

Professur Teilchenphysik — Das Higgsfeld als Stoßdämpfer bei Streu-Experimenten am CERN

Unsere Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der experimentellen Erforschung der Symmetrien des „Standardmodells der Teilchenphysik“, die die Wechselwirkung der Teilchen untereinander regeln .

Im Gegensatz zu den Photonen der elektromagnetischen Wechselwirkung streuen die Botenteilchen der schwachen Wechselwirkung, W und Z, aneinander, weil sie selbst schwache Ladung besitzen. Um dies zu beobachten, müssen zwei Quarks bei den Proton-Proton Kollisionen am Large Hadron Collider (LHC) zufällig gleichzeitig je ein W oder Z abstrahlen, und diese müssen sich danach näher als 1/1000 eines Proton-Durchmessers kommen.

In dieser Streuung spielt das Brout-Englert-Higgs-Feld eine wichtige Rolle als eine Art "Stoßdämpfer", so dass man damit auch die Eigenschaften des Higgs-Bosons untersuchen kann.

Durch unsere [Forschung](#) untersuchen wir unter anderem auch den bisher noch nie vermessenen "Quartischen Vertex" zwischen vier Bosonen

- In der [Wissenschaftskommunikation](#) vermitteln wir persönlich unsere Erkenntnisse an Schulen und Öffentlichkeit und stellen die Originaldaten zur Verfügung
- Unterstützt durch internationalen Austausch mit Kolleg/inn/en und Fortbildungen auf spezialisierten Workshops und Doktorandenschulen nutzen und entwickeln [Studierende und Promovierende](#) in ihren [Abschlussarbeiten](#)
 - Methoden zur Erkennung der Zerfallsprodukte von W- und Z-Teilchen im Detektor

Chair of Particle Physics — The Higgs Field as Damper for Scattering-Experiments at CERN

Our group is working on the experimental exploration of the symmetries of the "Standard Model of Particle Physics", which regulate the interaction of the particles with each other. In contrast to the photons of the electromagnetic interaction, the particles of the weak interaction, W and Z, are scattered because they themselves have a weak charge. To observe this, two quarks in the proton-proton collisions at the Large Hadron Collider (LHC) must randomly radiate one W or Z at a time, and then they must come closer than 1/1000 of a proton diameter.

In this scattering, the Brout-Englert-Higgs field plays an important role as a kind of "shock absorber", so that one can also investigate the properties of the Higgs boson.

Through our [Research](#), we are also investigating the previously unknown "Quartic Vertex" between four bosons

- In [Outreach Program](#) we personally convey our findings to schools and the public and provide the original data
- Supported by international exchange with colleagues and advanced training at specialized workshops and doctoral schools [Students and PhD students](#) work on their [Theses](#)
 - Methods for detecting the decay products of W and Z particles in the detector and to determine their efficiency and error rate
 - Modern statistical program packages for data evaluation, such as significance

<p>und zur Bestimmung ihrer Effizienz und Fehlerrate</p> <ul style="list-style-type: none"> • moderne statistische Programmpakete zur Datenauswertung, wie Signifikanz-Bestimmung, Untergrundunterdrückung, Anpassungen oder Entfaltungen • fortgeschrittene Programmier- und Simulationstechniken 	<p>determination, background suppression, adjustments or developments</p> <ul style="list-style-type: none"> • advanced Programming and simulation techniques
--	--

<p>Validierung neuer Monte Carlo Simulationen zur Streuung von W- und Z-Teilchen</p> <p>Zur Simulation der Streuprozesse von W- und Z-Teilchen dienen so genannte "Monte Carlo Generatoren", wie der von der Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe von Dr. Frank Siegert entwickelte Generator SHERPA, der Karlsruher Generator VBFNLO, der Siegen/Hamburger Generator WHIZARD oder das MADgraph Paket aus Illinois, die regelmäßig neue verbesserte Versionen publizieren. Diese neuen Versionen enthalten zum Beispiel Beiträge "höherer Ordnung" von Feynman-Diagrammen mit zusätzlichen Vertices, Modelle neuer Physik jenseits des Standardmodells, oder neue Tools zum Umgewichten von Ereignissen für verschiedene Hypothesen. Alle diese Änderungen müssen von den Nutzern "validiert" werden, d.h. für bereits bekannte Prozesse untereinander verglichen werden, um anschließend die Effekte der Änderungen zu studieren. Aktuell soll u.a. eine neue Umgewichtungsmethode für anomale Kopplungen an Vierfach-Vertices (aQGC) in MADgraph getestet werden. Aber auch in SHERPA und WHIZARD gibt es Weiterentwicklungen, für die das Ausmaß der durch sie verursachten Änderungen zu bestimmen sind.</p>	<p>Validation of new Monte Carlo simulations for the scattering of W and Z particles</p> <p>To simulate the scattering processes of W and Z particles, so-called "Monte Carlo generators" are used, such as those of the Emmy Noether junior research group of Dr. Frank Siegert developed generator SHERPA, the Karlsruhe generator VBFNLO, the Siegen / Hamburger generator WHIZARD or the MADgraph package from Illinois, which regularly publish new improved versions. For example, these new versions include higher-order contributions from Feynman diagrams with additional vertices, models of new physics beyond the standard model, or new tools for re-weighting events for different hypotheses. All these changes must be "validated" by the users, i.e. for already known processes, and then to study the effects of the changes. Currently a new regression method for anomalous couplings to quartic vertices (aQGC) in MADgraph will be tested. But also in SHERPA and WHIZARD there are further developments, for which the extent of the changes caused by them are to be determined.</p>
---	--

