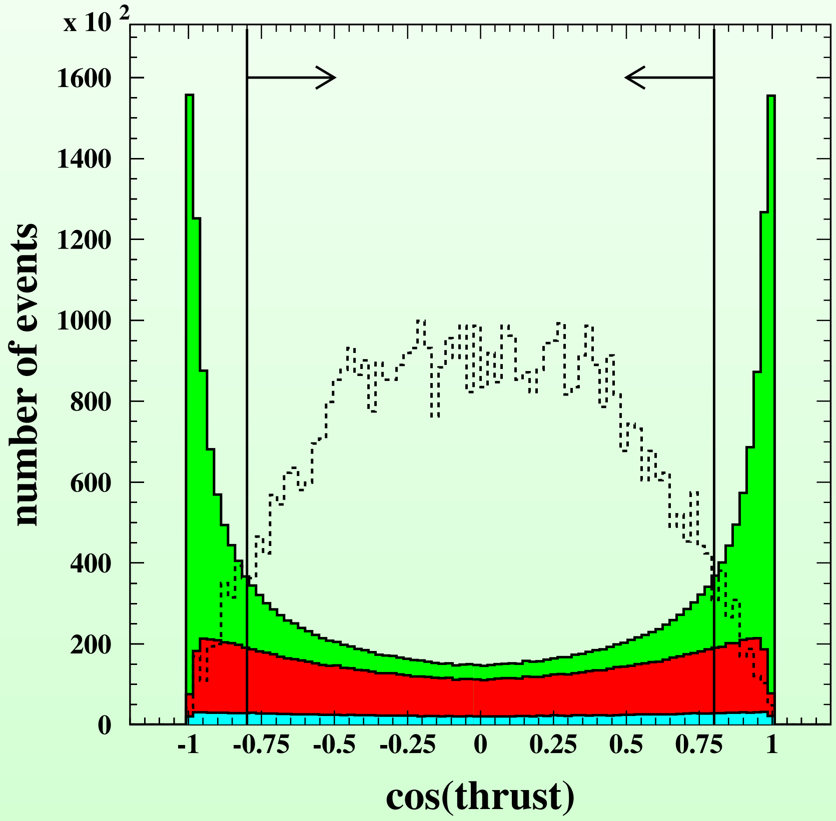
- Interpretation der Resultate in CP-erhaltende und CP-verletzende Szenarios

