

Z-Paarproduktion

Martin Weber

III. Physikalisches Institut
RWTH Aachen

L3 Kollaboration
CERN

Inhalt

Motivation

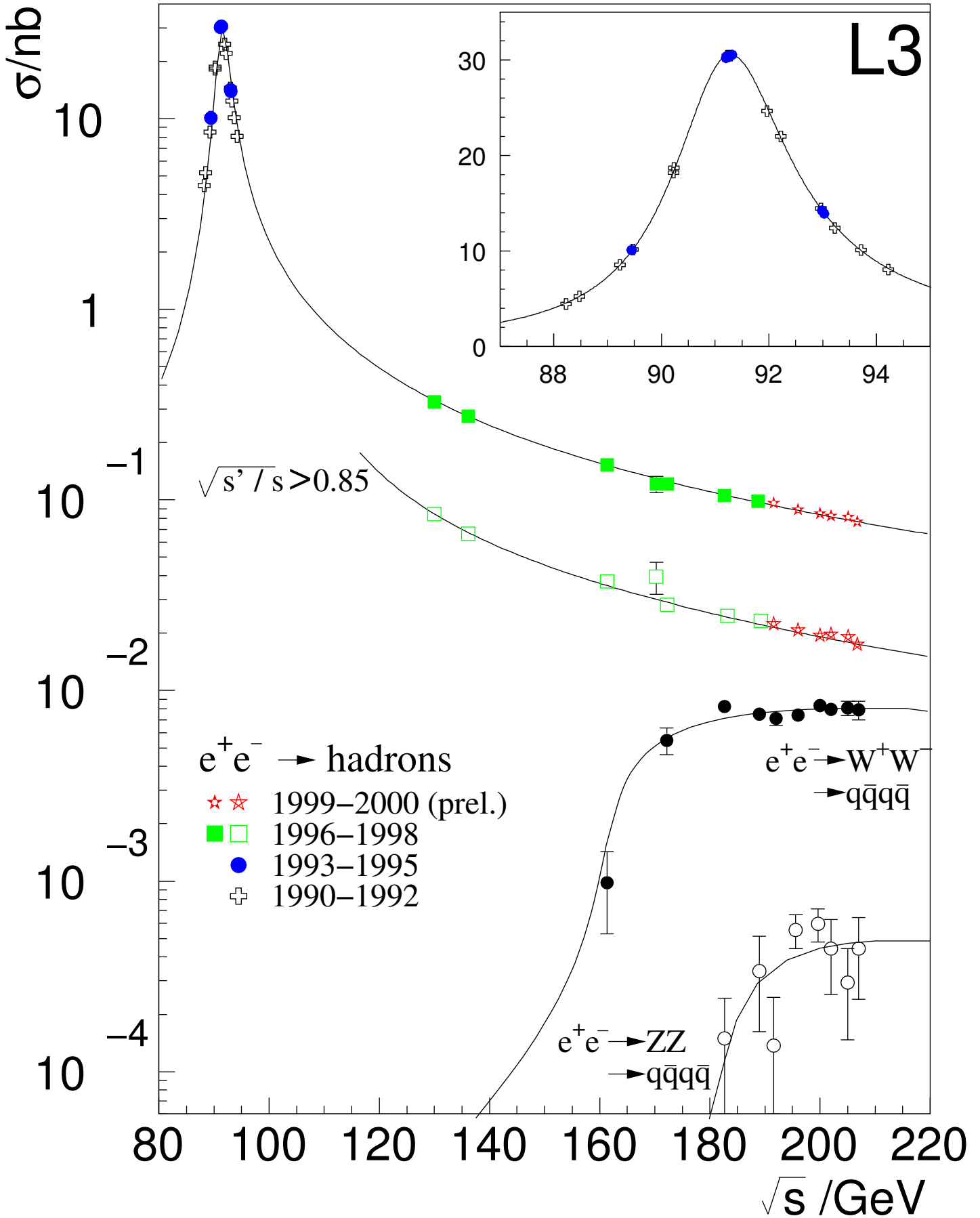
Selektion

Kombination

Faszination

Graduiertenseminar Bad Honnef

August 2000



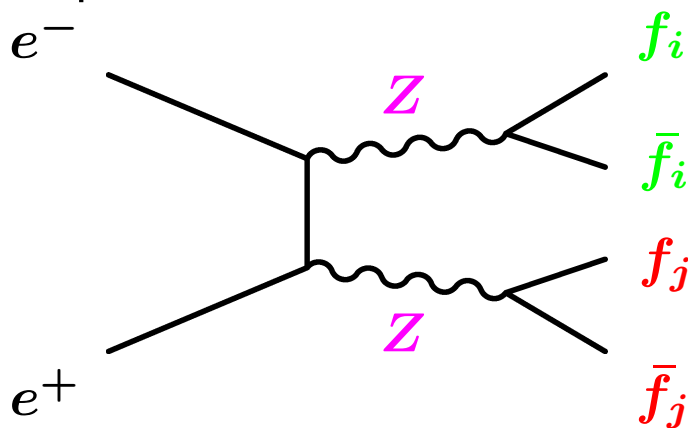
Motivation

Warum wird Z-Paarproduktion untersucht?

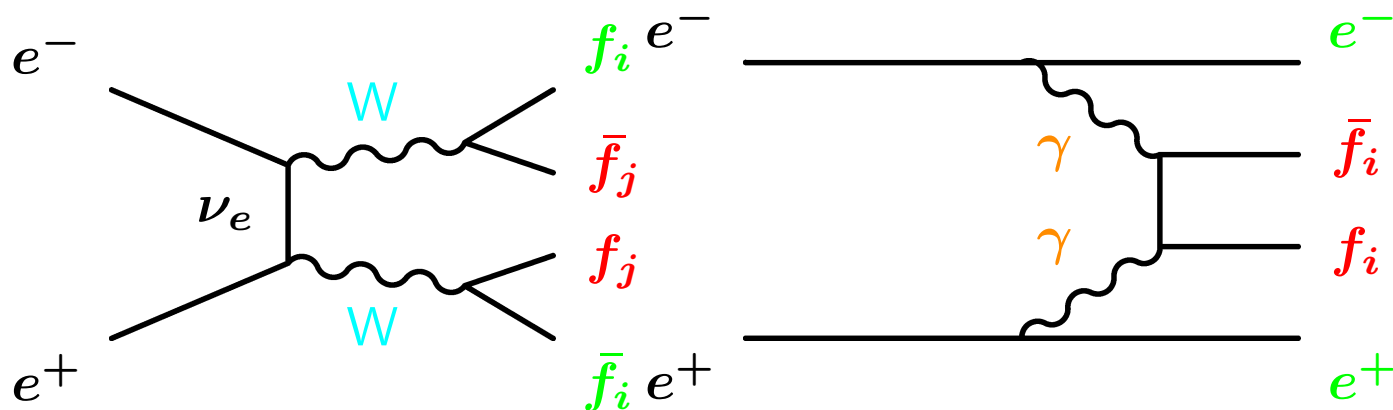
- Studium neutraler Bosonen in **neuem physikalischen Regime**
- Untersuchung der **nichtabelschen Struktur** $SU(2) \times U(1)$ des Standardmodells (anomale Kopplungen)
- Irreduzibler **Untergrund für die Higgs-Suche**
- Zeigt **Fähigkeit der Detektoren**, Higgs zu finden
- Sensitive to **extra dimensions**

Z-Paarproduktion bei LEP

Z-Zerfall in Fermionpaare \rightarrow Vier-Fermion-Endzustand



Interferenz mit: WW, Zwei-Photon, ...



Auswirkungen der Interferenz sind mit $\sim 1\%$ klein gegenüber statistischem Fehler auf σ_{tot} ($\sim 20\%$).