<p>Verbesserung der Untergrundunterdrückung in der W-W-Streuung</p> <p>Der größte Untergrund für die Messung der</p>	<p>Improvement of background suppression in W-W scattering</p> <p>The largest background for the measurement of</p>
---	--

<p>Streuung zweier gleich geladener W-Teilchen ist die Erzeugung eines WZ-Paares, für das eins der beiden beim Z-Zerfall entstehenden Elektronen oder Myonen nicht nachgewiesen wird.</p> <p>In einer Arbeit soll daher untersucht werden, ob und in welchem Ausmaß eine Ausweitung des Winkelbereichs für den Nachweis von Elektronen auf Regionen nahe der Strahlachse ("Vorwärts-Elektronen") geeignet ist, eine bessere Abtrennung dieses Untergrundes vom Signal-Prozess zu erreichen.</p> <p>Eine andere Arbeit soll sich damit beschäftigen, ob durch Auffinden eines hadronisch zerfallenden Tau-Leptons der Untergrund durch in Tau-Paare zerfallende Z-Bosonen unterdrückt werden kann.</p>	<p>the scattering of two equally charged W particles is the generation of a WZ pair, for which one of the two electrons or muons produced during Z decay is not detected.</p> <p>In this study it should therefore be investigated whether and to what extent an extension of the angular range for the detection of electrons on regions close to the beam axis ("forward electrons") is suitable for achieving a better separation of this background from the signal process. Another work deals with the question of whether the background can be suppressed by decomposing Z-bosons into tau pairs by finding a hadronic decaying tau lepton.</p>
---	---

<p>Verbesserung der Signal-Signifikanz durch "Template-Fits"</p> <p>In der W-W Streuung gleich geladener W-Bosonen wird derzeit das Signal durch einen Fit an die invariante Dijet-Massenverteilung der die W-Bosonen abstrahlenden "Jets" ermittelt. Eine besondere Unsicherheit bildet dabei die Größe und Form des Untergrundes aus WZjj-Erzeugung ohne Vektorboson-Streuung.</p> <p>In einer Arbeit soll untersucht werden ob die Unsicherheit dieser "Template-Fits" durch zusätzliche WZ-Kontrollregionen noch besser eingeschränkt werden kann.</p> <p>Eine andere Arbeit soll untersuchen ob und wie weit die Hinzunahme weiterer Verteilungen, insbesondere des Outputs eines multivariaten Verstärkten Entscheidungsbaumes (BDT), die Signifikanz verbessern kann</p>	<p>Improvement of signal significance through "template fits"</p> <p>In the W-W scattering of equally charged W bosons, the signal is currently determined by a fit to the invariant Dijet mass distribution of the "jets" radiating from the W bosons. A special uncertainty is the size and shape of the background from WZjj generation without vector boson scattering.</p> <p>In this study it should be investigated whether the uncertainty of these "template-fits" can be even better limited by additional control regions. Another work will investigate if and to what extent the addition of further distributions, in particular the output of a Multivariate Enhanced Decision Tree (BDT), can increase the significance.</p>
--	---

<p>Optimierung der Berechnung von fehlender Energie</p> <p>In der Streuung von W-Bosonen entstehen immer auch ein oder mehrere Neutrinos, die Impuls und Energie aus der Kollision wegtragen, ohne nachgewiesen zu werden. Für die Messung dieser "fehlenden Energie" gibt es im ATLAS Experiment mehrere Algorithmen.</p> <p>Es soll untersucht werden, welcher der Algorithmen für unsere Zwecke am Besten geeignet ist und welcher Mindestwert fehlender Energie verlangt werden sollte, um am besten das Signal vom Untergrund zu trennen.</p>	<p>Optimizing the calculation of missing energy</p> <p>The scattering of W bosons always produces one or more neutrinos that carry away momentum and energy from the collision without being detected. For the measurement of this "missing energy" there are several algorithms in the ATLAS experiment.</p> <p>It is to be investigated which of the algorithms is most suitable for our purposes and which minimum value of missing energy should be required to best separate the signal from the background</p>
<p>Entfaltungen kinematischer Verteilungen in der Streuung von gleich geladenen W-Bosonen</p> <p>Um experimentell gemessene Winkel- und Massenverteilungen mit theoretischen Vorhersagen vergleichen zu können, ist es oft nötig, die endliche Messauflösung des Detektors aus den Ergebnissen herauszurechnen. Mit Hilfe statistischer Techniken, so genannter "Entfaltungen", wird dabei ausgehend von der Messung versucht, möglichst gut auf die wahre Verteilung der Teilchen zurückzuschließen.</p> <p>Aufbauend auf einer Masterarbeit des Jahres 2016 zum Vergleich und Optimierung von Entfaltungsmethoden sollen die dort gefundenen besten Methoden auf für die Streuung gleich geladener W-Bosonen gemessenen kinematische Verteilungen angewandt werden.</p>	<p>Unfolding of kinematic distributions in the scattering of equally charged W bosons</p> <p>In order to be able to compare experimentally measured angular and mass distributions with theoretical predictions, it is often necessary to calculate the finite measurement resolution of the detector from the results. With the help of statistical techniques, so-called "unfolding", it is attempted on the basis of the measurement to deduce the true distribution of the particles as good as possible.</p> <p>Based on a master thesis of the year 2016 for the comparison and optimization of unfolding methods, the best methods found there should be applied to kinematic distributions measured for the scattering of equally charged W bosons.</p>