

**Measurement of
WW production cross section
and
mass of the W boson**

Dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
Artur J. Barczyk

Dipl.–Phys. ETH-Zürich

born December 25th, 1969
in Warsaw, Poland
Citizen of Switzerland (from Herisau AR) and Poland

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. H. Hofer examiner
Prof. Dr. A. Rubbia co-examiner
PD Dr. M. Pohl co-examiner

Abstract

In this thesis, the analysis of data collected by the L3 experiment in 1997 and 1998 is presented. A tool was developed for selection of $e^+e^- \rightarrow WW \rightarrow qq\mu\nu$ events, with the goal of measurement of the cross section of this process. The data samples were collected at the centre-of-mass energies of $\sqrt{s} = 183$ and 189 GeV, with the collected luminosities of 55.5 pb $^{-1}$ and 176.8 pb $^{-1}$, respectively. The measured cross sections at these energies are

$$\begin{aligned}\sigma_{qq\mu\nu}^{\sqrt{s}=183 \text{ GeV}} &= 2.09 \pm 0.23(stat.) \pm 0.05(syst.) \text{ pb} \\ \sigma_{qq\mu\nu}^{\sqrt{s}=189 \text{ GeV}} &= 2.26 \pm 0.14(stat.) \pm 0.03(syst.) \text{ pb}.\end{aligned}$$

Both values are in good agreement with the Standard Model prediction.

The data selected in all semileptonic channels as well as in the fully hadronic final state was used for the measurement of the mass of the W boson. A new method based on maximum likelihood fit was evaluated for this purpose for a first time in experimental environment. The high statistics data sample collected at $\sqrt{s} = 189$ GeV was used to extract the W mass, with the result of

$$M_W = 80.33 \pm 0.10(stat.) \pm 0.07(syst.) \text{ GeV}.$$

The method makes use only of quantities which are directly measured in the experimental apparatus. Semi-analytical expressions for the differential cross section with respect to these variables are evaluated on event-by-event basis to construct the probability density function. The detector effects are taken into account by folding the differential cross section with the detector response functions determined for the chosen variables. Since the set of variables was chosen such as to optimize the effect of the detector resolutions, this procedure is well suited for a high precision measurement of the W boson mass.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt die Analyse der Daten vor, die gesammelt wurden von dem L3-Experiment in den Jahren 1997 und 1998. Es wurde ein Selektionsprogramm entwickelt, um die Ereignisse des Processes $e^+e^- \rightarrow WW \rightarrow qq\mu\nu$ zu analysieren, mit dem Ziel, dessen Wirkungsquerschnitt zu messen. Die Daten wurden gesammelt bei Schwerpunktsenergien von $\sqrt{s} = 183$ und 189 GeV, wobei die gesammelten Luminositäten jeweils 55.5 pb^{-1} und 176.8 pb^{-1} betragen. Der gemessene Wirkungsquerschnitt bei diesen Energien beträgt

$$\sigma_{qq\mu\nu}^{\sqrt{s}=183 \text{ GeV}} = 2.09 \pm 0.23(\text{stat.}) \pm 0.05(\text{syst.}) \text{ pb}$$

$$\sigma_{qq\mu\nu}^{\sqrt{s}=189 \text{ GeV}} = 2.26 \pm 0.14(\text{stat.}) \pm 0.03(\text{syst.}) \text{ pb.}$$

Beide Werte stimmen sehr gut mit den Vorhersagen des Standard-Modells überein.

Die gesammelten Daten aller semi-leptonischer Zerfallskanäle sowie auch des vollständig hadronischen Endzustandes wurden dann für die Messung der Masse des W bosons benutzt. Eine neue Methode, basierend auf der Methode des 'maximum likelihood fit' wurde zum ersten Mal in einer Experimentellen Umgebung angewandt und ausgewertet. Dazu wurden die Daten benutzt, die bei der Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 189$ GeV selektiert wurden. Die gemessene W-boson Masse beträgt

$$M_W = 80.33 \pm 0.10(\text{stat.}) \pm 0.07(\text{syst.}) \text{ GeV.}$$

In dieser Methode werden nur diejenigen Grössen benutzt, die im Experiment direkt gemessen werden. Semi-analytische Ausdrücke für den differentiellen Wirkungsquerschnitt bezüglich dieser Variablen wurden ausgewertet für jedes der selektierten Ereignisse, um die Wahrscheinlichkeitsdichtenfuntion zu bilden. Detektoreffekte wurden berücksichtigt mittels faltung des differentiellen Wirkungsquerschnittes mit den Auflösungsfunctionen. Die Variablen wurden ausgewählt mit dem Ziel, den Einfluss der Detektor-auflösung zu minimieren, wodurch die Methode bestens geeignet ist, eine Präzisionsmessung der Masse des W-Bosons durchzuführen.