

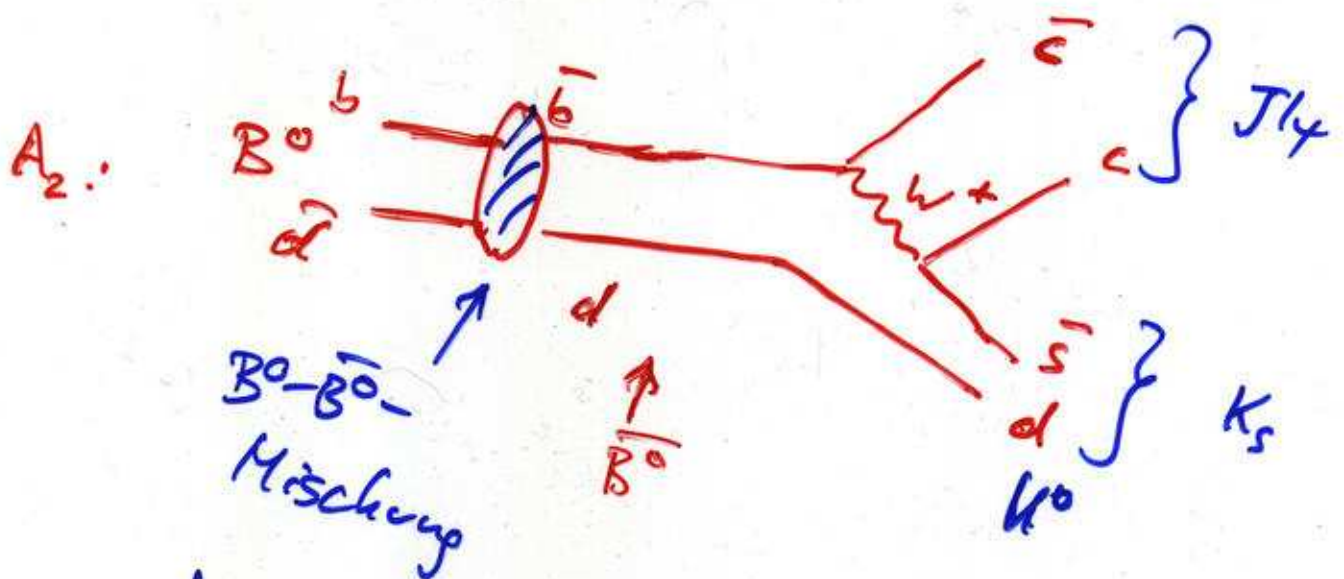
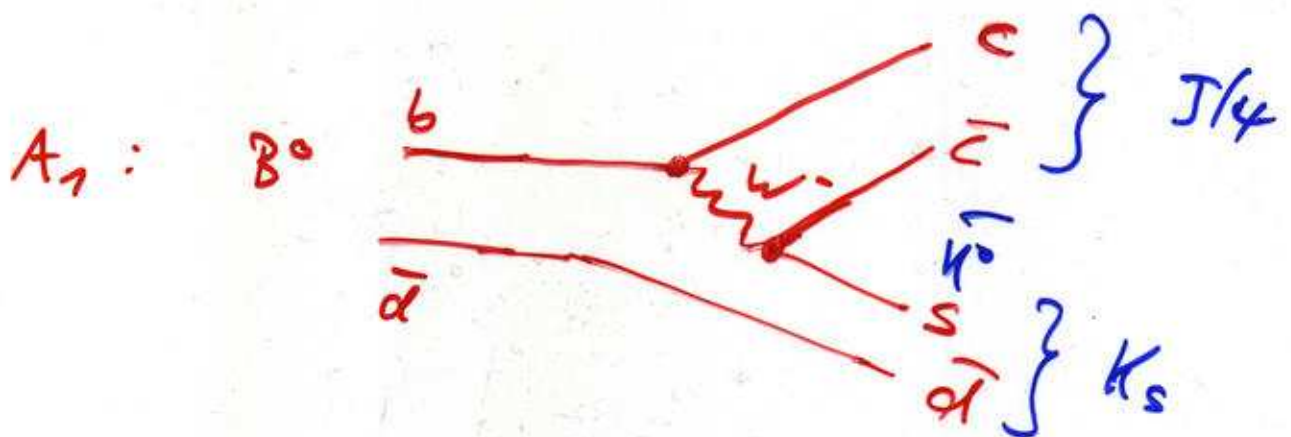
Mischung

Mischungsindizes CP-Verletzung

durch Interferenz der gemischten
und ungemischten B-Zerfälle

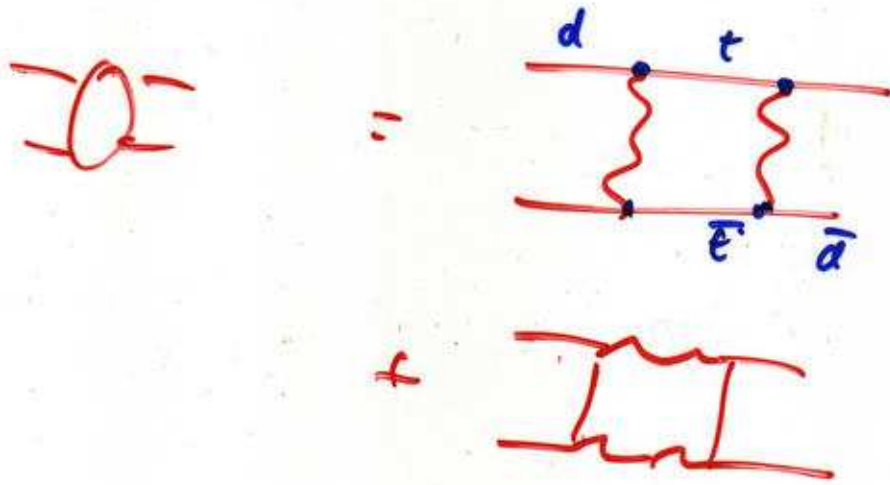
in denselben Endzustand

(CP-Eigenzustand, z.B. $J/\psi K_S$)



$|A_1 + A_2|^2$ ist beobachtbar

A_2 hat eine Phase, und zwar die Phase der $B^0 - \bar{B}^0$ -Mischung



\Rightarrow Phase ist $\arg(V_{td} V_{\bar{t}d}) = 2\beta$

$$V_{td} = A_1^3 (1 - \rho + i\eta)$$

↑
Imaginärteil!

