

Die statistischen Aussagen bei der Untersuchung des Higgs-Signals

Das Histogramm in der Abbildung auf **Arbeitsblatt 1** hat 36 Bereiche auf der x-Achse (sog. Bins), die jeweils einen Massenbereich des Endzustandes darstellen.

1. Erstellen Sie mit Excel eine Liste, in der für jeden Massenbereich die Zahl der real gemessenen Ereignisse eingetragen wird.
Lesen Sie dazu die Zahl auf der y-Achse ab.
2. Tragen Sie in die Excel-Liste auch die gemessene statistische Unsicherheit ein (Länge des Fehlerbalkens bei jedem Messpunkt) und nummerieren Sie die Bins von 1 bis 36 durch (ohne Zuordnung von Massenangaben).
3. Ermitteln Sie die Zahl der Ereignisse für jedes Bin der vier Modellrechnungen (Higgs und drei Untergrundprozesse) und tragen Sie diese auch in die Excel-Liste ein. Beachten Sie dabei, dass die Modellrechnungen kumulativ übereinander aufgetragen sind.

Die Unsicherheit σ bei N Ereignissen bestimmt sich mit den statistischen Gesetzen nach Poisson aus $\sigma(N) = \sqrt{N}$.

4. Bestimmen Sie für alle Modellrechnungen in allen Bins die erwarteten statistischen Unsicherheiten und tragen Sie diese in Ihre Excel-Liste ein.
5. Bestimmen Sie die totale statistische Unsicherheit aus den Unsicherheiten der Modellrechnungen und fügen Sie diese in die Excel-Liste ein.
In der Regel kann die gesamte statistische Unsicherheit aus einer quadratischen Addition der einzelnen Unsicherheiten bestimmt werden.
6. Tragen Sie die systematischen Unsicherheiten (schraffierte Flächen) in Ihre Tabelle ein.
7. Da die Unsicherheiten in absoluten Zahlen nicht unmittelbar miteinander verglichen werden können, muss eine andere Darstellungsform gefunden werden. Ermitteln Sie, welche Form das sein könnte, und begründen Sie Ihre Entscheidung.

→ *Hinweis:* relative Unsicherheit $r(N) = \frac{\sigma(N)}{N}$

8. Tragen Sie für jedes Bin die gesamte erwartete Unsicherheit in die Excel-Liste ein.
Die Gesamtunsicherheit ergibt sich aus einer quadratischen Addition der relativen Beiträge der systematischen (schraffierte Fläche) und der statistischen (Fehlerbalken) Unsicherheiten.
9. Finden Sie eine Begründung, warum die Unsicherheit der Modellrechnung bei der Ermittlung der Gesamtunsicherheit nicht berücksichtigt wird.
10. Vergleichen Sie die statistischen Unsicherheiten in den Bins, die das Signal des Higgs-Bosons enthalten, mit der effektiven Signalstärke.
Die *effektive Signalstärke* ist die Zahl der Higgs-Ereignisse minus der Zahl der Untergrundeignisse in der Modellrechnung.
11. Wenden Sie das Ergebnis Ihres Vergleichs auf die Verlässlichkeit sowie die Signifikanz der Messwerte an.
Geben Sie also an, wie stark (in Einheiten der totalen Unsicherheit) das Higgs-Signal von der Null-Erwartung entfernt ist.
12. Begründen Sie, warum man in diesem Fall von einer statistisch gesicherten experimentellen Bestätigung des Higgs-Bosons bei einer Masse von 125 GeV sprechen kann.
13. Nehmen Sie Stellung zu den Fluktuationen des Histogramms im Vergleich von Messdaten und Modellrechnungen und erörtern Sie, wie diese erklärt werden könnten.