Suche nach neuen Phänomenen in der e^+e^-–Streuung

Joachim Mnich

RWTH Aachen

DPG Frühjahrstagung

Dresden, 20 – 24 März 2000

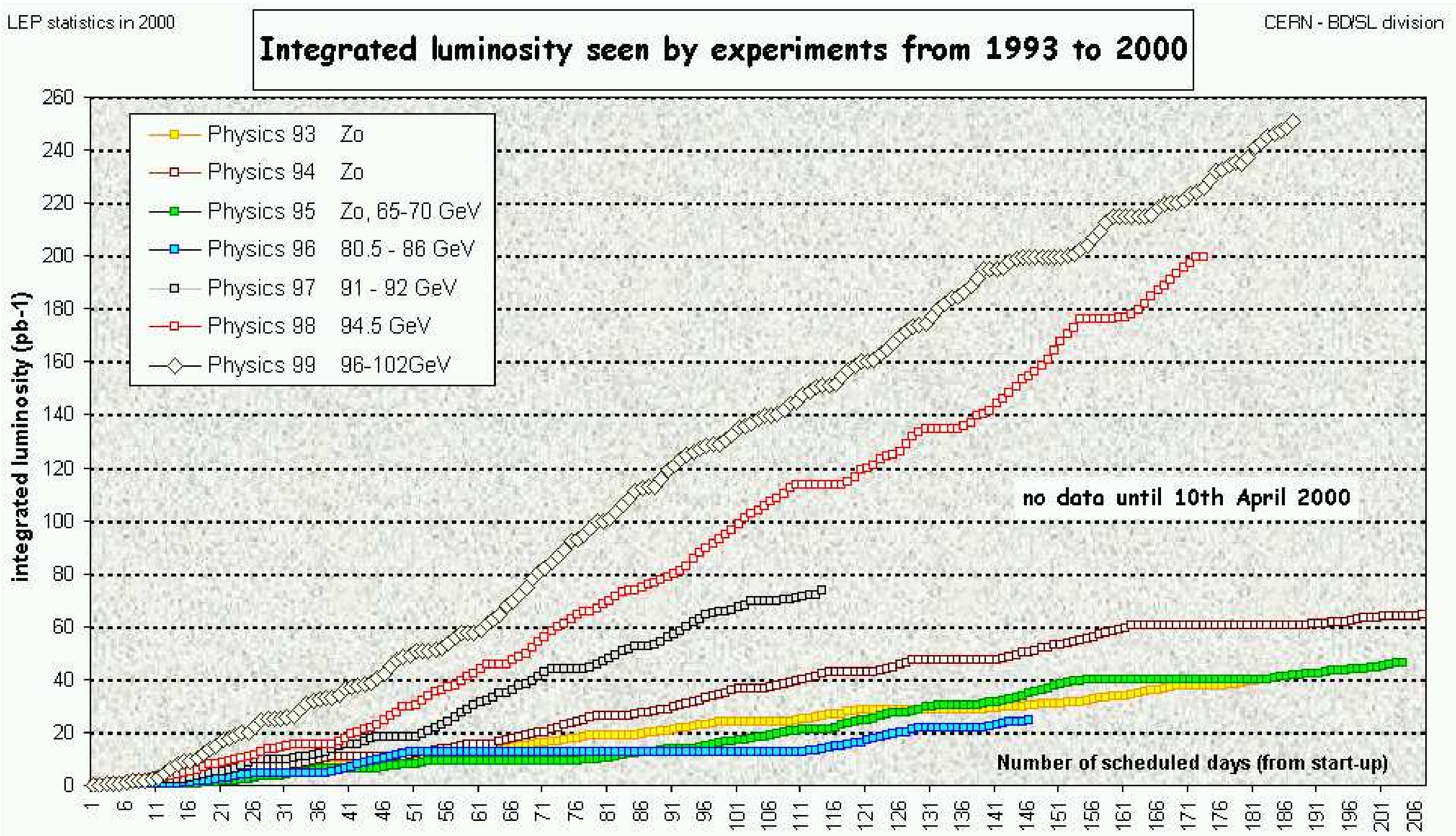
Inhalt:

Suche nach neuer Physik in der e^+e^-–Streuung:

LEP II Experimente ALEPH, DELPHI, L3 und OPAL

Schwerpunktsenergien und Luminositäten pro Experiment:

Jahr	$\sqrt{s}$	$\int \mathcal{L}\,dt$
1995	130 – 140 GeV	5 pb^{-1}
1996	161/172 GeV	21 pb^{-1}
1997	183 GeV	55 pb^{-1}
	130/136 GeV	7 pb^{-1}
1998	189 GeV	180 pb^{-1}
1999	192 – 202 GeV	230 pb^{-1}



Fast 500 pb^{-1} pro Experiment oberhalb der WW-Schwelle!

Hauptresultat:

- Standardmodell beschreibt alle Daten bis zu $\sqrt{s} = 202$ GeV
- Keine Anzeichen für neue Physik

$\Longrightarrow$ Grenzen auf

- Wirkungsquerschitte
- Kopplungen
- Massen
- Energieskalen

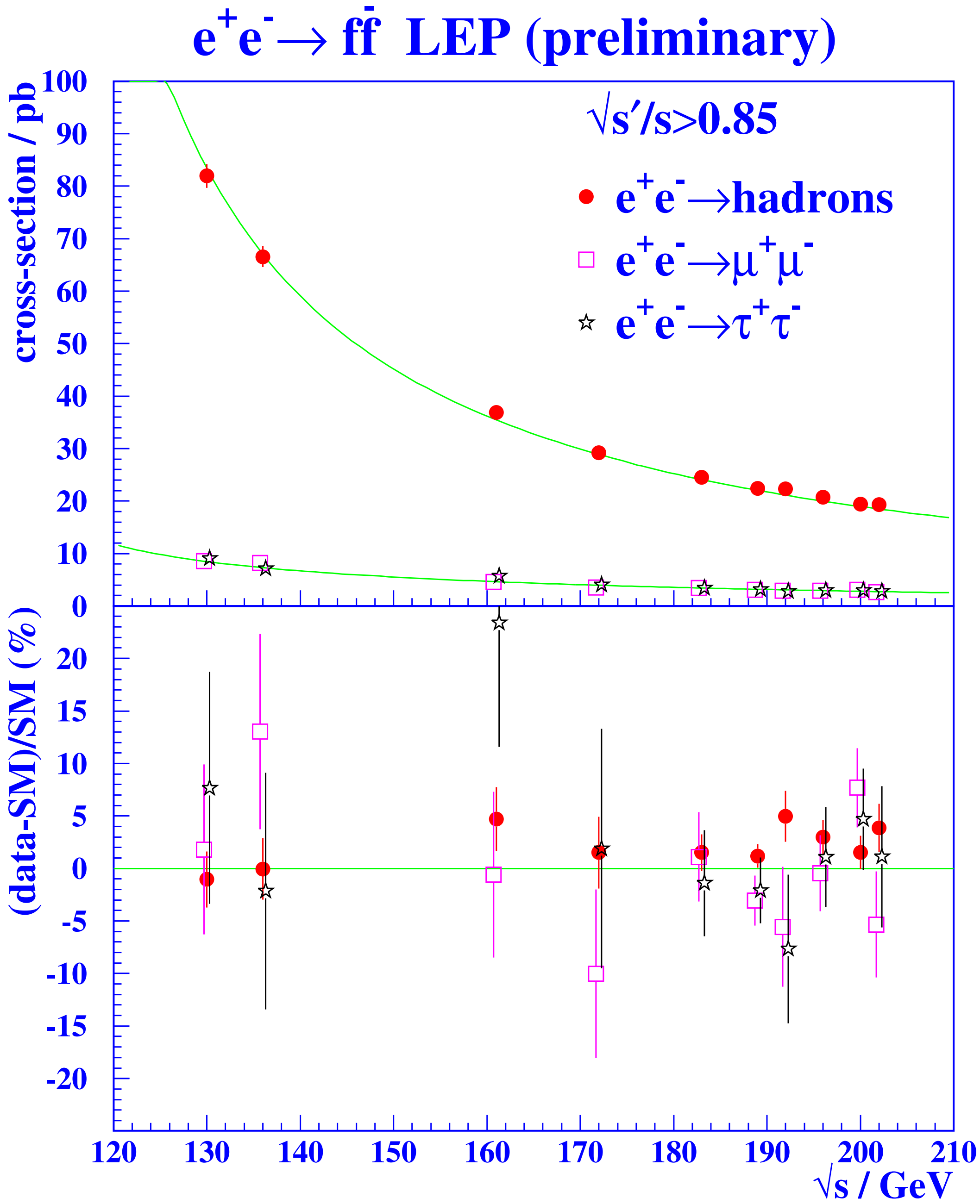
Schwerpunkt:
Resultate der Daten aus 1999 (192 GeV $\leq \sqrt{s} \leq$ 202 GeV)

- Kombinationen der 4 Experimente oder
- Beispiele einzelner Experimente

- Alle Grenzen sind 95% CL
- Alle Resultate sind vorläufig

Messung des totalen Wirkungsquerschittes und der Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie in $e^+e^- \rightarrow f\bar{f}$

Kombination der LEP Experimente:



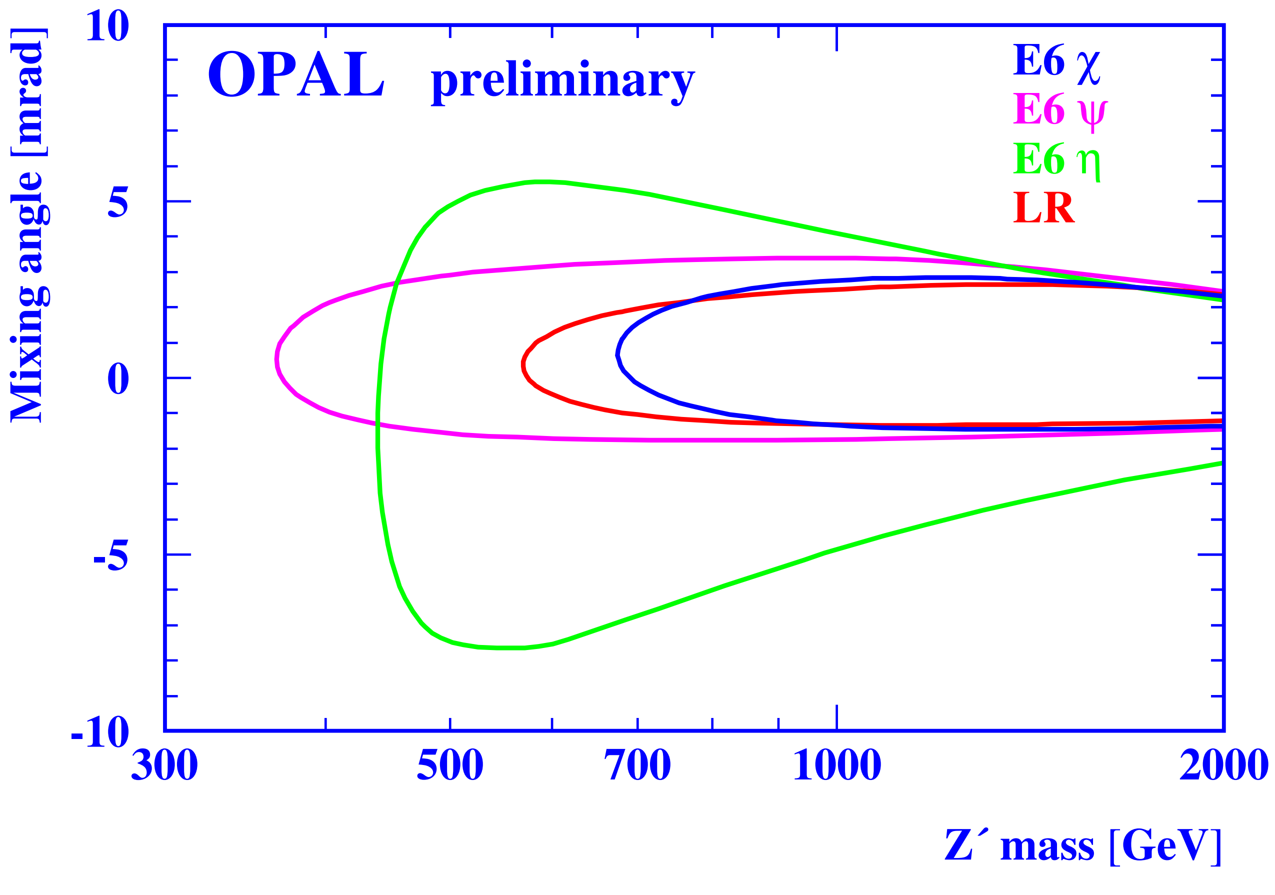
Energieskala für Kontaktwechselwirkungen ($e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$):

$$\Lambda > 10 - 20 \text{ TeV}$$

Parameter	Eingeschränkt durch
Z′ Kopplungen	Theoretische Modelle
$Z - Z'$ Mischung	LEP I Messungen
Masse $m_{Z'}$	LEP II

- Untersuche LR symmetrische und E_6 Modelle:

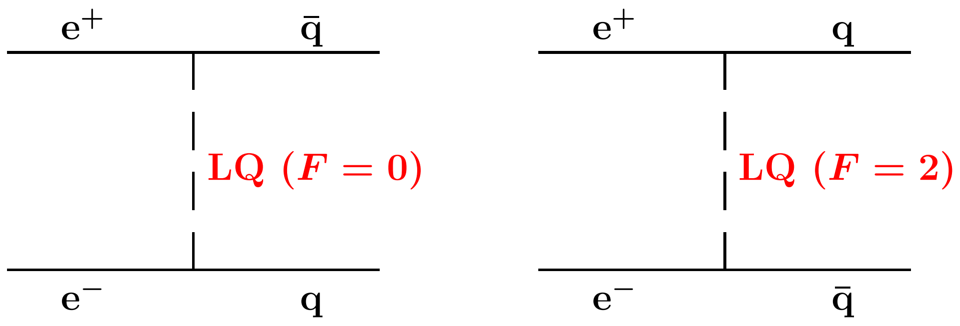
  Beispiel OPAL:



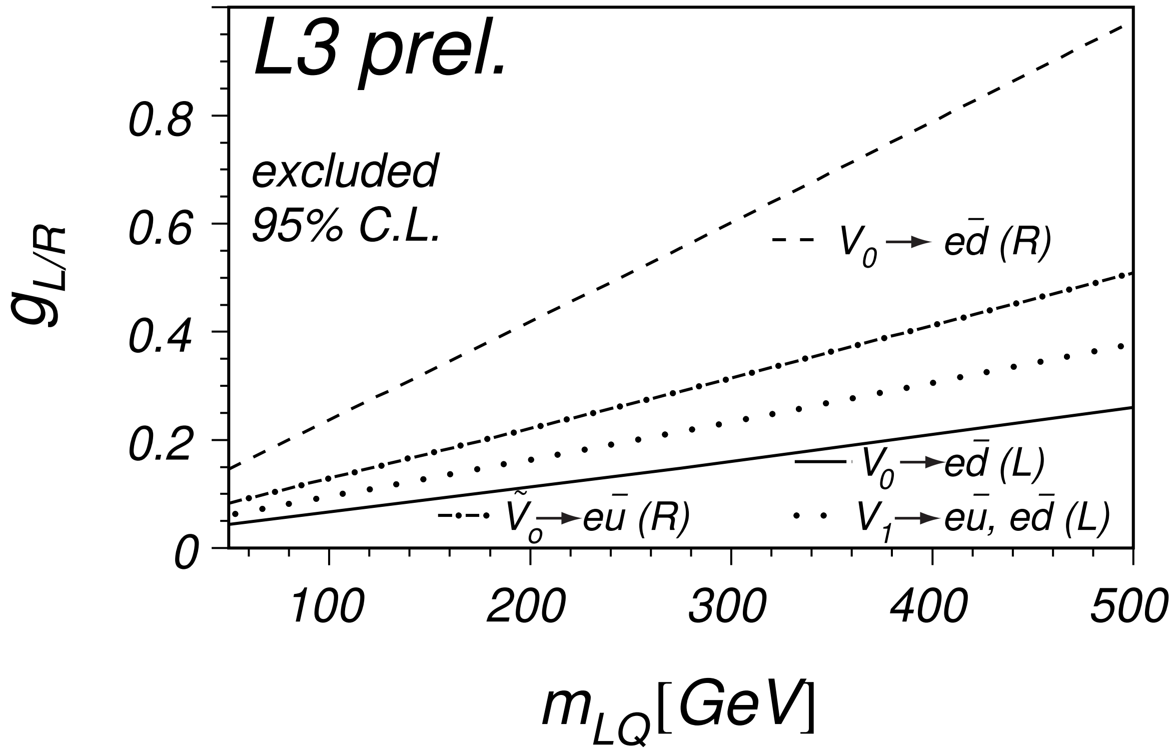
- Sequentielles Standardmodell ($\Theta_M = 0$, SM Kopplungen)

$$m_{Z'} > 1 \text{ TeV}$$

Austausch im t- und u-Kanal ($F = L + 3B$)



Beispiel $\sqrt{s} \leq 202$ GeV:



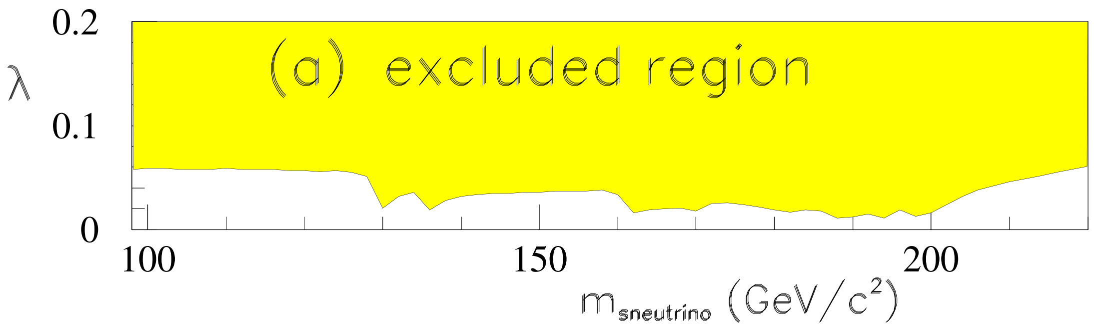
L3 für $g_{L,R} = \sqrt{4\pi\alpha} = 0.3$:

LQ type	m_{LQ}^{min}[GeV]	LQ type	m_{LQ}^{min}[GeV]
$S_0(\mathrm{L}) \to \mathrm{eu}$	413	$V_{1/2}(\mathrm{L}) \to \mathrm{ed}$	202
$S_0(\mathrm{R}) \to \mathrm{eu}$	322	$V_{1/2}(\mathrm{R}) \to \mathrm{eu},\ \mathrm{ed}$	183
$\tilde{S}_0(\mathrm{R}) \to \mathrm{ed}$	84	$\tilde{V}_{1/2}(\mathrm{L}) \to \mathrm{eu}$	145
$S_1(\mathrm{L}) \to \mathrm{eu},\ \mathrm{ed}$	208	$V_0(\mathrm{L}) \to \mathrm{e\bar{d}}$	584
$S_{1/2}(\mathrm{L}) \to \mathrm{e\bar{u}}$	64	$V_0(\mathrm{R}) \to \mathrm{e\bar{d}}$	136
$S_{1/2}(\mathrm{R}) \to \mathrm{e\bar{u}},\ \mathrm{e\bar{d}}$	117	$\tilde{V}_0(\mathrm{R}) \to \mathrm{e\bar{u}}$	288
$\tilde{S}_{1/2}(\mathrm{L}) \to \mathrm{e\bar{d}}$	–	$V_1(\mathrm{L}) \to \mathrm{e\bar{u}},\ \mathrm{e\bar{d}}$	394

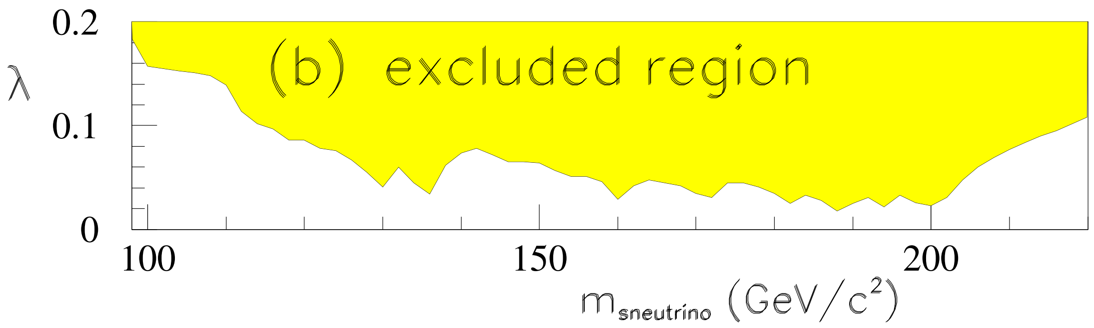
s und t-Kanalaustausch von skalaren Neutrinos