Experiment	Signaldefinition
Aleph	Konversion
Delphi	$ M(f_i, \bar{f}_i) - M_Z < 10 \text{ GeV}$
L3	$70 \text{ GeV} < M(f_i, \bar{f}_i), M(f_j, \bar{f}_j) < 105 \text{ GeV}$
Opal	Konversion

Selektionen

Fünf verschiedene Ereignistopologien, von allen LEP-Experimenten untersucht:

Endzustand	Anteil	Signatur	Untergrundprozesse
$\sum q\bar{q}q'\bar{q}'$	48.9%	4 Jets	WW , $q\bar{q}gg$
$\sum q\bar{q}\nu\bar{\nu}$	28.0%	2 Jets, \cancel{E}	$q\bar{q}(\gamma)$, $q\bar{q}l\nu$
$\sum q\bar{q}l^+l^-$	14.1%	2 Jets 2 Leptonen	$q\bar{q}l\nu$
$\sum l^+l^-\nu\bar{\nu}$	4.0%	2 Leptonen \cancel{E}	$Z/\gamma \rightarrow f\bar{f}$
$\sum l^+l^-l'^+l'^-$	1.0%	4 Leptonen	$Z\gamma$
$\sum \nu\bar{\nu}\nu'\bar{\nu}'$	4.0%	\cancel{E}	$\nu\bar{\nu}$

Delphi: $ZZ \rightarrow q\bar{q}q'\bar{q}'$



DELPHI Run: 105462 Evt: 6845

Beam: 100.1 GeV

DAS: 27-Aug-1999

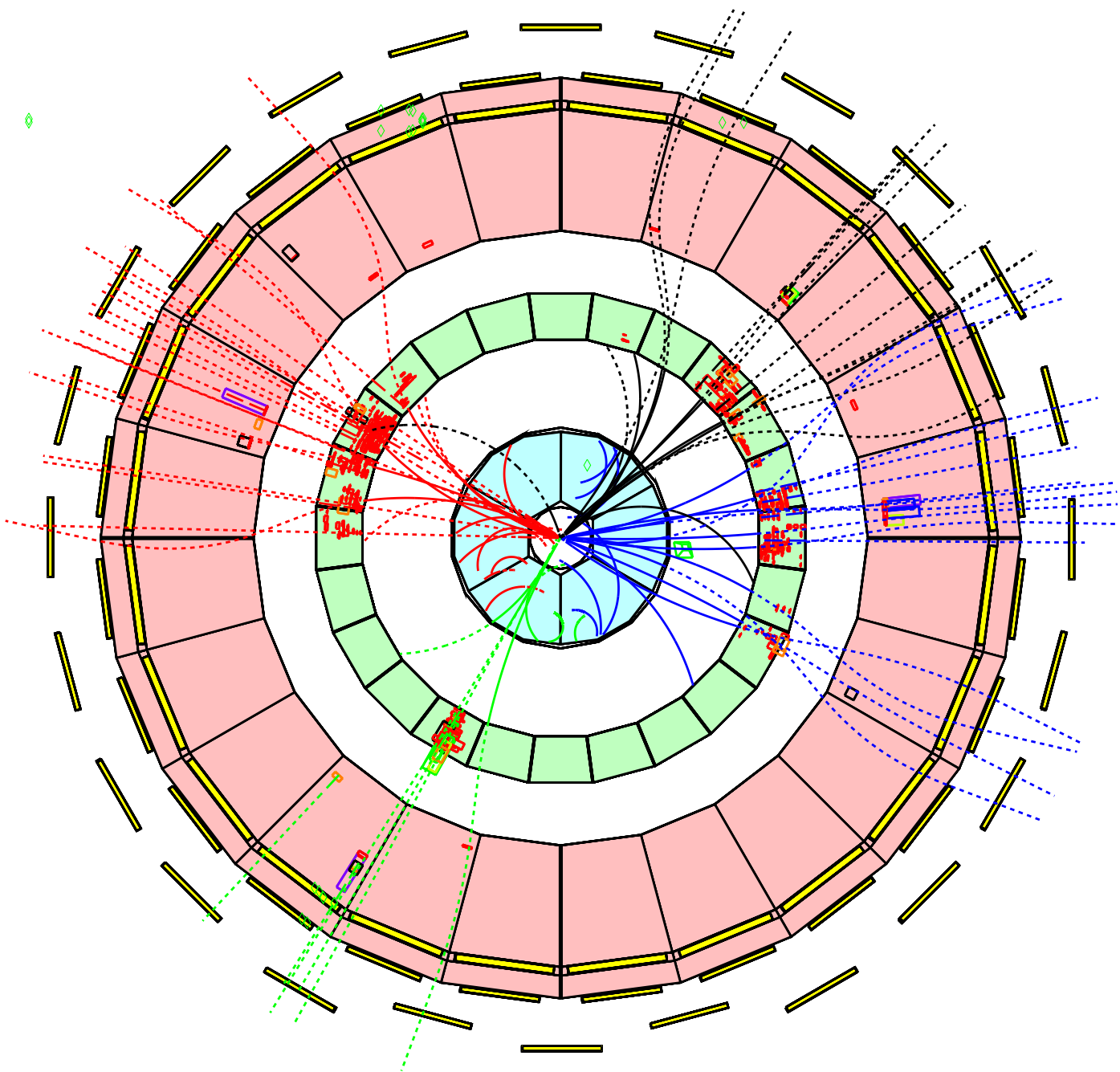
21:31:01

Proc: 28-Aug-1999

Scan: 1-Sep-1999

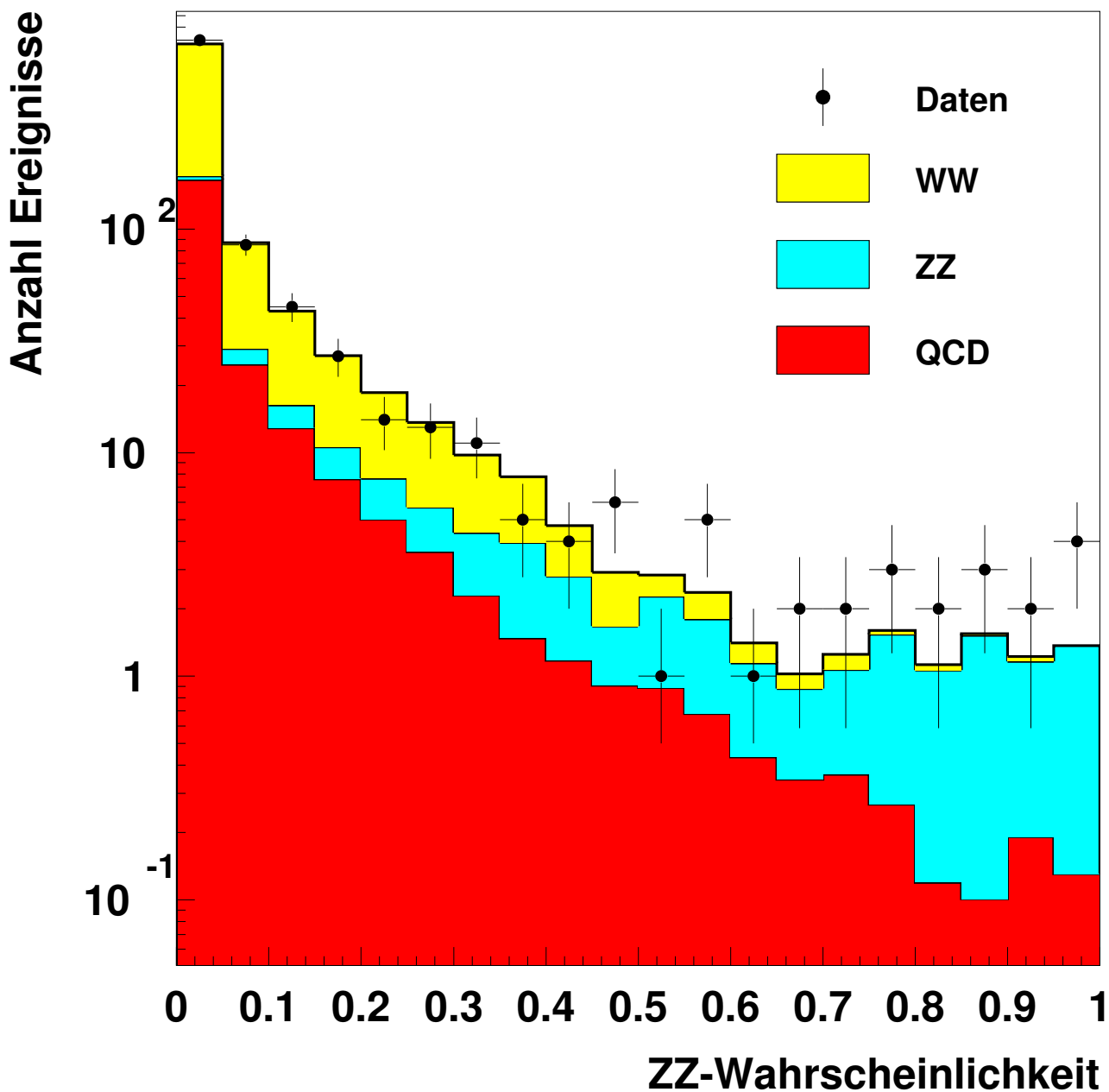
Tan+DST

	TD	TE	TS	TK	TV	ST	PA							
Act	0	83	0	79	0	0	0							
	(302	X468	X	0	X	82	X	0	X	0)			
Deact	0	0	0	0	0	0	0							
	(0	X	0	X	0)	(10	X	0	X	0	X	0)



