

Bestimmung des CKM-Matrixelementes $|V_{cb}|$

mittels der exklusiven B_0 -Zerfälle

$$B_0 \rightarrow D^{*-} l^+ \nu_l \text{ und } B_0 \rightarrow D^- l^+ \nu_l$$

Wolfgang Dungel

Institut für Hochenergiephysik
Österreichische Akademie der Wissenschaften
und
BELLE Collaboration

Herbstschule für Hochenergiephysik Maria Laach, 2007



Motivation

Bestimmung der CP-Verletzung in B-Systemen

Bedeutung der CP-Verletzung

- Kosmologie
- Neue Physik



Motivation

Bestimmung der CP-Verletzung in B-Systemen

Bedeutung der CP-Verletzung

- Kosmologie
- Neue Physik



Motivation

Bestimmung der CP-Verletzung in B-Systemen

Bedeutung der CP-Verletzung

- Kosmologie
- Neue Physik



Motivation

Bestimmung der CP-Verletzung in B-Systemen

Bedeutung der CP-Verletzung

- Kosmologie
- Neue Physik



Motivation

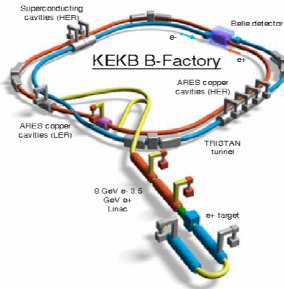
Bestimmung der CP-Verletzung in B-Systemen

Bedeutung der CP-Verletzung

- Kosmologie
- Neue Physik



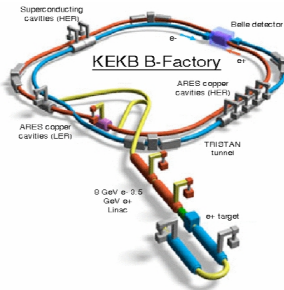
Beschleunigeranlage bei Tsukuba, Japan



KEK-B Beschleuniger

- Asymmetrischer $e^- - e^+$ Ringbeschleuniger
- Schwerpunktsenergie: $\sqrt{s} = Y(4S) (\approx 10.5 \text{ GeV})$

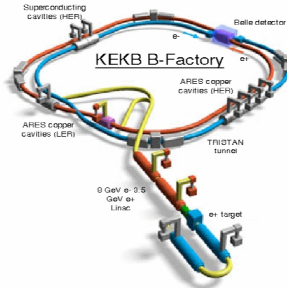
Beschleunigeranlage bei Tsukuba, Japan



KEK-B Beschleuniger

- Asymmetrischer $e^- - e^+$ Ringbeschleuniger
- Schwerpunktsenergie: $\sqrt{s} = Y(4S) (\approx 10.5 \text{ GeV})$

Beschleunigeranlage bei Tsukuba, Japan

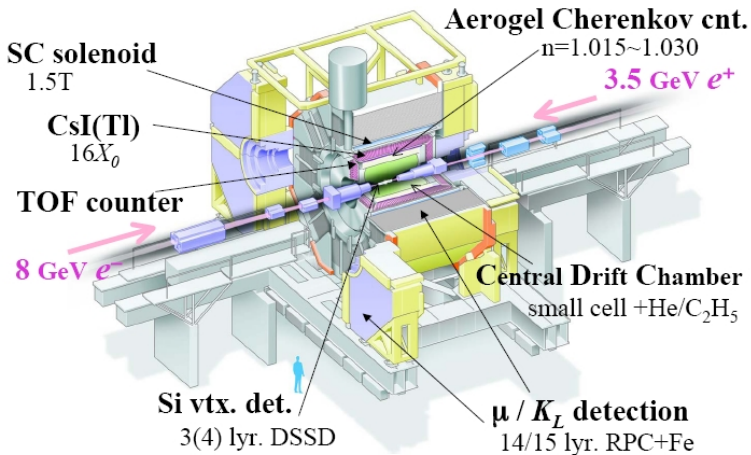


KEK-B Beschleuniger

- Asymmetrischer $e^- - e^+$ Ringbeschleuniger
- Schwerpunktsenergie: $\sqrt{s} = Y(4S) (\approx 10.5 \text{ GeV})$



Schema des BELLE Detektors



Einige Daten zu BELLE

In Betrieb:

- Anfang 2000 - (?)2009(?)

