

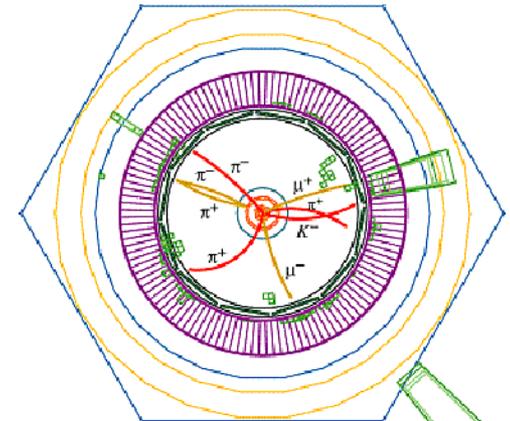


Messung der inklusiven Produktion von J/ψ und $\psi(2S)$ bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 10.58 \text{ GeV}$ mit BaBar



J. Kaminski

Stanford Linear
Accelerator Center /
Universität Bonn



DPG-Frühjahrstagung, Freiburg, 3.3. – 7.3.2008



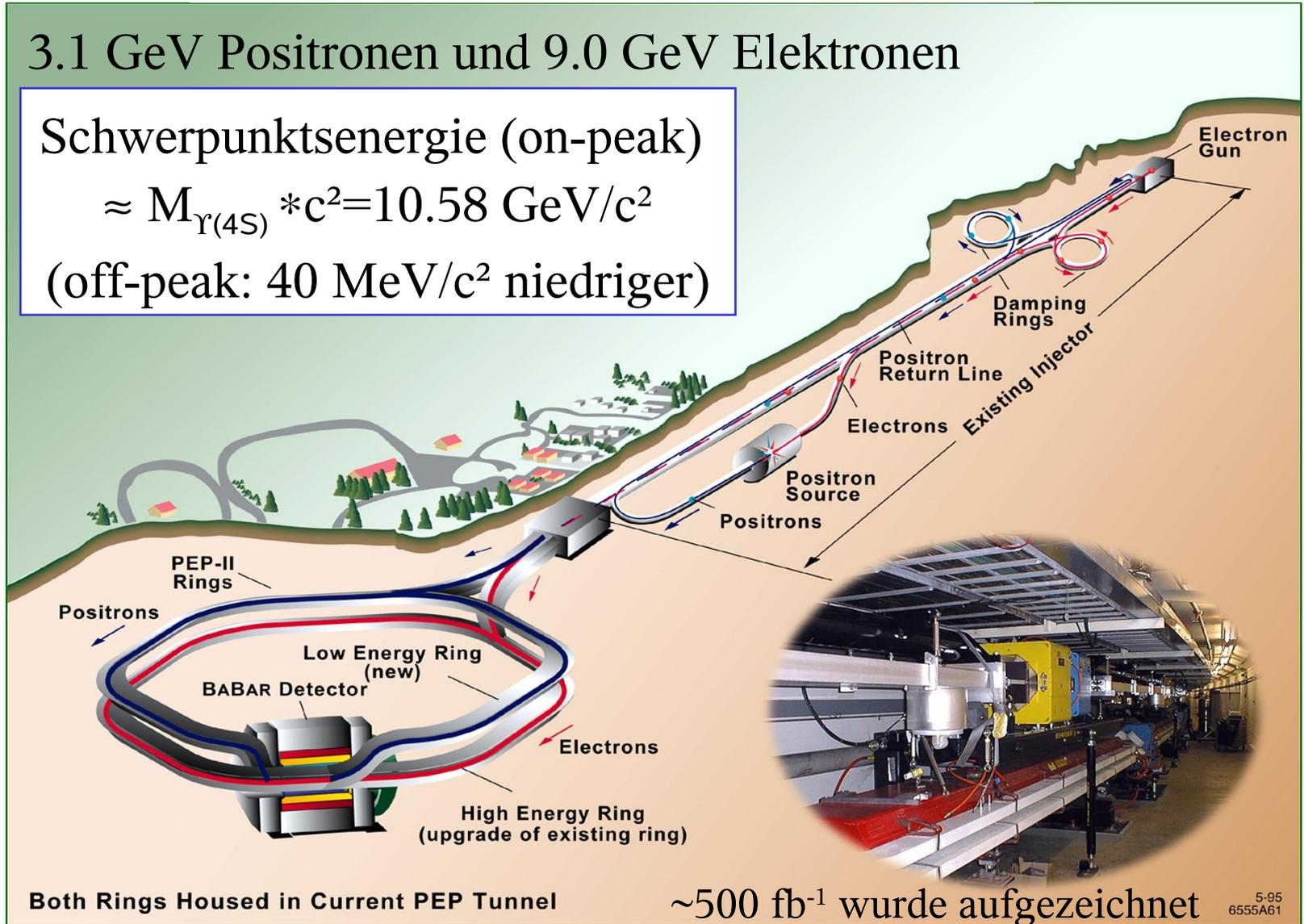
PEP-II B-Fabrik am SLAC

3.1 GeV Positronen und 9.0 GeV Elektronen

Schwerpunktsenergie (on-peak)

$$\approx M_{\Upsilon(4S)} * c^2 = 10.58 \text{ GeV}/c^2$$

(off-peak: 40 MeV/c² niedriger)





Aufbau des BABAR Experiments

Instrumentiertes Eisenjoch

12 Lagen Limited
Streamer Tubes

DIRC
Cherenkov
Detektor

1.5 T Solenoid

Driftkammer
40 Lagen

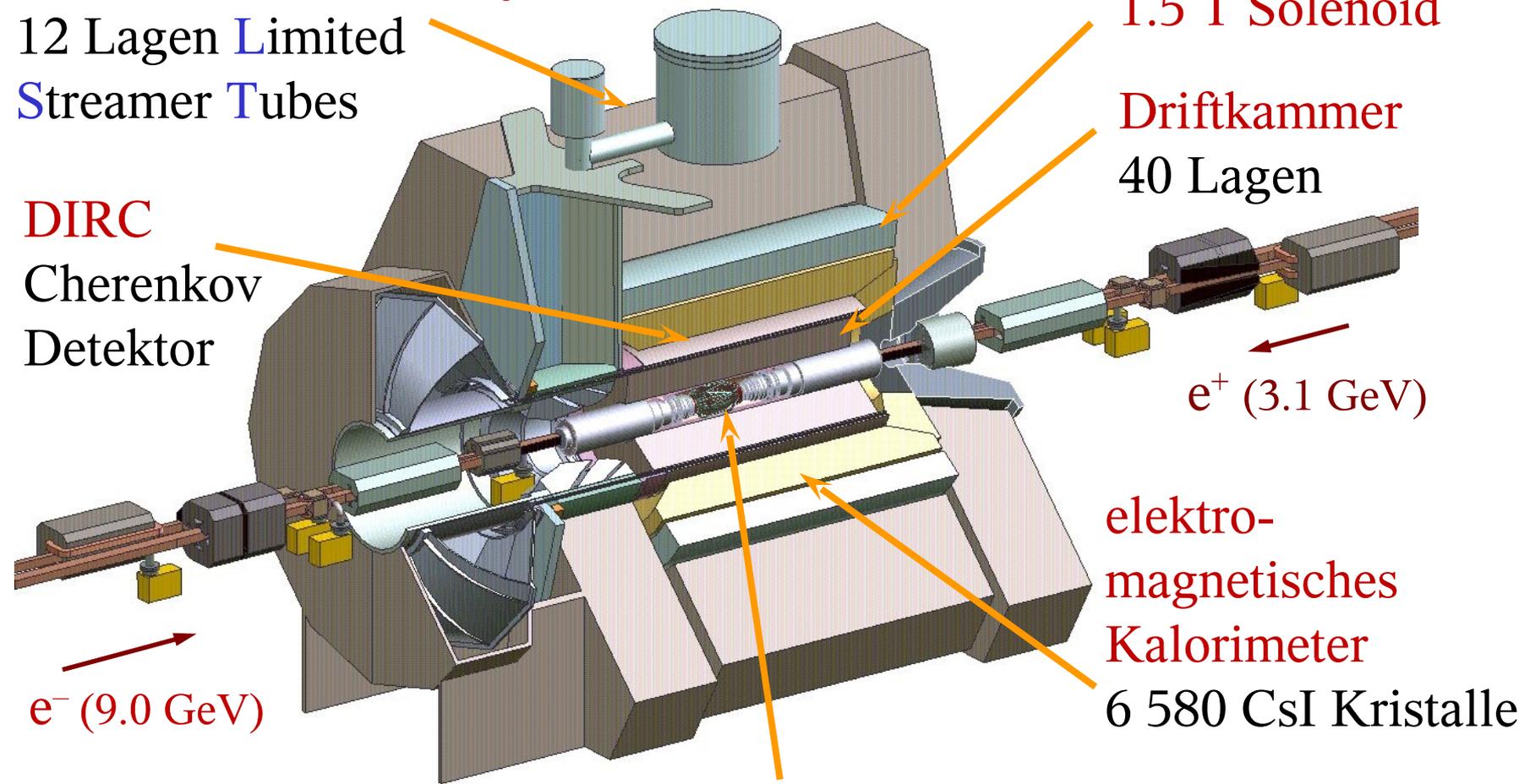
e^+ (3.1 GeV)