~~2~~

$$A_2 = |A_2| e^{2\beta}$$

$$|A_1 + A_2|^2 =$$

$$|A_1|^2 + |A_2|^2 + 2 \operatorname{Re}(A_1^* A_2 + A_2^* A_1) + 2 \operatorname{Im}(A_1^* A_2)$$

\Rightarrow Interferenzterm

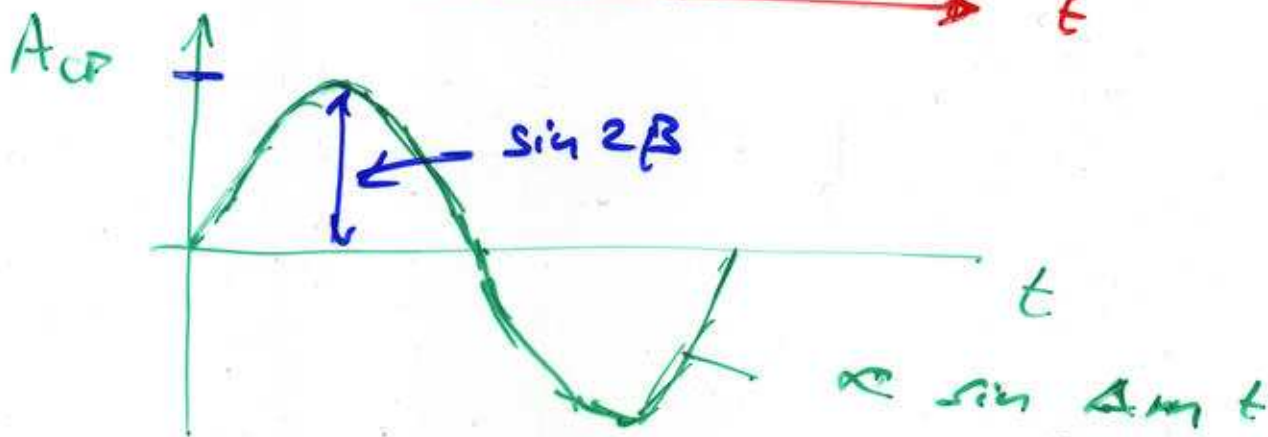
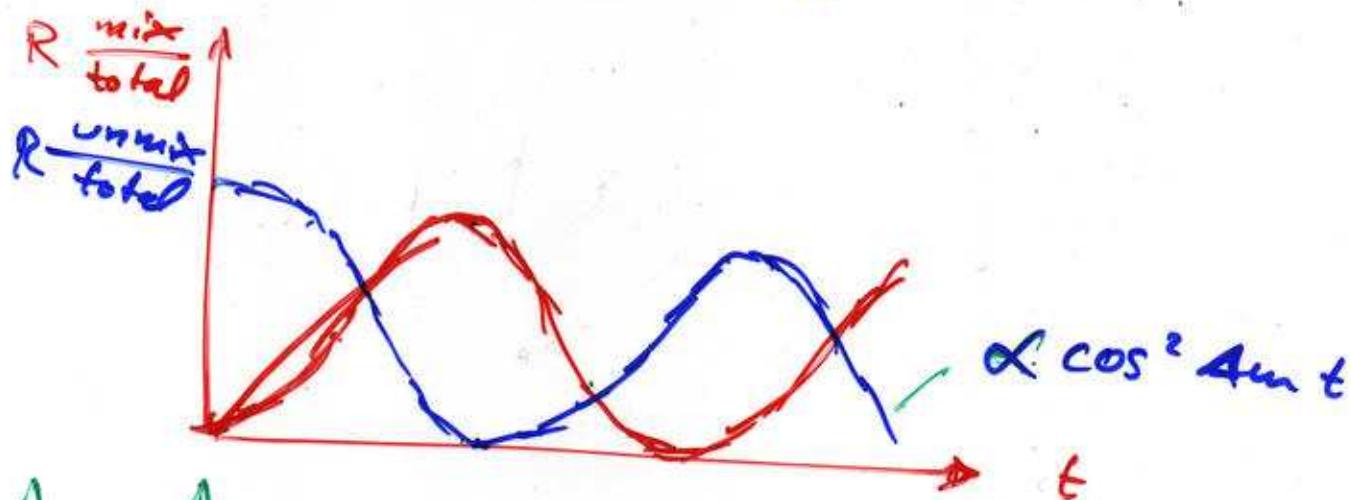
bei Auslöschung $B \rightarrow B$ im

Anfangszustand:

$B^0 \rightarrow J/4 K_S$ hat andere

Zeitasabhängigkeit als $\bar{B}^0 \rightarrow J/4 K_S$.

Interferenz besonders groß, wenn
 $|A_1| = |A_2|$, d.h. wenn genauso
viel gemischte wie ungemischte
Zustände existieren.



$$A_{CP}(\epsilon) = \frac{\Gamma(B^0 \rightarrow J/\psi K_S) - \Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S)}{\Gamma(B^0 \rightarrow J/\psi K_S) + \Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S)}$$

$$= D \cdot \underbrace{\sin 2\beta}_{\text{Amplitude}} \cdot \underbrace{\sin \Delta m t}_{\text{zeitabhängigkeit}}$$

experimenteller
"dilution"-
Faktor

(durch falsche Tags, nicht perfekte
 B^0, \bar{B}^0 -Trennung)



$B^0 \bar{B}^0$ -System aus $\gamma(4S)$ ist ~~ein~~
kohärenter Zustand:

1^{--} - Zustand

$0^{--} \quad 0^{--}$

$\Rightarrow L = 1$

$B^0 \bar{B}^0 - \bar{B}^0 B^0$

Antisymmetrie

Bis zum Zerfall des ersten B-Mesons

welches das B^0 und welches das \bar{B}^0 ist. Entweder mischen beide oder gar keine, und diese beiden Möglichkeiten sind unterscheidbar.

Die Zeitmessung fängt beim ersten Zerfall eines der beiden B -Mesonen an. Ab dann kann das andere mischen.

CP-Experimente:

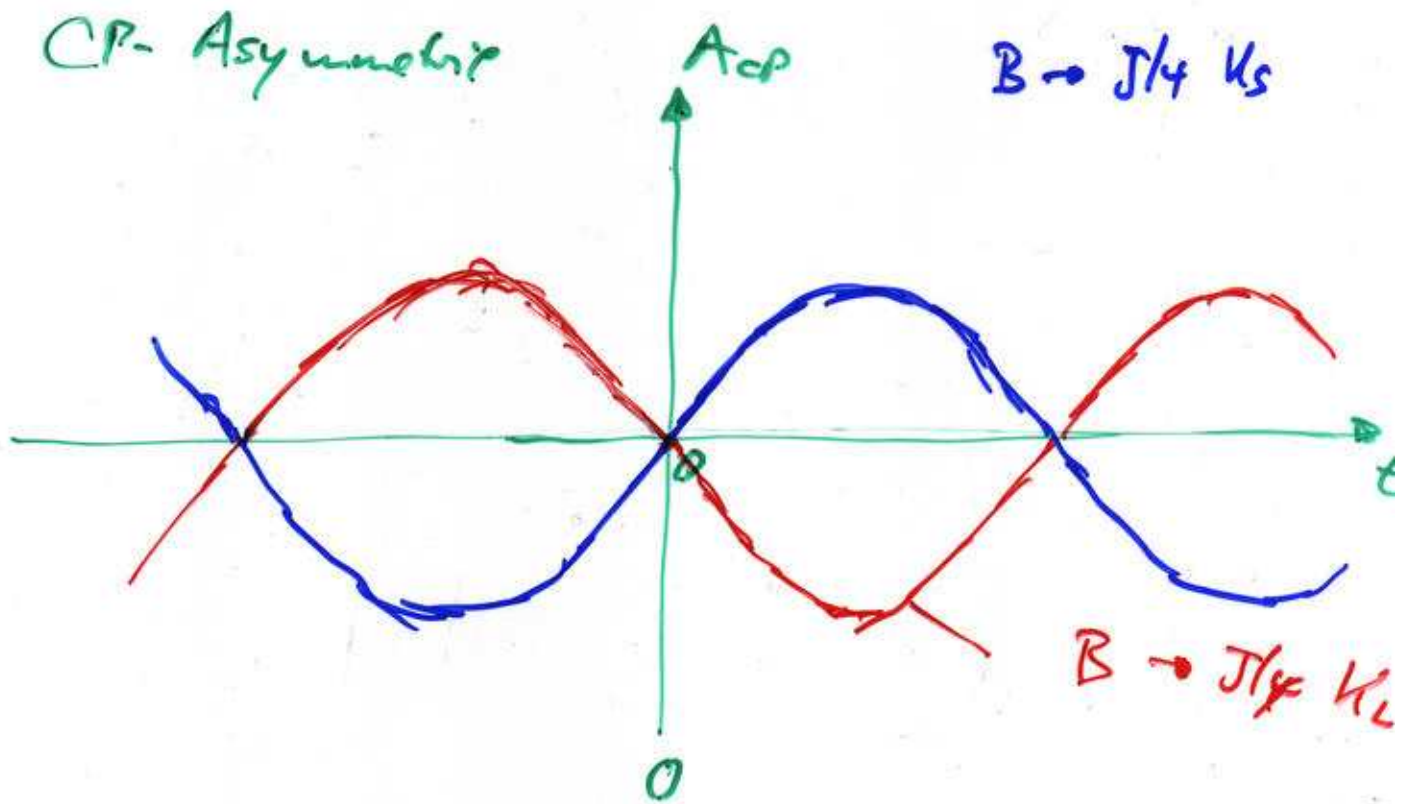
→ \bar{B}^0 -Zerfall in CP-Eigenzustand
(z.B. $J/\psi K_S$) (BR < 1%)
(für den nicht feststellbar ist,
ob er aus B^0 oder \bar{B}^0 kommt)

andere B -Meson kein CP-Eigenzustand als Zerfallsprodukt
(BR > 99%)
z.B. $B^0 \rightarrow e^- \nu D^{*+}$

→ Flavour zum Zerfallszeitpunkt feststellbar. (Trigger-Zerfall)

Zerfallszeit des Trigger-Zerfalls

→ definiert negative Zeit t wenn J/ψ K_S -Zerfall vor dem Trigger-Zerfall stattfindet, sonst positives t .

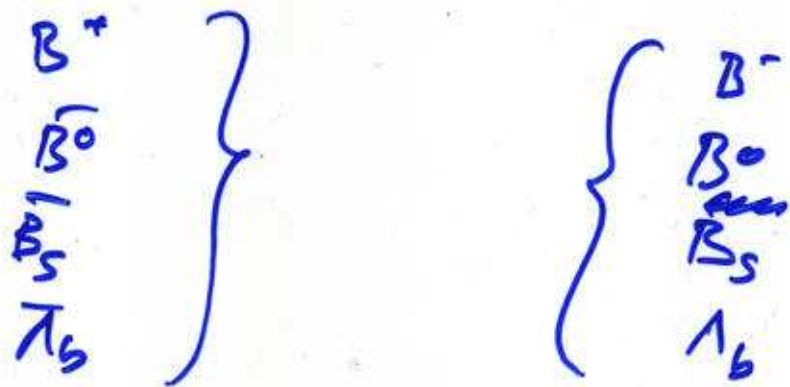


→ integrierte CP-Asymmetrie = 0

→ man muss Zeitdifferenz messen, um einen Effekt sehen zu können.

LEP, CDF beide B-Zerfälle
inkohärent und unabhängig, weil
in der $b \rightarrow \bar{b}$ -Fragmentation
viele weitere Teilchen zusätzlich
entstehen

Alle Kombinationen

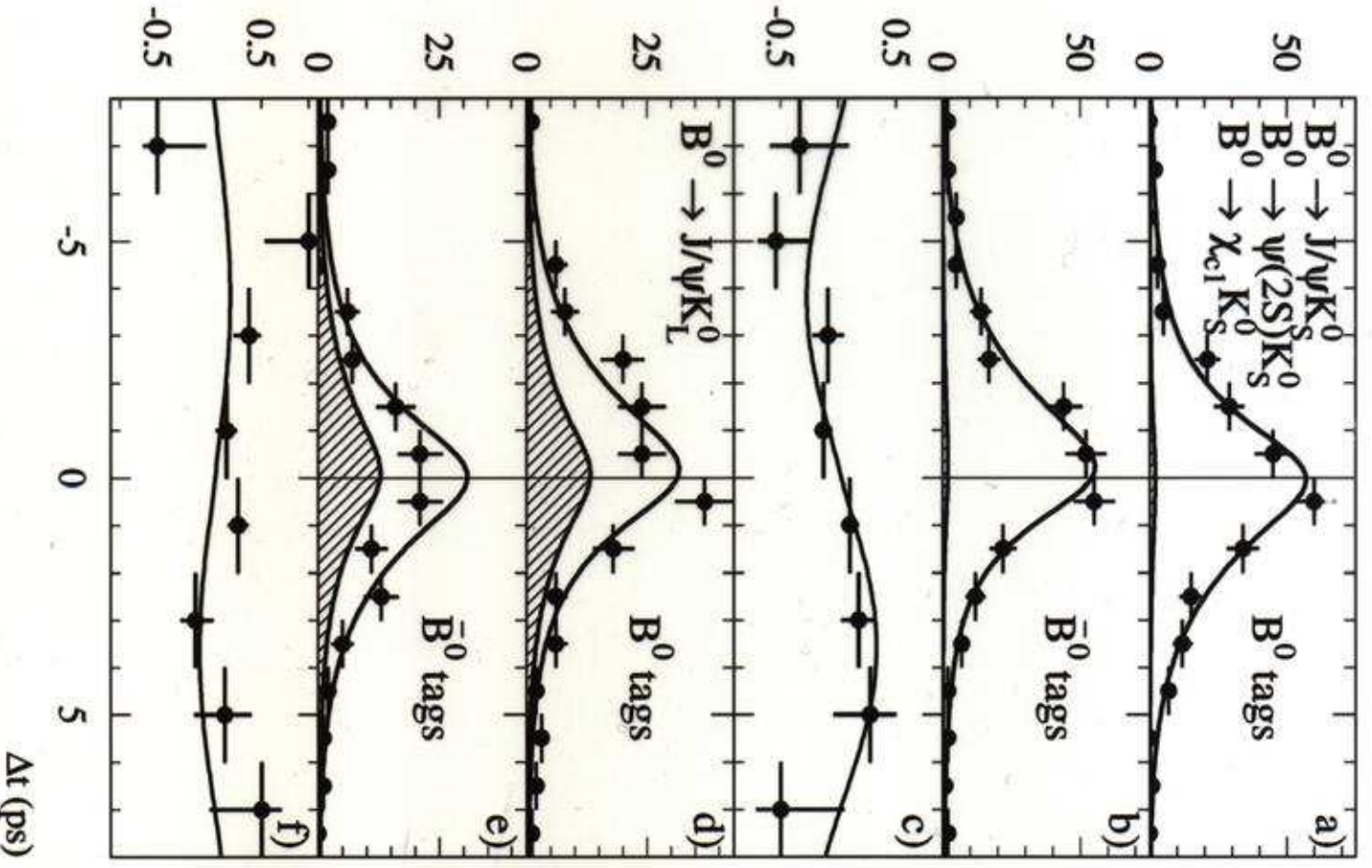


- sind möglich
- ⇒ die Zeitmessung fängt beim
Produktionsprozess an, es
gibt nur positive Zeiten
- ⇒ auch ohne Zeitrekonstruktion
ist keine integrierte
CP-Asymmetrie übrig bleiben