Delphi: Ergebnis

DELPHI 2000 Preliminary



b-tag, invariante Massen, Energie- und Zwischenwinkel Jets

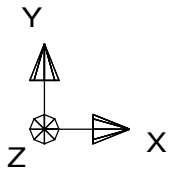
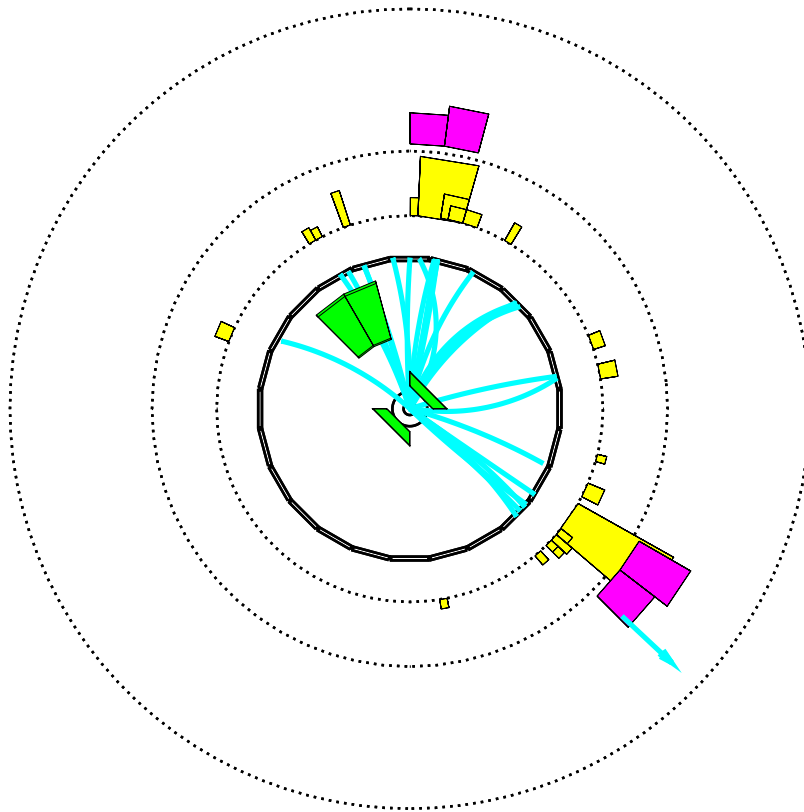
Opal: $ZZ \rightarrow q\bar{q}\nu\bar{\nu}$

Run:event 13164: 2579 Ctrk(N= 30 Sump= 81.9) Ecal(N= 41 SumE= 58.0)
Ebeam 102.70 Vtx (.00, .05, 1.59) Hcal(N=16 SumE= 22.2) Muon(N= 1)

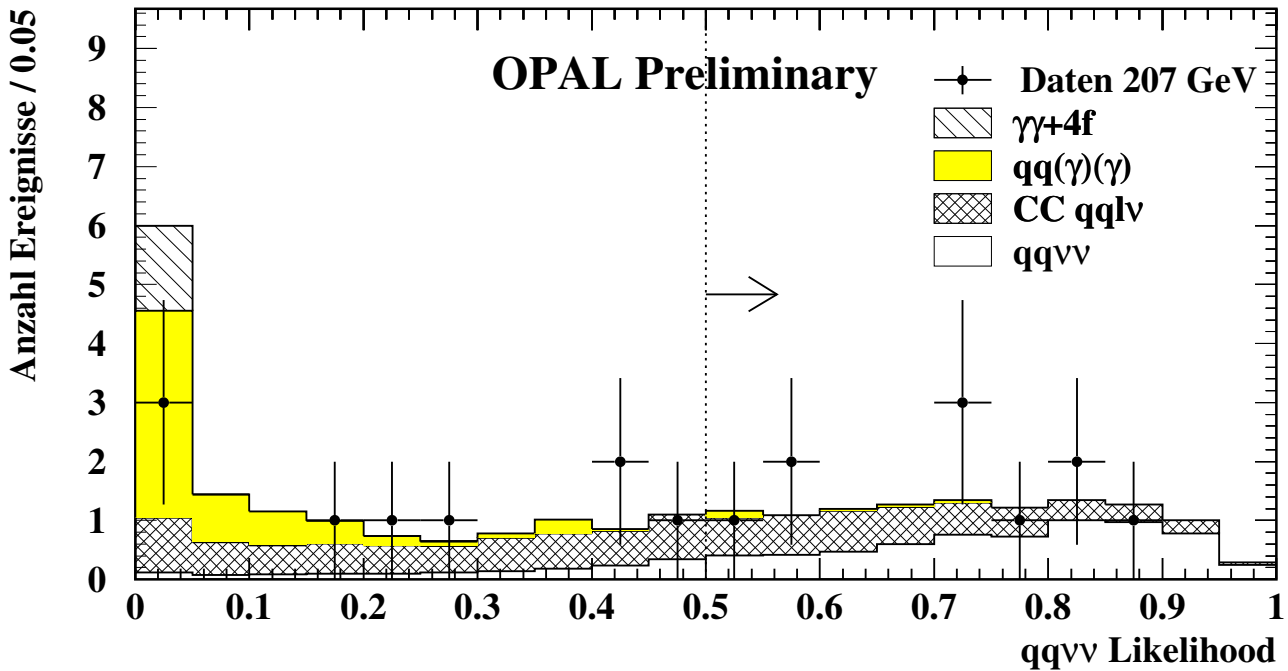
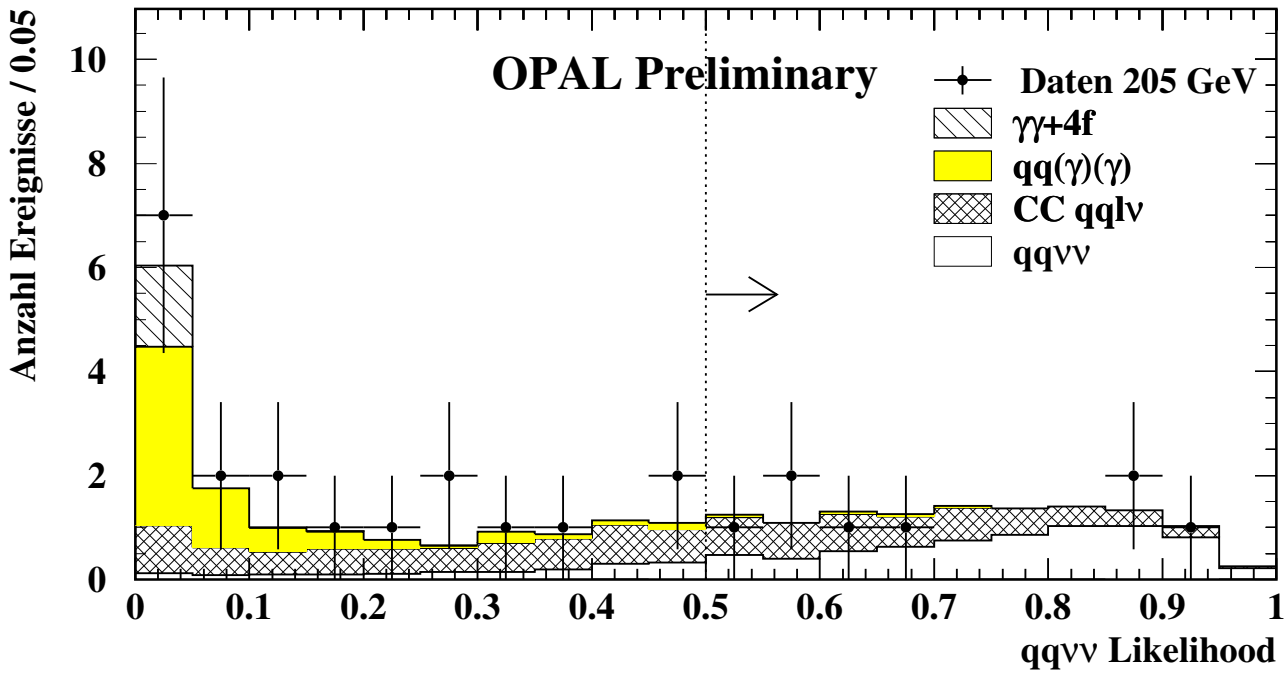