elektro-
magnetisches
Kalorimeter
6 580 CsI Kristalle

e^- (9.0 GeV)

Silizium Vertexdetektor

5 Lagen doppelseitige Streifendetektoren





Charm / Charmonium Physik mit B-Fabriken —

Charm/Charmonium haben hoher Wirkungsquerschnitt bei Energien der B-Fabriken

=> **Viele neue Entdeckungen:**

$D_s^*(2317)$, $D_s^*(2460)$, $Y(4260)$, $X(3872)$,

D_0 - D_0 - Mischung

Inklusive Charmonium Produktion:

CDF entdeckte größeren Wirkungsquerschnitt als vorhersagt.

=> neues Model: nicht relativistische QCD (**NRQCD**)

Matrixelemente nicht berechenbar

→ Theoretiker brauchen Präzisionsdaten (pp, ep, ee, ...)

Frühere Messung von BaBar ($\sim 20 \text{ fb}^{-1}$) und Belle ($\sim 30 \text{ fb}^{-1}$)
weichen deutlich voneinander ab.



Inklusive J/ψ - Produktion

Messung des **inklusive Wirkungsquerschnittes** für

$$e^+e^- \rightarrow J/\psi + X, \quad J/\psi \rightarrow l^+l^-$$

$$e^+e^- \rightarrow \psi(2S) + X, \quad \psi(2S) \rightarrow l^+l^- / J/\psi \pi^+\pi^-$$

des $q\bar{q}$ -Kontinuums ($q = u, c, d, s$) bei $\sqrt{s} = 10.58 \text{ GeV}$

Datenangetriebenes Analysekonzept:

- J/ψ finden und rekonstruieren
- Unterschiedliche Beiträge untersuchen: B-Zerfälle, Initial State Radiation (ISR), Kontinuum
- Unterschiedliche Untergründe identifizieren und entfernen, z. B. QED-Untergrund, $\gamma\gamma$.

Kontrollanalyse:

Vergleich der Ergebnisse von $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ und $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$

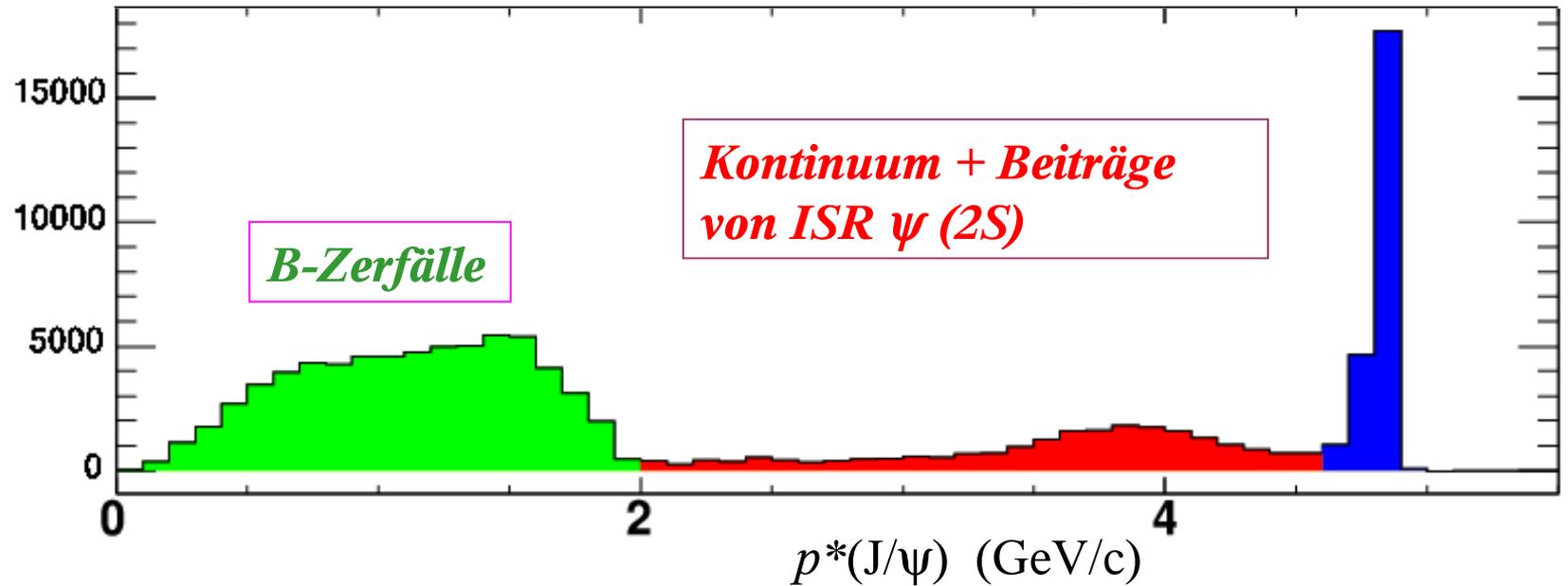
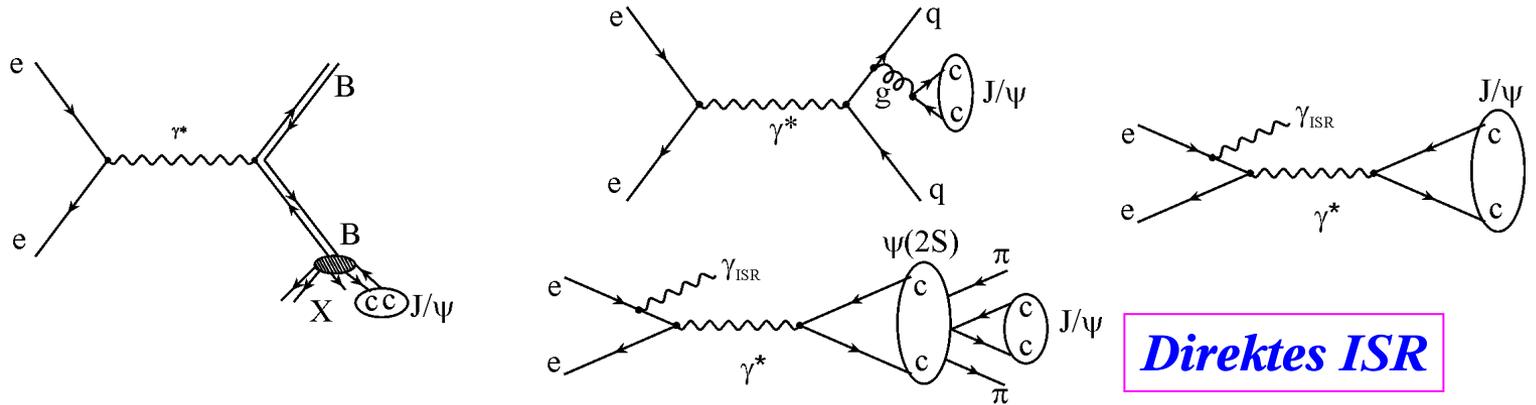
Messung der B-Zerfälle $B \rightarrow J/\psi + X$ und $B \rightarrow \psi(2S) + X$