BABAR 2001

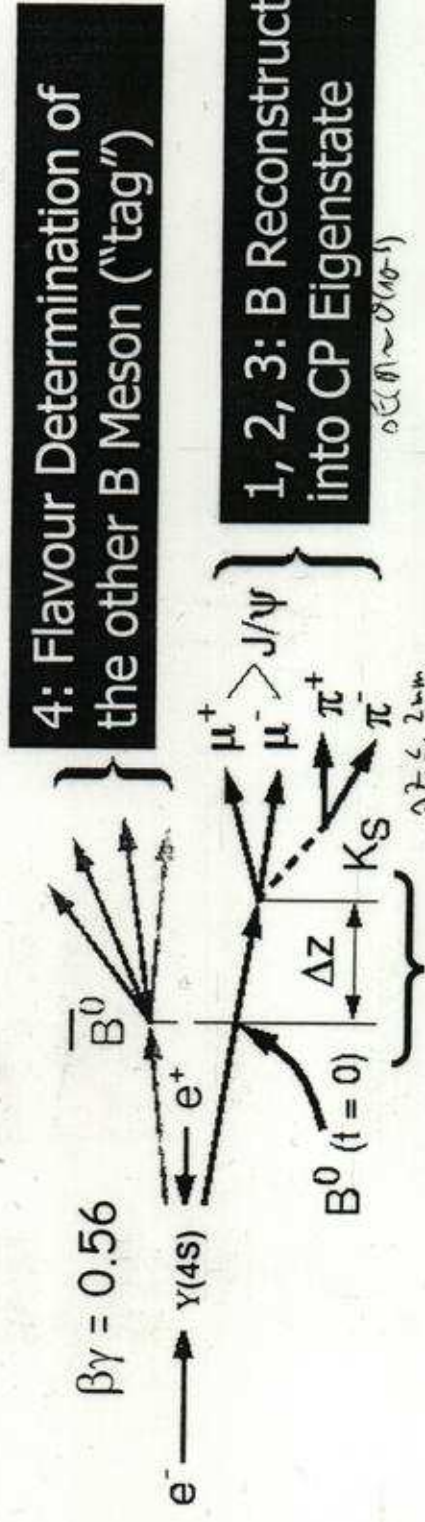
$$\sin 2\beta = 0.59 \pm 0.14 \pm 0.05$$

CP-VIOLATION IN
 $B^0 \bar{B}^0$ SYSTEM
 ESTABLISHED



Measurement of time-dependent CP-Asymmetry:

$$\tilde{A}(\Lambda\bar{1}) = \frac{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S^0) - \Gamma(B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0)}{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow J/\psi K_S^0) + \Gamma(B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0)} = D \cdot \sin 2\beta \cdot \int \sin(\Delta m \Delta t) \cdot r \cdot (\Lambda\bar{1} - \Delta t) d\Delta t$$



4: Flavour Determination of the other B Meson ("tag")

1, 2, 3: B Reconstruction into CP Eigenstate

6: Determination of $\Delta t = \Delta Z/\beta\gamma c$

5: Determination of the fraction w of mistags

7: Determination of the Δz resolution function

Dilution $D = (1-2w)$ reduces observed Asymmetry.

8: $\sin 2\beta$ Fit to both Time Distributions

45 Etkin's proceedings

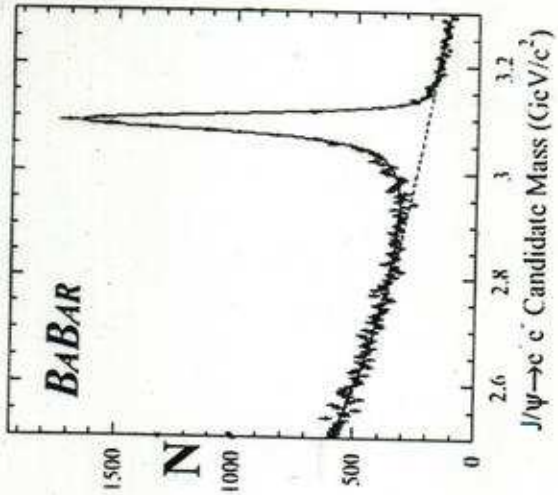
Event Selection in $B \rightarrow J/\psi K^0_S$,

2. K^0 Reconstruction

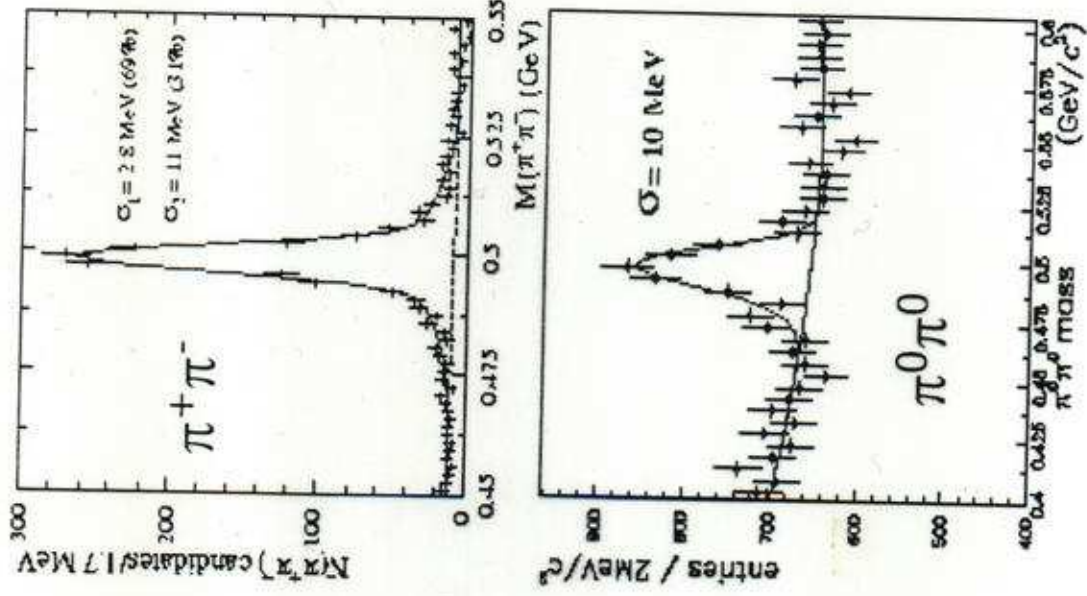
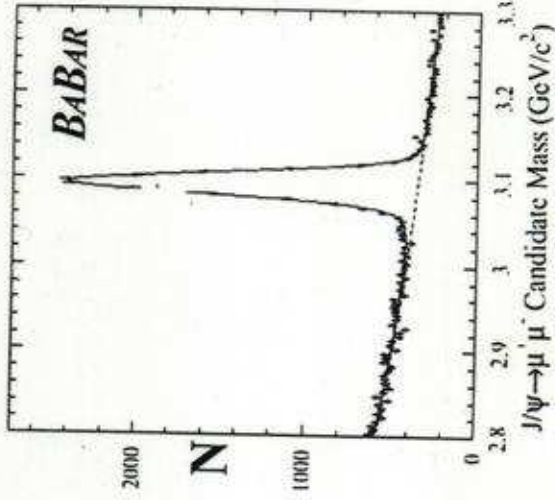