$M_{vis} = 92.6 \text{ GeV}$

$M_{rec} = 90.4 \text{ GeV}$



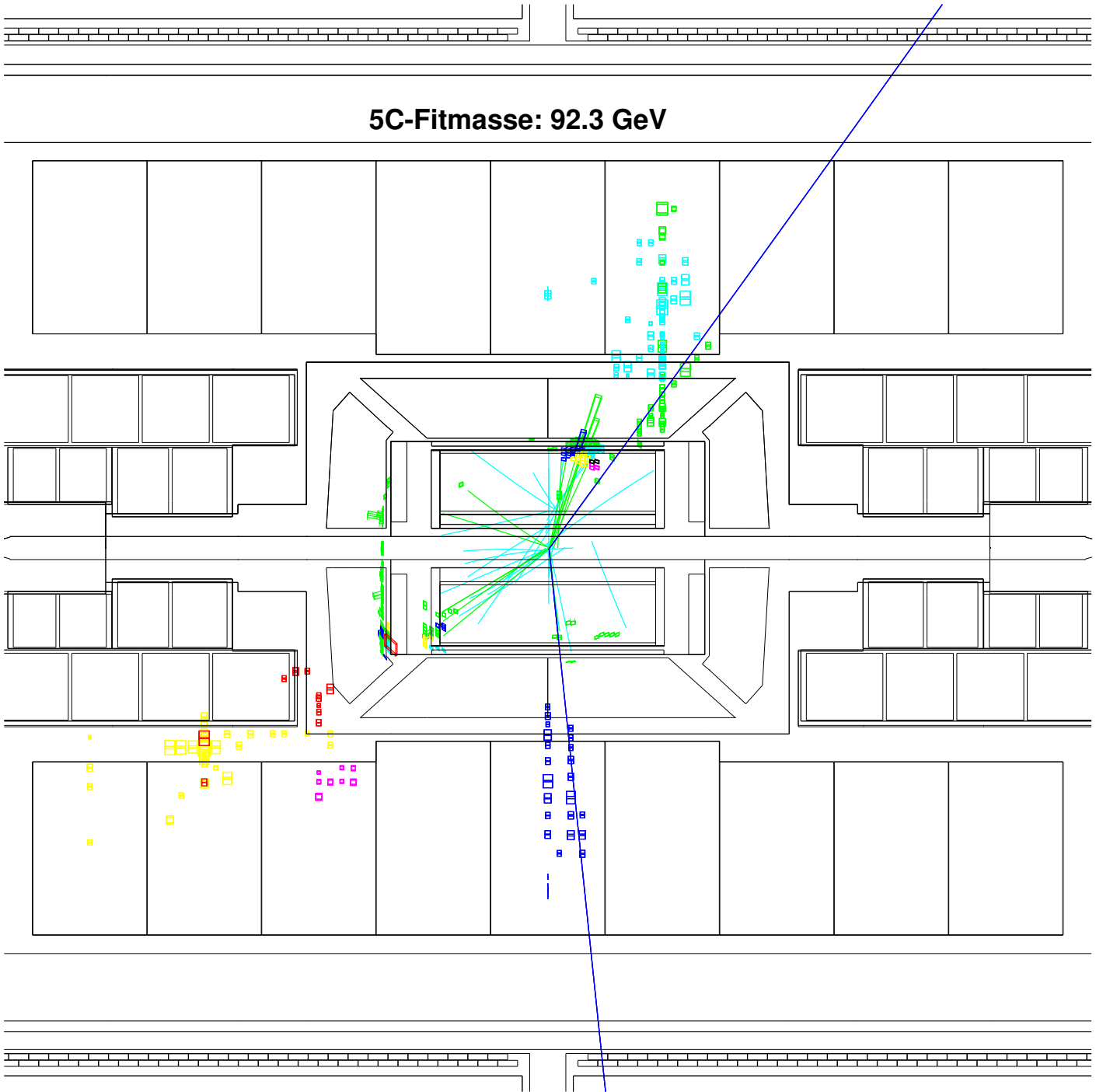
Opal: Ergebnis



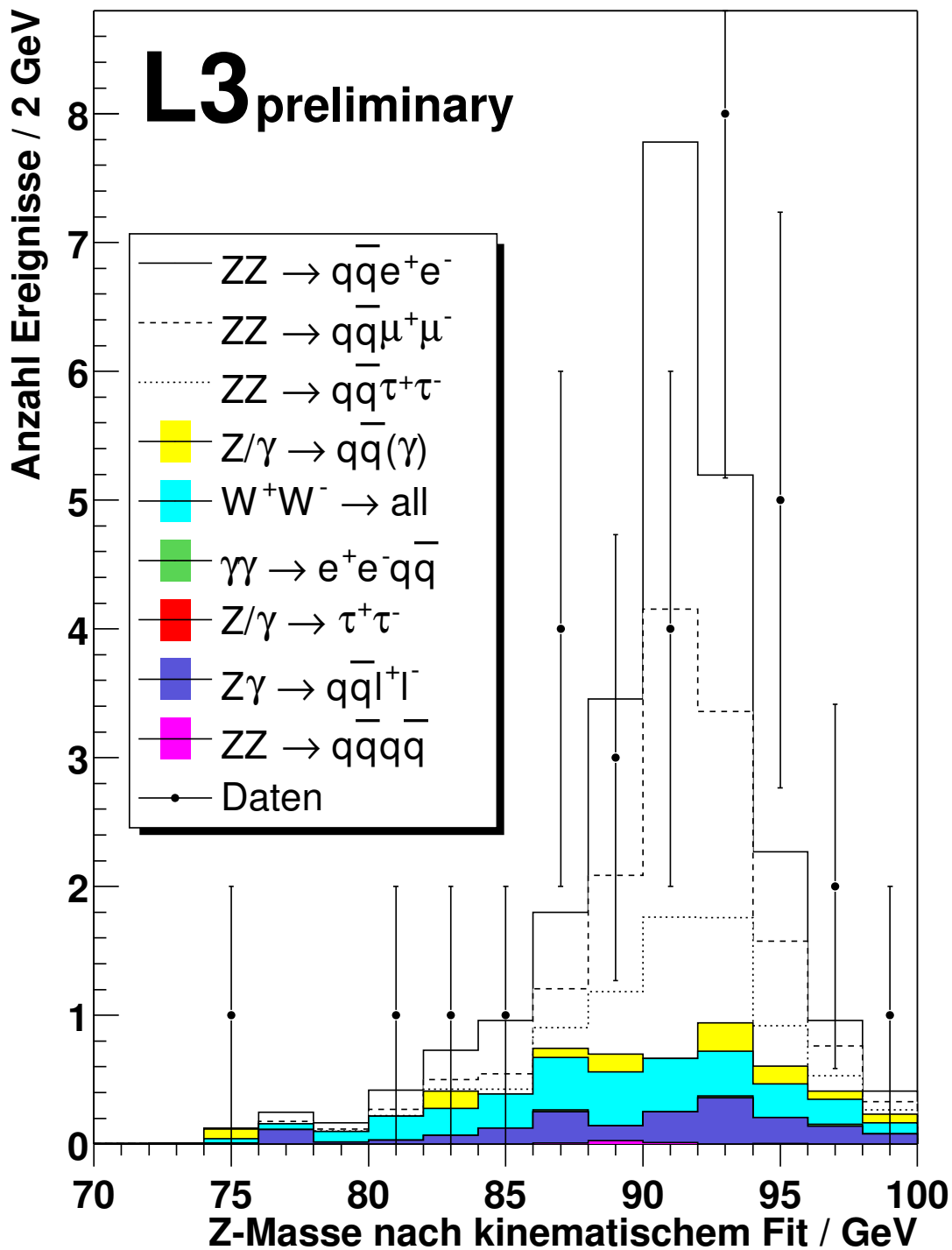
invariante Massen (M_{vis}, M_{rec}), Acoplanarität, Acolinearität

