

1 Datenselektion

Dieses Kapitel beschreibt die notwendigen Schritte, um aus den Rohdaten des Detektors einen analysierbaren Datensatz (ein sog. NTupel) herzustellen. Wichtig ist dabei, den Datensatz von möglichst viel Untergrund zu bereinigen ohne sein eigentliches Signal zu verlieren.

1.1 Bereitgestellter Datensatz

Die in dieser Arbeit verwendeten Daten entstammen aus Proton-Proton-Kollisionen und wurden im Jahre 2012 vom LHCb-Detektor bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 8\text{TeV}$ aufgenommen. Die integrierte Luminosität beträgt ca. 2fb^{-1} . Vom Betreuer wurde ein vorgefertigter Datensatz zur Verfügung gestellt. Wesentliche Schritte bei der Erstellung waren die Rekonstruktion der Ereignisse mittels der Software BRUNEL sowie der Analyse mit dem Programm DA VINCI. Dabei findet zur Reduzierung des Untergrunds eine Vorselektion ab, die Stripping genannt wird. Die Software selbst bietet für jeden Zerfallskanal entsprechende Sätze von Selektionskriterien an. Die hier Verwendeten werden in Kapitel betrachtet.

1.2 Selektionskriterien

Wie bereits erwähnt, erfolgt die Reduzierung des Untergrunds in mehreren Schritten, die nun im Folgenden erläutert werden.

1.2.1 Trigger

Den ersten Schritt bildet das Trigger-System, das schon während der Datennahme die Ereignisse sondiert. Der LHCb-Detektor verwendet dabei ein dreistufiges System: Der hardwarebasierte „L0 Trigger“ reduziert die Ereignisrate von 40MHz auf 1MHz. Im Anschluss folgt der zweiteilige, softwarebasierte „High Level Trigger“ (HLT), der die Ereignisrate schlussendlich auf 2kHz reduziert.[14]

Es stehen für verschiedenste Bedürfnisse diverse sogenannte „Trigger-Linien“ zur Verfügung. Die in dieser Analyse verwendeten Linien entsprechen denen der 2011 Analyse [5] und wurden wie folgt gewählt:

L0 Trigger

Hier wird keine spezielle Entscheidung benötigt.

High Level Trigger 1 (HLT1)

Hier wird die `HltDiMuonHighMassDecision` gewählt. Diese greift - wie der Name schon suggeriert - lediglich auf die Spuren der Myonen zurück, sodass nur das vom B_d^0 ausgesandte $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ für den Trigger verantwortlich ist. Es werden hierbei zur Selektion die Qualität des $J\Psi$ -Vertex, die Myonen-Spuren, sowie die Masse und der (Transversal)Impuls des $J\Psi$ berücksichtigt. Die `HltDiMuonHighMassDecision` erzeugt kein Bias auf die Lebensdauer des B_d^0 -Mesons.

High Level Trigger 2 (HLT2)

In dieser Analyse werden zwei unterschiedliche Linien verwendet. Zur Bestimmung der Detektorauflösung wird die `Hlt2DiMuonJPsiDecision` verwendet, die ähnliche Variablen wie beim HLT1 verwendet und somit auch kein Bias erzeugt. Für die reguläre Analyse wird jedoch die `Hlt2DiMuonDetachedJPsiDecision` verwendet, die zusätzlich die Signifikanz der Zerfallszeit eines J/Ψ berücksichtigt. Dadurch kommt es jedoch zu einem Bias der Lebensdauer. Der Vorteil dieser Triggerwahl liegt jedoch darin, dass mehr Statistik zur Verfügung steht.

1.2.2 Stripping

Bei der Erstellung des Datensatzes verwendete der Betreuer für das Stripping die Softwareversion Stripping20r0p1. Es wird nun überprüft, welche Selektionskriterien dabei verwendet wurden. Für die Auswahl des J/Ψ wurde auf den Kriteriensatz `StdMassConstrainedJpsi2MuM` zurückgegriffen, für das K_s^0 auf `StdLooseKsDD` sowie beim B_d^0 auf `BetaSBd2JpsiKsDetachedLine` in der regulären Analyse bzw. `BetaSBd2JpsiKsPrescaledLine` zur Bestimmung der Eigenzeitauflösung. Die in diesen Sätzen enthaltenen Kriterien sind in Tabelle 1.1 aufgeführt.