R-Parität verletzende supersymmetrische Modelle

DELPHI preliminary

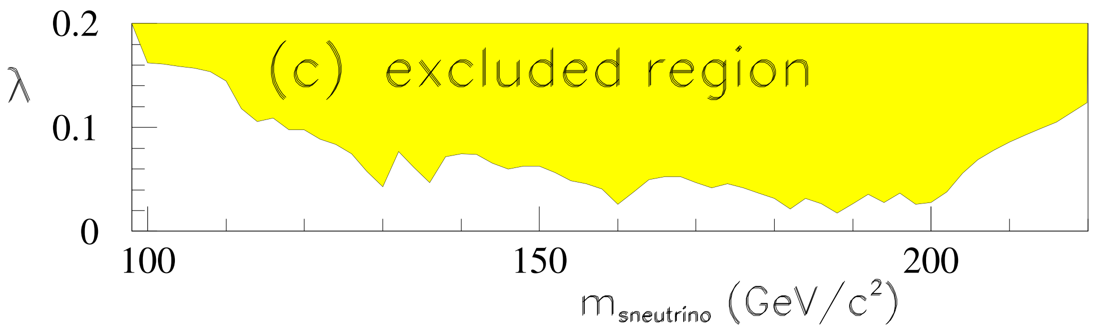


$e^+e^- \longrightarrow e^+e^-$



$e^+e^- \longrightarrow \mu^+\mu^-$

$\lambda_{131} = \lambda_{232} = \lambda$



$e^+e^- \longrightarrow \tau^+\tau^-$

$\lambda_{121} = \lambda_{233} = \lambda$

Hierarchieproblem:

$$M_{\mathrm{PL}} \approx 10^{18}\ \mathrm{GeV} \quad \gg m_{\mathrm{W}} \approx 10^{2}\ \mathrm{GeV}$$

Mögliche Lösung: Akarni-Hamed et al. PL 544 (1998) 263

- Die Skala der Gravitation, M_S, ist von der Ordnung m_{W}
- Es gibt n Extra-Dimensionen der Größe R

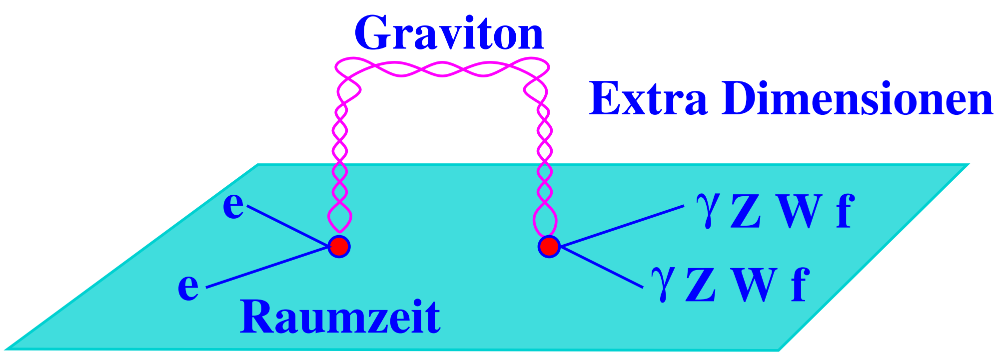
$$M_{\mathrm{PL}} \approx R^n\, M_S^{n+2}$$

$n = 1 \Rightarrow R \approx$ Größe des Sonnensystems

$n \geq 2 \Rightarrow R < 1$ mm

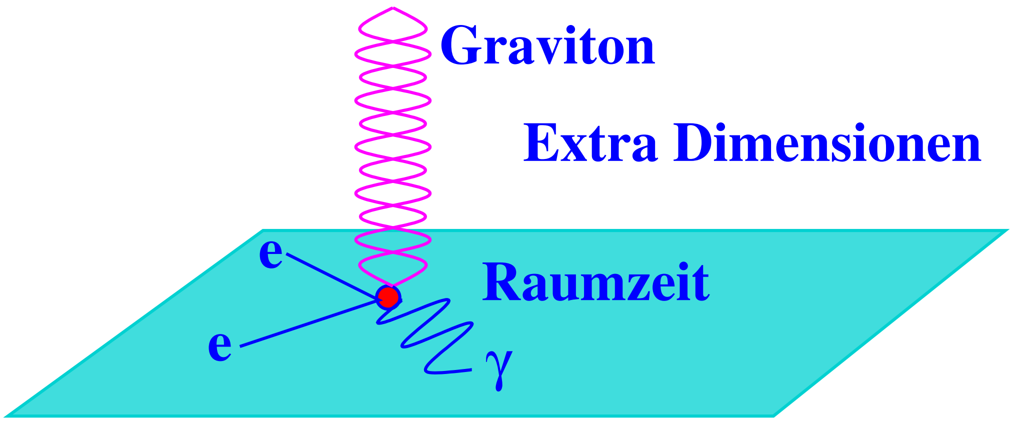
Newton's Gesetz ist experimentell nicht getestet!

- Spin 2 Gravitonen propagieren in den n Extra-Dimensionen und wechselwirken mit SM Teilchen in unserer Raumzeit:



$$\sigma = \sigma^{\mathrm{SM}} + \frac{\lambda}{M_S^4}\alpha_{Int} + \mathcal{O}\left(\frac{\lambda^2}{M_S^8}\right)$$

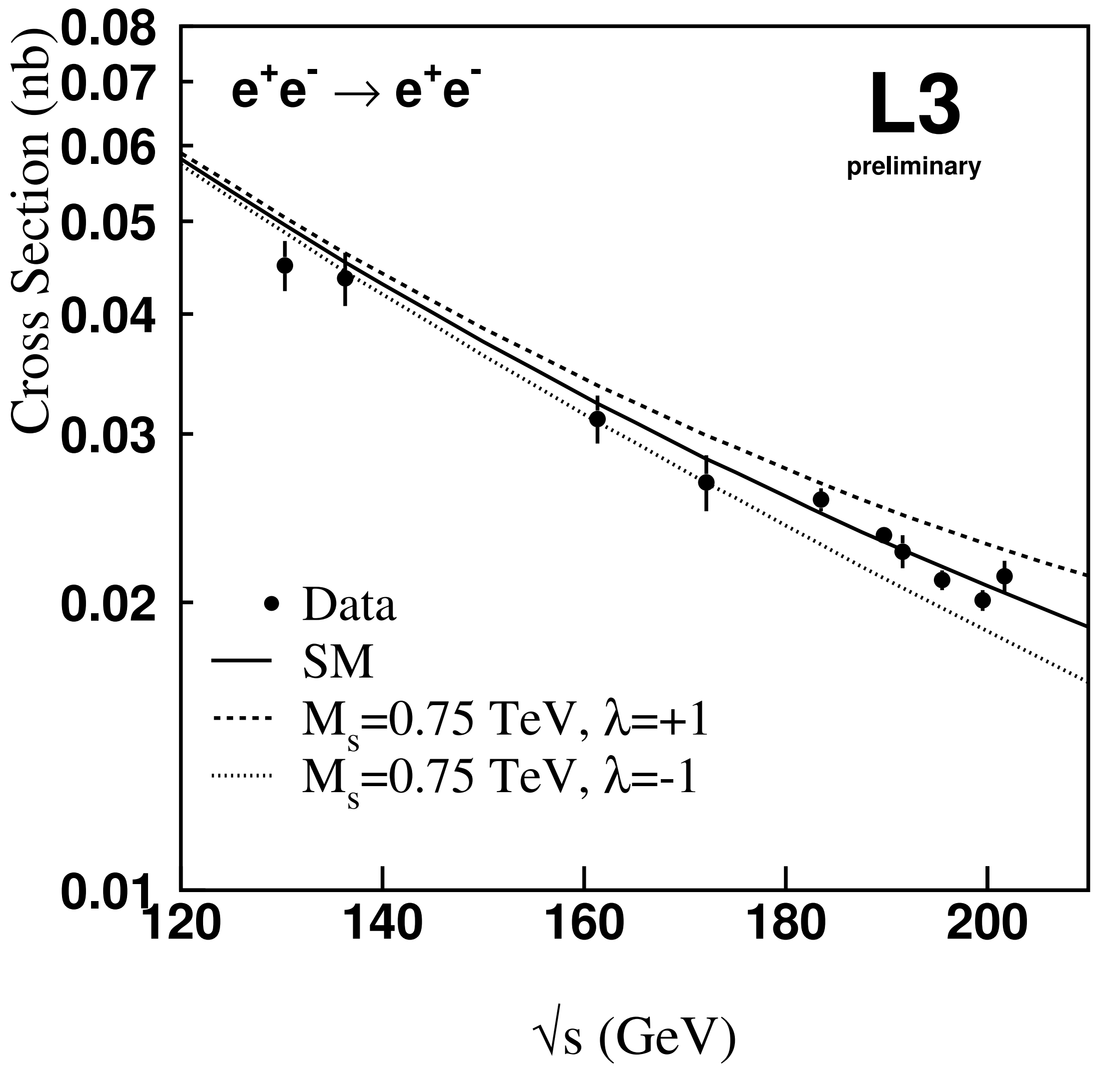
$\lambda = \pm 1$



$$\sigma \propto 1/M_S^{n+2}$$

- **Virtuelle Effekte in $e^+e^- \to f\bar{f}$, W^+W^-, ZZ, $\gamma\gamma$**

Beispiel $e^+e^- \to e^+e^-$



$$M_S \gtrsim 1.0 \text{ TeV}$$

- **Produktion von Gravitonen**

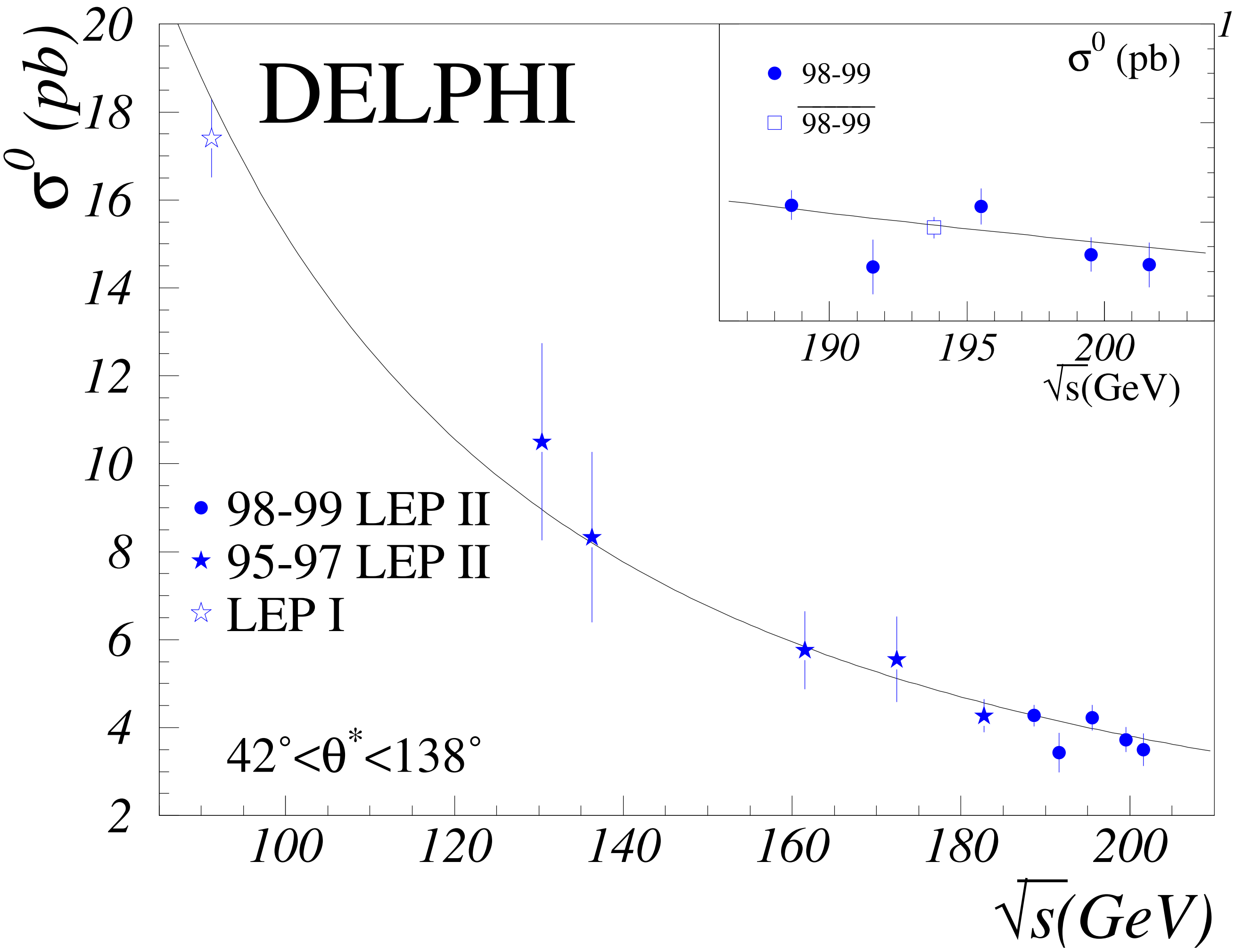
Beispiel $e^+e^- \to G\gamma$

ALEPH Einzelphotonspektrum:

n	M_S [TeV]	R [cm]
2	> 1.10	$< 4.0 \cdot 10^{-2}$
3	> 0.86	$< 4.6 \cdot 10^{-7}$
…		

Wirkungsquerschitt $e^+e^- \to \gamma\gamma$

91 GeV $\leq \sqrt{s} \leq$ 202 GeV



Keine Abweichung von der QED

Aus differentiellem Wirkungsquerschitt

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)^{SM} \left[1 \pm \frac{s^2}{2\lambda^4} \sin^2\theta^*\right]$$

QED Cutoff Parameter $\lambda_\pm \gtrsim 320$ GeV

Angeregtes Elektron $m_{e^*} \gtrsim 310$ GeV

I.) Paarproduktion $e^+e^- \longrightarrow \ell^{+*}\ell^{-*},\ \nu^*\bar{\nu}^*$

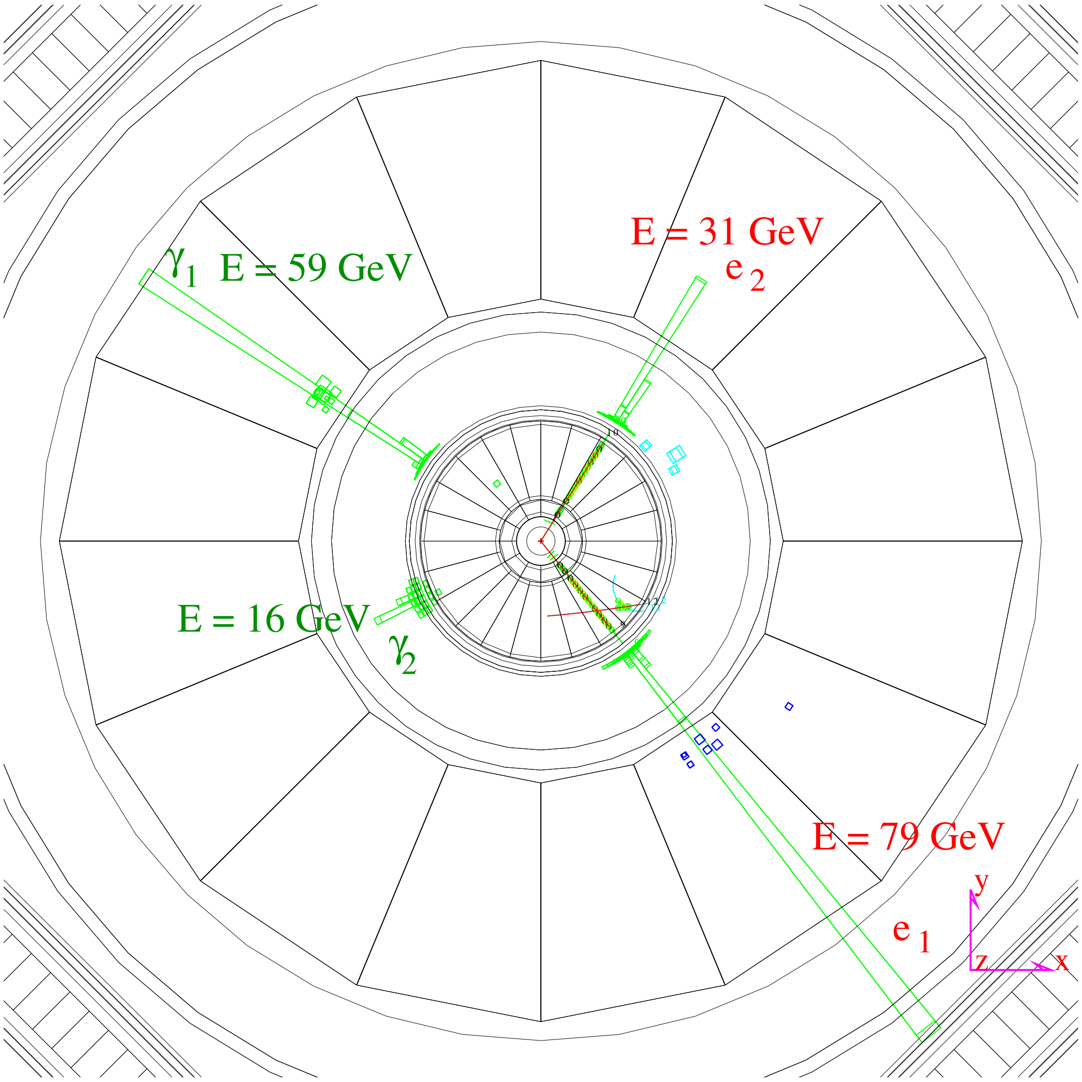
Zerfall: $\ell^{+*} \longrightarrow \ell^+\gamma,\ W^+\bar{\nu},\ Z\ell^+$

$f,\ f'$ relative SU(2), U(1) Kopplungsstärken

Kandidat $e^+e^- \longrightarrow e^*\,e^* \longrightarrow e^+e^-\gamma\gamma$

$m(e_1, \gamma_2) = 60$ GeV $m(e_2, \gamma_1) = 59$ GeV

Run # **772501** **Event #** **3103** Total Energy : 189.50 GeV



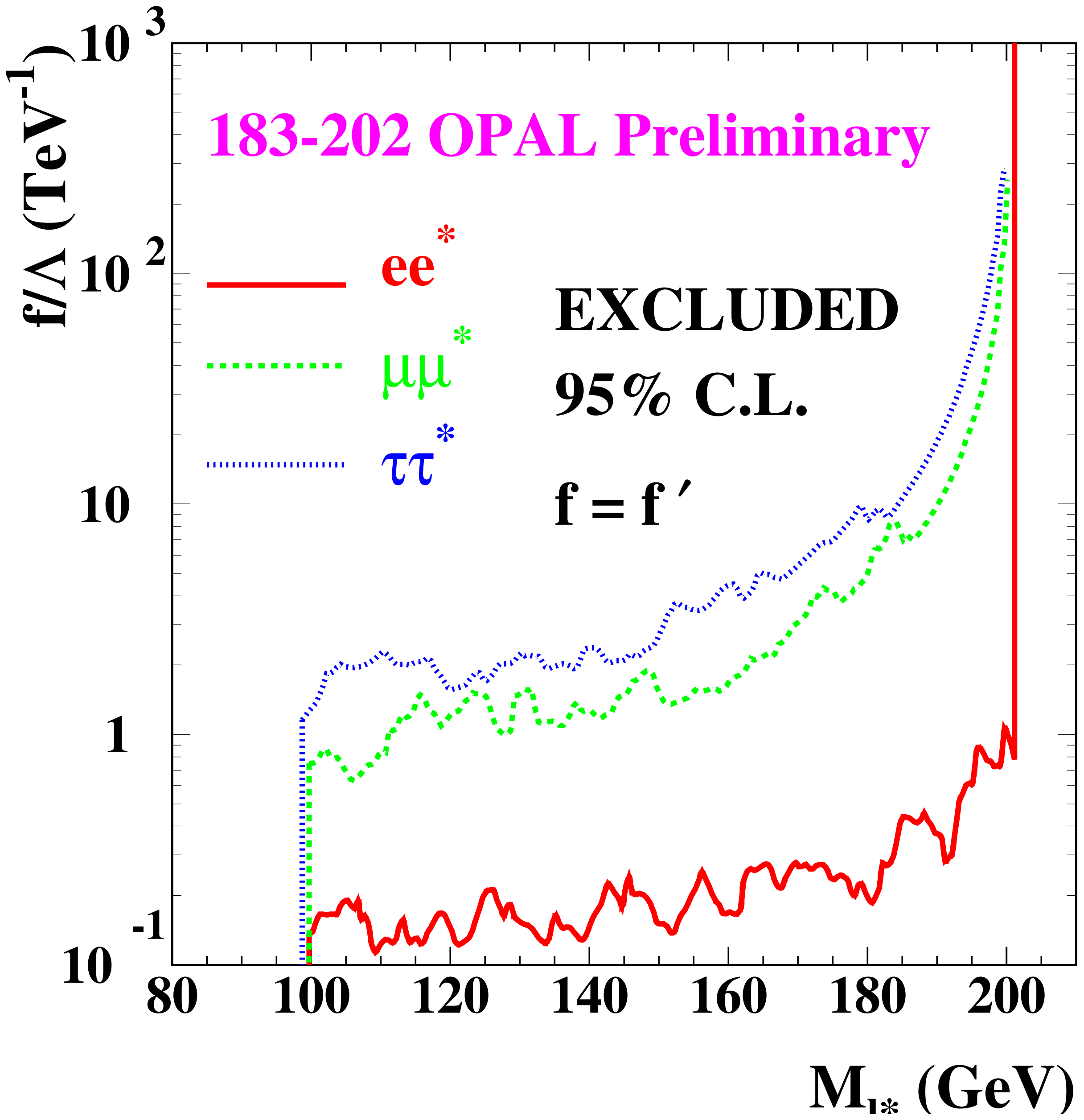
Transverse Imbalance :	.0166		**Longitudinal Imbalance :**	-.0202	
Thrust :	.7979	**Major :**	.2969	**Minor :**	.2251
Event DAQ Time :	*990820 54953*				