(niedriger Impuls und off-peak Daten)



p^* -Spektrum

Impuls des J/ψ im e^+e^- - Schwerpunktsystem



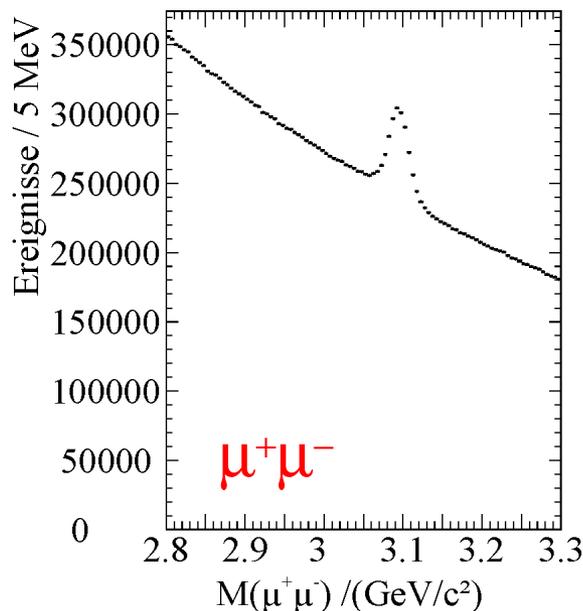


Datensatz

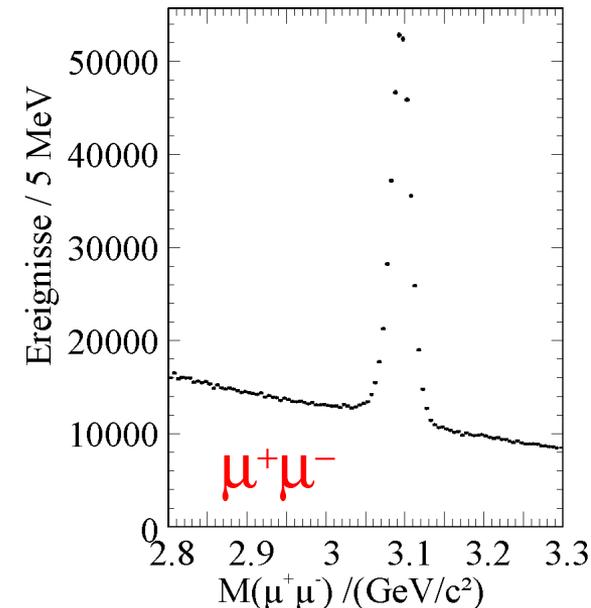
Für diese Analyse wurden 350 fb^{-1} on-peak und 37 fb^{-1} off-peak verwendet.

Vorauswahl: Ereignisse mit mehr als 3 Spuren

2 Leptonen in einem Massenbereich $2.5 \text{ GeV} < m_{J/\psi} < 3.3 \text{ GeV}$



Untergrundreduktion:
Spurqualität
Vertexrekonstruktion
Teilchenidentifikation



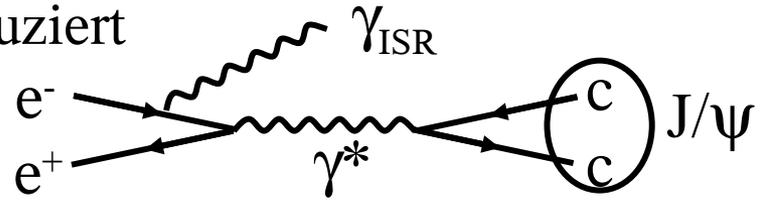


ISR-J/ψ

Strahlenergie durch ISR auf J/ψ-Masse reduziert

~730,000 ISR-J/ψ Ereignisse erwartet

→ 2 Spur Ereignisse



Vorauswahl entfernt die meisten Ereignisse, außer γ konvertiert

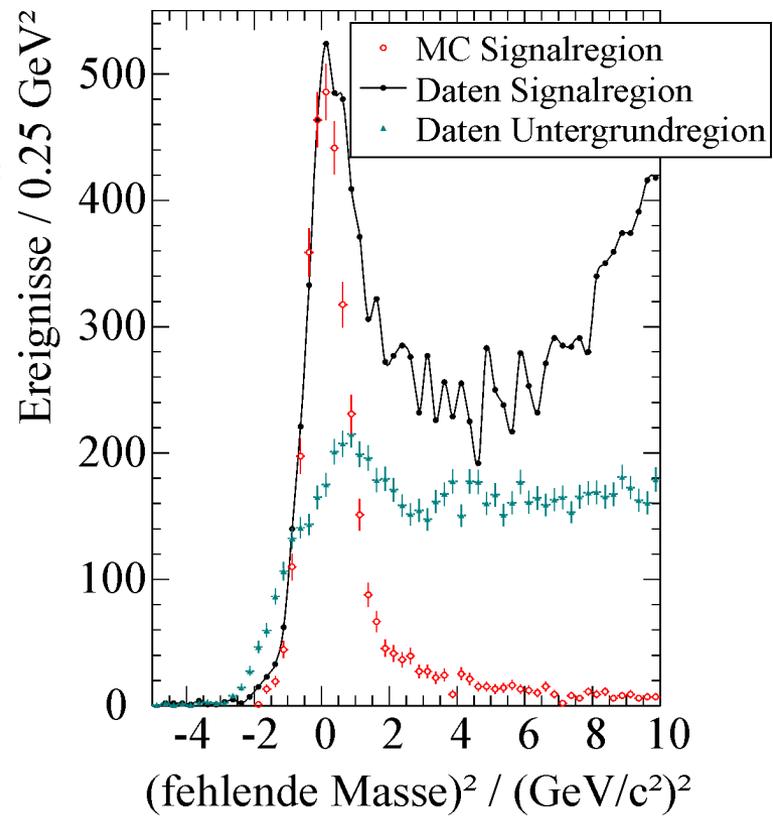
→ sehr schwierig zu simulieren (Materialverteilung im Detektor)

Ansatz:

Durch geeignete Auswahlkriterien die Anzahl der Ereignisse reduzieren:

PID, Spurqualität, geometrische Forderungen

=> 95% der of ISR-J/ψ Ereignisse

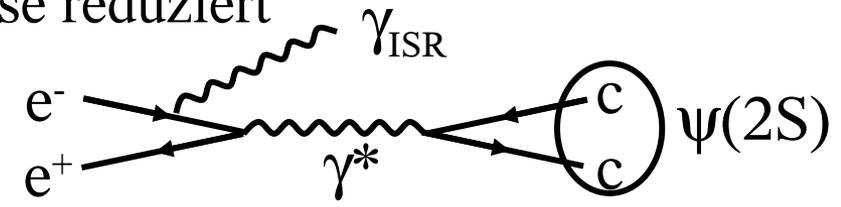




ISR- $\psi(2S)$ Entfernen

Strahlenergie durch ISR auf $\psi(2S)$ -Masse reduziert
Hauptzerfallskanal:

$$\psi(2S) \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-$$



~180,000 ISR- $\psi(2S)$ Ereignisse erwartet

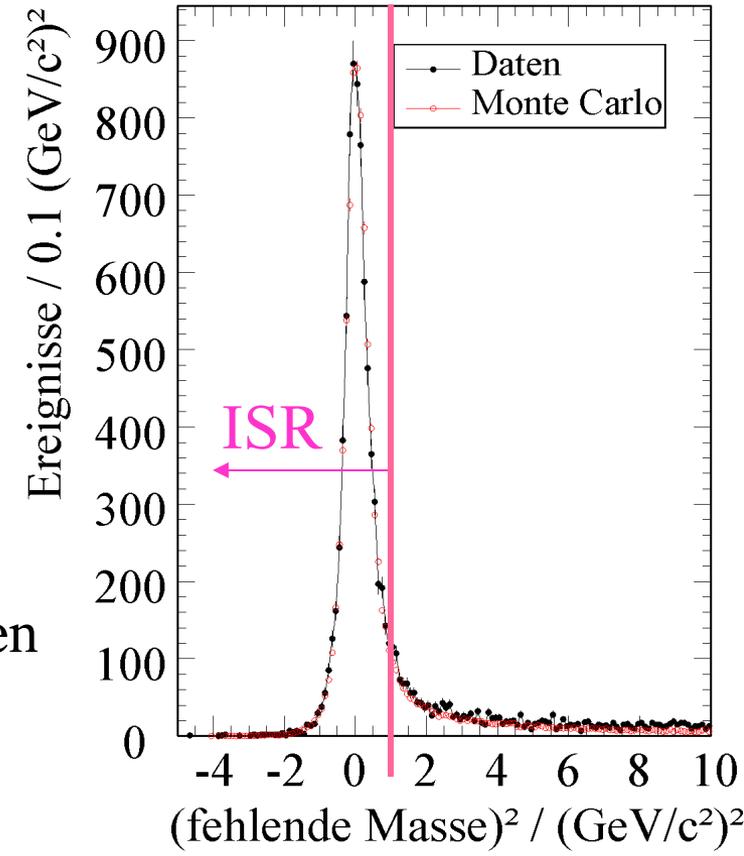
- ISR - $\psi(2S)$ Ereignisse rekonstruieren

Auswahlkriterien:

$$0.2 \text{ GeV}/c^2 < M(\mu\mu\pi\pi) - M(\mu\mu) < 0.9 \text{ GeV}/c^2$$

$$(\text{missing mass})^2 < 1.0 (\text{GeV}/c^2)^2$$

- Monte Carlo Simulationen mit diesen Ereignissen kalibrieren: p^* , $\cos(\theta^*)$, ...
- rekonstruierte Ereignisse entfernen
- vom MC vorhergesagte Ereignisse abziehen
- weitere Zerfallsmoden untersucht



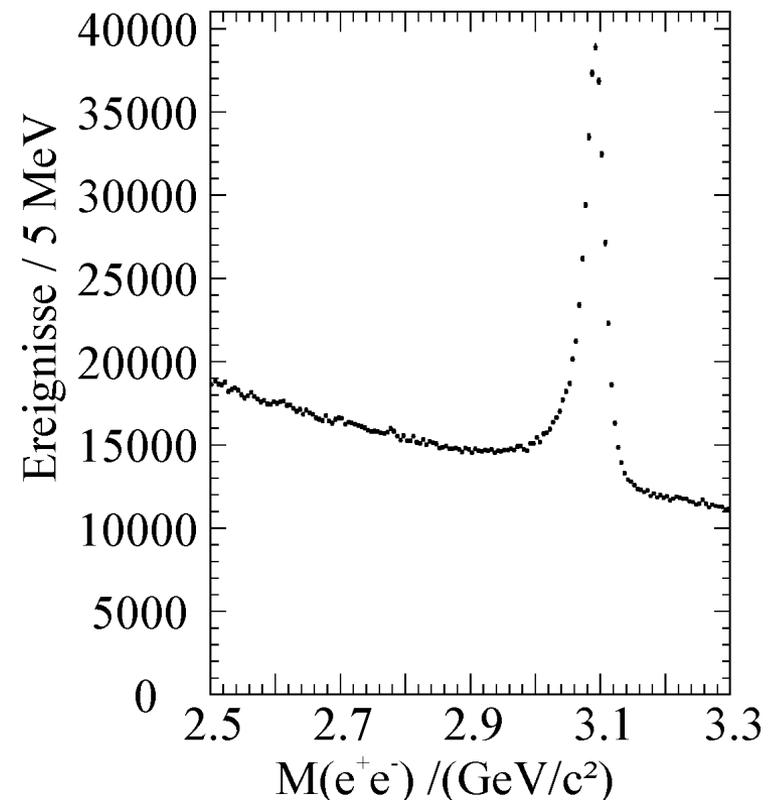
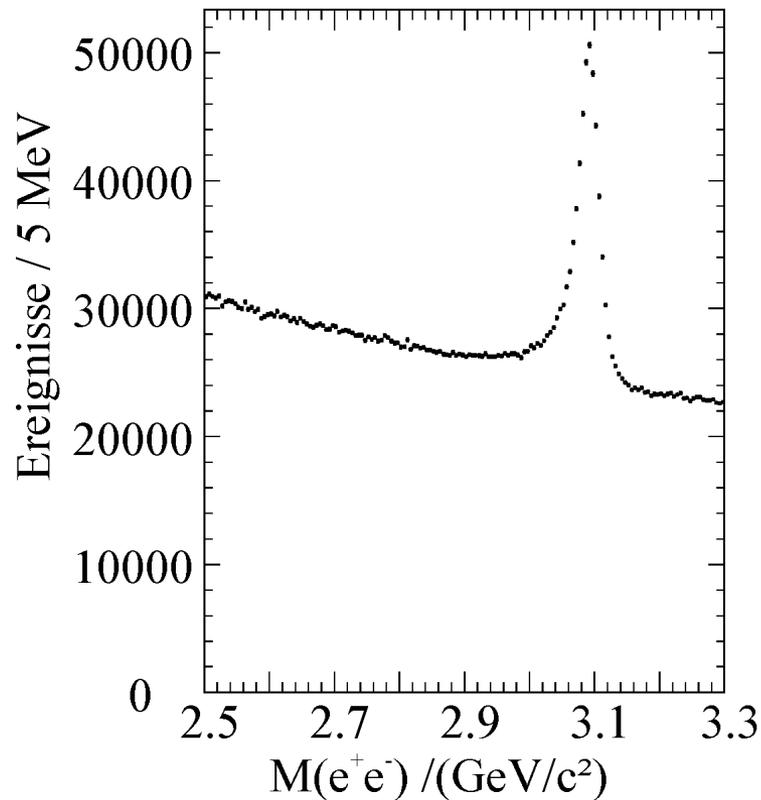


QED Untergrund

QED Prozesse führen zu Ereignissen mit $e^+e^- \rightarrow e^+e^-e^+e^-$

⇒ Hoher Untergrund zu $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ -Kandidaten

Diese Ereignisse können durch Auswahlkriterien bezüglich der 3. und 4. Spur stark unterdrückt werden.

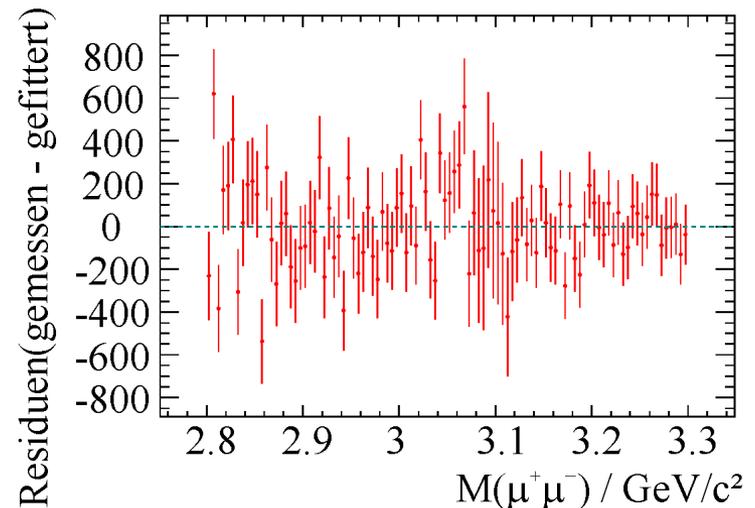
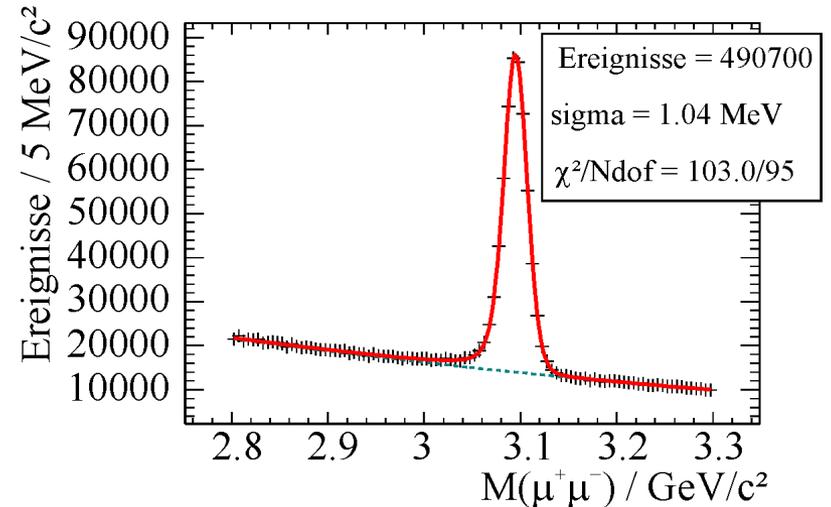