$$\text{L3: } ZZ \rightarrow q\bar{q}\mu^+\mu^-$$

5C-Fitmasse: 92.3 GeV

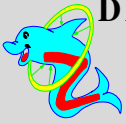


L3: Ergebnis



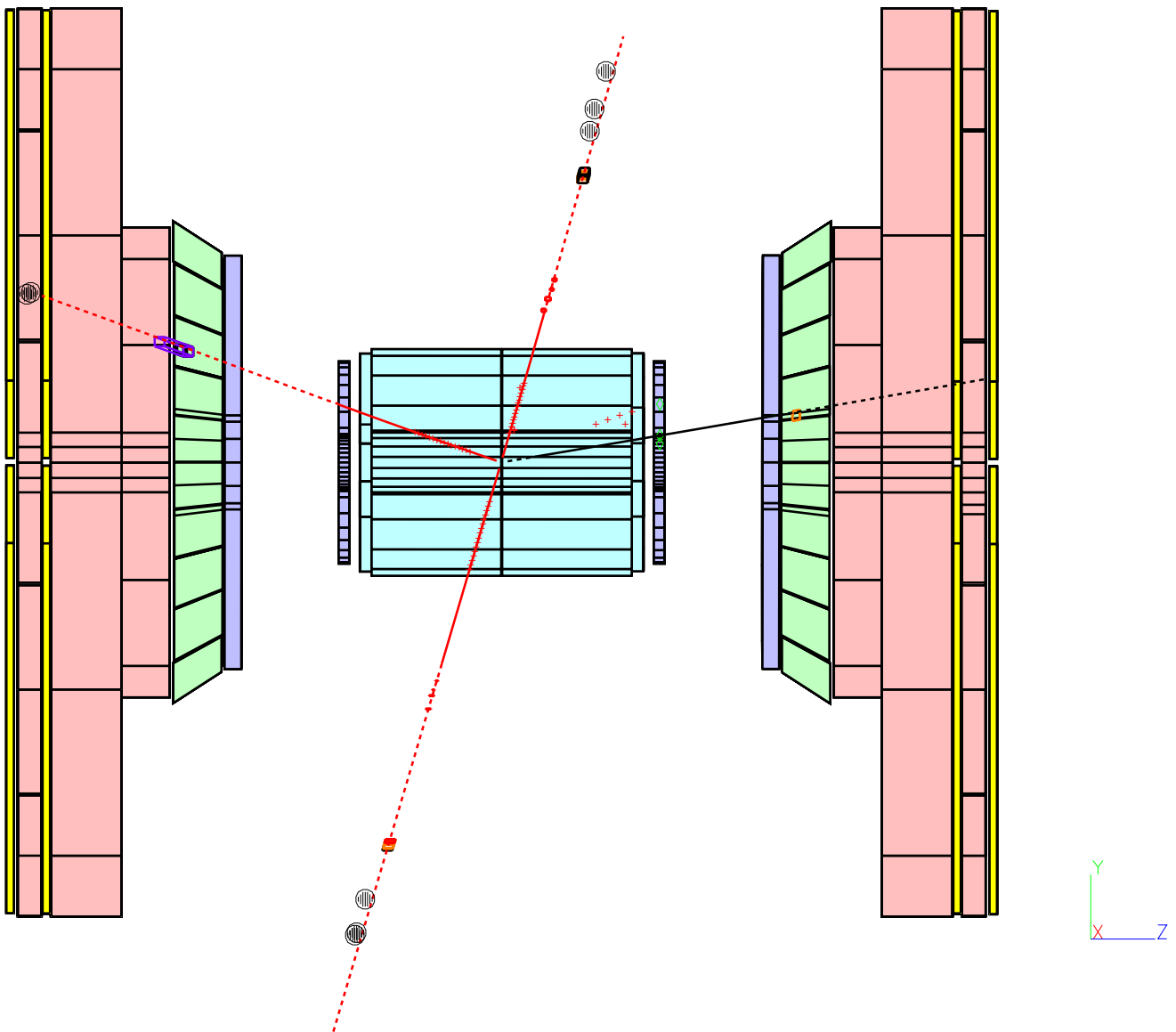
Zwei Leptonen, M_{l+l^-} , $M_{q\bar{q}}$, topolog. Variablen

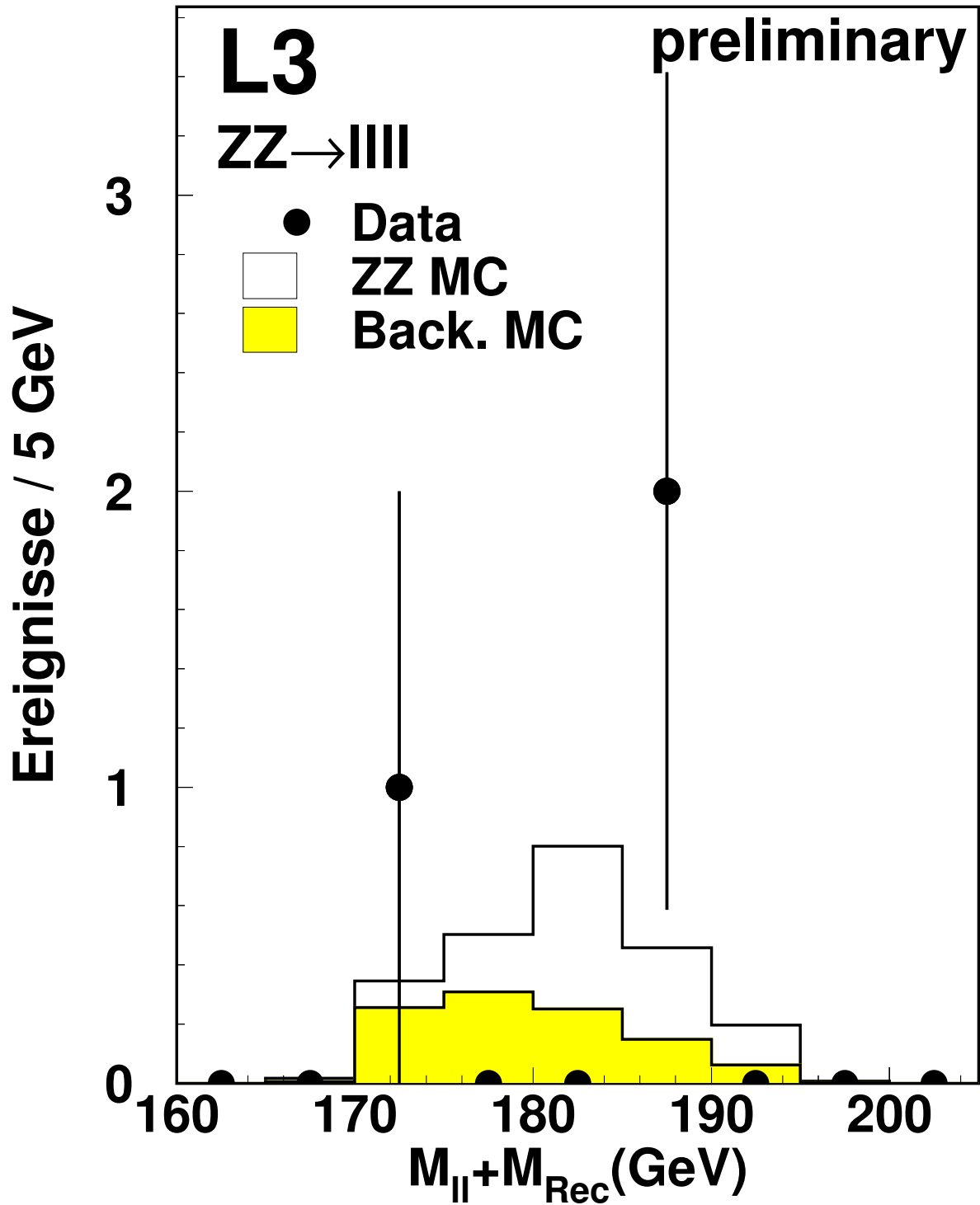
Delphi: $ZZ \rightarrow l^+ l^- l'^+ l'^-$



DELPHI Run: 104731 Evt: 13458
 Beam: 100.1 GeV Proc: 6-Aug-1999
 DAS: 6-Aug-1999 Scan: 26-Aug-1999
 06:52:38 Tan+DST