Cuts

$min(N_{tracks}/jet)$

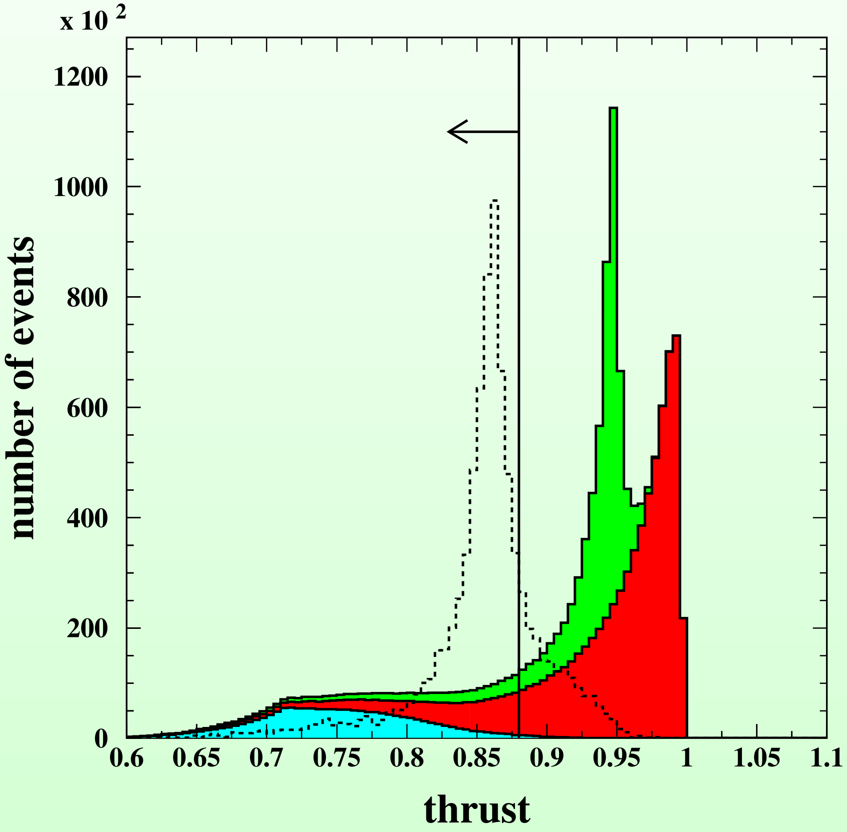


$cos(thrust)$

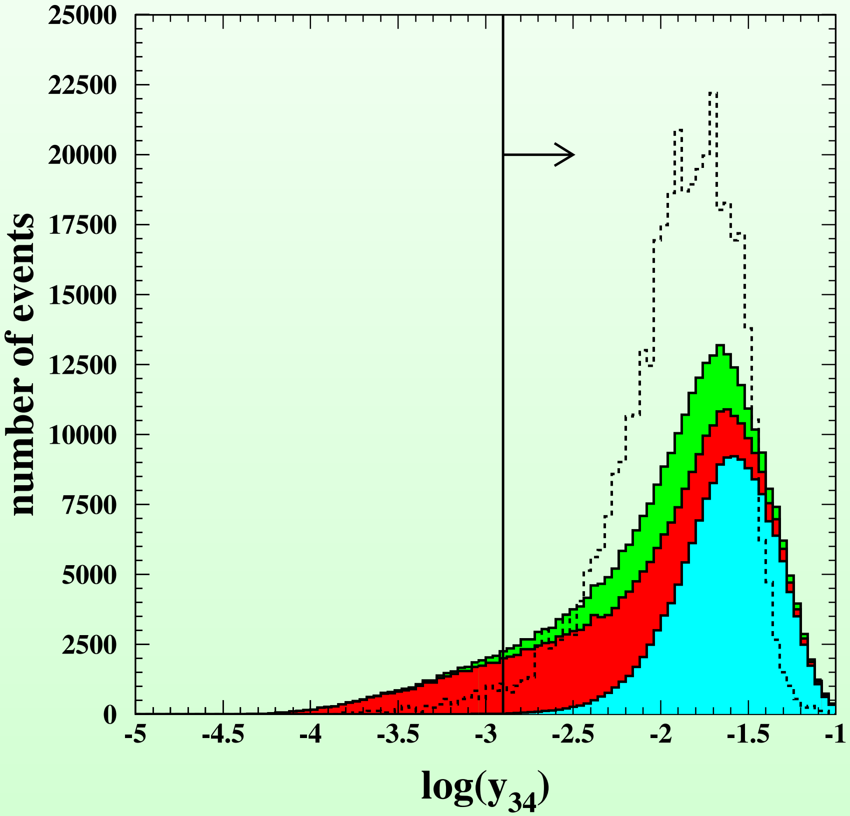


Cuts

thrust value



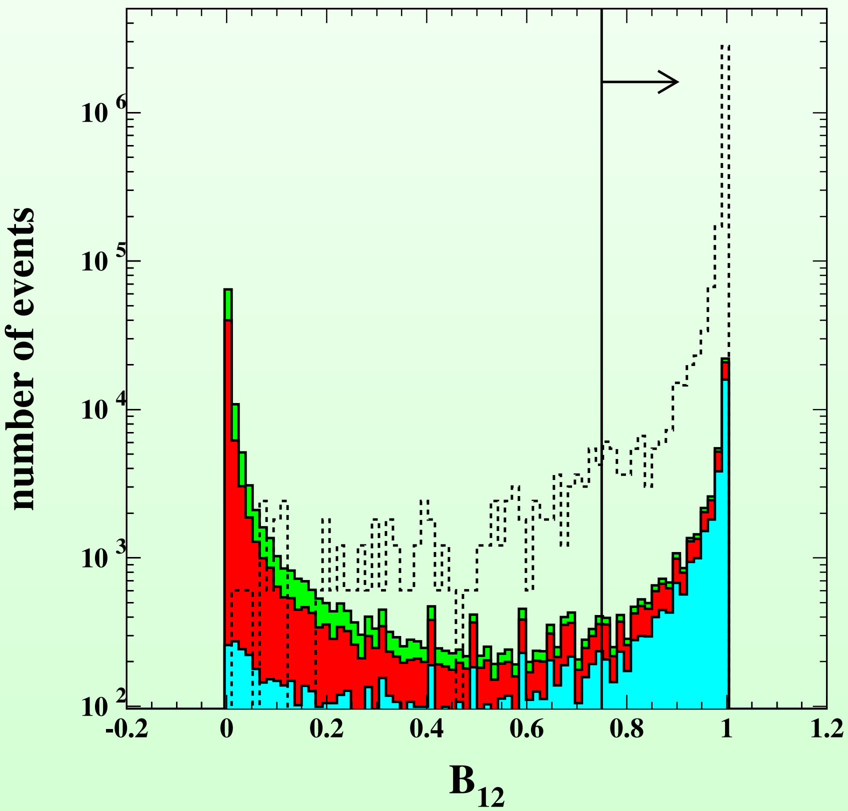
$log(y_{34})$