In der Tabelle bezeichnen M die rekonstruierte Masse, p den Impuls sowie p_T den Transversalimpuls eines Teilchens. Zur Rekonstruktion werden weiterhin Spuren an die Detektortreffer gefittet. Um eine Aussage über die Güte des Fits zu erhalten, betrachtet man hier das entsprechende auf die Zahl der Freiheitsgrade (nDoF) normierte χ_{track}^2 . Analog gilt dies für die Rekonstruktion der Vertices (χ_{track}^2). Je näher das reduzierte χ^2 der 1 kommt, desto besser ist der Fit. IP steht für den Stoßparameter und $\Delta \ln \mathcal{L}_{\mu\pi}$ ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, ein Myon als Pion zu interpretieren und umgekehrt. Ist der Wert größer als Null, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Teilchen ein Myon ist größer, als diejenige, ein Pion zu sein.

1.2.3 Downstream Spuren

?? Für die Rekonstruktion der J/Ψ werden ausschließlich „Long“-Spuren verwendet. Diese passieren das gesamte Rekonstruktionssystem. Durch die relativ lange Lebensdauer des K_s^0 kommt es in etwa 2/3 der Fälle vor, dass der VELO dieses nicht mehr registriert. Hinterlassen Teilchen nur in den TT und T Stationen Spuren, so spricht man

Tabelle 1.1: Im Stripping verwendete Kriterien zur Selektion von B_d^0 , J/Ψ und K_s^0

Zerfall	Variable	Wert
$B_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0$	$M(B_d^0)$	$\in [5150, 5550] \text{MeV}/c^2$
	$\frac{\chi_{vtx}^2}{\text{nDof}}(B_d^0)$	< 10
$J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$	$\frac{\chi_{track}^2}{\text{nDof}}(\mu^\pm)$	< 3
	$\Delta \ln \mathcal{L}_{\mu\pi}$	> 0
	$p_T(\mu^\pm)$	$> 500 \text{MeV}/c$
	$\frac{\chi_{vtx}^2}{\text{nDof}}(J/\Psi)$	< 16
	$ M(\mu^+ \mu^-) - M(J/\Psi) $	$< 80 \text{MeV}/c^2$
$K_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$	$p(\pi^\pm)$	$> 2000 \text{MeV}/c$
	$\frac{\chi_{vtx}^2}{\text{nDof}}(K_s^0)$	< 20
	$\frac{\chi_{track}^2}{\text{nDof}}(\pi^\pm)$	< 3
	$ M(\pi^+ \pi^-) - M(K_s^0) $	$< 64 \text{MeV}/c^2$
	$\frac{\chi_{IP}^2}{\text{nDof}}(\pi^\pm)$	> 4

von „Downstream“-Spuren (siehe auch Kap. ??). Diese Analyse beschränkt sich auf ebenjene. Damit hat man im Vergleich zu K_s^0 aus Long-Spuren mehr Statistik zur Verfügung, muss aber bei Qualität der Rekonstruktion Einbußen hinnehmen, da die Informationen des VeLo fehlen. Insbesondere leidet die Präzision der Impuls- und Positionsmessungen. Folglich dürfen die Selektionskriterien bei Downstream-Spuren teilweise nicht so hart sein wie bei Long-Spuren. [?]

1.2.4 Zusätzliche Selektionskriterien

Um den Datensatz noch besser vom Untergrund zu bereinigen, werden einige Kriterien aus dem Stripping verschärft und weitere eingeführt (siehe Tab. 1.2). Diese wurden aus [5] übernommen.

Die neu eingeführten Größen sind hier die Eigenzeit τ und die Flugstrecke l sowie deren Unsicherheit σ_τ und σ_l . Weiterhin gibt es noch einen kinematischen Fit des Zerfallsbaums („DecayTreeFit“- DTF). Um die Wirkung der einzelnen Kriterien zu untersuchen, werden alle Schnitte bis auf den zu untersuchenden angewandt und in der Massenverteilung das Signal-zu-Untergrund-Verhältnis bestimmt. Dieses wird dann mit den entsprechenden Werten bei Anwendung aller Schnitte verglichen.