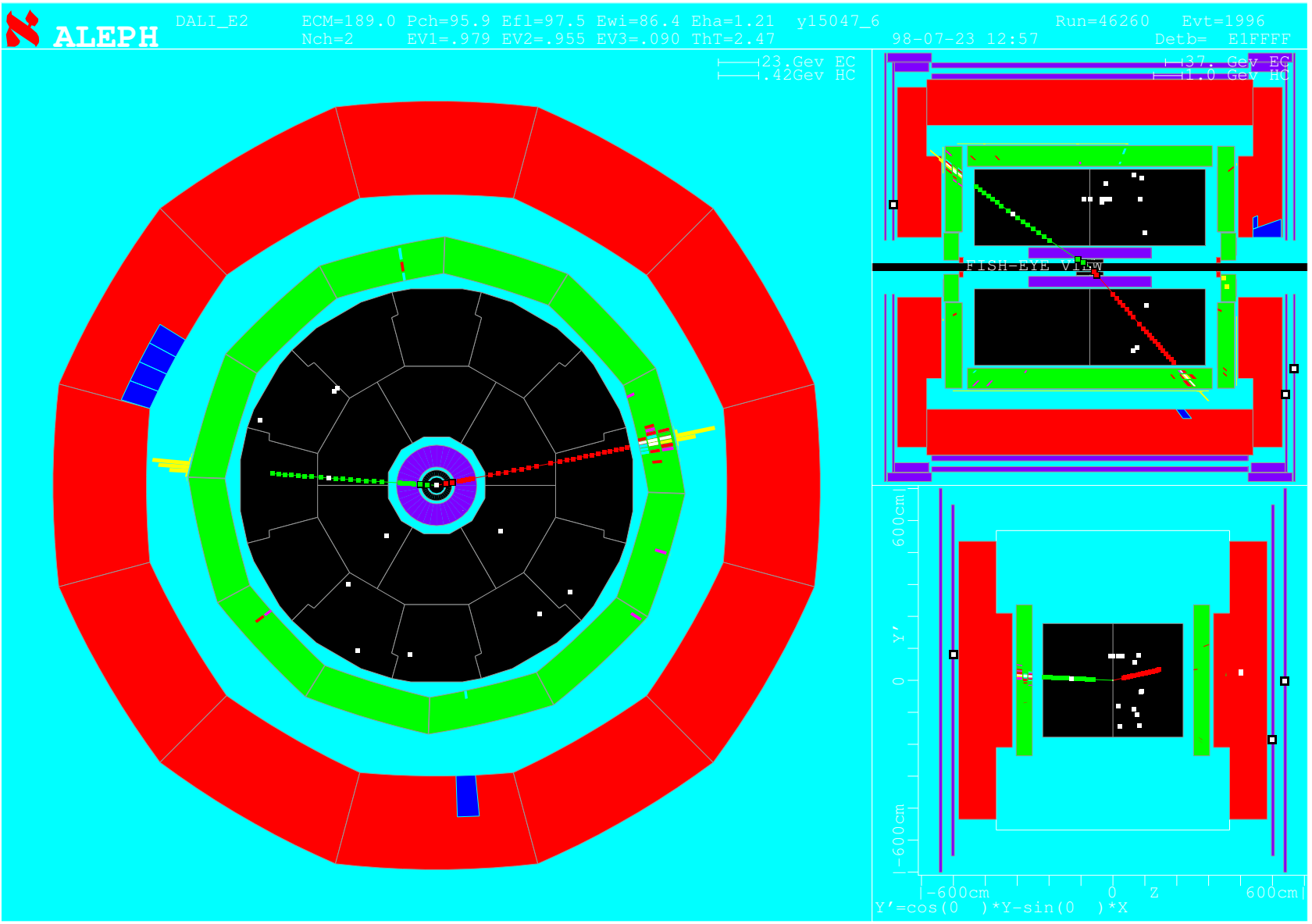
	TD	TE	TS	TK	TV	ST	PA
Act	1	18	0	4	0	0	0
	(76 X	82 X	0 X	5 X	0 X	0 X	0)
Deact	0	0	0	0	0	0	0
	(0 X	0 X	0 X	0 X	0 X	0 X	0)