“superBELLE”:

- Möglicherweise ...
- ab \approx 2011

Peak Luminosität:

- $L_{peak} = 1.56 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (156% des design Wertes!)

Integrierte Luminosität, Mitte 2007:

- $\mathcal{L} = 700 \text{ fb}^{-1} \approx 6,8 \times 10^8 \text{ B-Paare}$



Einige Daten zu BELLE

In Betrieb:

- Anfang 2000 - (?)2009(?)

“superBELLE”:

- Möglicherweise ...
- ab \approx 2011

Peak Luminosität:

- $L_{peak} = 1.56 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (156% des design Wertes!)

Integrierte Luminosität, Mitte 2007:

- $\mathcal{L} = 700 \text{ fb}^{-1} \approx 6,8 \times 10^8 \text{ B-Paare}$



Einige Daten zu BELLE

In Betrieb:

- Anfang 2000 - (?)2009(?)

“superBELLE”:

- Möglicherweise ...
- ab \approx 2011

Peak Luminosität:

- $L_{peak} = 1.56 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (156% des design Wertes!)

Integrierte Luminosität, Mitte 2007:

- $\mathcal{L} = 700 \text{ fb}^{-1} \approx 6,8 \times 10^8 \text{ B-Paare}$



Einige Daten zu BELLE

In Betrieb:

- Anfang 2000 - (?)2009(?)

“superBELLE”:

- Möglicherweise ...
- ab \approx 2011

Peak Luminosität:

- $L_{peak} = 1.56 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (**156% des design Wertes!**)

Integrierte Luminosität, Mitte 2007:

- $\mathcal{L} = 700 \text{ fb}^{-1} \approx 6,8 \times 10^8 \text{ B-Paare}$



Einige Daten zu BELLE

In Betrieb:

- Anfang 2000 - (?)2009(?)

“superBELLE”:

- Möglicherweise ...
- ab \approx 2011

Peak Luminosität:

- $L_{peak} = 1.56 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, (156% des design Wertes!)

Integrierte Luminosität, Mitte 2007:

- $\mathcal{L} = 700 \text{ fb}^{-1} \approx 6,8 \times 10^8 \text{ B-Paare}$



Allgemeines

Semileptonische B_0 -Zerfälle

Untersuchen die Zerfälle

- $B_0 \rightarrow D^{*-} l^+ \nu_l$
- $B_0 \rightarrow D^- l^+ \nu_l$
- l ... leichte Leptonen
- $l \in \{e^\pm, \mu^\pm\}$



Physikalische Observable und HQET

Zerfallsbreite Γ

$$\Gamma(B_0 \rightarrow D^* l \nu) \propto |V_{cb}|^2$$

Heavy Quark Effective Theory

Parametrisierung der Formfaktoren der starken WW

$$\frac{d \dots \Gamma}{dq^2 d \dots} \propto f(q^2, \dots; \rho^2, R_1, R_2)$$

$$\{\rho^2, R_1, R_2\} = \{\mathcal{P}_{HQET}\}$$

Bisherige Analysen

$\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ wurde erst zweimal bestimmt:

CLEO 1996, BABAR 2006



Physikalische Observable und HQET

Zerfallsbreite Γ

$$\Gamma(B_0 \rightarrow D^* l \nu) \propto |V_{cb}|^2$$

Heavy Quark Effective Theory

Parametrisierung der Formfaktoren der starken WW

$$\frac{d\Gamma}{dq^2 d\dots} \propto f(q^2, \dots; \rho^2, R_1, R_2)$$

$$\{\rho^2, R_1, R_2\} = \{\mathcal{P}_{HQET}\}$$

Bisherige Analysen

$\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ wurde erst zweimal bestimmt:

CLEO 1996, BABAR 2006



Physikalische Observable und HQET

Zerfallsbreite Γ

$$\Gamma(B_0 \rightarrow D^* l \nu) \propto |V_{cb}|^2$$

Heavy Quark Effective Theory

Parametrisierung der Formfaktoren der starken WW

$$\frac{d \dots \Gamma}{dq^2 d \dots} \propto f(q^2, \dots; \rho^2, R_1, R_2)$$

$$\{\rho^2, R_1, R_2\} = \{\mathcal{P}_{HQET}\}$$

Bisherige Analysen

$\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ wurde erst zweimal bestimmt:

CLEO 1996, BABAR 2006



Physikalische Observable und HQET

Zerfallsbreite Γ

$$\Gamma(B_0 \rightarrow D^* l \nu) \propto |V_{cb}|^2$$

Heavy Quark Effective Theory

Parametrisierung der Formfaktoren der starken WW

$$\frac{d \dots \Gamma}{dq^2 d \dots} \propto f(q^2, \dots; \rho^2, R_1, R_2)$$

$$\{\rho^2, R_1, R_2\} = \{\mathcal{P}_{HQET}\}$$

Bisherige Analysen

$\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ wurde erst zweimal bestimmt:

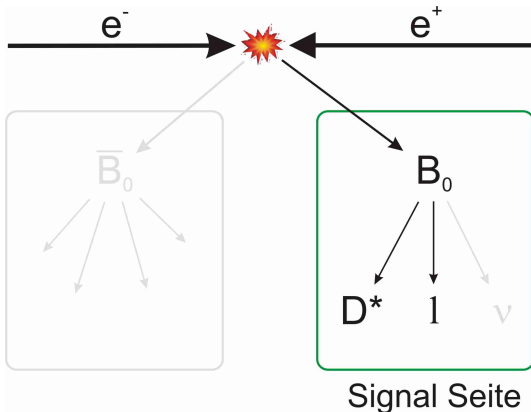
CLEO 1996, BABAR 2006



Analyseansätze - 1

Skizze

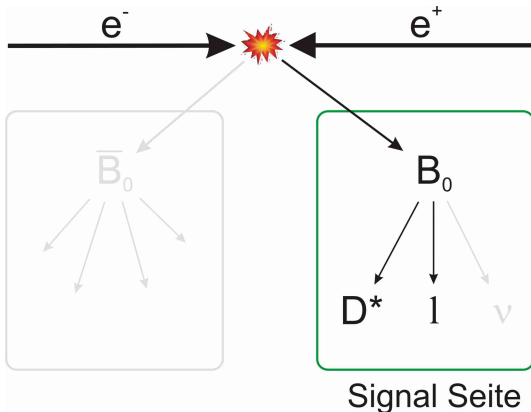
“Klassische” Analyse: Nur die Signalseite wird rekonstruiert



Analyseansätze - 1

Skizze

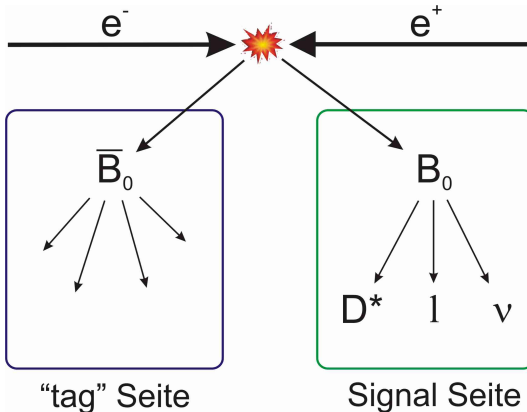
“Klassische” Analyse: Nur die Signalseite wird rekonstruiert