Aussschluß bis zur kinematischen Grenze

II.) Einzelproduktion $e^+e^- \to \ell^{+*}\ell^-,\ \nu^*\bar{\nu}$

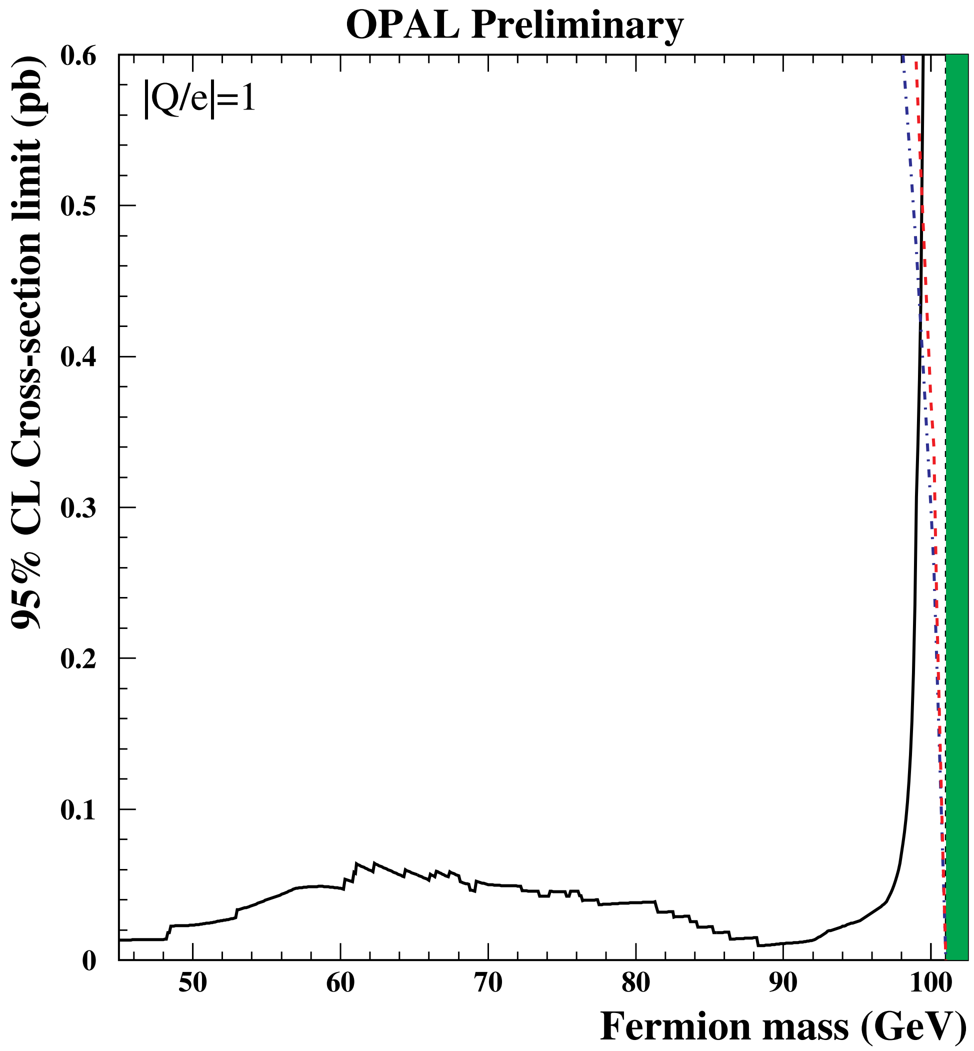
Λ Skalenparameter

Beispiel: $f = f'$ radiativer Zerfall $\ell^{\pm *} \to \ell^{\pm}\gamma$ dominiert



Zerfall außerhalb des Detektors ($\tau > 1\ \mu s$)
Benutze dE/dx zur Unterscheidung von $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$

Obere Grenze auf Wirkungsquerschitt:



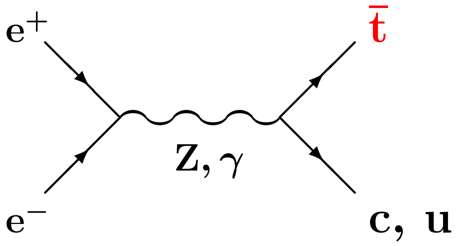
$\Longrightarrow$ Massengrenzen für stabile Teilchen:

- **Spin 1/2 Fermion (schweres Lepton):**

$$m_{\mathrm{L}} > 98\ \text{GeV}$$

- **SUSY:**

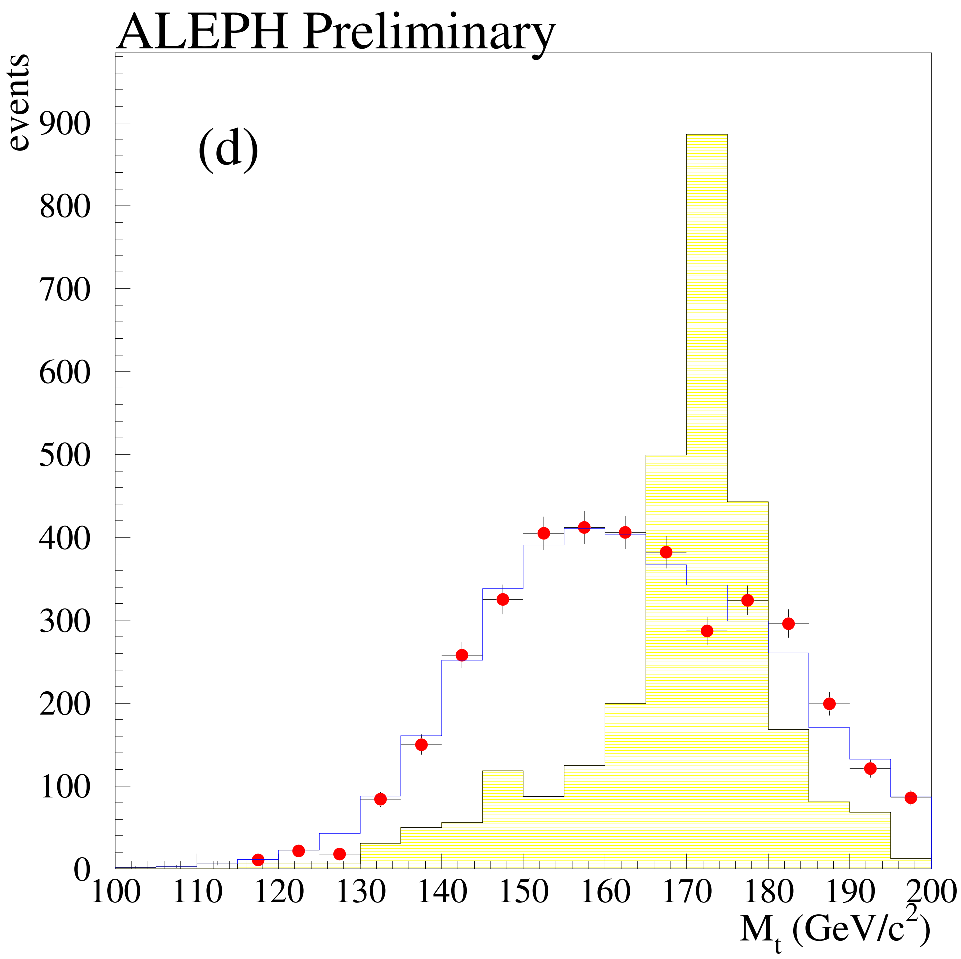
Skalare Leptonen: $m_{\tilde{\ell}^\pm_R} > 93\ \text{GeV}$ $m_{\tilde{\ell}^\pm_L} > 94\ \text{GeV}$
Chargino: $m_{\tilde{\chi}^\pm_1} > 99\ \text{GeV}$



$\sigma^{\mathrm{SM}} \lesssim 10^{-9}$ fb

- Nahe der kinematischen Schwelle ($m_{\mathrm{t}} = 174.3 \pm 5.1$ GeV)
- Standard Zerfall des Top-Quarks $\mathrm{t} \to \mathrm{bW}^+$
  - Fast monochromatisches b-Quark und W-Boson
  - Niederenergetischer Jet von c(u)-Quark: $E_{\mathrm{c(u)}} \approx \sqrt{s} - m_{\mathrm{t}}$

Rekonstruierte Masse in $\mathrm{t} \to \mathrm{W}^+\,\mathrm{b} \to \ell^+\nu_\ell\,\mathrm{b}$ Kandidaten:



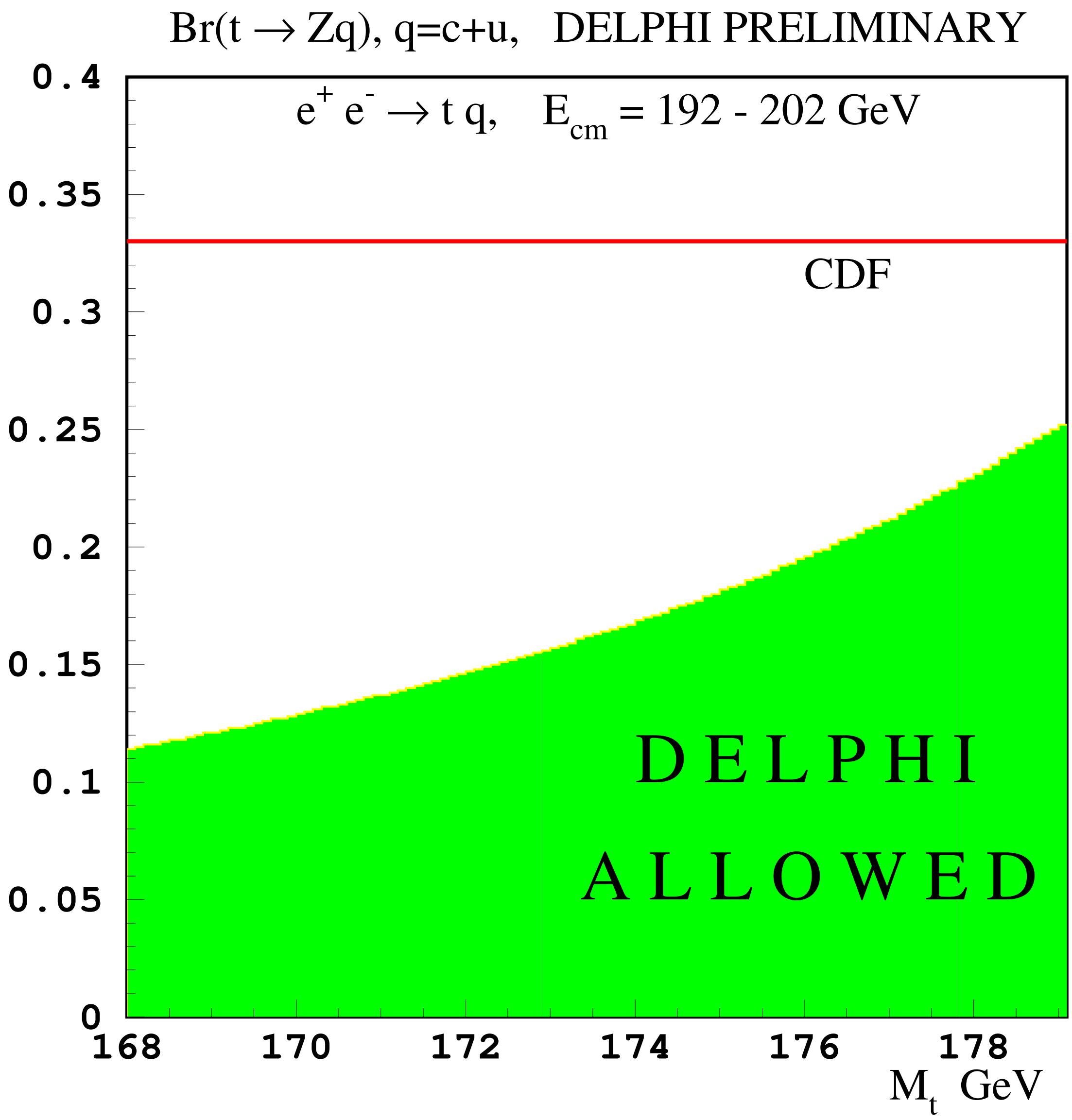
ALEPH : $\sigma < 0.72$ pb ($\sqrt{s} = 202$ GeV)

FCNC Zerfall des Top-Quarks

Grenzen von CDF:

$$BR(t \to \gamma c(u)) < 3.2\% \qquad BR(t \to Zc(u)) < 33\%$$

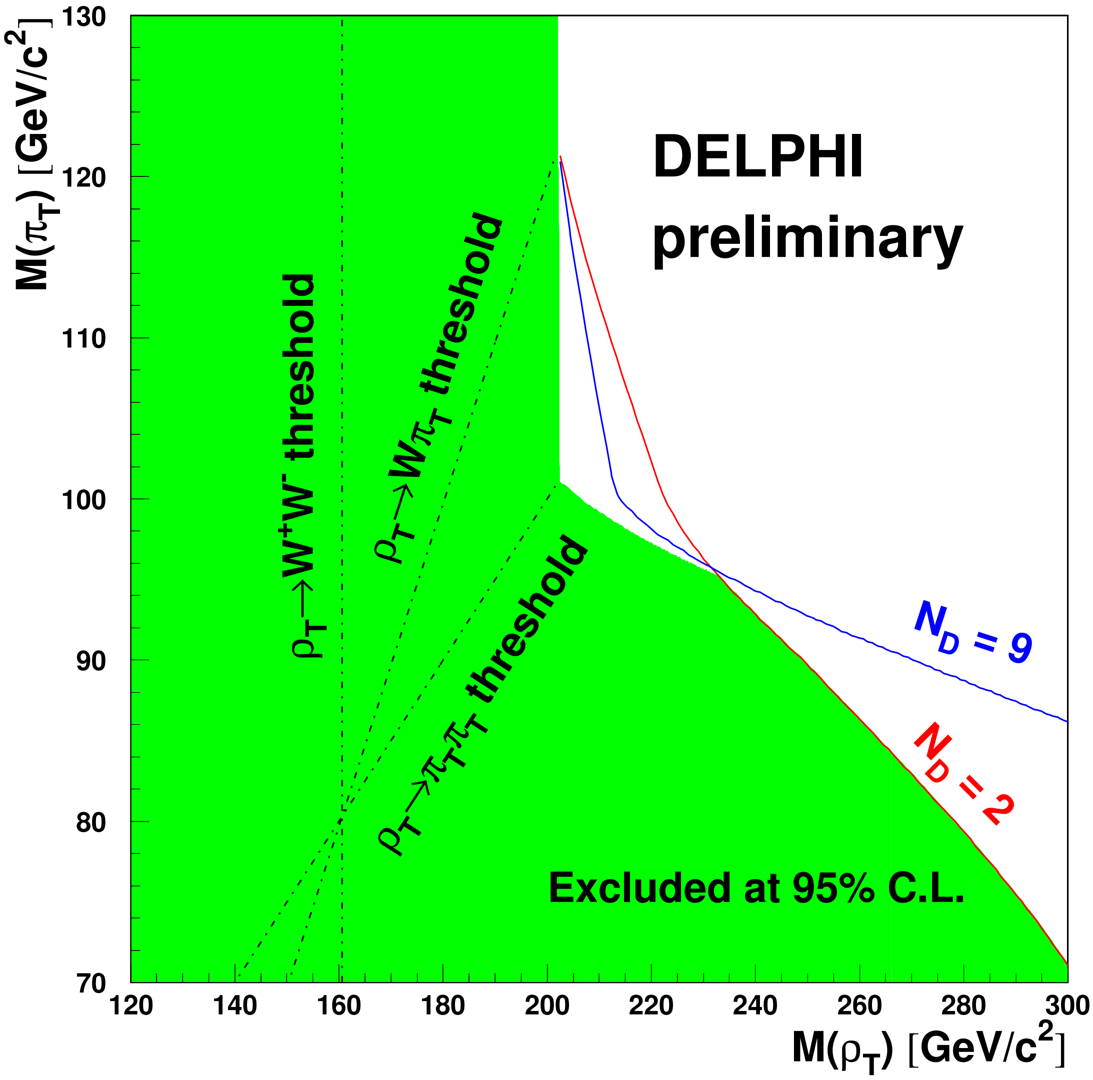
Verbesserte Grenze auf $t \to Zc(u)$ durch LEP Experimente:



Technicolor:
Einfachste Version im Widerspruch zu Z Daten (Strahlungskorrekturen)

Erweiterte Modelle: N_{D} Dubletts
Skalare ($\pi_{\mathrm{T}}, \pi'_{\mathrm{T}}$) und vektorielle ($\rho_{\mathrm{T}}, \omega_{\mathrm{T}}$) Technihadronen

- **Suche nach schmaller $\mathcal{O}(10$ MeV$)$ (ρ_{T} Resonanz 'Radiativer Return'**
- **Direkte Suche $\rho_{\mathrm{T}} \to \pi_{\mathrm{T}}^{+}\pi_{\mathrm{T}}^{-}$ oder $\rho_{\mathrm{T}} \to \pi_{\mathrm{T}}^{+}\mathrm{W}^{-}$**



SUSY Suchen bei LEP klassifiziert durch Art des leichtesten supersymmetrischen Teilchens (LSP):

I. Neutralino $\tilde{\chi}_1^0$
SUSY Brechung vermittelt durch Gravitation
$\boldsymbol{R}$-Paritätserhaltung: $\tilde{\chi}_1^0$ stabil, unsichtbar

II. Instabiles LSP
Verletzung der $\boldsymbol{R}$-Parität

III. Gravitino $\tilde{\mathrm{G}}$
SUSY Brechung durch Eichkräfte vermittelt

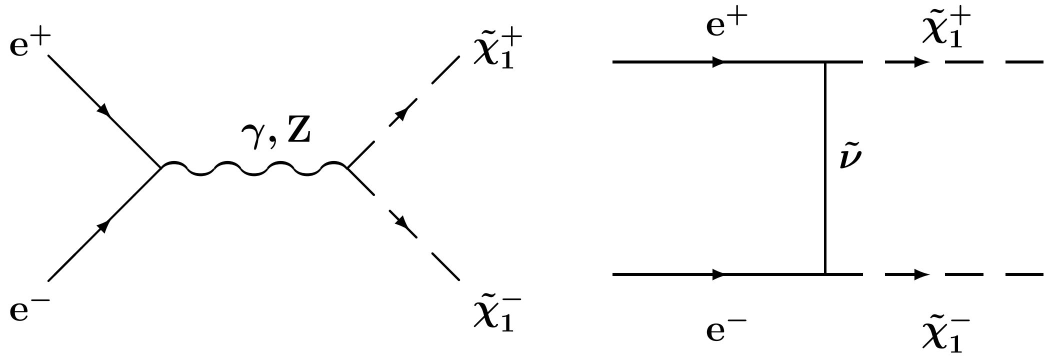
LEP Experimente setzen Grenzen auf:

1 Wirkungsquerschitte
Relativ modellunabhängig, allgemeine Annahmen über Zerfälle von SUSY Teilchen

2 SUSY Parameter und Massen
Setzt Modell voraus, z.B. das Minimale Supersymmetrische Standardmodell (MSSM)

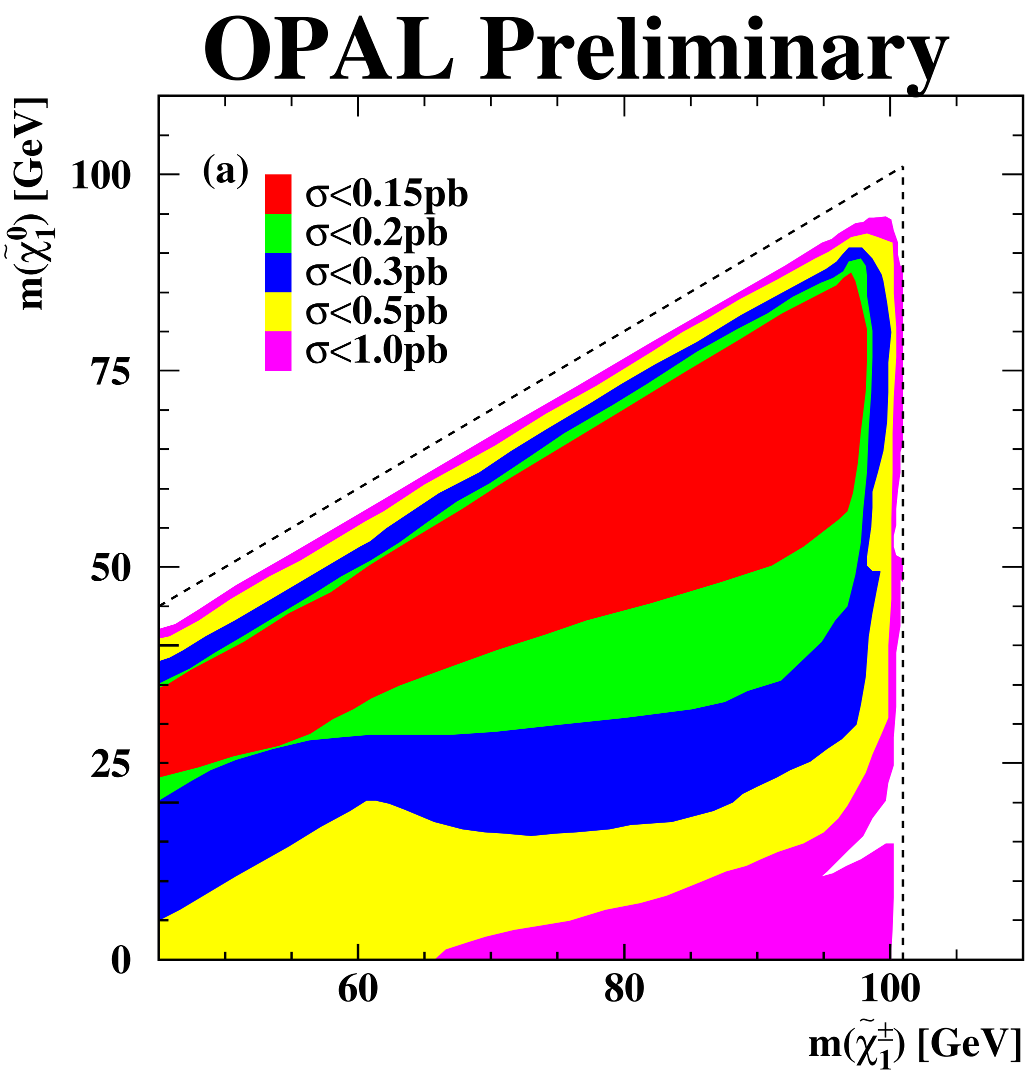
Hauptmerkmal ist fehlende Energie

- **Paarproduktion von Charginos $e^+e^- \to \tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-$**



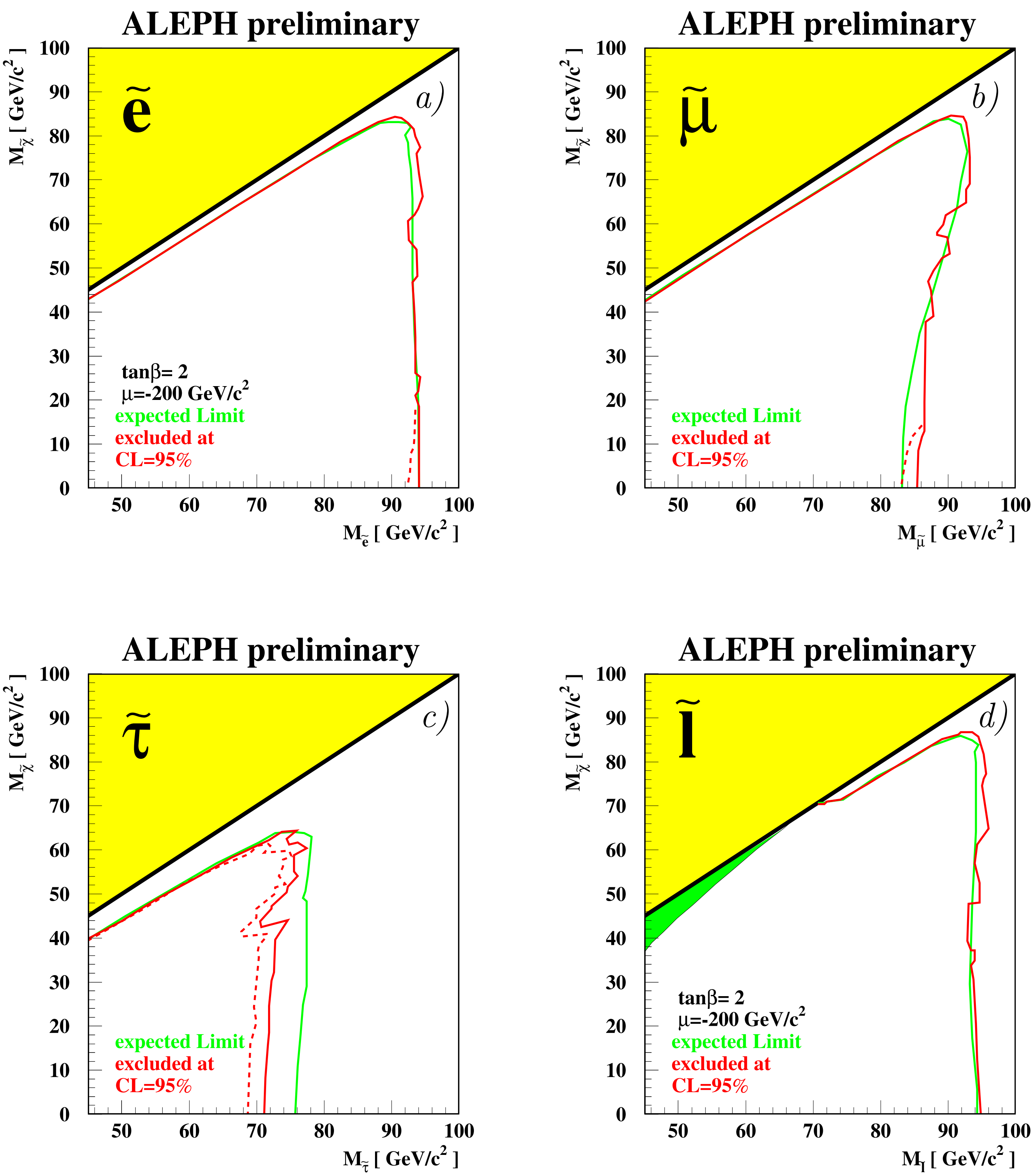
Zerfall: $\tilde{\chi}_1^+ \to \tilde{\chi}_1^0 q\bar{q},\ \tilde{\chi}_1^0 \ell^+\bar{\nu},\ \tilde{\nu}\ell^+$

Obere Grenzen auf $\sigma(e^+e^- \to \tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-)$ bei $\sqrt{s} = 202$ GeV:



- Suche nach $e^+e^- \longrightarrow \tilde{\ell}^+\tilde{\ell}^-$
  $\tilde{\ell}^+ \longrightarrow \ell^+\tilde{\chi}^0_1 \quad (\ell = e,\ \mu,\ \tau)$

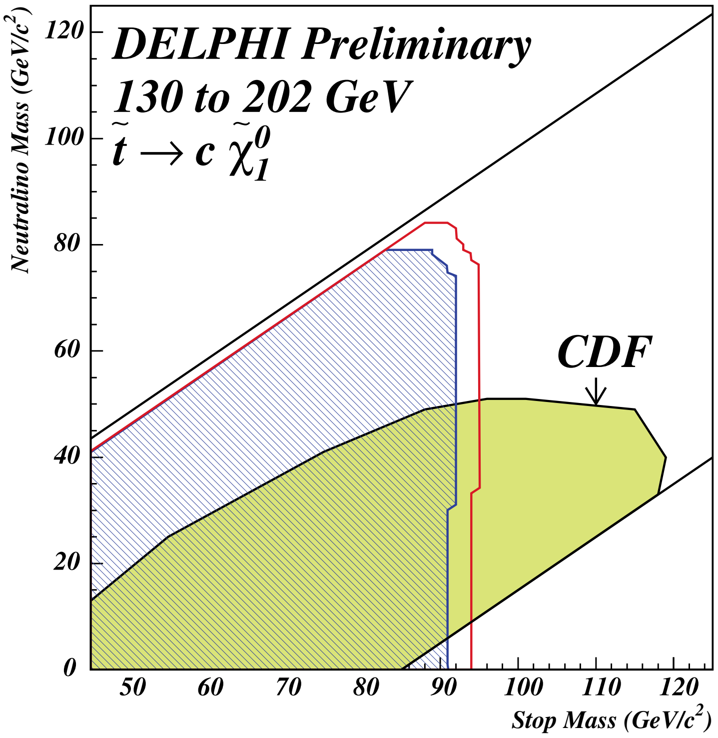
Interpretation der oberen Grenzen des Wirkungsquerschitt im MSSM für bestimmte Parameter:

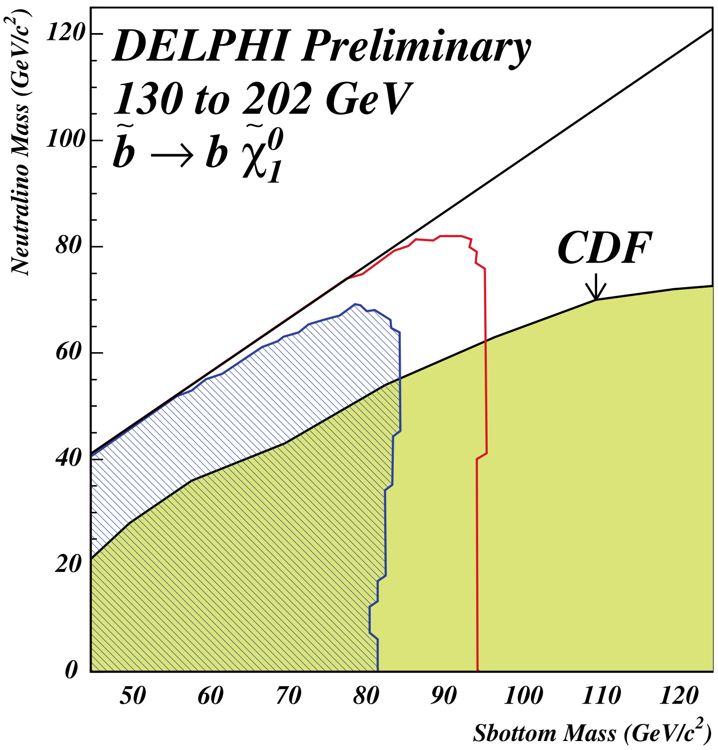


- Top und Bottom Partner sind die leichtesten skalaren Quarks
- Mischung in der dritten Generation, z.B

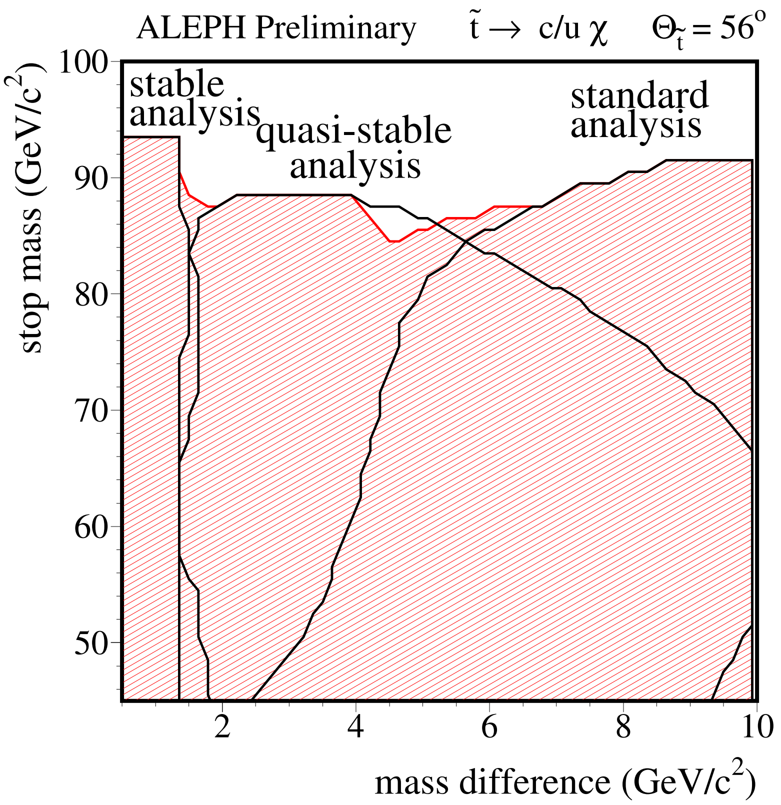
$$\tilde{t}_1 = \tilde{t}_L \cos\Theta_{\mathrm{LR}} + \tilde{t}_R \sin\Theta_{\mathrm{LR}}$$

Für $\cos\Theta_{\mathrm{LR}} = 0.57$ verschwindet Kopplung an Z
$\Rightarrow$ minimaler Wirkungsquerschitt





- wenig sichtbare Energie
- lange Lebensdauer des SUSY Teilchens
  - Zerfall an Sekundärvertex
  - Zerfall außerhalb des Detektors (stabil) hochionisierend ($\mathrm{d}E/\mathrm{d}x$)

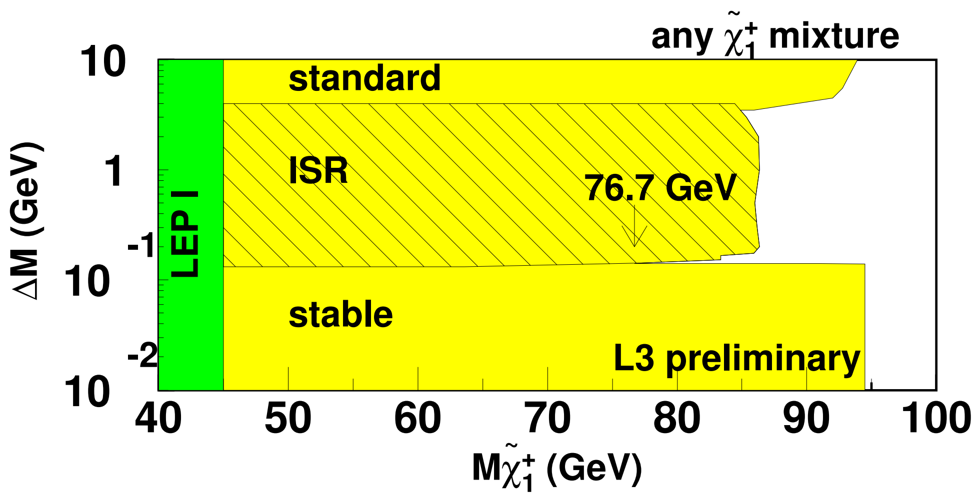


ALEPH:

Suche nach skalarem Top

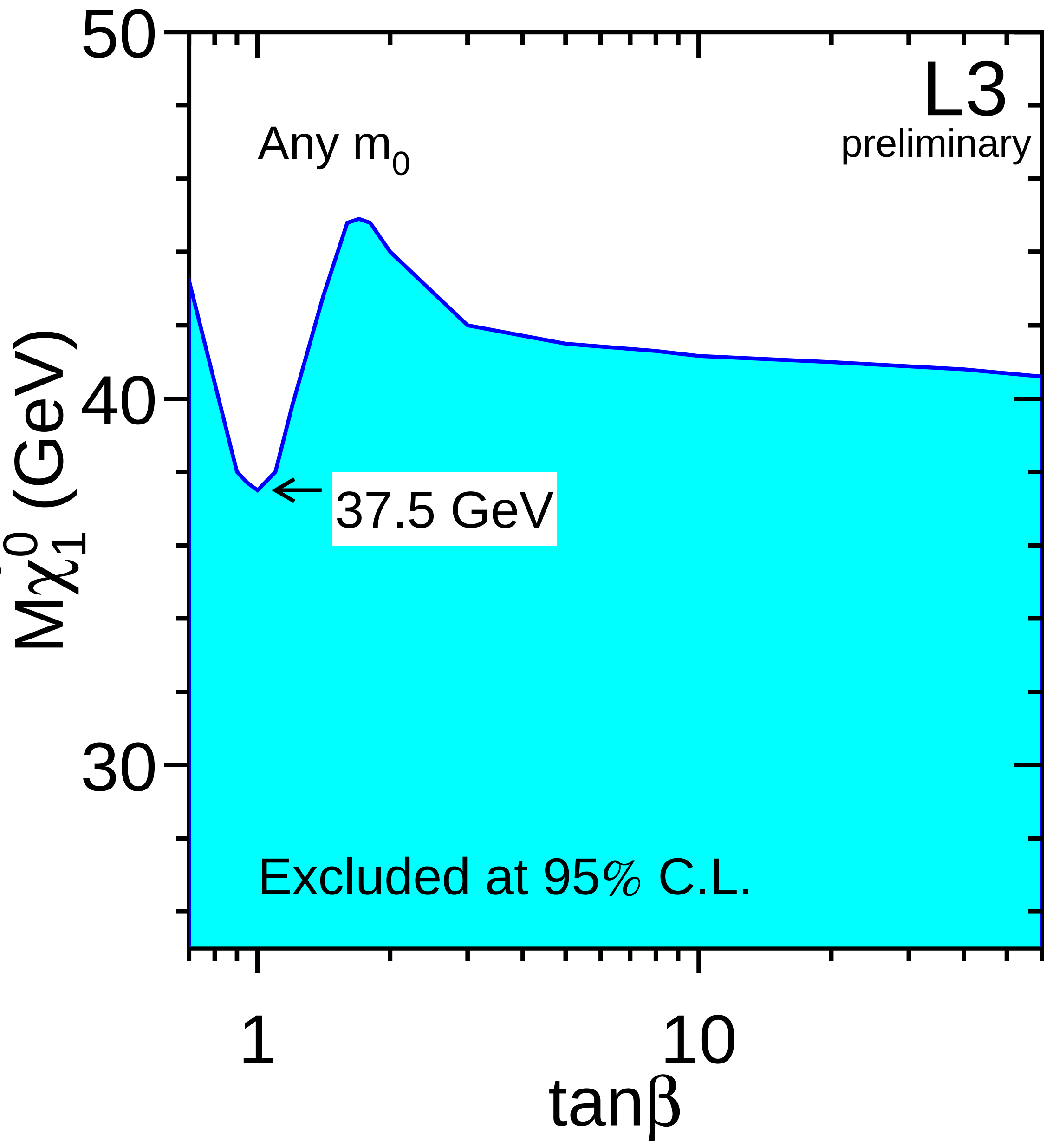
$m_{\tilde{t}} - m_{\tilde{\chi}_1^0} < 6$ GeV

- Trigger auf ISR Photon: $e^+e^- \to \gamma\tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-$



Kombination aller Suchresultate
Scan über den MSSM Parameterraum

⇒ absolute Grenzen für Chargino- und Neutralino-Massen



$$m_{\tilde{\chi}_1^0} > 37.5 \text{ GeV}$$
$$m_{\tilde{\chi}_1^\pm} > 80.5 \text{ GeV}$$

Neutralino ist Kandidat für dunkle Materie!