Signalextraktion

- keine analytische Beschreibung der Signalform möglich
=> durch MC bestimmt
- fein gebinnte Signalform verschoben
- gaußische Verschmierung
- Untergrund durch Polynom 2ter Ordnung angenähert
- gebinnter χ^2 Fit (Minuit)

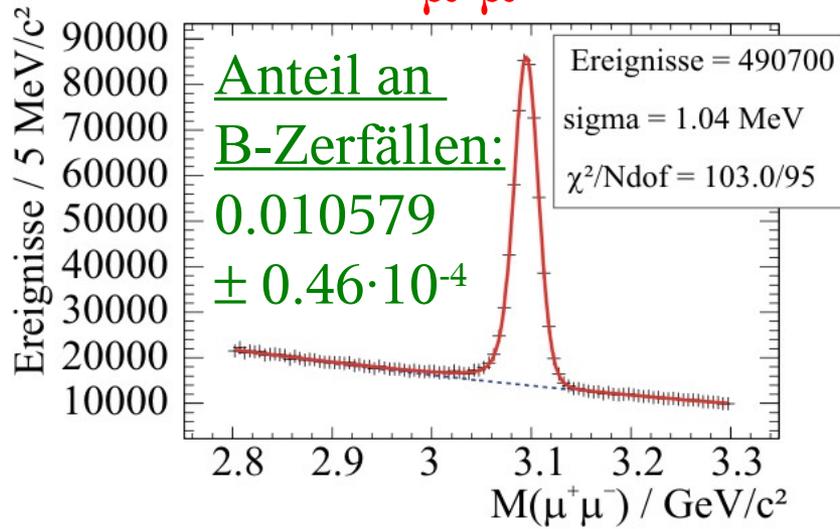
=> 5 freie Parameter
(Anzahl der Signalereignisse,
 σ_{smearing} , 3 Parameter Ugd.)



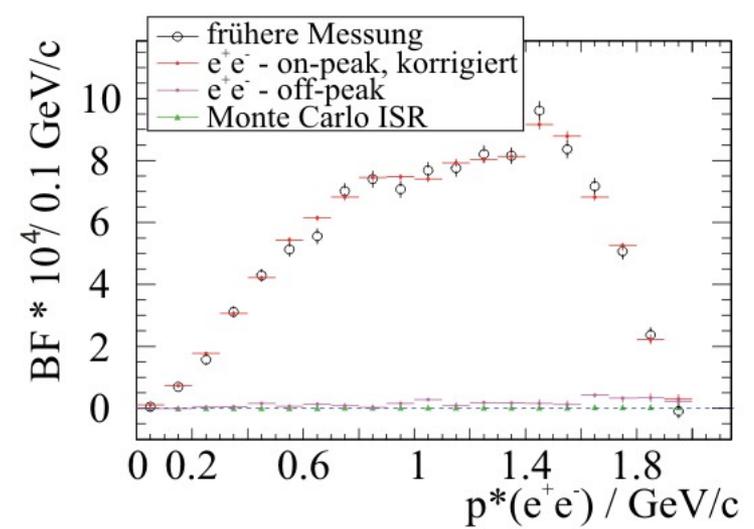
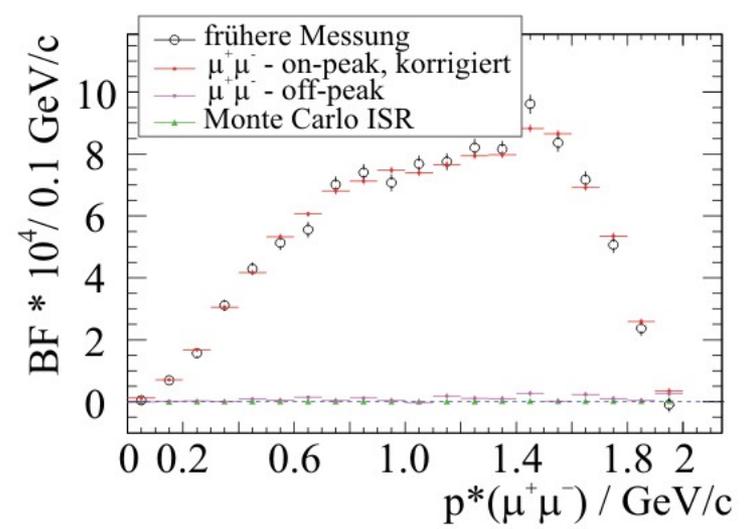
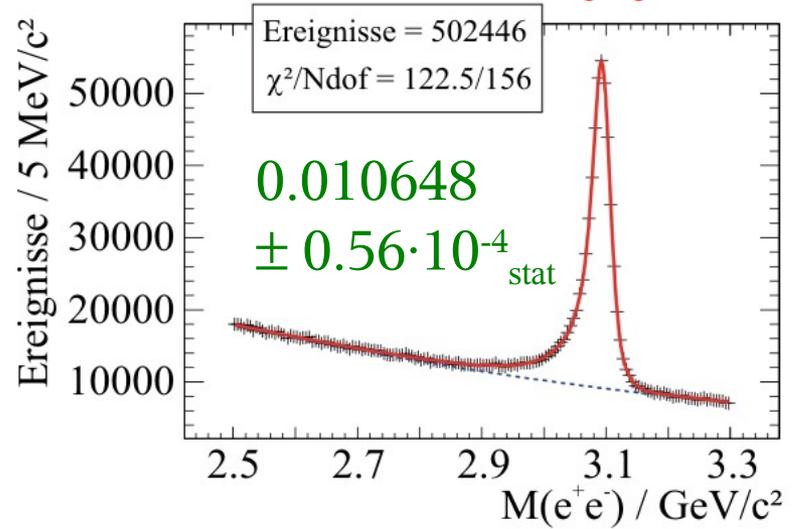