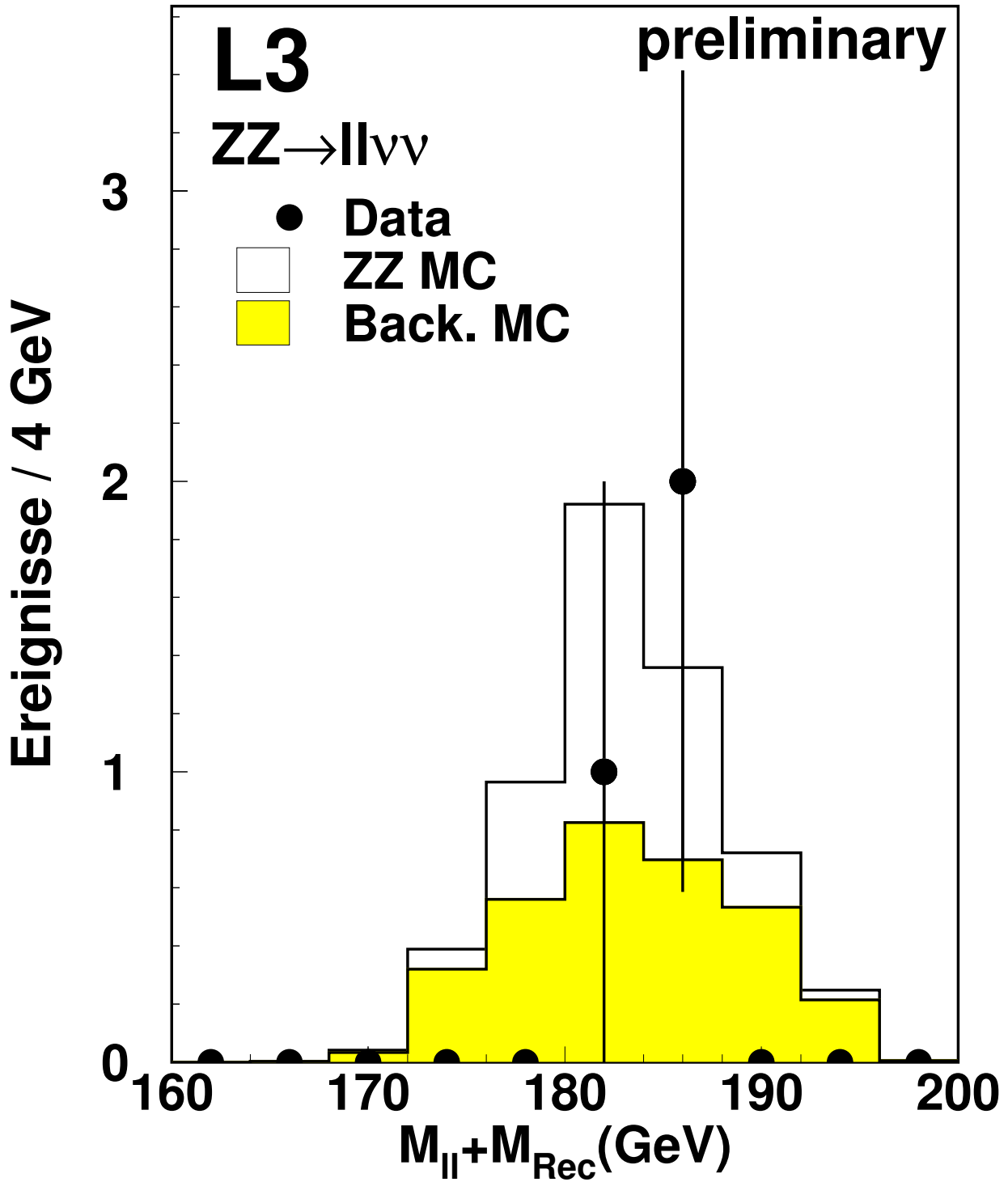
L3: Ergebnis

Vier Leptonen, invariante Massen

Aleph: $ZZ \rightarrow \ell^+ \ell^- \nu \bar{\nu}$



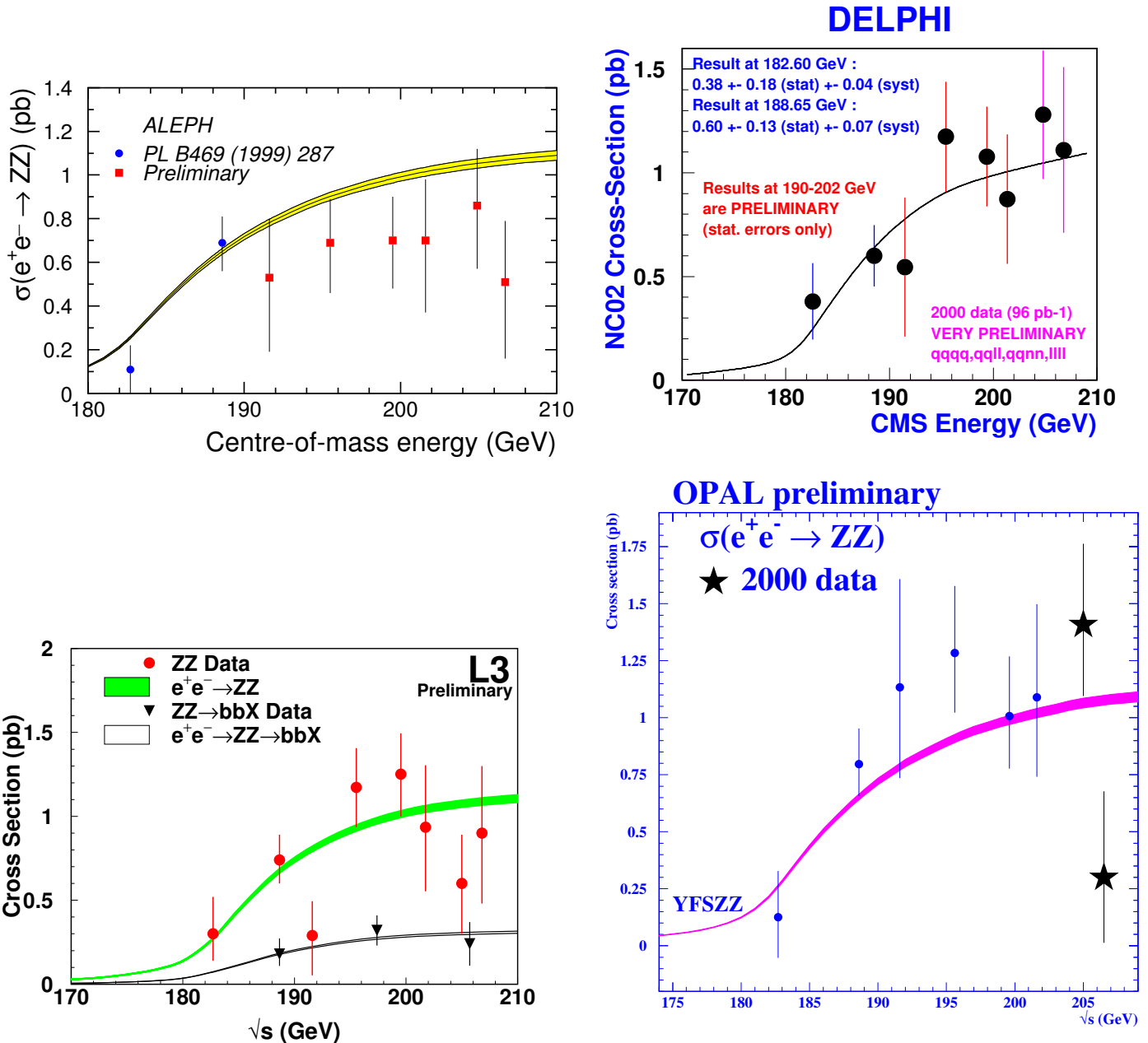
L3: Ergebnis



Zwei Leptonen, M_{1+1-} , M_{rec}

Messung des Wirkungsquerschnitts

Methode: Gebinnter Log-Likelihood-Fit



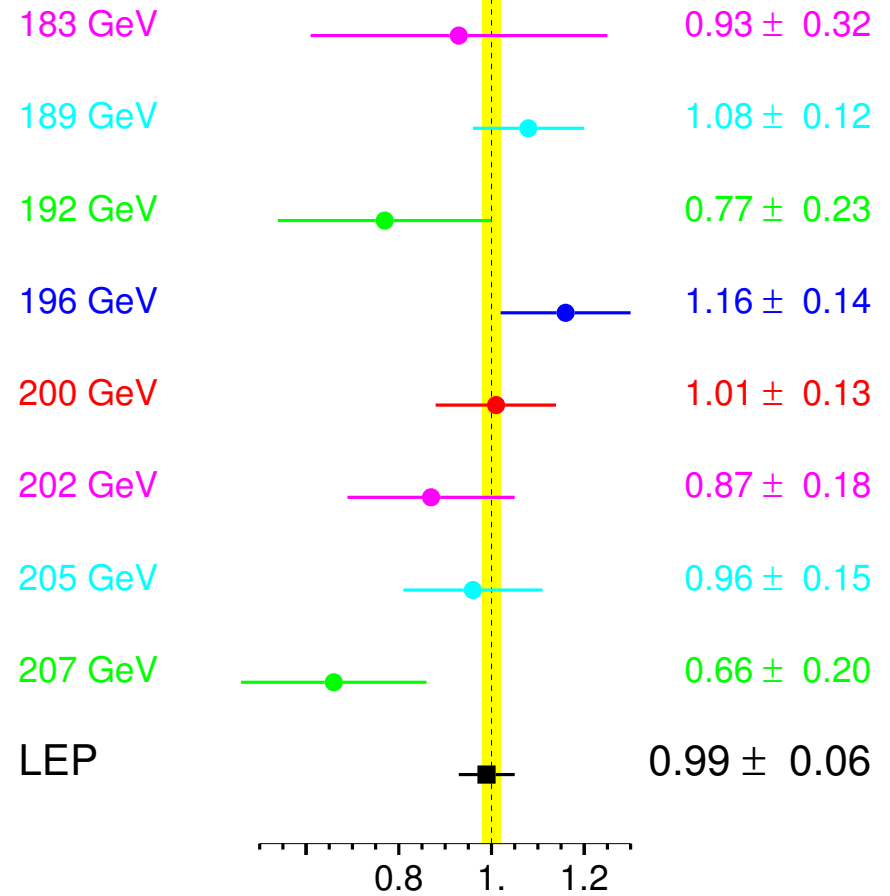
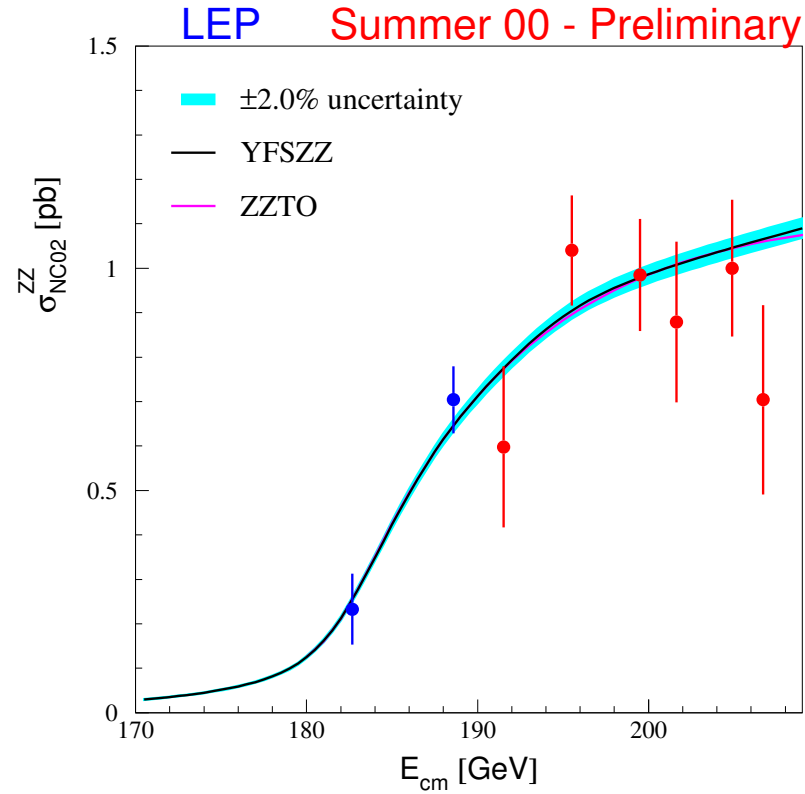
Alle Messungen in Übereinstimmung mit dem Standardmodell

LEP-Kombination

21/07/2000

Summer 00 - Preliminary - Measured $\sigma^{ZZ} / \text{ZZTO}$

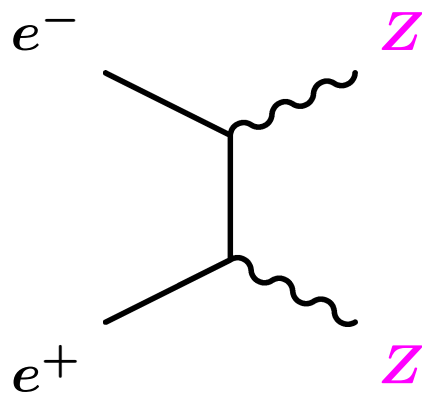
20/07/2000



Z-Paarproduktion

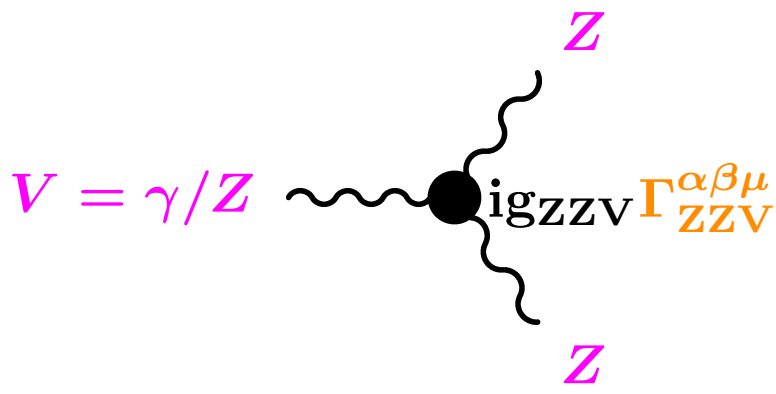
Anomale Kopplungen

Standardmodell



↔

Allgemeinster Ansatz



Z-Paarproduktion ermöglicht einen **Test der nichtabelschen Struktur** des Standardmodells.