Analyseansätze - 2

Skizze

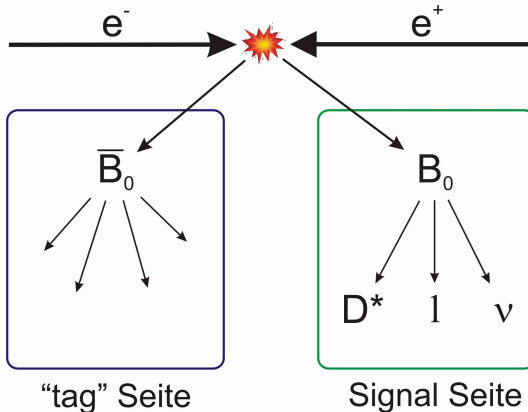
“Full recon” Analyse: Gesamtes Ereignis wird rekonstruiert



Analyseansätze - 2

Skizze

“Full recon” Analyse: Gesamtes Ereignis wird rekonstruiert



Plan der Analyse

Plan

Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- Rekonstruktion der “tag”-Seite
- Machbarkeitsstudie
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Plan der Analyse

Plan

Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- Rekonstruktion der “tag”-Seite
- Machbarkeitsstudie
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Plan der Analyse

Plan

Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- **Rekonstruktion der “tag”-Seite**
- Machbarkeitsstudie
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Plan der Analyse

Plan

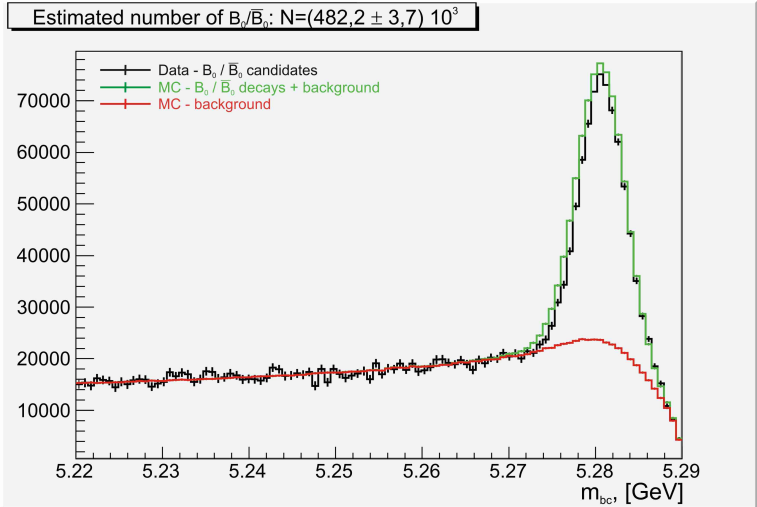
Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- Rekonstruktion der “tag”-Seite
- Machbarkeitsstudie
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Rekonstruktion der “tag”-Seite



Plan der Analyse

Plan

Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- Rekonstruktion der “tag”-Seite
- Machbarkeitsstudie
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Plan der Analyse

Plan

Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- Rekonstruktion der “tag”-Seite
- **Machbarkeitsstudie**
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Plan der Analyse

Plan

Verwenden der “Full recon”-Methode

Ablauf

- Rekonstruktion der “tag”-Seite
- Machbarkeitsstudie
- Rekonstruktion
- Bestimmen von $\{\mathcal{P}_{HQET}\}$ und $|V_{cb}|$



Zusammenfassung

- Ziel ist eine Präzisionsmessung von semileptonischen B_0 Zerfällen.
- Zu berechnende Größen: Parameter der HQET und das CKM-Matrixelement $|V_{cb}|$.
- Analyse der Daten des BELLE Experimentes.
- Überlegungen ein “Full recon” Verfahren (schlechtere Statistik, bessere Systematik) anzuwenden.

Ausblick

- Verwendbarkeit der “Full recon”-Methode wird untersucht.
- Rekonstruktion der semileptonischen B_0 Zerfällen.