R Parität: $R = (-1)^{(2s+3B+L)}$

s	Spin
B	Baryonzahl
L	Leptonzahl

$R = +1$: Teilchen des SM
$R = -1$: supersymmetrische Partner

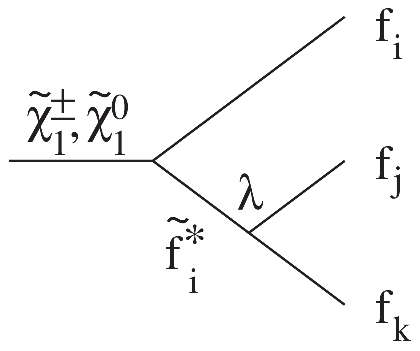
$$W_{\not{R}} \;=\; \underset{\not{L}}{\lambda_{ijk} L_i L_j \bar{E}_k} + \underset{\not{L}}{\lambda'_{ijk} L_i Q_j \bar{D}_k} + \underset{\not{B}}{\lambda''_{ijk} \bar{U}_i \bar{D}_j \bar{D}_k}$$

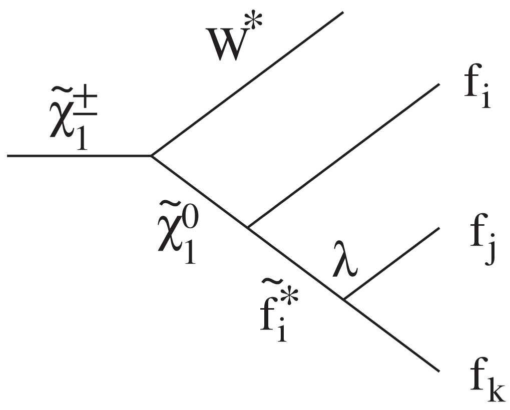
Gleichzeitige Präsenz von λ_{ijk}, λ'_{ijk}, , λ''_{ijk} würde zu schnellem Protonzerfall führen

Untersuche $\lambda_{ijk} \neq 0$ oder $\lambda'_{ijk} \neq 0$ oder $\lambda''_{ijk} \neq 0$

- Viele verschiedene Zerfallskanäle und Topologien
- Nicht alle mit fehlender Energie
- Hohe Multiplizität

z.B. $\lambda_{ijk} \neq 0$



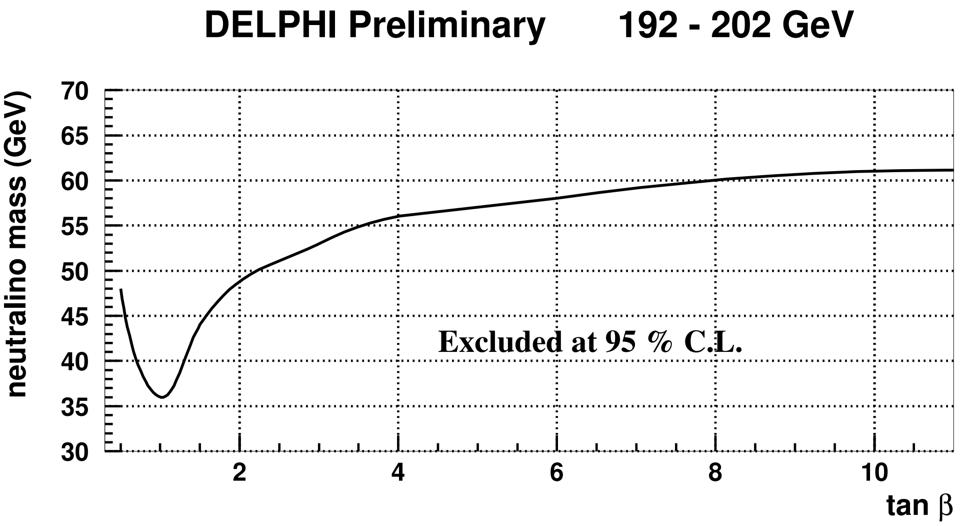


Direkter Zerfall | Indirekter Zerfall

Ausschlußgrenzen ähnlich dem Fall der R-Paritätserhaltung

Beispiele:

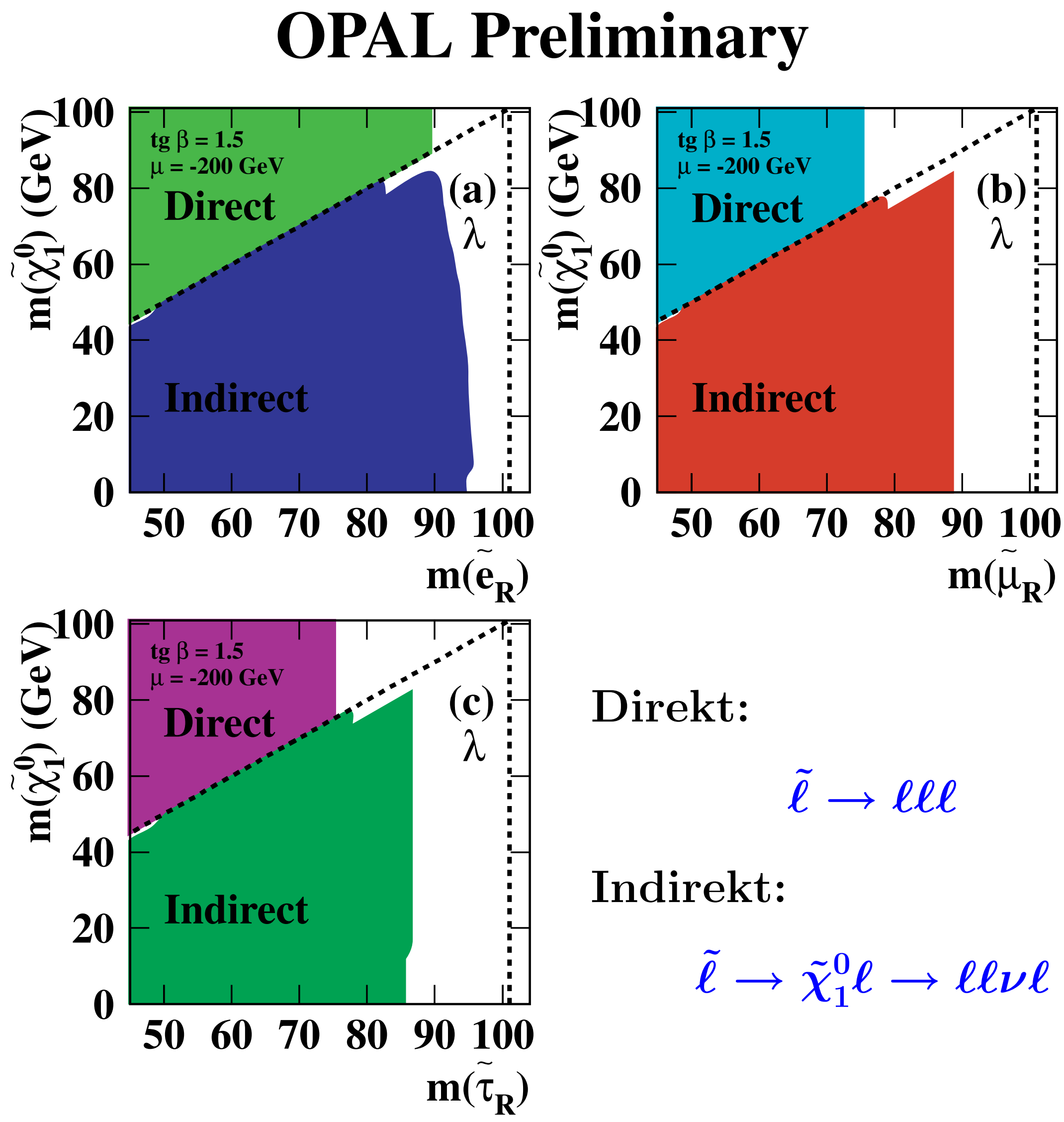
- Neutralino für $\lambda''_{ijk} \neq 0$: $e^+e^- \to \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0 \to \leq 10$ Jets



$m_0 = 500$ GeV

$m_{\tilde{\chi}_1^0} > 36$ GeV

- Skalare Leptonen für $\lambda_{ijk} \neq 0$:



Direkt:

$$\tilde{\ell} \to \ell\ell\ell$$

Indirekt:

$$\tilde{\ell} \to \tilde{\chi}_1^0 \ell \to \ell\ell\nu\ell$$

Photonische Endzustände mit fehlender Energie

- **Einzelphoton**
- **Akoplanares Photonpaar**

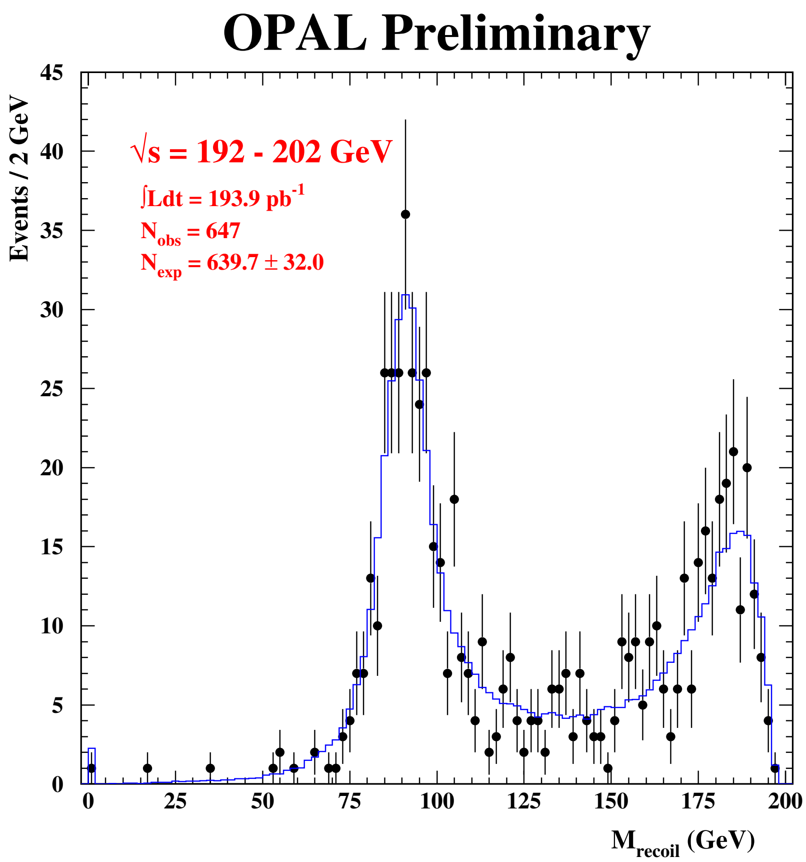
$$\begin{aligned} e^+e^- &\to \tilde{G}\tilde{G}\gamma \\ &\to \tilde{\chi}_1^0\tilde{G} \to \tilde{G}\tilde{G}\gamma \\ &\to \tilde{G}\tilde{G} \to \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0\gamma\gamma \end{aligned}$$

Auch MSSM Prozesse

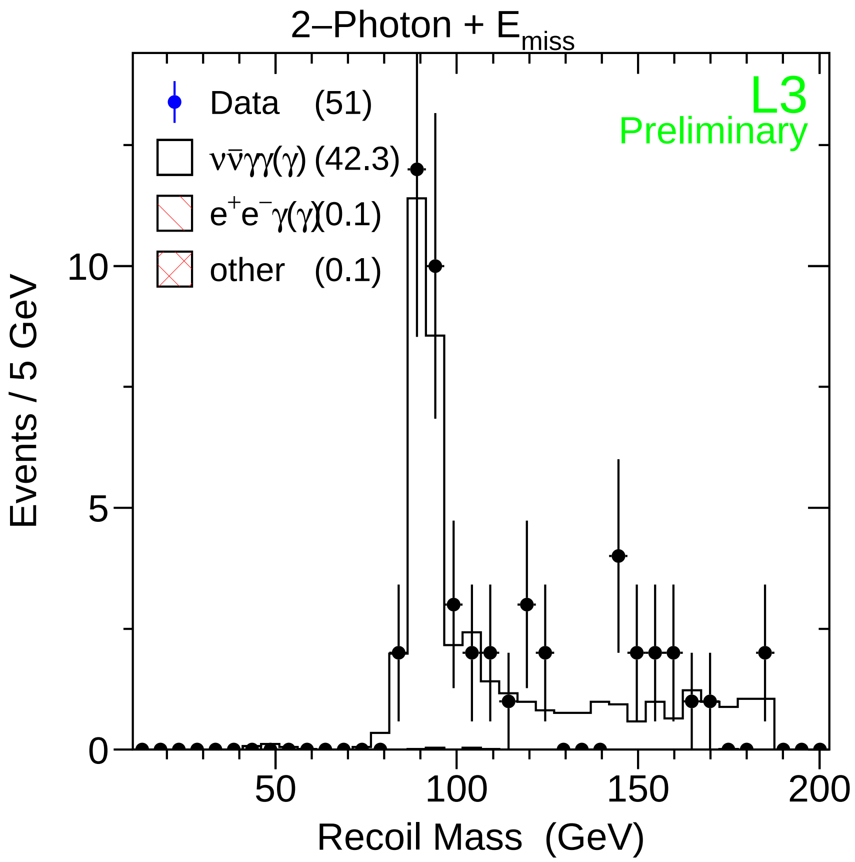
$$\begin{aligned} e^+e^- &\to \tilde{\chi}_2^0\tilde{\chi}_1^0 \to \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0\gamma \\ &\to \tilde{\chi}_2^0\tilde{\chi}_2^0 \to \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0\gamma\gamma \end{aligned}$$

SM Untergrundprozesse:

$$\begin{aligned} e^+e^- &\to \nu\bar{\nu}\gamma(\gamma) \\ &\to (e^+e^-)\,\gamma(\gamma) \end{aligned}$$

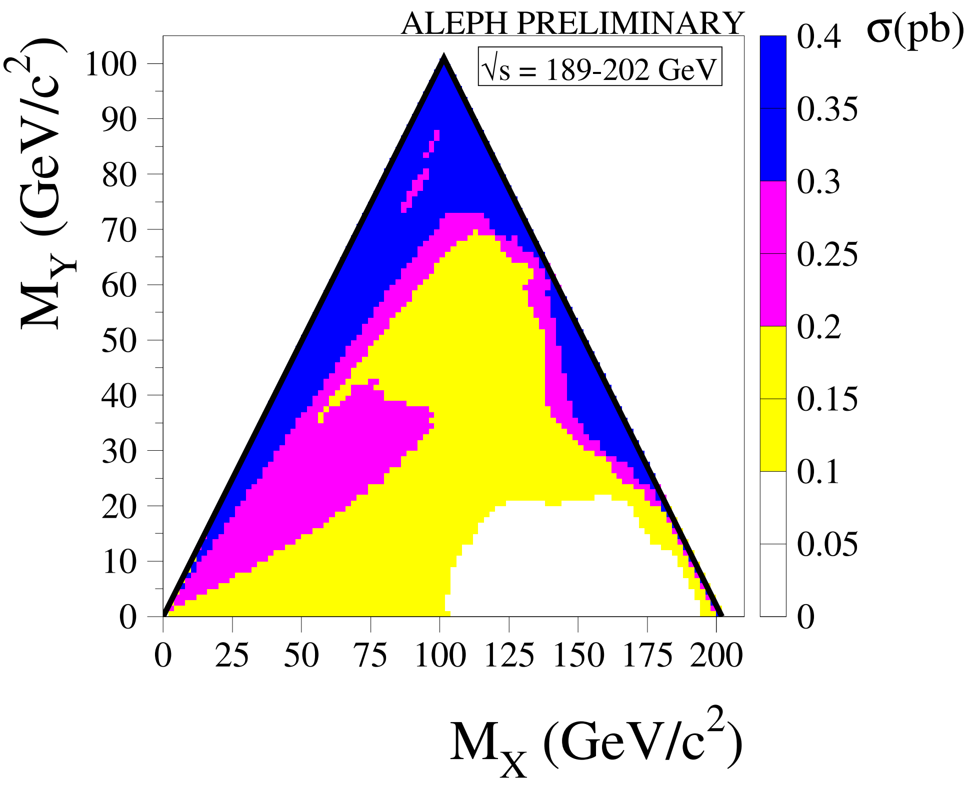


$$e^+e^- \longrightarrow \gamma + \not{E}$$

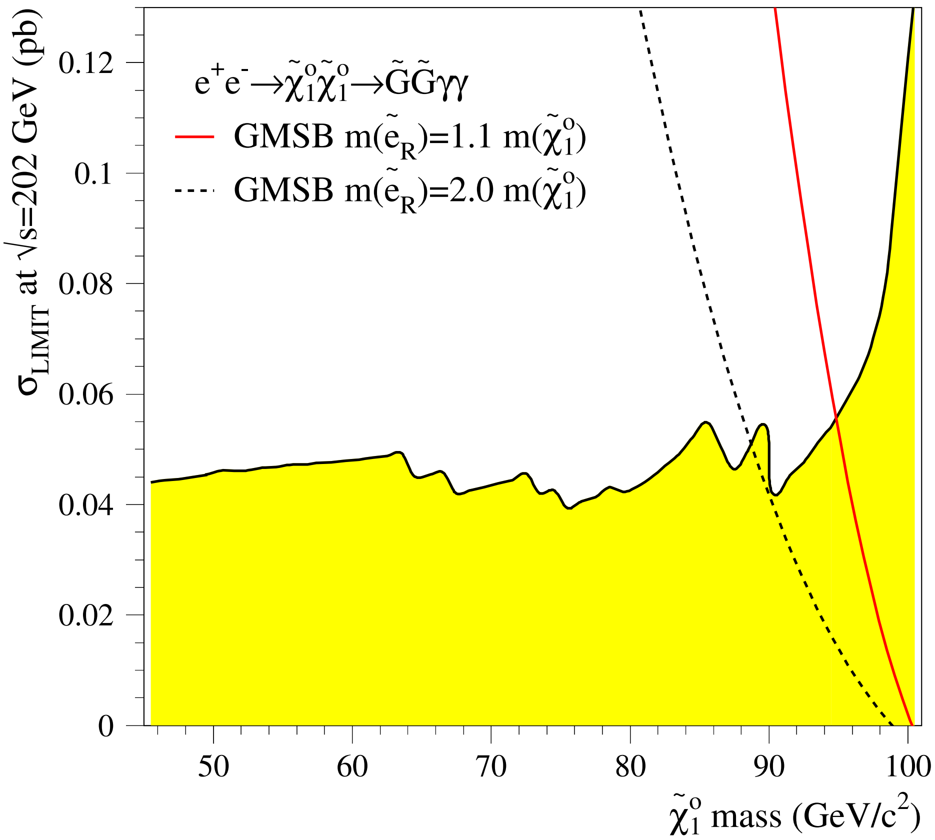


$$e^+e^- \longrightarrow \gamma\gamma + \not{E}$$

- **Grenze auf Wirkungsquerschitt $e^+e^- \to XY \to XX\gamma$**



- **Grenze auf Wirkungsquerschitt $e^+e^- \to \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0 \to \tilde{G}\tilde{G}\gamma\gamma$ (DELPHI)**



CDF event:

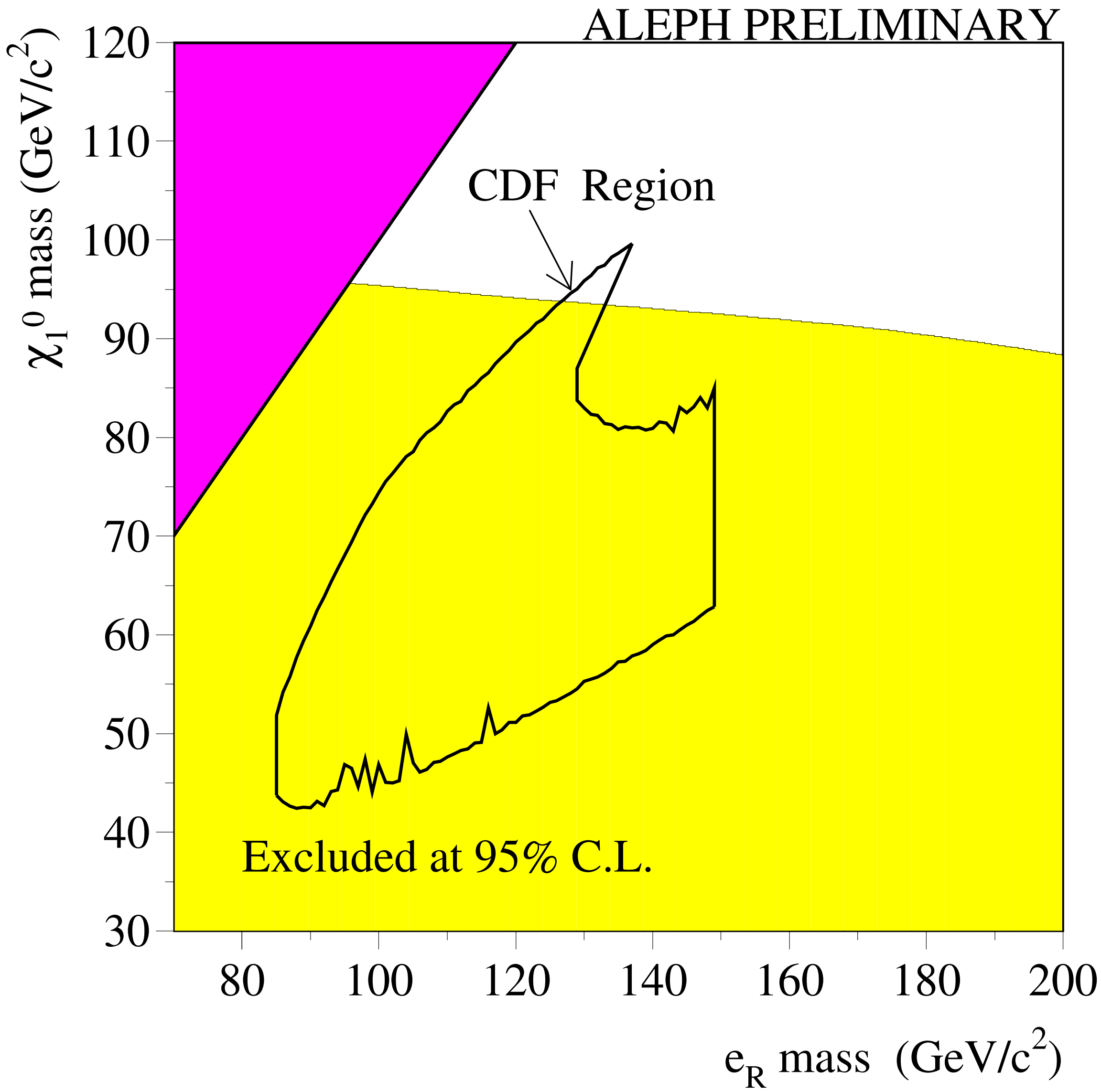
2 Elektron-Photon Paare mit hoher Masse

SUSY Interpretation

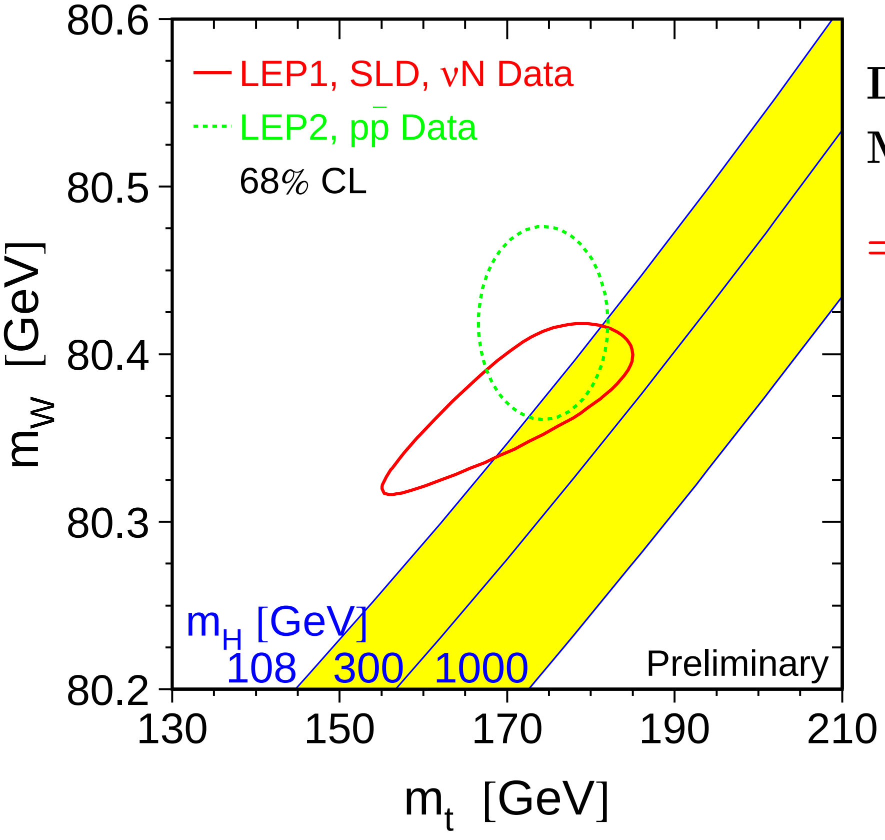
$$\tilde{e}^+\tilde{e}^- \rightarrow e^+e^-\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow e^+e^-\tilde{G}\tilde{G}\gamma\gamma$$

LEP Grenzen auf den Wirkungsquerschitt

$$e^+e^- \rightarrow \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0 \rightarrow \tilde{G}\tilde{G}\gamma\gamma$$

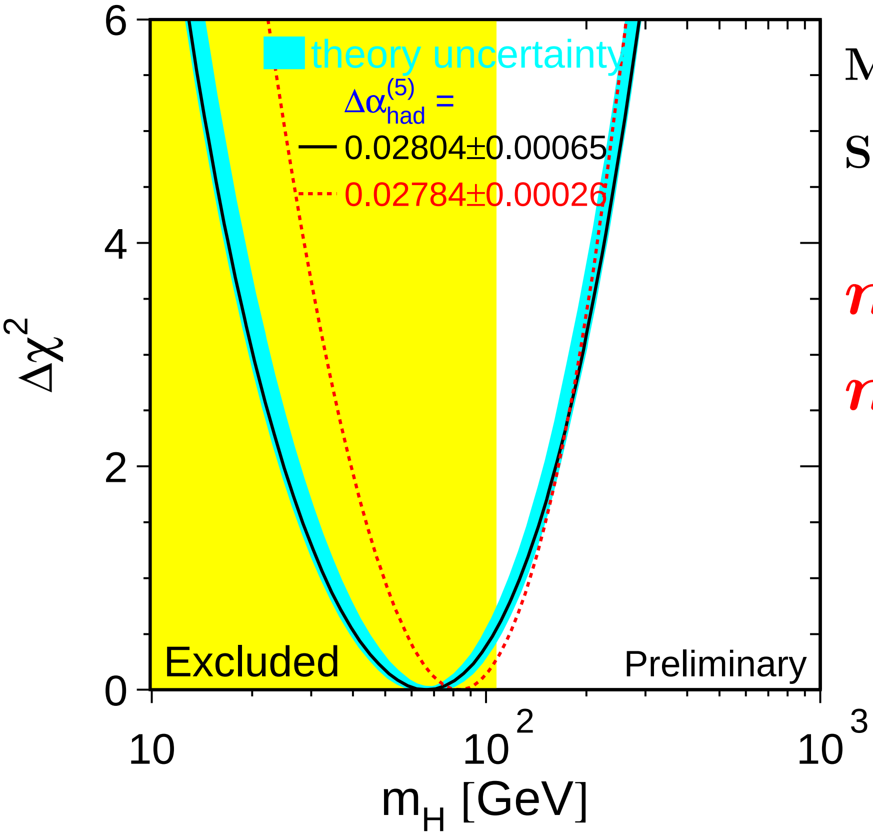


Präzisionmessungen von elektroschwacher Observablen:



Direkte/indirekte Messung von m_{W} und m_{t}

$\Rightarrow$ SM korrekt '1-Loop'
Higgs ist leicht

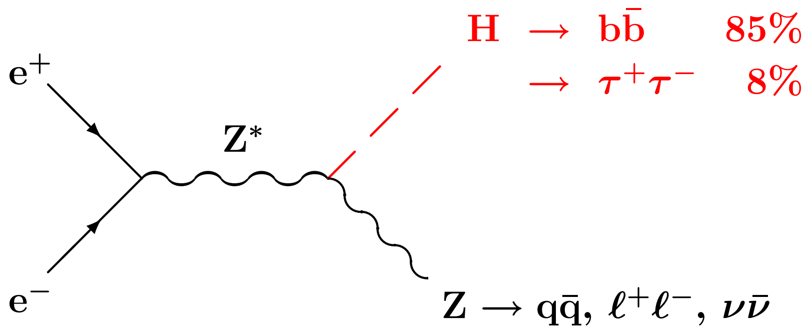


Messung schwacher Strahlungskorrekturen:

$$m_{\mathrm{H}} = 67\,^{+60}_{-33}\ \mathrm{GeV}$$

$$m_{\mathrm{H}} < 188\ \mathrm{GeV}$$

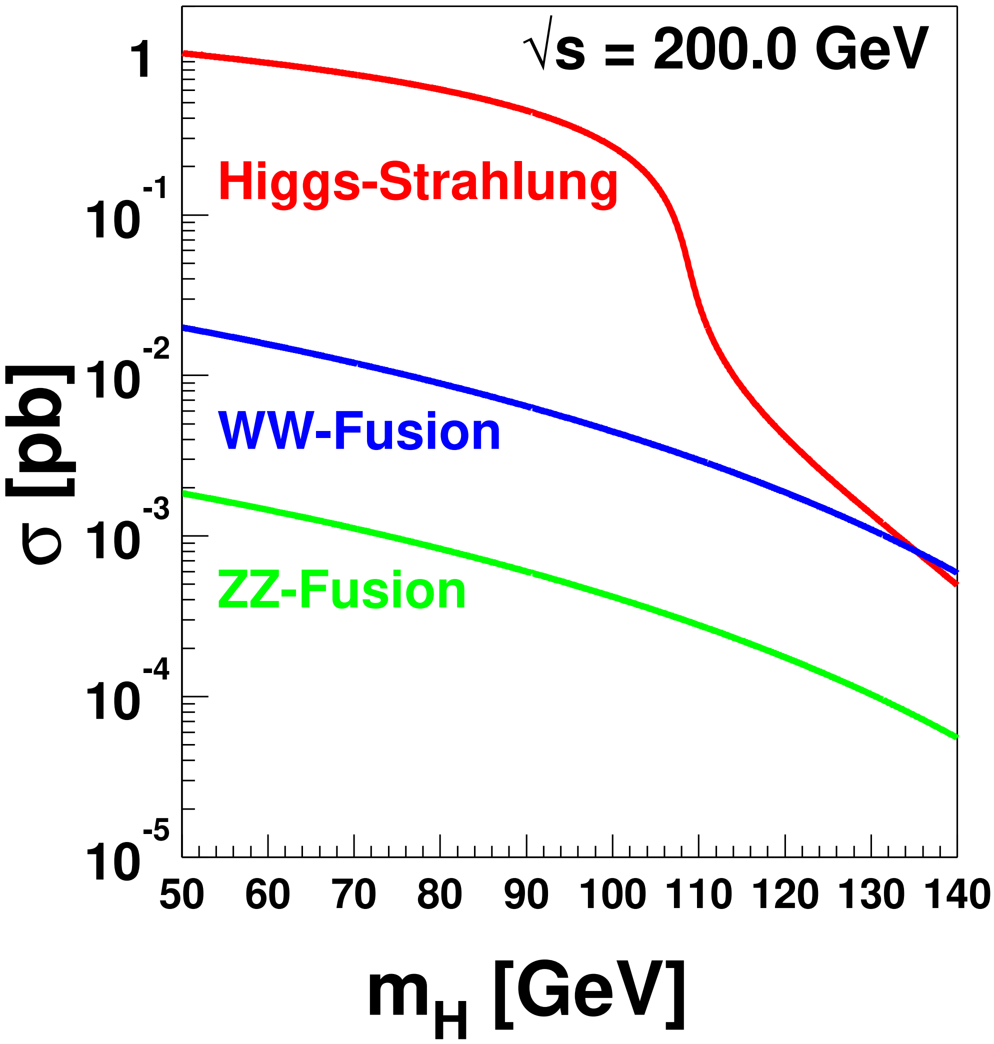
Produktion von Higgs Bosonen bei LEP durch Higgs-Strahlung:



Produktion eines reellen Z bosons

\+ Masseninformation $m_{f\bar{f}} \approx m_Z$ (Auflösung, Γ_Z)

– Suche möglich bis maximal $m_H \approx \sqrt{s} - m_Z$



Signal $e^+e^- \to HZ$:

- 4 Topologien des Endzustandes

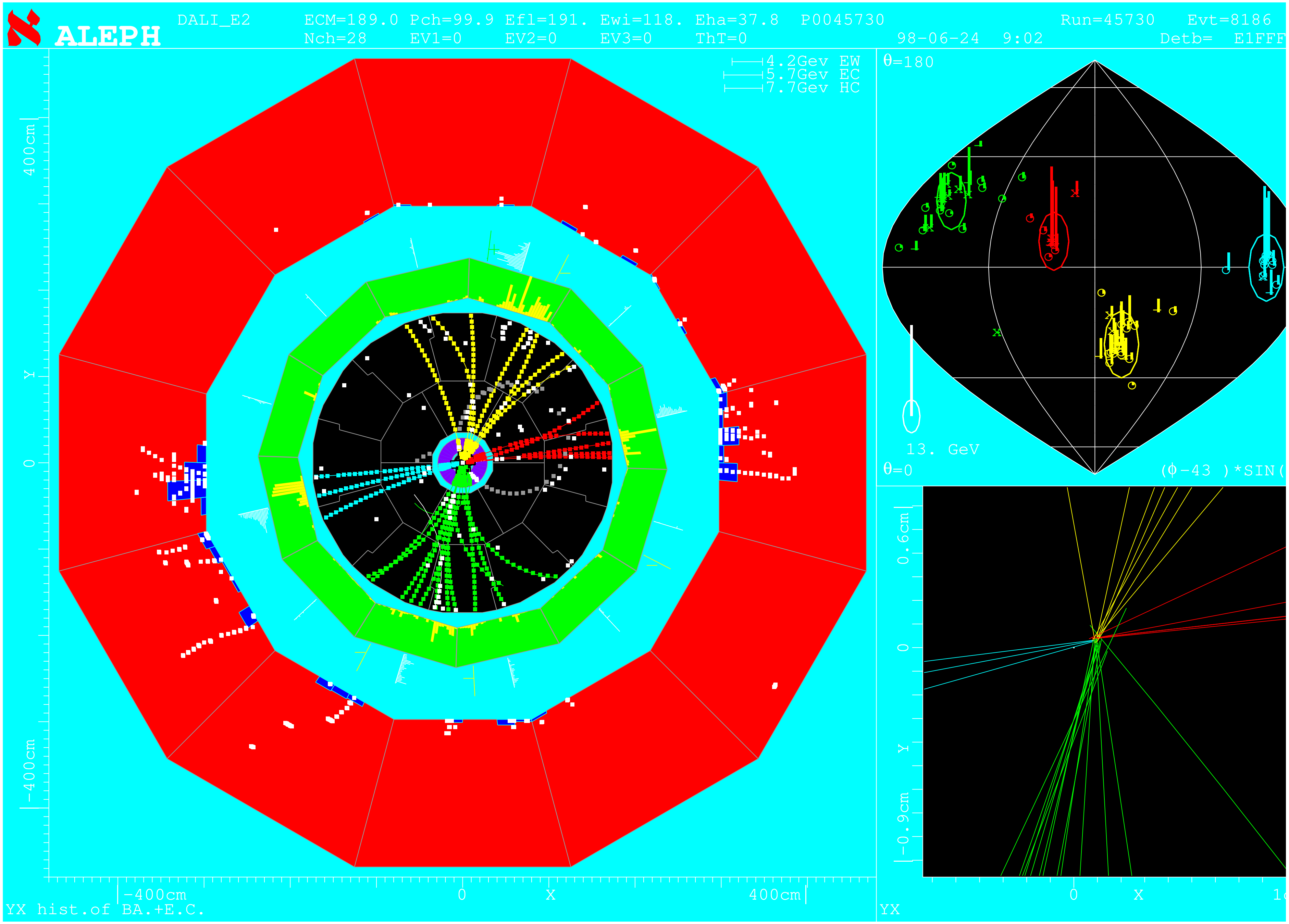
$b\bar{b}\,q\bar{q}$	- 4 Jets
$b\bar{b}\,\nu\bar{\nu}$	- 2 akoplanare Jets
$b\bar{b}\,e^+e^-$, $b\bar{b}\,\mu^+\mu^-$	- 2 Jets, 2 Leptonen
$\tau^+\tau^-q\bar{q}$	- 2 Tau-Leptonen, 2 Jets

- $H \to b\bar{b}$ dominant
  Erkennung von b-Quarks durch Sekundärvertices
- Masseninformation
  $m_{f\bar{f}} \approx m_Z$ (experimentelle Auflösung, Breite des Z)

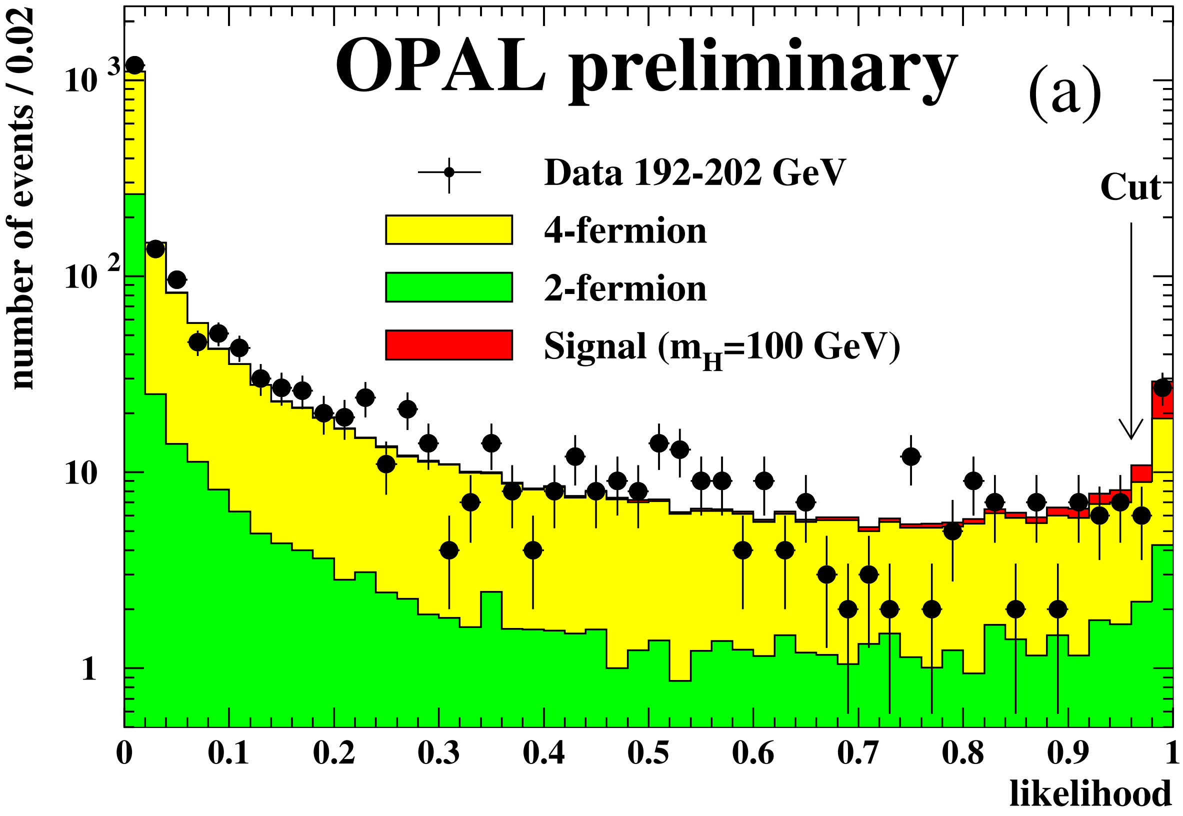
Untergrund:

- Fermionpaare, besonders $e^+e^- \to Z/\gamma \to q\bar{q}(\gamma)$
- Einzel W-Produktion $e^+e^- \to W\,e\nu$ (für $H\nu\bar{\nu}$)
- Boson-Paare $e^+e^- \to W^+W^-$
  und besonders $e^+e^- \to ZZ$:
  $\Gamma(Z \to b\bar{b})/\Gamma(Z \to \text{Hadronen}) = 0.22$