Parametrisiere $\Gamma_{ZZV}^{\alpha\beta\mu}$ durch $f_4^{Z,\gamma}$ (\cancel{CP}, P) und $f_5^{Z,\gamma}$ (CP, \cancel{P})

Änderungen von

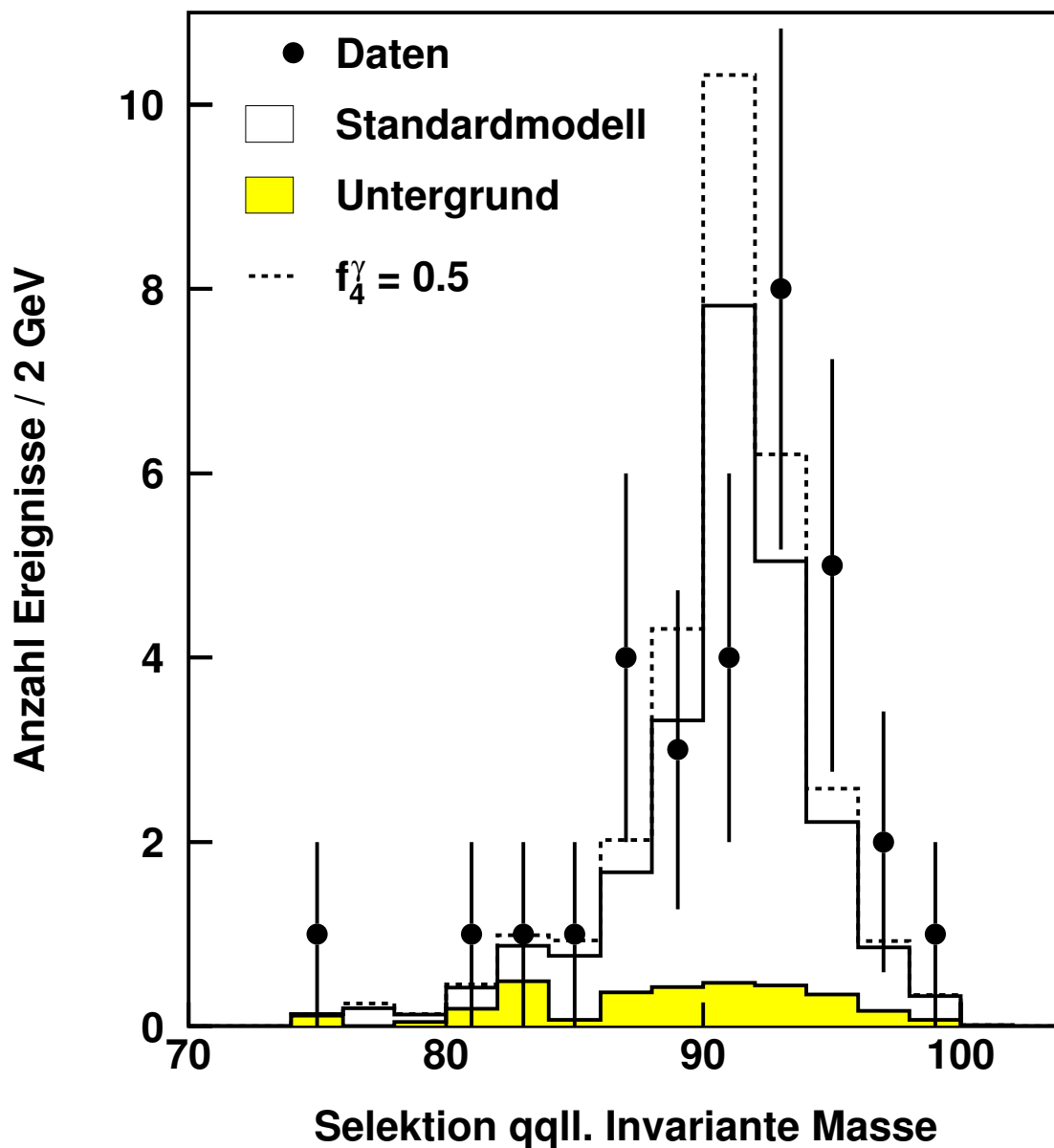
- σ_{tot} ,
- Z-Polarisation,
- Z-Winkelverteilung

L3-Methode: Rewichtung

$$W = \frac{\left| \begin{array}{c} \text{diagram 1} \\ + \dots + \\ \text{diagram 2} \end{array} \right|^2}{\left| \begin{array}{c} \text{diagram 1} \\ + \dots \\ \text{diagram 2} \end{array} \right|^2}$$

The diagram 1 in the numerator is a tree-level Z-pair production diagram. The diagram 2 in the numerator is a tree-level Z-pair production diagram with a vertex correction (red dot) labeled $f_{4,5}^V$. The denominator is the square of the sum of the tree-level diagrams.

L3: Messung anomaler Kopplungen



$$-0.9 < f_4^Z < 0.9$$

$$-1.9 < f_5^Z < 2.4$$

$$-0.5 < f_4^\gamma < 0.5$$

$$-1.3 < f_5^\gamma < 1.3$$

Low scale gravity

Hierarchy problem: $M_{Pl} \approx 10^{18}$ GeV \gg $M_W \approx 10^3$ GeV

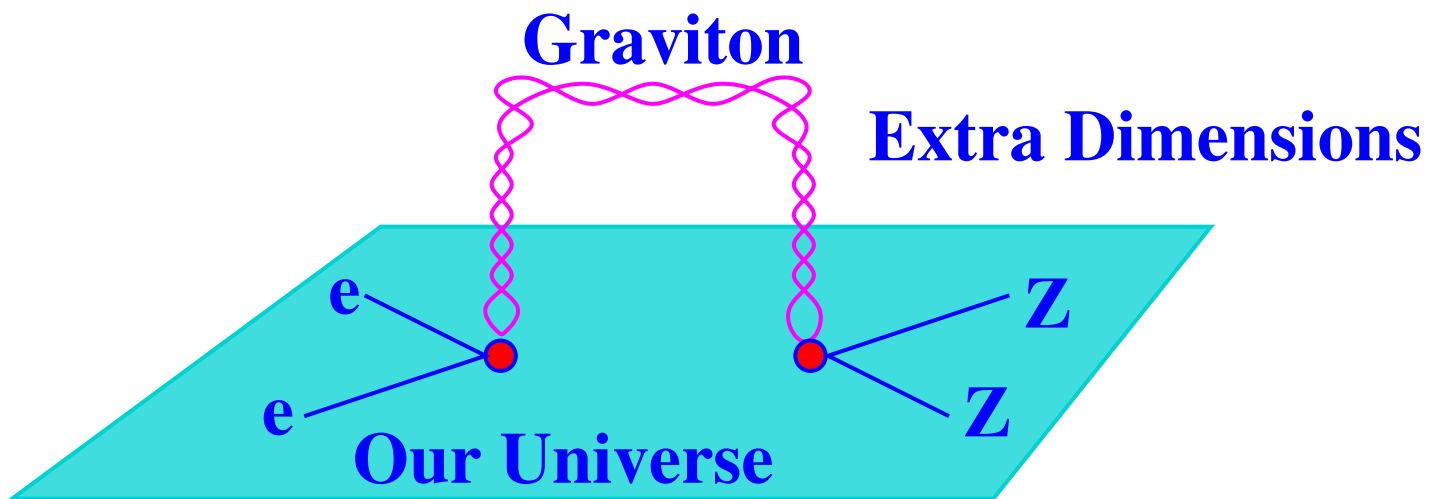
Solution: With $M_S \sim M_W \sim 1$ TeV gives stable theory

How to do this? Introduce n new compactified dimensions:

$$M_{Pl}^2 \sim R^n M_S^{n+2}$$

$r > R$: newtonian $1/r$ law

$r < R$: gravity modified!



Z-Pair production most sensitive at LEP.

95% CL	$\lambda = +1$	$\lambda = -1$
$n=2$	M_S / TeV	M_S / TeV
Opal	0.6	0.8
L3	0.6	0.6

L3: ZZ-Signaldefinition

- Invariante Masse M der Fermionpaare (f_i, \bar{f}_i) und (f_j, \bar{f}_j) entspricht der Z-Masse

$$70 \text{ GeV} \leq M \leq 105 \text{ GeV}$$

- Im Fall vier identischer Fermionen, $f_i = f_j$, muß mindestens eine der beiden möglichen Paarungen im obigen Massenbereich liegen.
- In Endzuständen, die auch von W's vermittelt werden (z. B. $u\bar{d}\bar{u}d$ und $\nu_l l^+ \bar{\nu}_l l^-$), muß die invariante Masse $M(f_i, \bar{f}_j)$ und $M(f_j, \bar{f}_i)$ erfüllen

$$M \leq 75 \text{ GeV} \quad \text{oder} \quad M \geq 85 \text{ GeV}$$

σ (189 GeV) / pb	ohne Schnitte	mit Schnitten
alle Diagramme	20.266	0.662
nur Konversion	0.655	0.620
Akzeptanz		(95%)
Untergrund		(6%)

Signalgeneration mit EXCALIBUR

Vor Signaldefinition

Nach Signaldefinition