Zusammenfassung

- Ziel ist eine **Präzisionsmessung** von **semileptonischen B_0 Zerfällen**.
- Zu berechnende Größen: Parameter der HQET und das CKM-Matrixelement $|V_{cb}|$.
- Analyse der Daten des BELLE Experimentes.
- Überlegungen ein “Full recon” Verfahren (schlechtere Statistik, bessere Systematik) anzuwenden.

Ausblick

- Verwendbarkeit der “Full recon”-Methode wird untersucht.
- Rekonstruktion der semileptonischen B_0 Zerfällen.



Zusammenfassung

- Ziel ist eine Präzisionsmessung von semileptonischen B_0 Zerfällen.
- Zu berechnende Größen: Parameter der **HQET** und das CKM-Matrixelement $|V_{cb}|$.
- Analyse der Daten des BELLE Experimentes.
- Überlegungen ein “Full recon” Verfahren (schlechtere Statistik, bessere Systematik) anzuwenden.

Ausblick

- Verwendbarkeit der “Full recon”-Methode wird untersucht.
- Rekonstruktion der semileptonischen B_0 Zerfällen.



Zusammenfassung

- Ziel ist eine Präzisionsmessung von semileptonischen B_0 Zerfällen.
- Zu berechnende Größen: Parameter der HQET und das CKM-Matrixelement $|V_{cb}|$.
- Analyse der Daten des **BELLE Experimentes**.
- Überlegungen ein “Full recon” Verfahren (schlechtere Statistik, bessere Systematik) anzuwenden.

Ausblick

- Verwendbarkeit der “Full recon”-Methode wird untersucht.
- Rekonstruktion der semileptonischen B_0 Zerfällen.



Zusammenfassung

- Ziel ist eine Präzisionsmessung von semileptonischen B_0 Zerfällen.
- Zu berechnende Größen: Parameter der HQET und das CKM-Matrixelement $|V_{cb}|$.
- Analyse der Daten des BELLE Experimentes.
- Überlegungen ein **“Full recon” Verfahren** (schlechtere Statistik, bessere Systematik) anzuwenden.

Ausblick

- Verwendbarkeit der “Full recon”-Methode wird untersucht.
- Rekonstruktion der semileptonischen B_0 Zerfällen.



Zusammenfassung

- Ziel ist eine Präzisionsmessung von semileptonischen B_0 Zerfällen.
- Zu berechnende Größen: Parameter der HQET und das CKM-Matrixelement $|V_{cb}|$.
- Analyse der Daten des BELLE Experimentes.
- Überlegungen ein “Full recon” Verfahren (schlechtere Statistik, bessere Systematik) anzuwenden.

Ausblick

- Verwendbarkeit der “Full recon”-Methode wird untersucht.
- Rekonstruktion der semileptonischen B_0 Zerfällen.



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Referenzen I



M. Neubert

Heavy Quark Symmetry.

Physics Reports (1994) 893; SLAC-PUB-6263.



J.D. Richman, P.R. Burchat

Leptonic and Semileptonic Decays of Charm and Bottom Hadrons.

Rev.Mod.Phys. **67**, 893 (1995); Stanford-HEP-95-01.



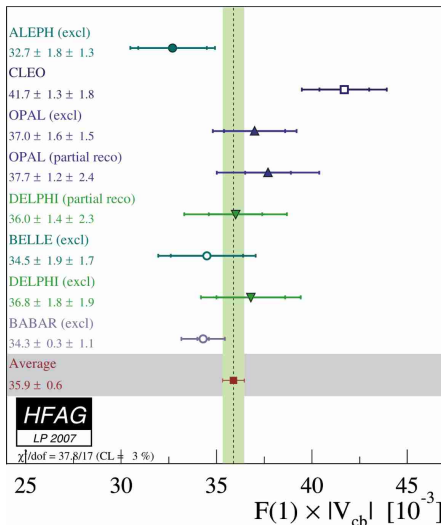
BABAR Collaboration.