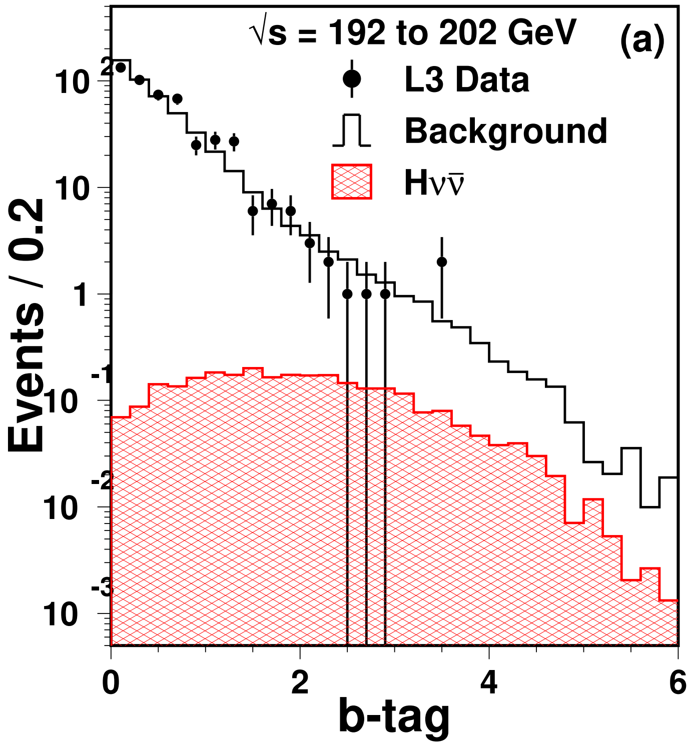
Higgs Kandidat $e^+e^- \rightarrow HZ \rightarrow 4$ Jets

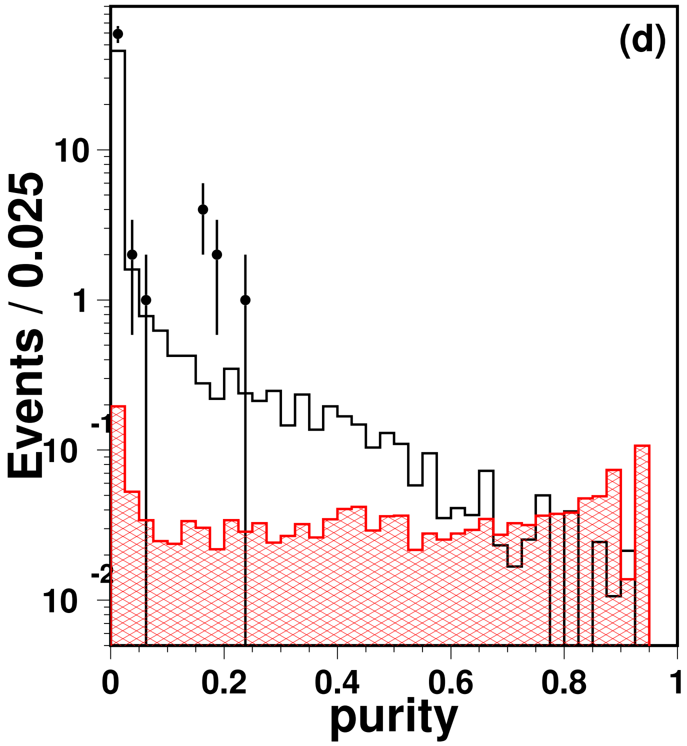


- OPAL $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}\,q\bar{q}$ Analyse



- L3 $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}\,\nu\bar{\nu}$ Analyse

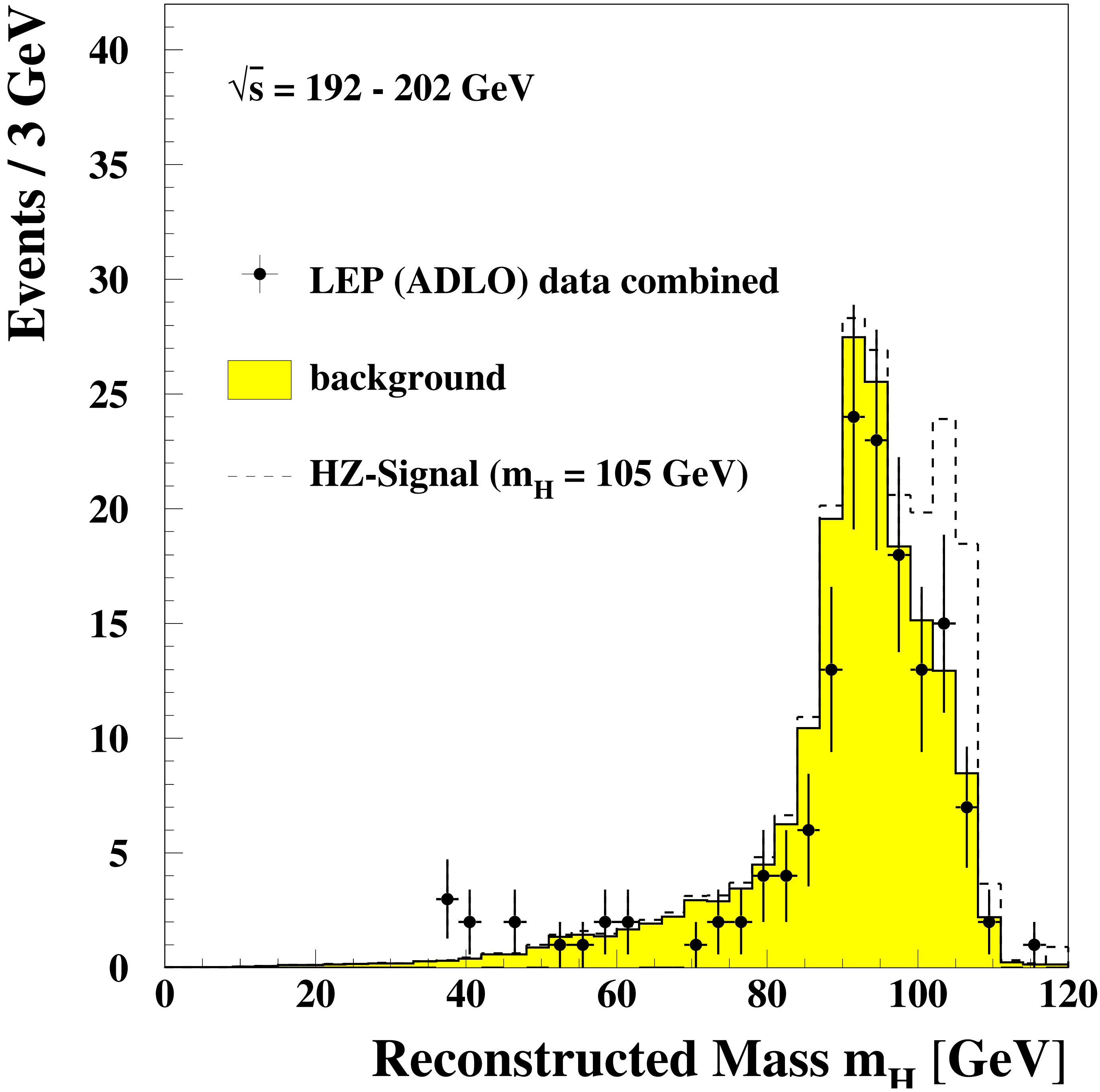




Vorläufige Kombination der LEP Experimente durch

LEP Working Group

Massenspektrum der besten SM Higgs Kandidaten in 1999:



- Massenauflösung
- Signal- und Untergrundwahrscheinlichkeit

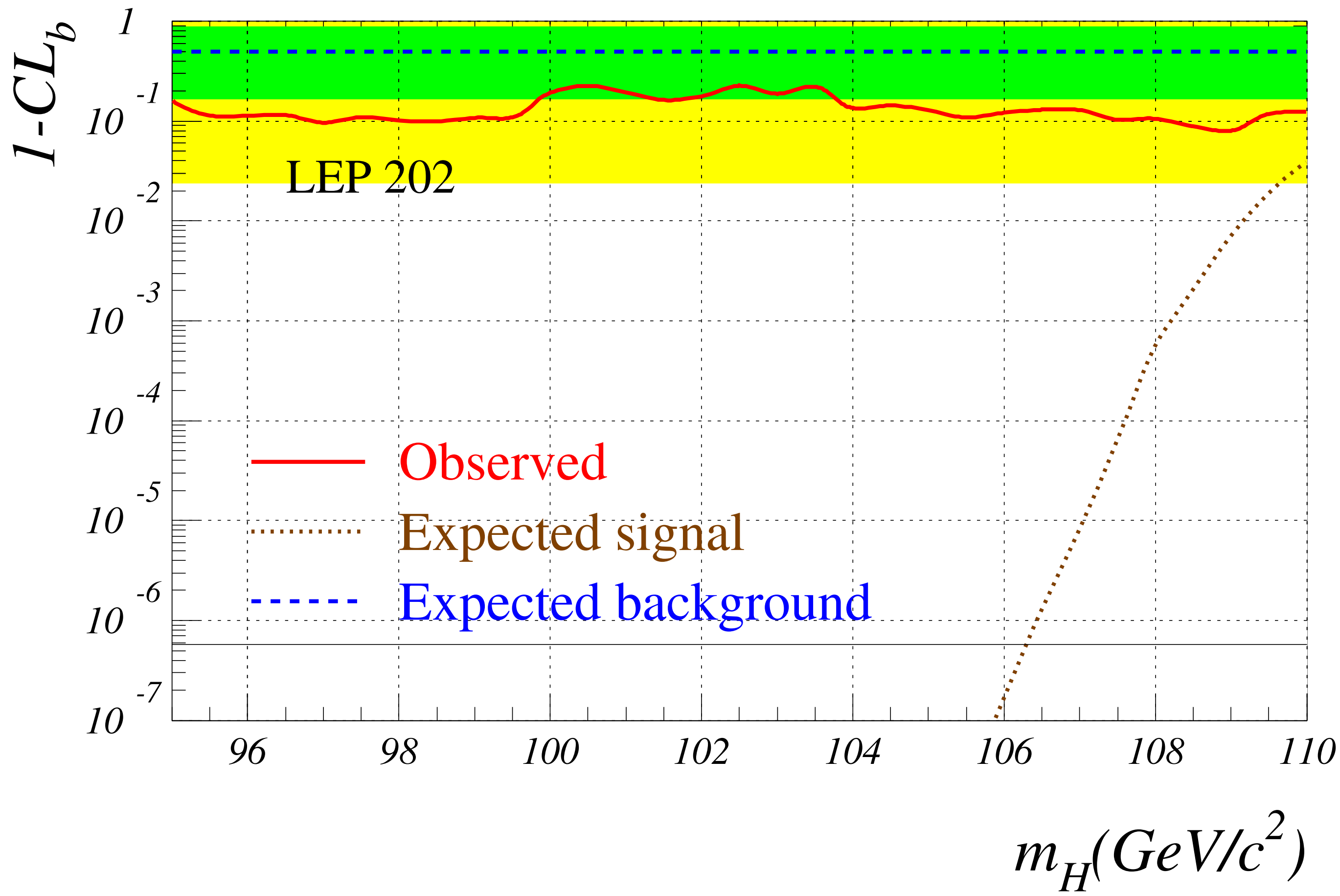
der einzelnen Kandidaten

Konfidenzgrenzen für

- Untergrund (b)
- Signal plus Untergrund (s+b)

Erwartungswerte aus vielen simulierten Experimenten

Kombination der LEP Experimente $\sqrt{s} \leq 202$ GeV:



$1 - CL_{\mathrm{b}} = 5.7 \cdot 10^{-7}$ entpricht 5σ Entdeckung

- LEP Daten sind mit dem Untergrund verträglich
- Higgs-Entdeckung bis $m_{\mathrm{H}} = 106$ GeV möglich

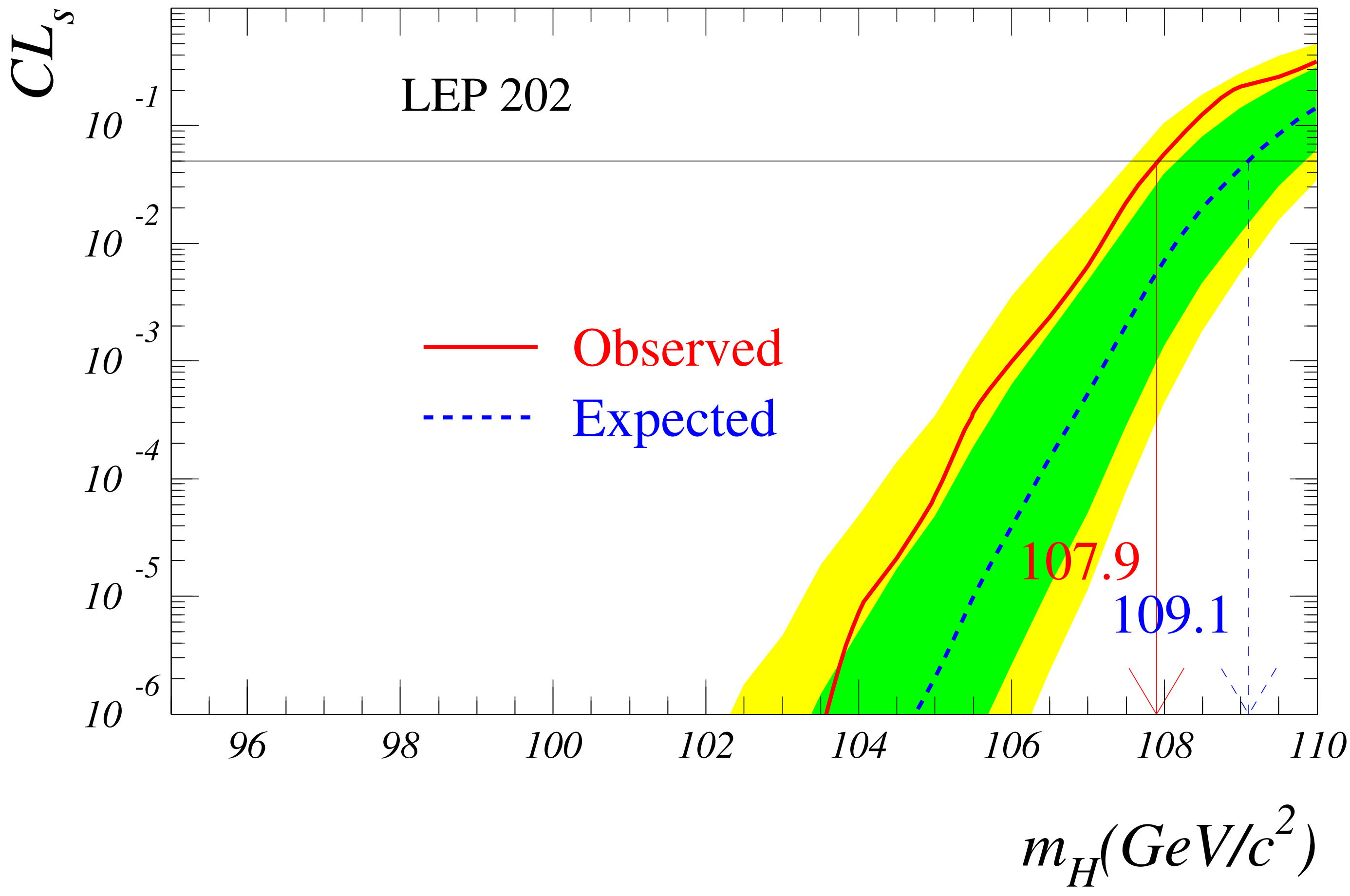
Signalwahrscheinlichkeit

$$CL_s(m_H) = \frac{CL_{s+b}}{CL_b} < 0.05$$

Resultate der LEP Experimente ($\sqrt{s} \leq 202$ GeV):

	95% CL Grenze:	Erwartet:
ALEPH	$m_H > 107.7$ GeV	107.7 GeV
DELPHI	$m_H > 103.9$ GeV	106.3 GeV
L3	$m_H > 106.0$ GeV	105.3 GeV
OPAL	$m_H > 103.0$ GeV	105.2 GeV

Kombination der LEP Experimente:



LEP : $m_H > 107.7$ GeV

(inkl. systematischem Fehler)

Higgs Bosonen im MSSM:

2 Higgs-Dubletts $\Rightarrow$ 5 beoachtbare Higgs Bosonen

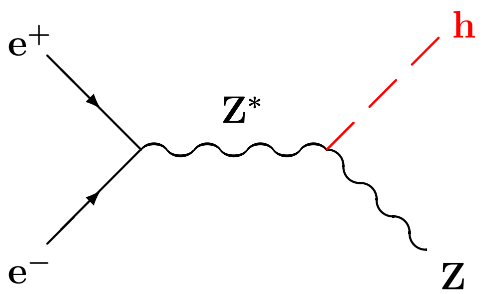
- Neutral : CP +1 h, H $(m_{\mathrm{h}} \leq m_{\mathrm{H}})$
  CP −1 A
- Geladen: $\mathrm{H}^{\pm}$

Theoretische Vorhersagen für die Massen:

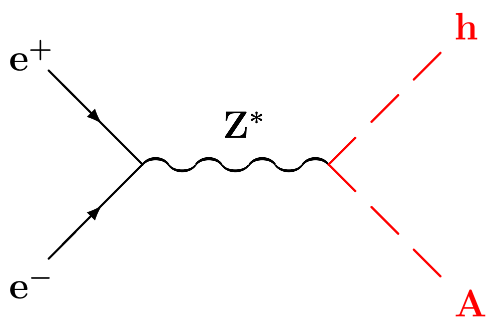
- In niedrigster Ordnung $m_{\mathrm{h}} < m_{\mathrm{Z}}$
  Strahlungskorrekturen $(m_{\mathrm{t}}^4,\ \log m_{\tilde{\mathrm{t}}})$:
  $$m_{\mathrm{h}} \lesssim 130\ \mathrm{GeV}$$
- Geladene Higgs: $m_{\mathrm{H}^{\pm}} > m_{\mathrm{W}}$

Wirkungsquerschnitt für h und A Bosonen abhängig von
β Verhältnis der VEW $(= \tan\beta)$ und
α CP +1 Mischungswinkel:

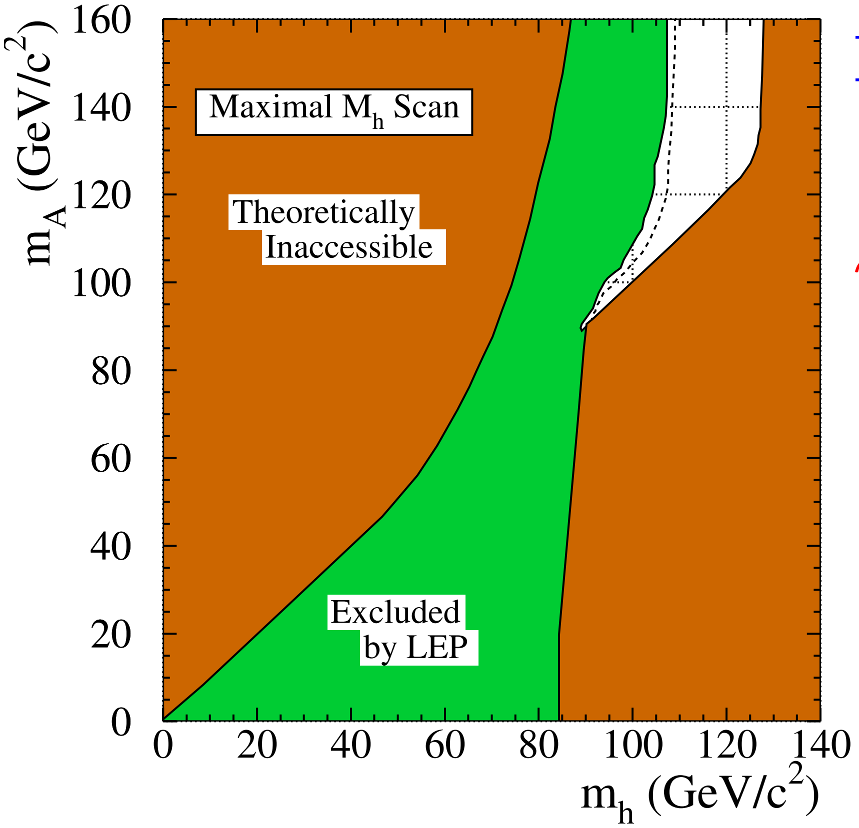
$\sigma \propto \sin^2(\beta - \alpha)$:



$\sigma \propto \cos^2(\beta - \alpha)$:



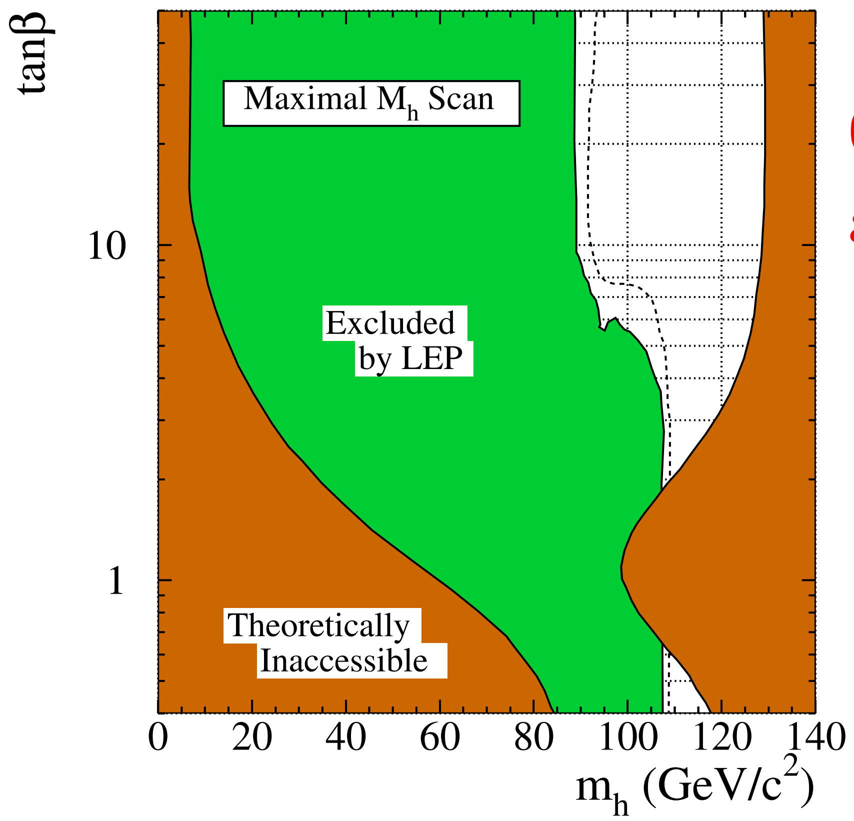
$\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \longrightarrow \mathrm{hZ}$: gleiche Signatur wie SM Higgs
$\mathrm{e}^+\mathrm{e}^- \longrightarrow \mathrm{hA}$: 4 b-Quarks im Endzustand



LEP:

$m_{\mathrm{h}} > 88.3$ GeV

$m_{\mathrm{A}} > 88.4$ GeV



$0.7 \leq \tan\beta \leq 1.8$ ausgeschlossen

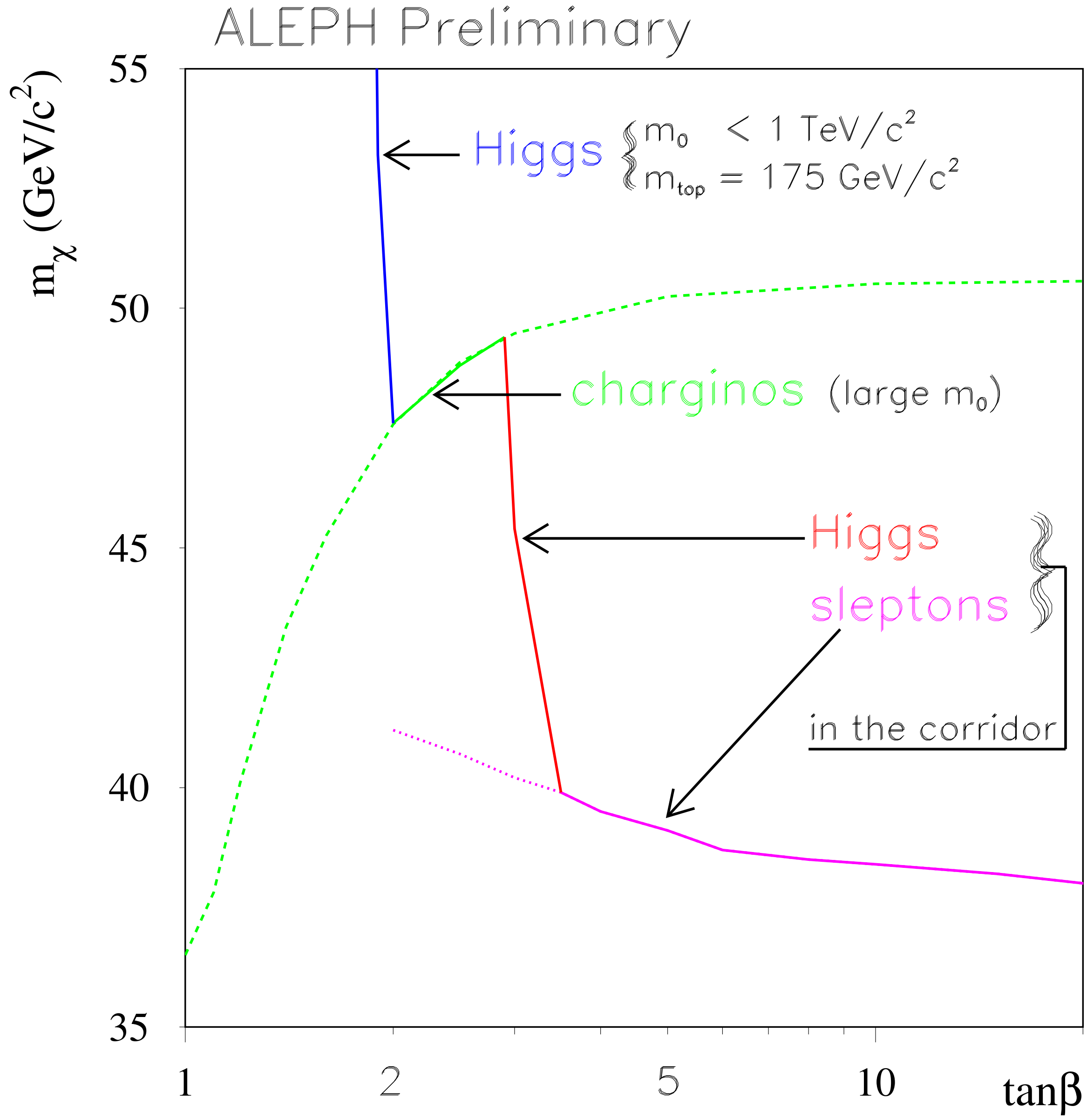
($m_{\mathrm{t}} = 174.3$)

MSSM Parameter:

Setze $M_{\mathrm{SUSY}} = 1$ TeV, $M_2 = 200$ GeV, $\mu = -200$ GeV und $\tilde{\mathrm{t}}_1$ Mischung um m_{h} zu maximieren

Einbeziehen der Higgs-Suche in Scan über MSSM Parameter

ALEPH Analyse:
Grenze für Neutralino-Masse

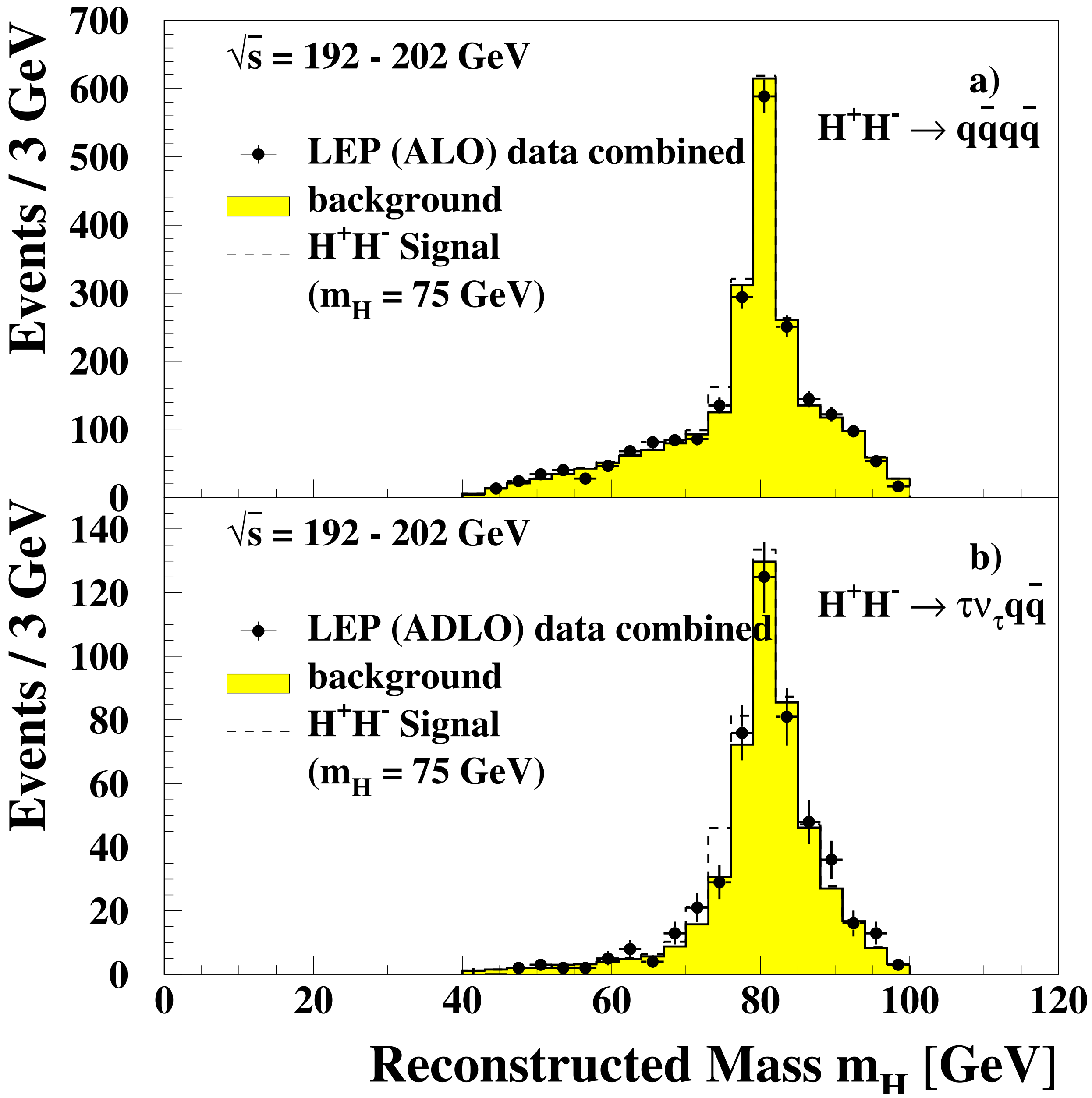


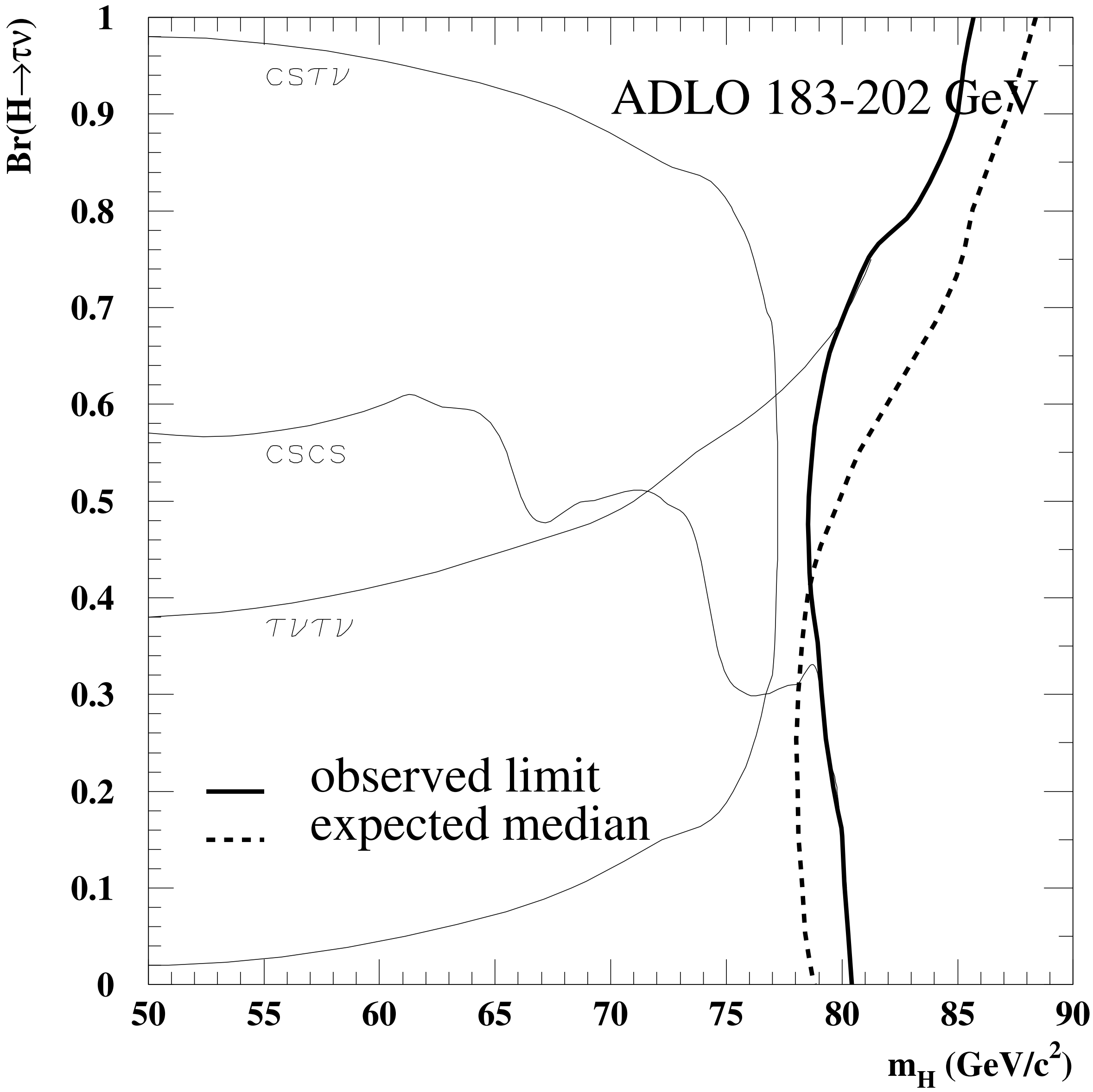
Modelle mit zwei Higgs-Dubletts
⇒ geladene Higgs Bosonen

Suche bei LEP: $e^+e^- \rightarrow H^+H^-$
Einzige Annahme $H^+ \rightarrow c\bar{s}$ oder $H^+ \rightarrow \tau\nu_\tau$

Untergrund $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$

Kombinierte Massenspektren der LEP Experimente:

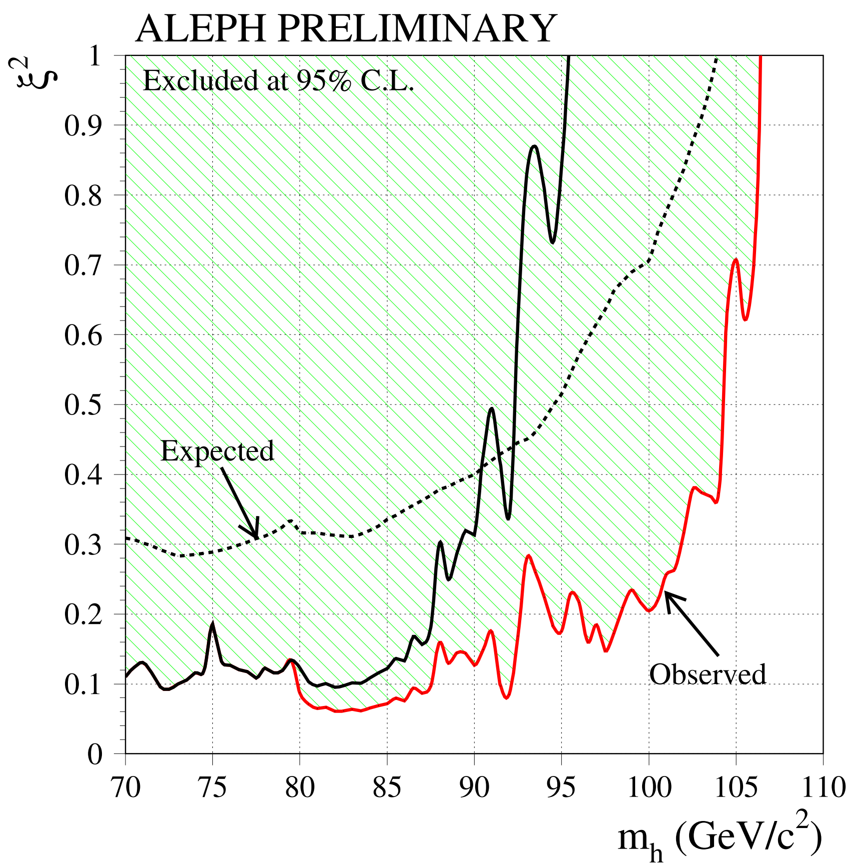




LEP : $m_{\mathrm{H}^\pm} > 78.6$ GeV

unabhängig vom Verzweigungsverhältnis $BR(\mathrm{H}^+ \rightarrow \tau\nu_\tau)$

- **Unsichtbare Higgs-Zerfälle, z.B. h $\rightarrow \tilde{\chi}_1^0 \tilde{\chi}_1^0$**

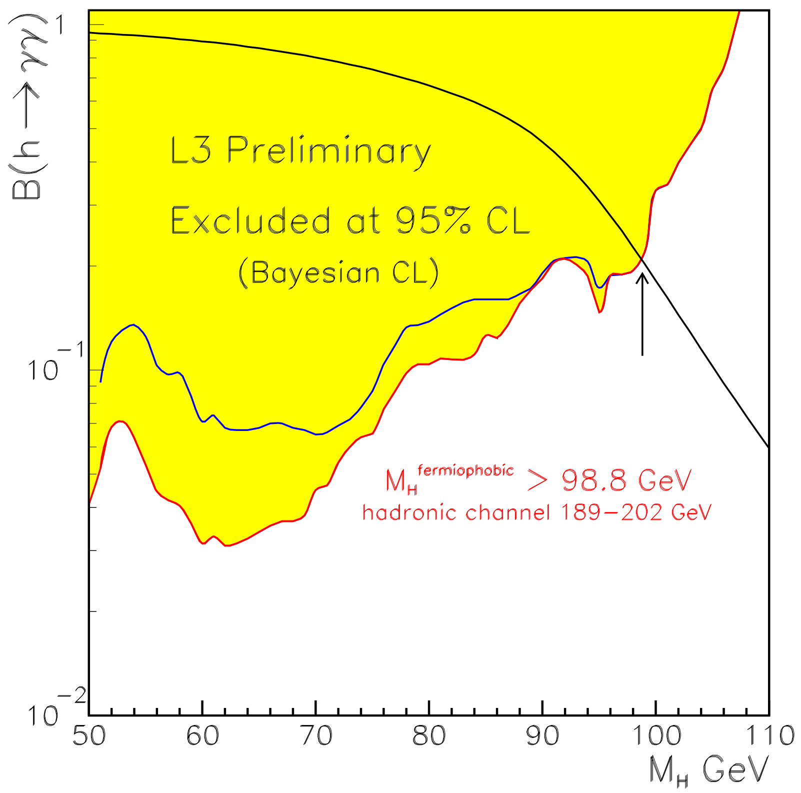


$\sigma = \zeta^2 \sigma_H^{SM}$

For $\zeta = 1$

$m_h > 106.4$ GeV

- **Fermiophobisches Higgs, d.h. h $\not\rightarrow f\bar{f}$**



Analysis of $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}\gamma\gamma$

$m_h > 98.8$ GeV

- Fast 500 pb^{-1} pro Experiment oberhalb der WW-Schwelle bei Energien bis zu $\sqrt{s} = 202$ GeV
- Kein Anzeichen für neue Physik
- Suche nach dem SM Higgs Boson

$$m_{\mathrm{H}} > 107.7 \text{ GeV}$$

- Letzter LEP Run:
  April - September 2000
- Weitere Erhöhung der Energie möglich:
  - Installation der alten Kupferkavitäten
  - Angleichung und Erhöhung des Beschleunigungsfeldes der supraleitenden Kavitäten
  - Erhöhung des Ablenkradius
  - Mini-Ramp
  - ...

$\Rightarrow$ Ausdehnung des kinematischen Bereichs für Suchen, insbesondere nach dem Higgs Boson!