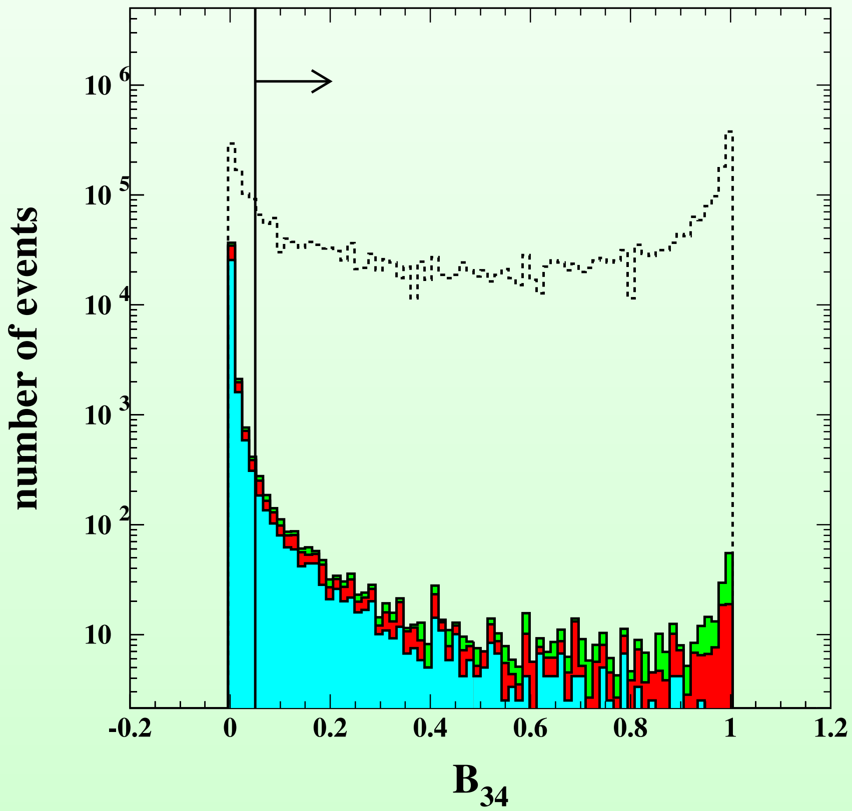


Cuts

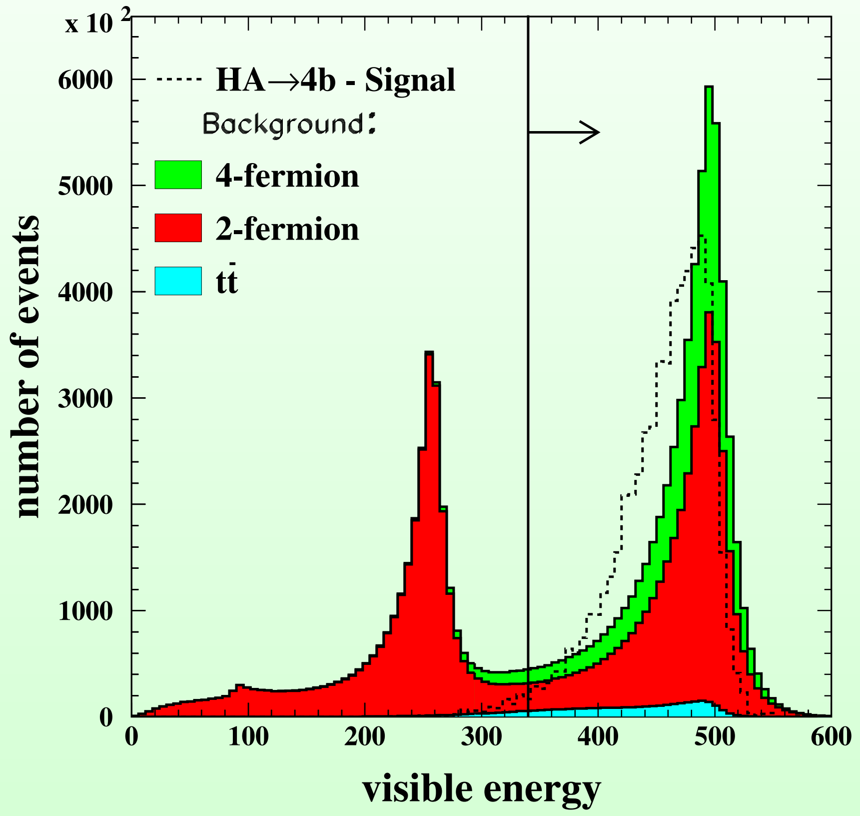
$$B_{12} = \frac{B_1 B_2}{B_1 B_2 + (1-B_1)(1-B_2)}$$

$$B_{34} = \frac{B_3 B_4}{B_3 B_4 + (1-B_3)(1-B_4)}$$



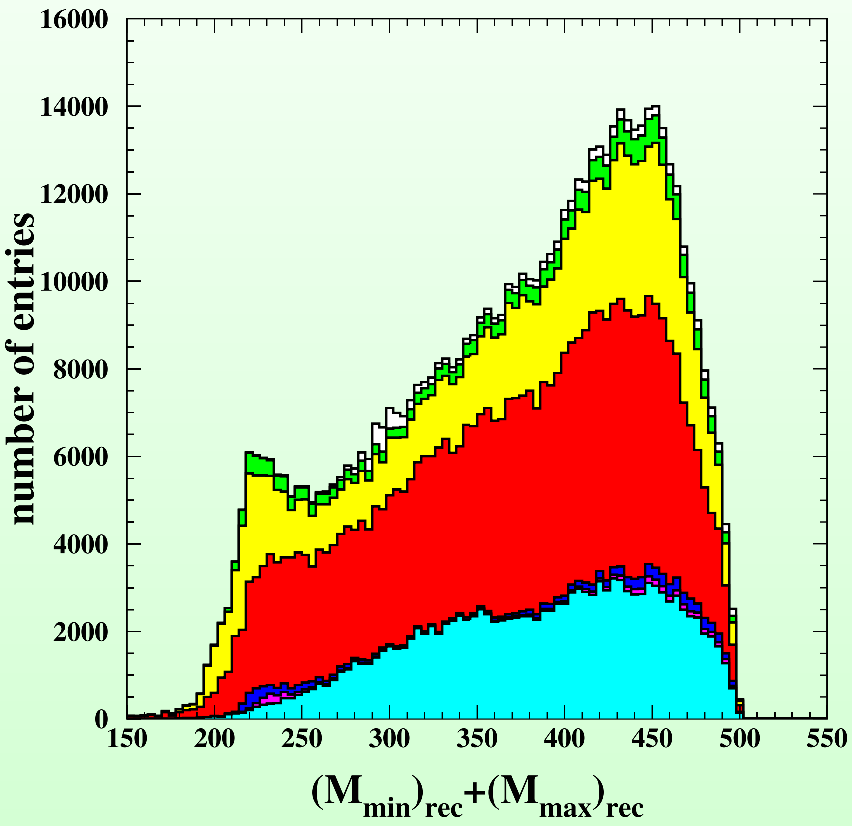


Cuts


x 10 2
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
number of events
HA→4b - Signal
Background:
4-fermion
2-fermion
tt̄
0
100
200
300
400
500
600
visible energy

Cuts

Vor b-Tag Cut



Nach b-Tag Cut