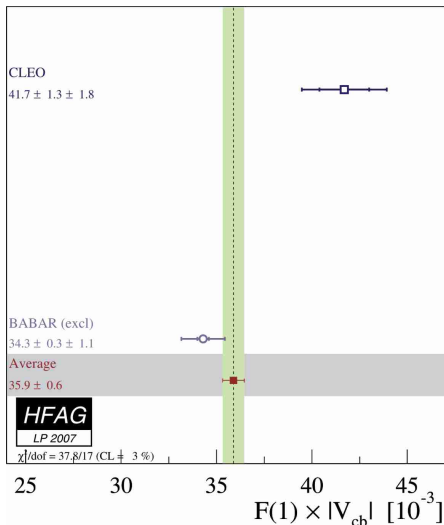
Determination of the Form Factors for the Decay

$B_0 \rightarrow D^{*-} l^+ \nu_l$ and of the CKM Matrix Element $|V_{cb}|$.

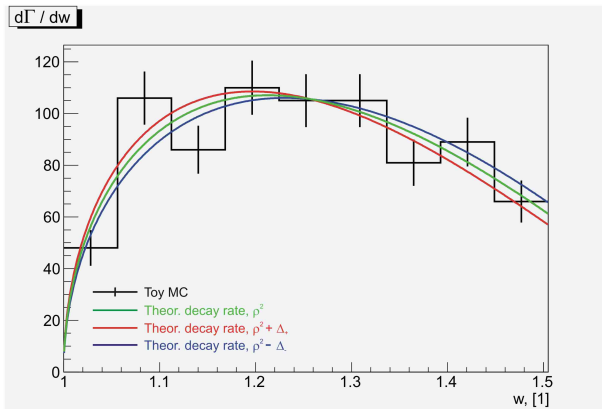
arXiv: hep-ex/0607076.



Bisherige Ergebnisse für $|V_{cb}|$ 

Bisherige Ergebnisse für $|V_{cb}|$ 

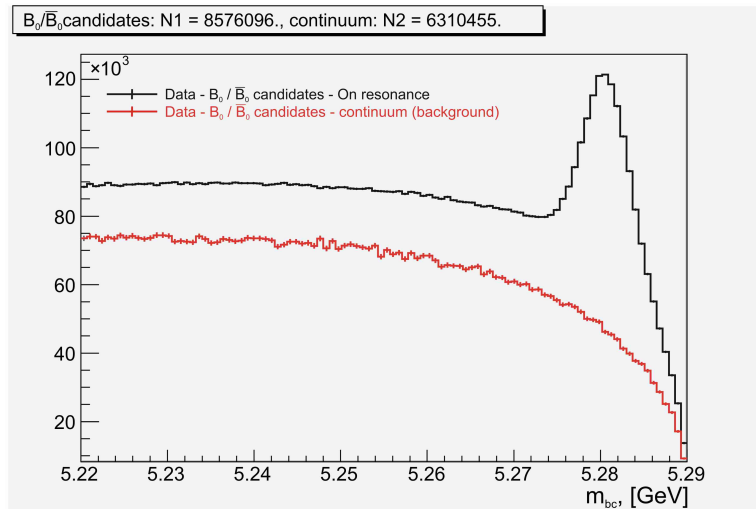
Machbarkeitsstudie



“Toy Monte Carlo”

- Abschätzung von $\sigma_{\{P_{HQET}\}}^{stat}$
- Abschätzung von $\sigma_{|V_{cb}|}^{stat}$

Rekonstruktion der “tag”-Seite



Bestimmung des CKM-Matrixelementes $|V_{cb}|$

mittels der exklusiven B_0 -Zerfälle

$$B_0 \rightarrow D^{*-} l^+ \nu_l \text{ und } B_0 \rightarrow D^- l^+ \nu_l$$

Wolfgang Dungenl

Institut für Hochenergiephysik
Österreichische Akademie der Wissenschaften
und
BELLE Collaboration

Herbstschule für Hochenergiephysik Maria Laach, 2007