Spektren $J/\psi \rightarrow ll - p^* < 2.0 \text{ GeV}/c^2$

$\mu^+\mu^-$



e^+e^-

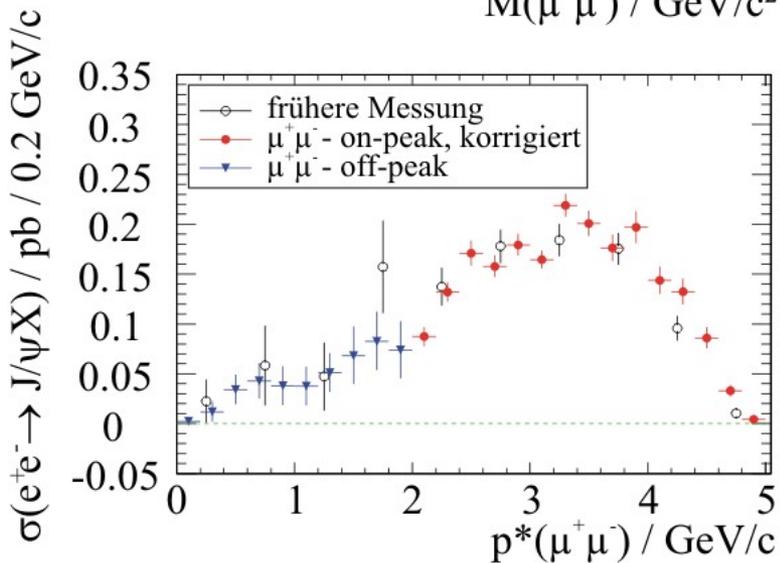
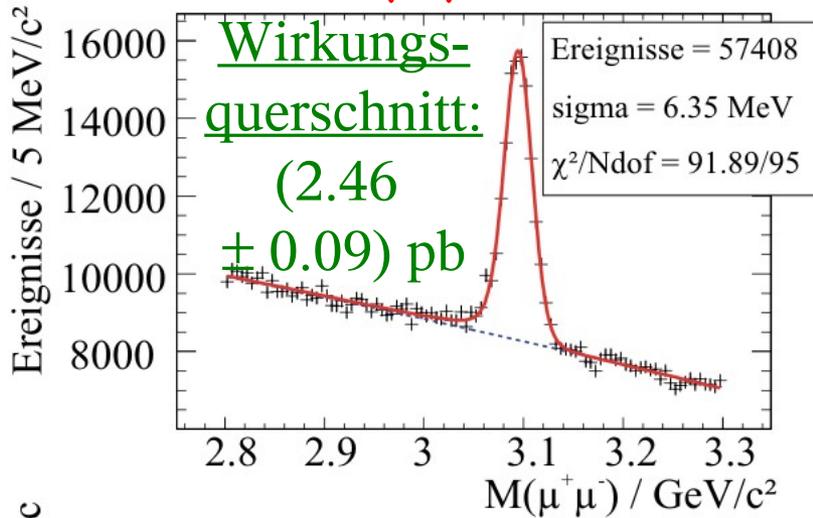


früheres Ergebnis (ee + $\mu\mu$): $0.01057 \pm 1.2 \cdot 10^{-4}_{\text{stat}} \pm 4 \cdot 10^{-4}_{\text{sys}}$

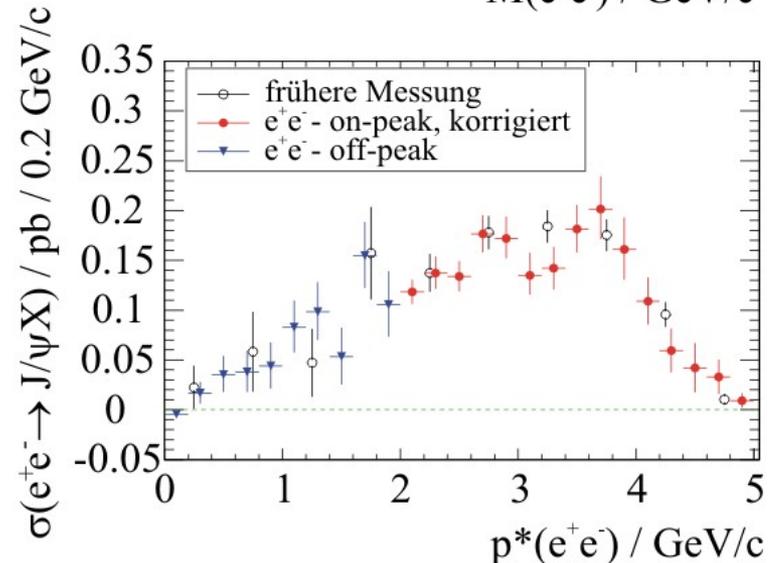
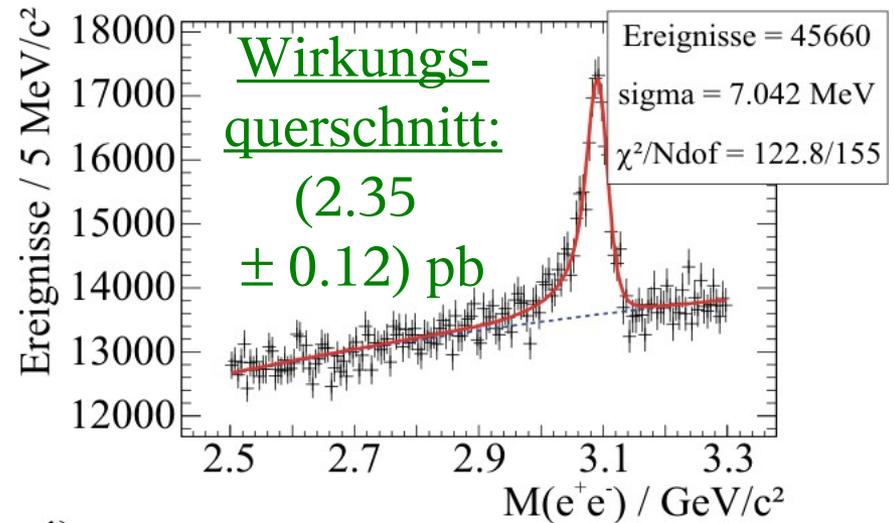


Spektren $J/\psi \rightarrow ll - p^* > 2.0 \text{ GeV}/c^2$

$\mu^+\mu^-$



e^+e^-

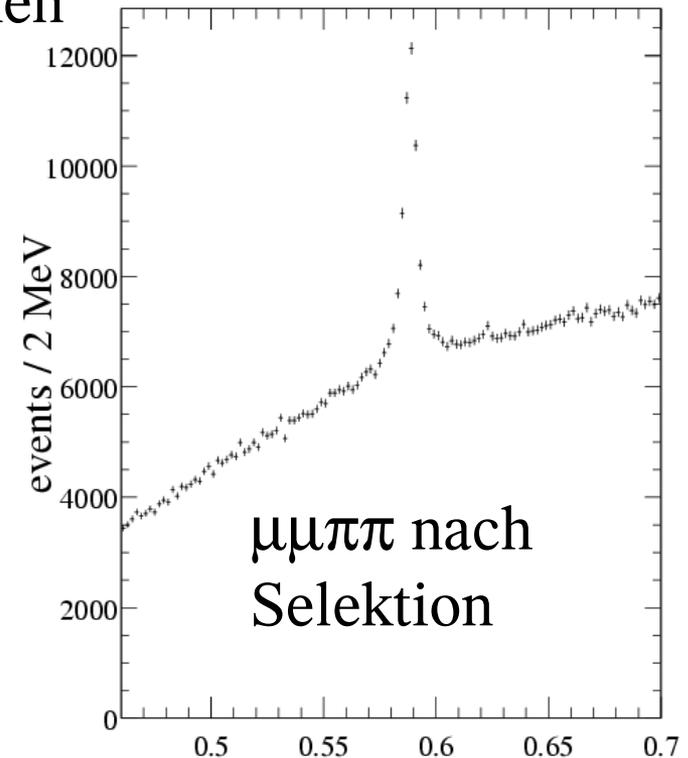


früheres Ergebnis (ee + $\mu\mu$): $(2.52 \pm 0.21_{\text{stat}} \pm 0.21_{\text{sys}}) \text{ pb}$