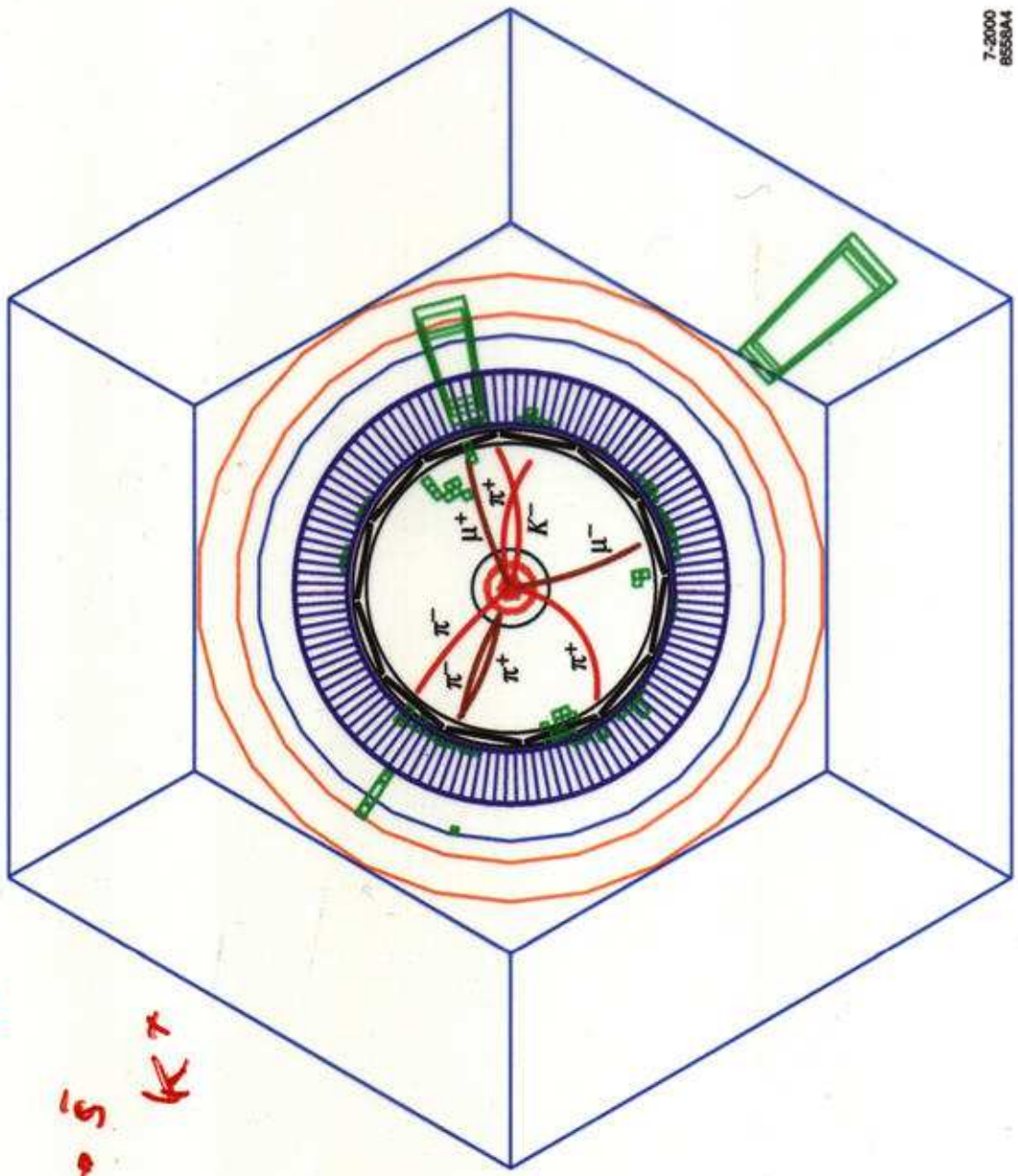
1. J/ψ Reconstruction

$$J/\psi \rightarrow e^+e^-$$



$$J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$$





$b \rightarrow c \rightarrow s$
 K^-

$\bar{b} \rightarrow \bar{c} \rightarrow \bar{s}$
 K^+

BABAR Detector

-  Muon/Hadron Detector
-  Magnet Coil
-  Electron/Photon Detector
-  Cherenkov Detector
-  Tracking Chamber
-  Support Tube
-  Vertex Detector



CP Violation in Interference between Oscillation and Decay

$$A = \frac{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow f_{CP}) - \Gamma(B^0 \rightarrow f_{CP})}{\Gamma(\bar{B}^0 \rightarrow f_{CP}) + \Gamma(B^0 \rightarrow f_{CP})}$$

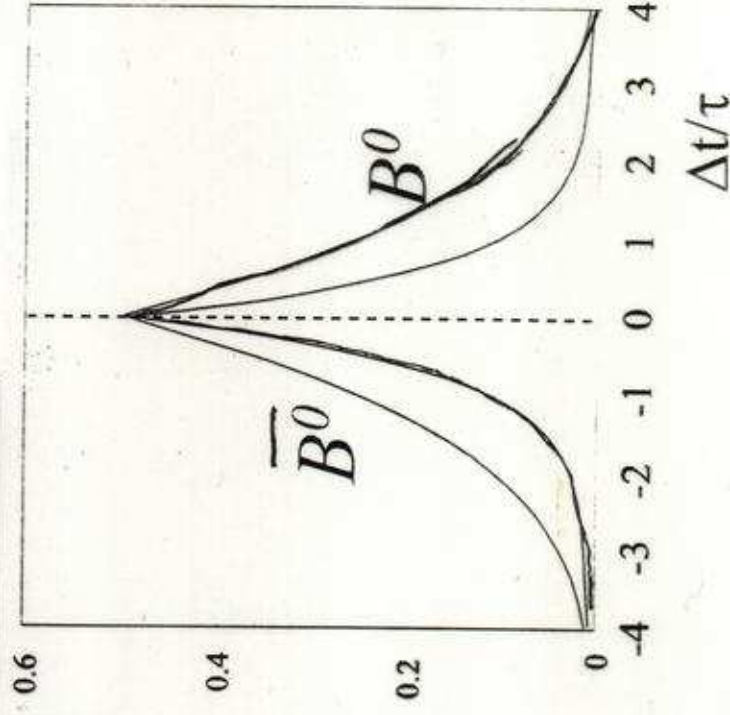
For $f_{CP} = J/\Psi(\pi^+\pi^-)_K$, $\eta_{CP} = -1$, St.M. predicts with small hadronic error:

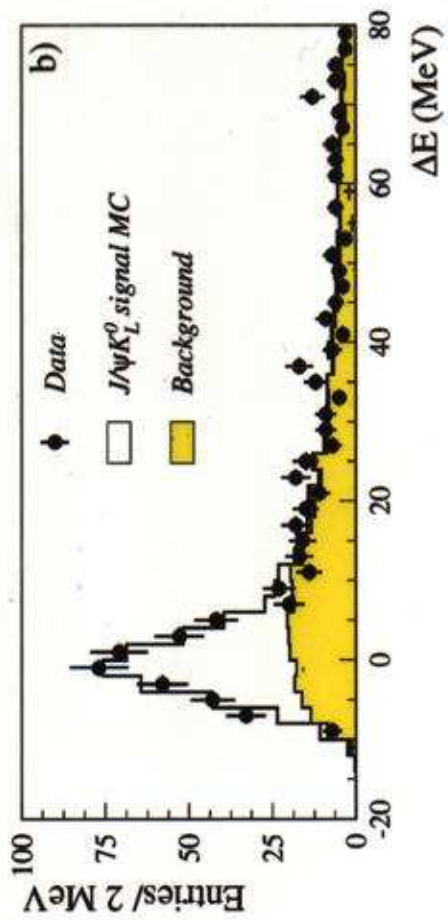
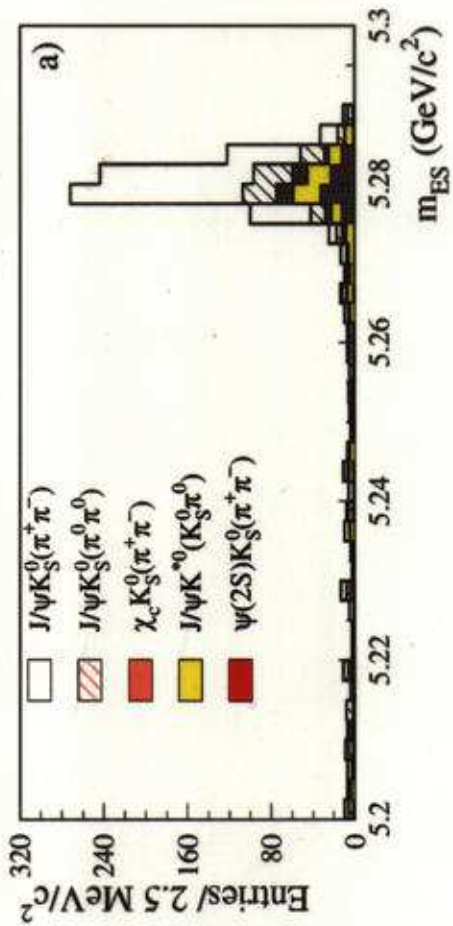
$$A = \sin 2\beta \cdot \sin[\Delta m(t_{Dec} - t_{Prod.})]$$

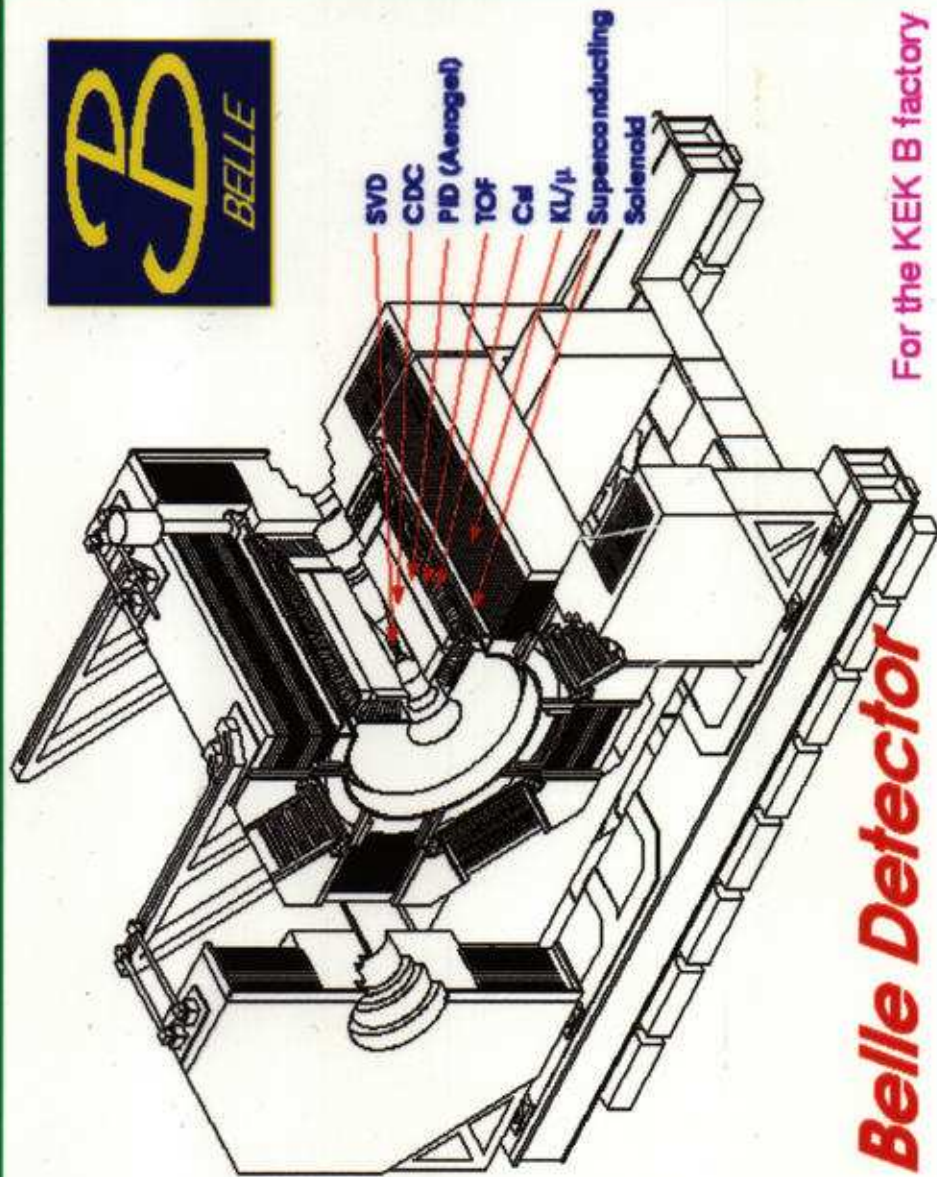
$Y(4S) \rightarrow (B^0\bar{B}^0 - \bar{B}^0B^0)$:

$$(t_{Dec} - t_{Prod.}) \Rightarrow (t_{Dec} - t_{Tag}) = \Delta t$$

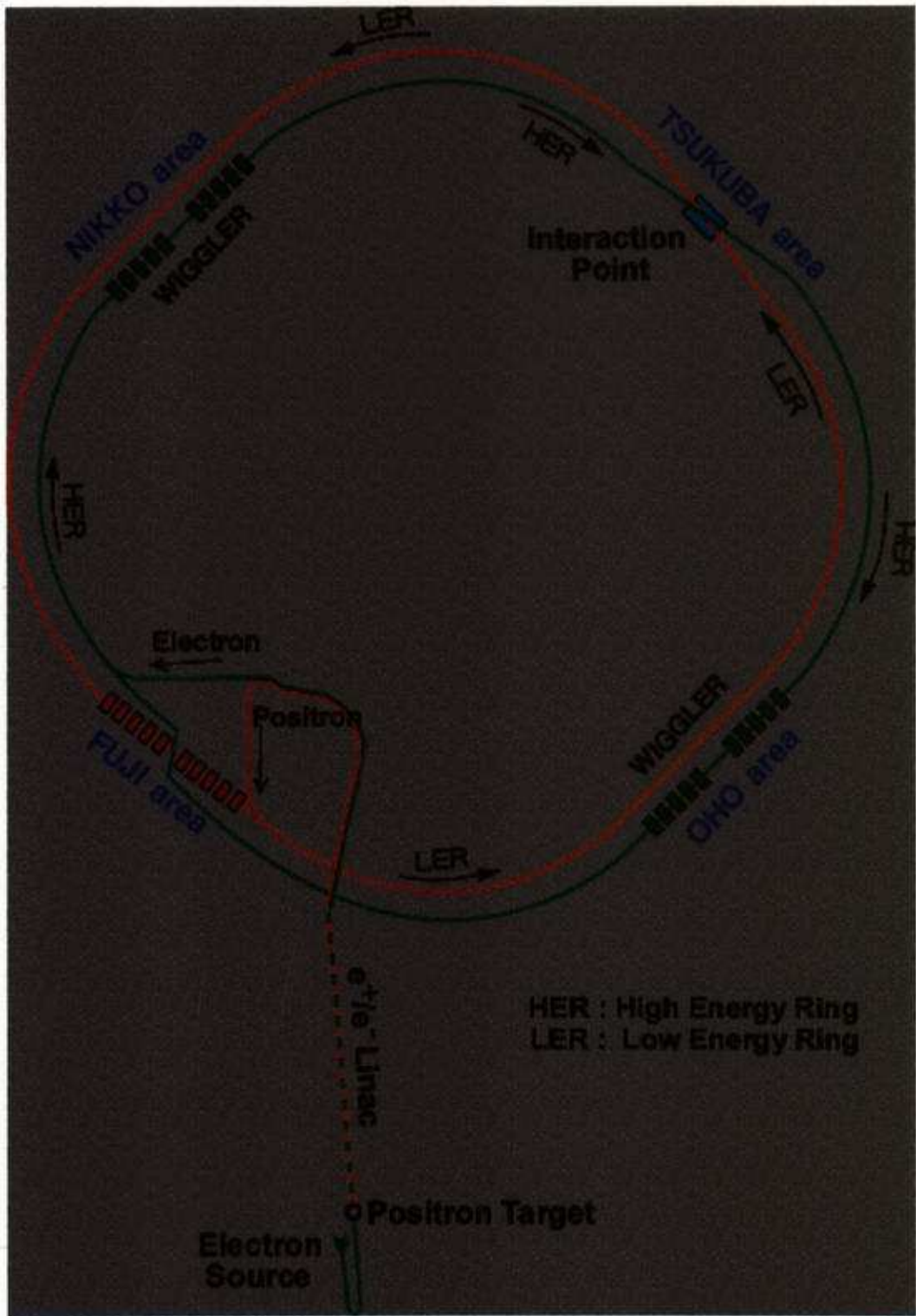
Integral of A over all Δt is zero \Rightarrow time dependent (and boosted) measurement necessary.