!!! Muss fortgesetzt werden !!!

1.2.5 Geister-Wahrscheinlichkeit

!!! Hier auch !!!

1 Datenselektion

Tabelle 1.2: Zusätzlich eingeführte Kriterien zur Untergrundbereinigung bzw. Selektion von B_d^0 , J/Ψ und K_s^0

Zerfall	Variable	Wert
$B_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0$	$M(B_d^0)$	$\in [5170, 5420]\text{MeV}/c^2$
	$\tau(B_d^0)$	$> 0, 3\text{ps}$
	$\sigma_\tau(B_d^0)$	$< 0, 2\text{ps}$
	$\frac{\chi^2_{DTF(B+PV)}}{\text{nDof}}(B_d^0)$	< 5
	$\frac{\chi^2_{IP}}{\text{nDof}}(B_d^0)$	< 20
	$\frac{\chi^2_{IP}}{\text{nDof}}(B_d^0)$ des nächstbesten PV	> 50
$J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$	$\frac{\chi^2_{utr}}{\text{nDof}}(J/\Psi)$	< 11
	$ M(\mu^+ \mu^-) - M(J/\Psi) $	$\in [3030, 3165]\text{MeV}/c^2$
$K_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$	$\frac{\tau}{\sigma_\tau}(K_s^0)$	> 5
	$\frac{l}{\sigma_l}(K_s^0)$	> 5
	$\frac{\chi^2_{track}}{\text{nDof}}(\pi^\pm)$	< 3
	$ M(\pi^+ \pi^-) - M(K_s^0) $	$\in [475, 520]\text{MeV}/c^2$

1.2.6 Bester Kandidat

Es ist äußerst unwahrscheinlich, dass es mehrere $B_d^0 \rightarrow J/\Psi K_s^0$ -Zerfälle in einem Ereignis gibt. Jedoch kann es vorkommen, dass es mehr als ein rekonstruiertes B_d^0 im Ereignis gibt. Da aber nur ein B_d^0 am Zerfall beteiligt ist, wird der beste Kandidat anhand des kleinsten χ^2_{DTF}/nDof des DecayTreeFit identifiziert. [5]

1.2.7 Fitbereiche

In den Analysen werden beim Fit die Massenbereiche zusätzlich eingeschränkt. Bei der Bestimmung der Detektorauflösung werden J/Ψ im Bereich $[3035, 3160]\text{MeV}/c^2$ betrachtet, im regulären Fit wird nur B_d^0 -Kandidaten im Bereich $[5230, 5330]\text{MeV}/c^2$ berücksichtigt.

1.3 Verwendeter Datensatz

Literaturverzeichnis

- [1] <http://home.web.cern.ch/about/accelerators/large-hadron-collider>
(Stand: 01.08.2013)
- [2] <http://www.weltmaschine.de/experimente/lhcb/>(Stand: 01.08.2013)
- [3] The LHCb Collaboration, The LHCb Detector at the LHC, 2008 JINST, 3 S08005.
- [4] Christian Linn, ...
- [5] LHCb-Analyse, ...
- [6] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Standard_Model_of_Elementary_Particles-de.svg (Stand: 07.07.2013)
- [7] <http://press.web.cern.ch/press-releases/2013/03/new-results-indicate-particle-discovered-cern-higgs-boson>
- [8] K. Kleinknecht, Uncovering ...
- [9] http://inspirehep.net/record/1085541/files/figs_CKM_triangle.png
(Stand: 03.08.2013)
- [10] PDG-Wert für Tau
<http://pdglive.lbl.gov/popupblockdata.brl?nodein=S042T&inscript=Y&fsizein=1&clumpin0=> (Stand: 02.07.2013)
- [11] http://www-zeus.physik.uni-bonn.de/~brock/feynman/vtp_ss06/
- [12] Nir, Heavy Flavour Physics
- [13] Noguchi, ...
- [14] <http://lhcb-trig.web.cern.ch/lhcb-trig/>
- [15] <http://arxiv.org/pdf/0905.0724v1.pdf>
- [16] <http://arxiv.org/pdf/physics/0402083v3.pdf>
- [17] Stefania Vecchi, OS combination for Reco14
- [18] <http://arxiv.org/pdf/1201.5069.pdf>