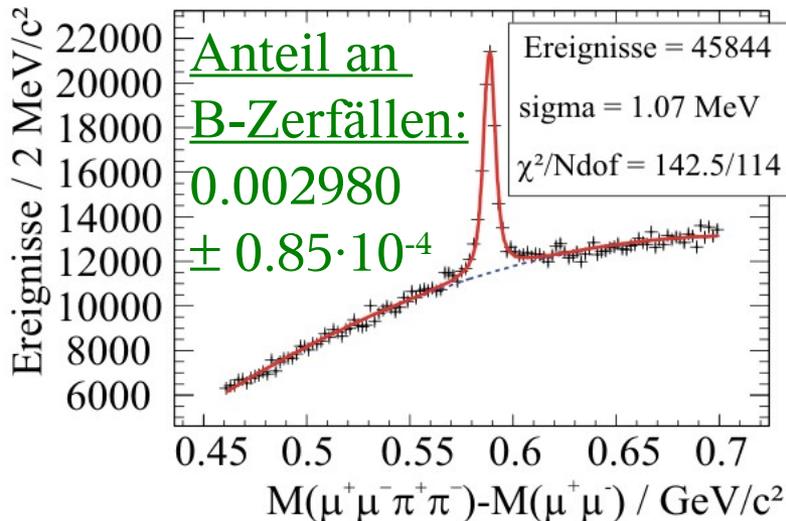
$\psi(2S)$ Rekonstruktion

- J/ψ mit 2 unterschiedlich geladenen Pionen kombinieren
- geometrische Anforderungen + Qualitätsanforderungen
- Auftragung des Massenunterschiedes:
$$M(\mu\mu\pi\pi) - M(\mu\mu)$$
- ISR- $\psi(2S)$ identifizieren und abziehen
- Vergleich mit ISR- $\psi(2S)$ MC
- Signalextraktion analog zu J/ψ
- QED-Untergrund und ISR- J/ψ Beiträge sind nicht vorhanden

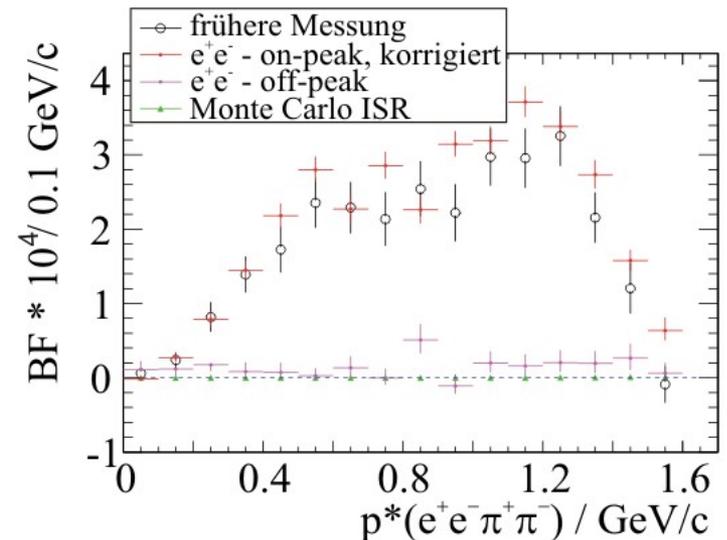
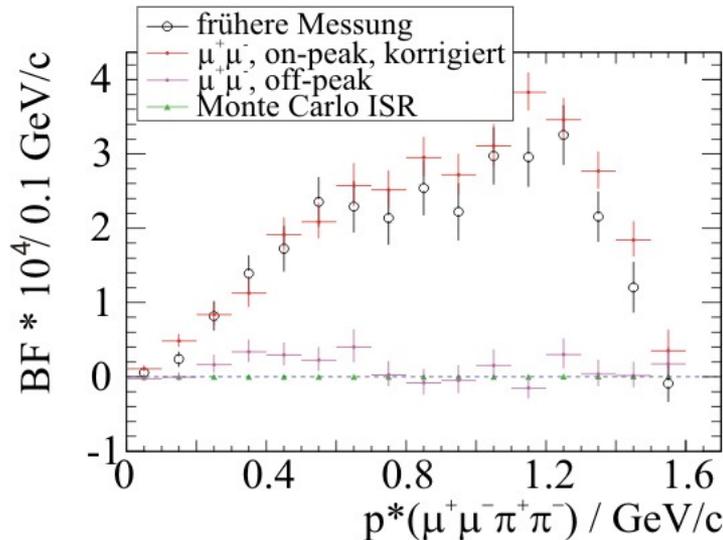
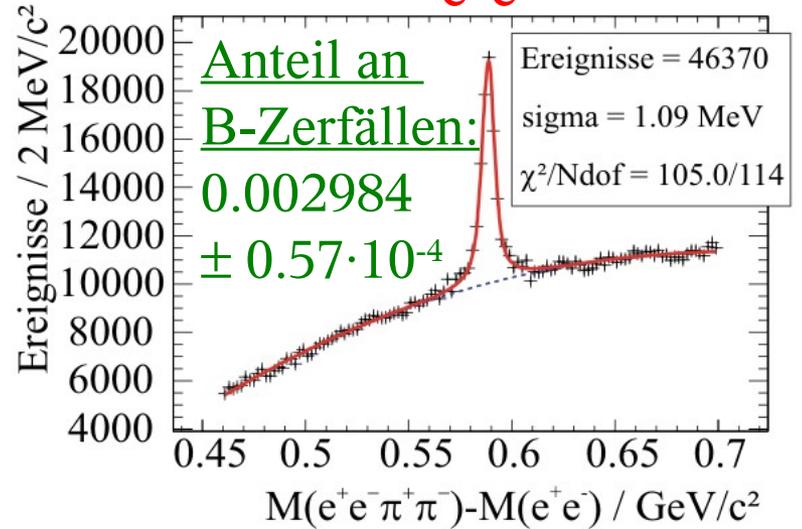


Spektren $\psi(2S) \rightarrow l\pi\pi$ – $p^* < 1.6 \text{ GeV}/c^2$

$\mu^+\mu^-$



e^+e^-



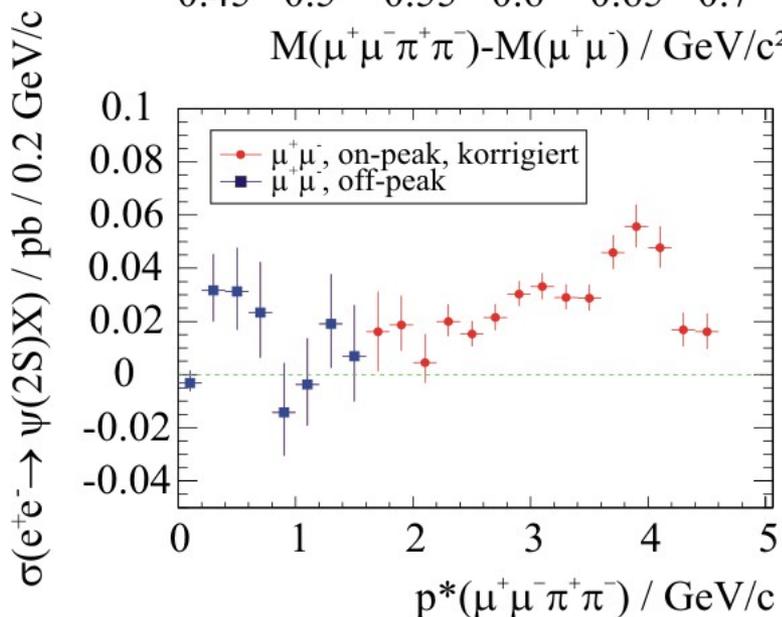
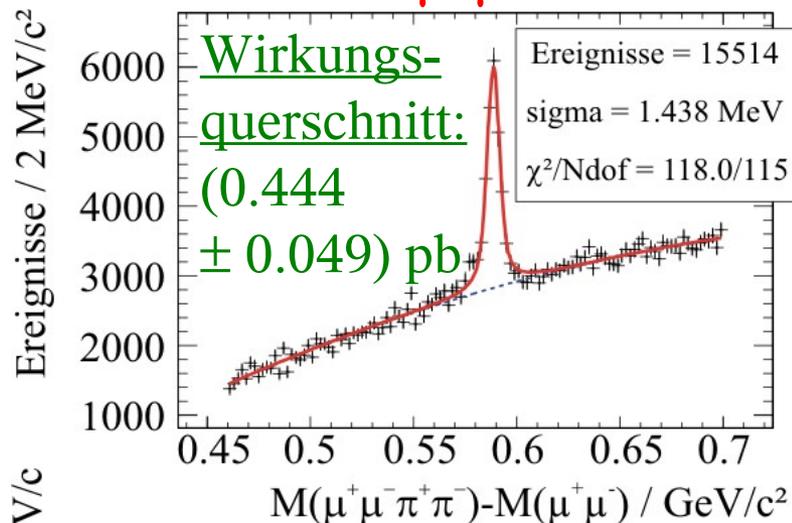
frühere Messung ($ee + \mu\mu$): $0.00297 \pm 2 \cdot 10^{-4}_{\text{stat}} \pm 2 \cdot 10^{-4}_{\text{sys}}$