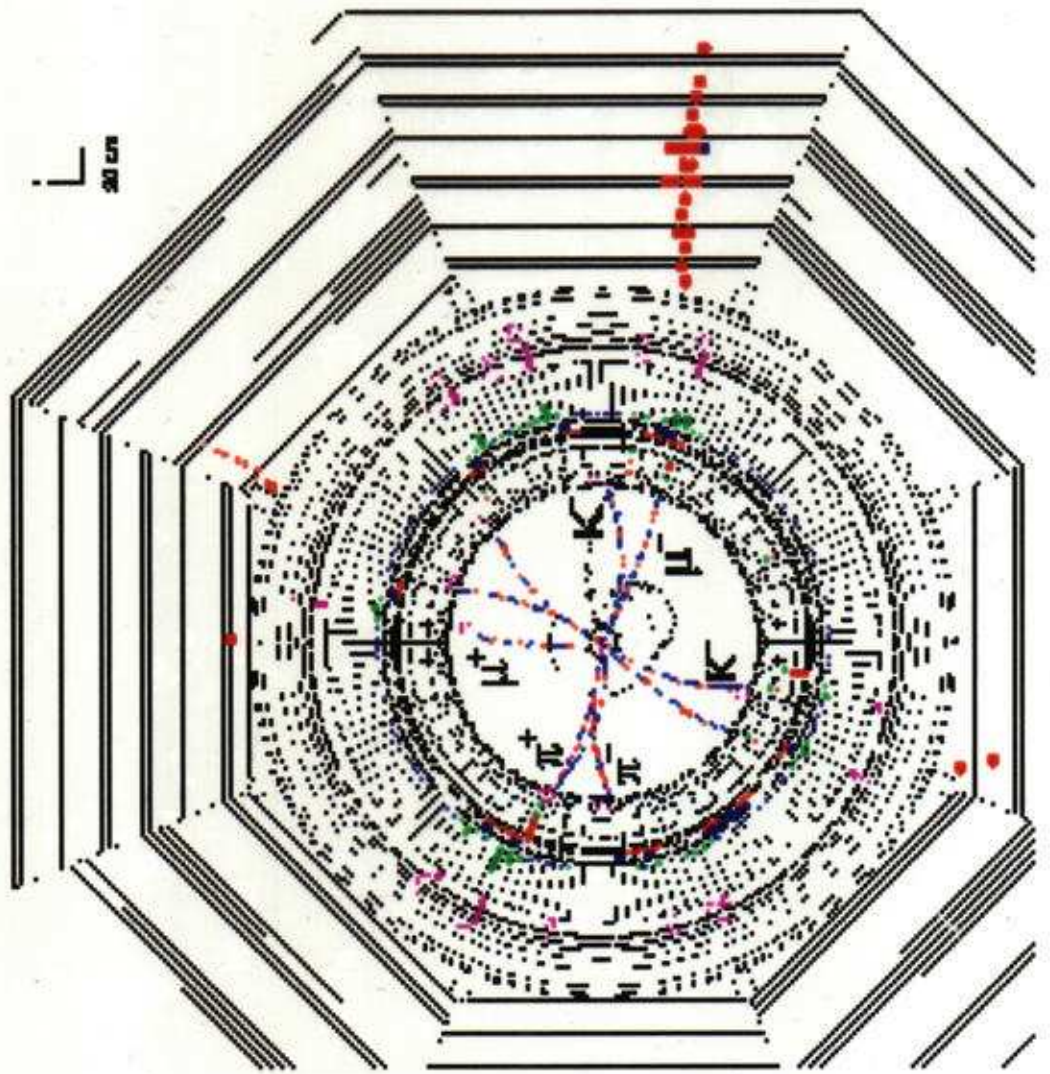


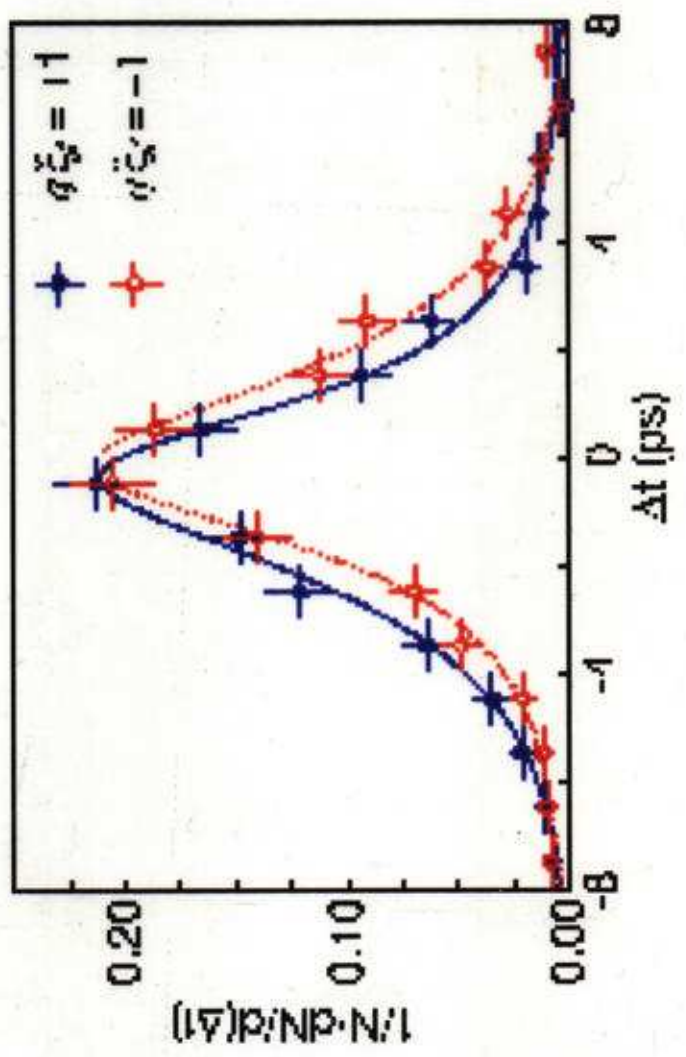


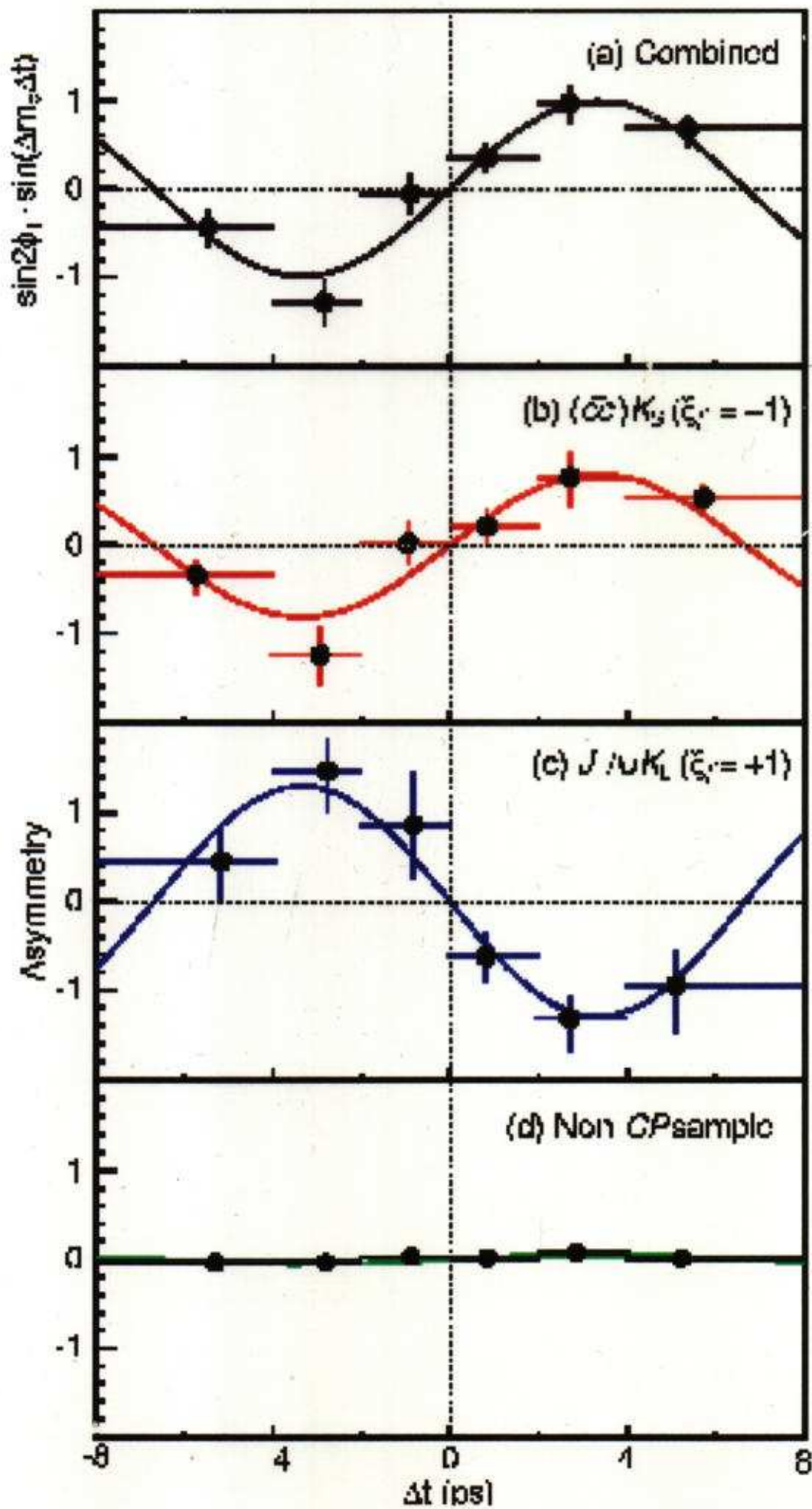


For the KEK B factory









wichtig:

Urknall - Modell:

symmetrischer Zustand

zwischen Materie und Antimaterie

heute Materie \gg Antimaterie

~~to~~ Symmetriebrechung benötigt

2 Inputs:

- Baryonzahlverletzung (nicht SM!)

- CP-Verletzung ist auch im SM möglich

\Rightarrow Ist der SM-Mechanismus stark genug und ausreichend, um das Materie / Antimaterie Ungleichgewicht im Universum zu erklären?

CP-Verletzung beruht auf

Interferenzeffekt.

$$|A + B|^2$$

$|A|^2$ bekannt

$|B|^2$ unbekannt

$2 \operatorname{Re} |A^* B|$ Interferenzt-
term