



Doctoral Thesis

Two-loop integrals in diboson production

Author(s):

Chavez, Federico

Publication Date:

2014

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010290409> →

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. 22033

Two-loop integrals in diboson production

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZÜRICH

(Dr. sc. ETH Zürich)

presented by

Federico Chavez

Msc Physik, ETH Zürich

born June 18, 1986

citizen of Ebnet-Kappel (SG)

accepted on the recommendation of

Prof. C. Anastasiou, examiner

Dr. C. Duhr, co-examiner

2014

Abstract

Loop integrals were and are still a challenging ingredient of perturbative QFT calculations. In this thesis we calculate a set of two-loop master integrals, which are of interest for diboson production processes. In particular, we study one and two-loop triangle integrals with massless propagators and all external legs off-shell, and some two-loop box master integrals with two off-shell external legs, which have a bubble integral inserted.

We show that there exist a kinematic region, which is in fact unphysical, in which the results can be expressed in terms of a basis of single-valued polylogarithms in one complex variable. Strictly speaking, this is perfectly for the triangles, whereas for the boxes, we will have to apply some additional constraints on the parameter space. For both classes of integrals, this space of single-valued functions can be determined a priori, and the results expressed in this basis take a simple and compact form. Having a basis allows for more control of the expressions, and results for all master integrals in the physical region can be obtained by only performing an analytical continuation on the basis functions.

In order to calculate the integrals and to derive the single-valued basis functions we will make use of several techniques and concepts. Most notably is the class of functions called multiple polylogarithms, which we will use intensely for the actual integration of the loop integrals. Secondly, of great importance is the concept of the so-called symbol and coproduct developed recently in the last years. It will be used for the construction of the single-valued functions and to find the correct expression for each integral in terms of these functions. Furthermore, the symbol gives insight in the structure of loop integrals and in the functions one obtains after integration. A great part of the thesis will be dedicated to these concepts and the polylogarithms.

Furthermore, we discuss two diboson production processes, where the integrals we computed are involved in the calculation. In particular the two-loop master integrals have been used to achieve a first step towards a full NNLO calculation of the production of two W -bosons, namely the contribution to the cross section of terms proportional to the number of quarks flavors.

Zusammenfassung

Schleifenintegrale waren und sind immer noch anspruchsvolle Bestandteile in der Störungstheorie von quantisierten Feldtheorien. In dieser Dissertation werden zwei Klassen von Zwei-Schleifen-Master-Integralen berechnet, welche für Prozesse, in denen Bosonen-Paare produziert werden, von Bedeutung sind. Im Einzelnen werden Ein- und Zwei-Schleifen-Dreipunktfunktionen mit massiven Propagatoren und massiven äusseren Linien, sowie einige Zwei-Schleifen-Vierpunktfunktionen mit zwei massiven äusseren Linien, die eine in sich geschlossenen Schleife besitzen, untersucht.

Es wird gezeigt, dass ein kinematischer Definitionsbereich existiert, welcher zwar unphysikalisch ist, jedoch erlaubt die Ergebnisse mittels einer Funktionsbasis zu schreiben, welche aus sogenannten single-valued Polylogarithmen in einer komplexen Variable besteht. Genauer gesagt, ist dies uneingeschränkt nur für die Dreipunktfunktionen möglich. Im Falle der Vierpunktfunktionen müssen zusätzliche Einschränkungen am Definitionsbereich vorgenommen werden. Für beide Klassen von Schleifenintegralen kann der Raum der single-valued Funktionen von vornherein bestimmt werden. Die Resultate in dieser Basis nehmen dabei eine einfache und kompakte Form an. Diese Basis erlaubt mehr Kontrolle über die Ausdrücke zu besitzen. Die Resultate im Bereich, welcher relevant für die Physik ist, können durch eine analytische Fortsetzung der Basis Funktionen erlangt werden.

Um die Integrale auszuführen und um die single-valued Basis Funktionen herzuleiten, wird von verschiedenen Techniken und Konzepten Gebrauch gemacht. Erwähnenswert ist zum einen die Funktionenklasse der multiplen Polylogarithmen, welche intensiv für die eigentliche Integration benutzt werden. Des Weiteren ist das Konzept des sogenannten Symbols und des Koprodukts, das in den letzten Jahren entwickelt wurde, von grossem Nutzen. Es wird dazu verwendet, um die single-valued Funktionen zu konstruieren und um die Darstellung der Resultate in diesen Funktionen zu finden. Zudem gibt das Symbol Einsichten über die Struktur von Schleifenintegralen und der Funktionen in den integrierten Ausdrücken. In dieser Dissertation wird diesen Konzepten und den Polylogarithmen ein bedeutender Platz eingeräumt.

Des Weiteren wird auf zwei Produktionskanäle eingegangen, in denen Bosonen-Paare

entstehen und für deren Rechnung die evaluierten Integrale eingehen. Im speziellen wurden die Zwei-Schleifenintegrale dazu benutzt, den ersten Schritt in Richtung einer vollständigen Berechnung der Produktion von zwei W -Bosonen in der dritten Ordnung der Störungstheorie (NNLO) zu tätigen: die Beiträge zum Wirkungsquerschnitt proportional zu der Anzahl von Quark-Flavors.