



Doctoral Thesis

Measurement of the $\Lambda_0 b$ baryon lifetime using the compact muon solenoid experiment at Cern's Large Hadron Collider

Author(s):

Meier Aeschbacher, Frank

Publication Date:

2013

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010019758> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH No. 21234

Measurement of the Λ_b^0 baryon lifetime using the Compact Muon Solenoid experiment at Cern's Large Hadron Collider

A dissertation submitted to

ETH ZÜRICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

FRANK MEIER AESCHBACHER

Diploma in Physics, ETH Zürich

Date of birth

March 28, 1968

citizen of

Waltenschwil (AG)

accepted on the recommendation of

Günther Dissertori

Roland Horisberger

2013

Zusammenfassung

Diese Doktorarbeit berichtet über eine Messung der mittleren Lebensdauer des Λ_b^0 -Baryons im Zerfallskanal $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi \Lambda^0$ in Proton-Proton-Kollisionen bei $\sqrt{s} = 7$ TeV, aufgezeichnet mit dem CMS-Experiment am Large Hadron Collider des Cern. Die Ereignisse wurden mit einem Trigger ausgewählt, der Ereignisse mit zwei Müonen filtert, deren invariante Masse um den Bereich des J/ψ -Mesons liegen. Dieser Trigger hat keinen Einfluss auf die Fluglänge des Kandidatenteilchens. Die Rekonstruktion der Ereignisse benutzt die Technik des *kinematischen Vertexfit* um alle auf Ereignisebene zur Verfügung stehenden Observablen zu berücksichtigen. Dabei werden Randbedingungen an die Zerfallsvertices und die Massen der Tochterpartikeln festgelegt. Die herausragende Messauflösung des CMS-Trackers wurde in Studien bestätigt, welche dem Detektor eine Zerfallszeitauflösung bei Einzelereignissen von etwa 0.08 ps bescheinigen. Die Rekonstruktionseffizienz als Funktion der gemessenen Zerfallszeit und die Einflüsse von systematischen Fehlern im Alignment wurden mit simulierten Daten untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass keine Effizienzkorrektur notwendig war um präzise Ergebnisse zu erhalten. Die mittlere Lebensdauer wurde mit einem mehrdimensionalen Fit an die Verteilungen der invarianten Masse, der Zerfallszeit und dem Fehler der Messung bestimmt. Die Robustheit dieses Fits auf veränderte Zusammensetzungen der Untergrundereignisse wurde untersucht und bestätigt. Zur Sicherstellung der Stabilität der Ergebnisse gegenüber Auswahlkriterien wurde der Datensatz in unterschiedliche Partitionen zerteilt. Es konnten keine nennenswerten Abweichungen festgestellt werden.

Es wurde eine mittlere Lebensdauer des Λ_b^0 -Baryons von $1.503 \pm 0.052 \pm 0.031$ ps gemessen. Der Datensatz enthielt 1013 ± 40 Ereignisse im Signalpeak. Die Messung ergab eine invariante Masse von 5619.7 ± 0.5 MeV/ c^2 . Der kinematisch sehr ähnliche Zerfallskanal $B^0 \rightarrow J/\psi K_s$ diente als Quervergleich. Die gemessene Lebensdauer des B^0 -Mesons beträgt $1.526 \pm 0.019 \pm 0.017$ ps. Alle Ergebnisse stehen im Einklang zu den gegenwärtig besten Messungen der letzten Jahre und bestätigen den Trend hin zu längeren Lebensdauern, übereinstimmend mit den frühesten theoretischen Voraussagen zum Thema.

Diese Arbeit berichtet zudem über einige Aspekte der Detektorkalibration, dem Alignment des CMS-Trackers unter Benutzung des Millepede-II Alignmentalgorithmus. Speziell die Erweiterung des Verfahrens auf verbogene Module wird beschrieben. Die Studien über Einflüsse durch Unsicherheiten im Alignment auf die Λ_b^0 -Messung wurde mit standardisierten verzerrten Geometrien durchgeführt. Damit konnte die Unsicher-

Zusammenfassung

heit durch Alignment auf ein beinahe zu vernachlässigendes Niveau reduziert werden. Diese Methode mag künftig eine Grundlage für die Bestimmung der systematischen Ungewissheit durch Alignment sein.

Abstract

This thesis presents a measurement of the Λ_b^0 lifetime using the decay $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi\Lambda^0$ in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the CMS experiment at Cern's Large Hadron Collider. The events have been collected using a trigger that selects dimuon events in the J/ψ mass region without imposing any bias to the flight-length of the J/ψ candidate. The individual event reconstruction uses kinematic vertex fit techniques to make best use of all observables and applies constraints to selected vertices and masses. The excellent resolution of the CMS tracker has been confirmed, leading to a single event proper decay time resolution of about 0.08 ps. The efficiency as a function of the proper decay time and alignment effects have been studied with simulated data to control possible systematic effects. No efficiency correction was needed to get the final result, supporting the performance of the CMS detector. The final result has been extracted using a simultaneous multi-dimensional fit to the invariant-mass, proper decay time and per-event error. This fit has been validated and has been shown to be immune to changes in the background composition within uncertainties. Cross-checks using dataset divisions have been carried out and did not show any notable deviation beyond uncertainties.

The Λ_b^0 lifetime is measured to be $1.503 \pm 0.052 \pm 0.031$ ps, determined from 1013 ± 40 events in the signal peak, and the invariant mass is measured to be 5619.7 ± 0.5 MeV/ c^2 . The kinematically similar decay $B^0 \rightarrow J/\psi K_s$ has been used as a control channel. The lifetime of B^0 is measured to be $1.526 \pm 0.019 \pm 0.017$ ps, determined from 6772 ± 87 events. All these results agree with the current world average and confirm the trend towards longer Λ_b^0 lifetimes, in better agreement with the early theoretical predictions.

In addition, this thesis covers selected aspects of the track-based alignment of the CMS tracker using the Millepede-II alignment algorithm, including the extension of the procedure to align for small geometric deviations of the module shapes. The study of systematic misalignment effects to the lifetime analysis was carried out using standardised systematic distortions and the effect was tested using the full reconstruction chain of the analysis. This reduced the systematic uncertainty from alignment to almost negligible levels. This technique might be used as a baseline for future studies of systematic misalignment effects to physics analyses.