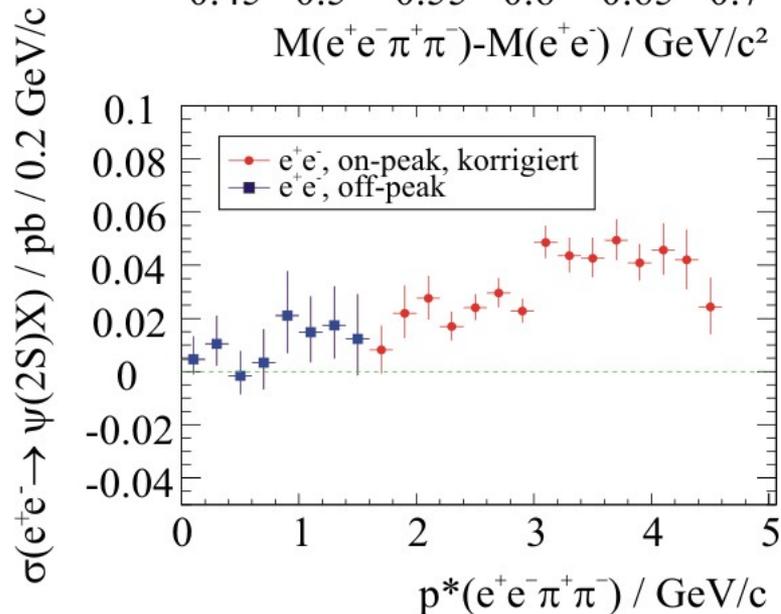
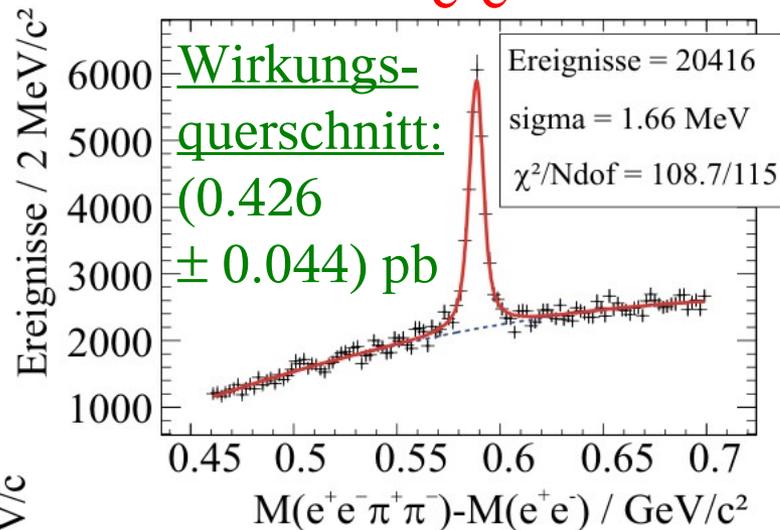


Spektren $\psi(2S) \rightarrow l\pi\pi$ – $p^* > 1.6 \text{ GeV}/c^2$

$\mu^+\mu^-$



e^+e^-





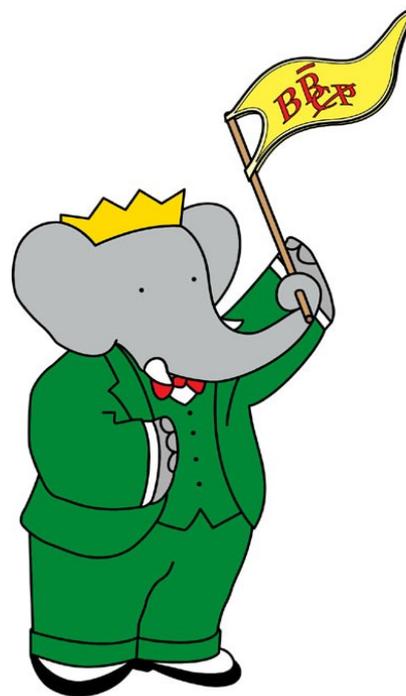
Ausblick

Ergebnis: Anteil an B-Zerfällen: 0.01061 J/ψ
0.00298 $\psi(2S)$

Kontinuum: Wirkungsquerschnitt: 2.40 pb J/ψ
0.435 pb $\psi(2S)$

Systematische Fehler müssen noch bestimmt werden

Bye, Bye
BaBar



served



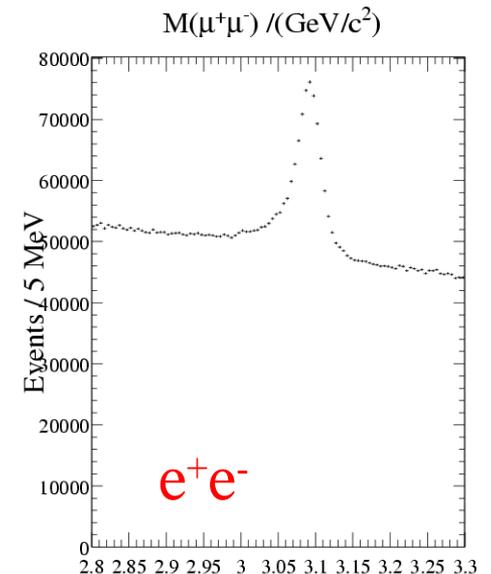
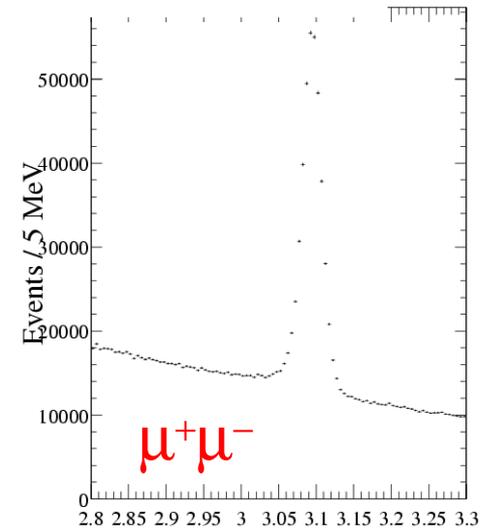
Backup





Qualitäts- und geometrische Anforderungen

- beide Spuren müssen GTL erfüllen
- DOCA < 0.6 cm
- longitudinale Entfernung vom IP < 3.2 cm
- radiale Entfernung vom IP < 0.5 cm
- $P(\chi^2)$ des Vertex Fits > 0.001
- beide Leptonen müssen im Winkelbereich sein:
 $0.41 < \theta < 2.54$
- Eine 3. Spur muss ebenfalls in diesem Winkelbereich sein
- $J/\psi \rightarrow \mu\mu$: beide Leptonen müssen PidMuonNN “very loose” erfüllen
- $J/\psi \rightarrow ee$: beide Spuren müssen PidLHElectron “tight” erfüllen





QED Untergrund Entfernung

Alle Ereignisse mit $\cos_{\text{Helicity}} > 0.97$ werden **verworfen**, wobei \cos_{Helicity} des e^+ im J/ψ -System verwendet wird

Wenn $\cos_{\text{Helicity}} < -0.9$, $\cos_{\text{Helicity}} > 0.8$, $\cos(\theta^*) < -0.92$,

Dann werden Ereignisse verworfen, bei denen

- eine zusätzliche Spur die 'electron loose' – Kriterien erfüllt
- eine positiv geladene Spur im hinteren Hälfte des Detektors, die übrigen Spuren in der vorderen Hälfte sind
- 3 Spur Ereignisse:
DOCA der 3^{ten} Spur zum J/ψ -Vertex < 0.4 cm
- 4 Spur Ereignisse:
Masse der beiden zusätzlichen Suren < 0.1 GeV/c²