

# Schulphysik trifft Teilchenphysik

Materialien des Netzwerks für Vermittler  
Anregungen für Aktivitäten und Analogien  
Diskussion



# Materialien für Vermittler

Webseite: <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-vermittler/>

- Organisatorisches:
  - Vorbereitungstipps, Checkliste für Lehrkräfte
  - Checkliste für Vermittler
  
- Materialien zur Vor- und Nachbereitung für Lehrkräfte:  
<http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-lehrkraefte/>



# Materialien für Vermittler

Webseite: <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-vermittler/>

- Handouts für Teilnehmer (ATLAS W- und Z-Pfad)
  - fördern selbständiges Arbeiten (insb. Einarbeitung in die Software!)
  - Kann ggf. zur Vor- und Nachbereitung verwendet werden
  - Inhalt:
    - Forschungsaufgabe, Kriterien für Signalereignisse
    - Software-Basics
    - Teilchenspuren
    - Standardmodell

# Materialien für Vermittler

Webseite: <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-vermittler/>

- Muster-Einführungsvortrag (ab Januar online)
  -  Die wichtigsten Inhalte
  -  Vertiefende und motivierende Inhalte
  -  Anregungen für interaktive Phasen
    - bereits online unter "Materialien zur Gestaltung der Masterclass"
  - Analogien, Veranschaulichungen
  - Anregungen für die Auswertungsphase



# Materialien für Vermittler

Webseite: <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-fuer-vermittler/>

- Elementarteilchen-Steckbriefe
  - Druckvorlagen (Lang- und Kurzversion) und methodische Anregungen
  - Können in Masterclasses und im Unterricht vielfältig eingesetzt werden
  - Ziele / Funktionen
    - Elementarteilchen einführen
    - Elementarteilchen vergleichen, sortieren, Ordnungsprinzipien erkennen (Masse, Ladungen)
    - Hilfsmittel für interaktive Phasen



# Elementarteilchen-Steckbriefe

- 30 Karten: Je 12 Materie-/Antimaterieteilchen, 5 Austauschteilchen, Higgs
- Hintergrundfarben:

Hellgrau: Materieteilchen

Hellgrün: Austauschteilchen

Dunkelblau: Antimaterie

Violett: Higgs-Boson



Up-artige Quarks



Down-artige Quarks



Up-artige Antiquarks



Down-artige Antiquarks



El. geladene Leptonen



Neutrinos



Photon



Gluonen



W/Z-Bosonen



Higgs-Boson



# Idee: Elementarteilchen sortieren

Material: Elementarteilchen-Steckbriefe oder Particle Zoo-Stofftiere  
Jeder Teilnehmer erhält zu Beginn einen Steckbrief.

Auftrag:

- Sortiert die Teilchen in sinnvolle Gruppen.

Mögliche Fragen:

- Welche Eigenschaften haben die Teilchen in den Gruppen gemeinsam? (Ladungen)
- Wie kann man die Teilchen innerhalb der Gruppen sortieren? (Masse → Generationen)
- Was unterscheidet Materie- und Antimaterieteilchen voneinander, was haben sie gemeinsam?



Idee: Teilchenspuren in Gruppen wiederholen  
Material: Teilchen-Steckbriefe

Nach erster Vorstellung der Teilchenspuren

Auftrag:

- Findet euch in Gruppen zusammen:
  - Geladene Leptonen
  - Quarks
  - Neutrinos
  - Bosonen
  
- Wie wechselwirken eure Teilchen im ATLAS-Detektor?



# Weitere Ideen für die Steckbriefe

- Neue Elementarteilchen vorstellen (z.B. Myonen, W-Bosonen...)
- Teilchensorten vergleichen:
  - Materie vs. Antimaterie
  - Elektronen, Myonen, Tauonen (3 Generationen)
  - Neutrinos vs. andere Teilchen
- Nach Masse sortieren, dann nach Nachweisjahr – was fällt auf?
- Vier-Ecken-Spiel:
  - Materie/Antimaterie/Austauschteilchen
  - Leptonen / Quarks / Austauschteilchen
  - el. Ladung  $-1/0/+1$ /drittelzahlig
  - Farbe / Antifarbe / keine Farbe...
- u.v.m.



Weitere Ideen für Aktivitäten und Analogien  
für zentrale Konzepte



# Zentrale Konzepte bei Masterclasses – I

## Anknüpfungspunkte zum Schulstoff (nicht überall!)

- Elementarteilchen und Wechselwirkungen
  - Größenordnungen
  - Ladungen (elektrische Ladung, ggf. Farbladung)
  - Energie-/Masseinheit Elektronenvolt
  - Stabile und instabile Elementarteilchen, "Zerfälle" von Elementarteilchen (→ Betazerfall)
  - Wechselwirkungen und Austauschteilchen



## Zentrale Konzepte bei Masterclasses - II

### Anknüpfungspunkte zum Schulstoff (nicht überall!)

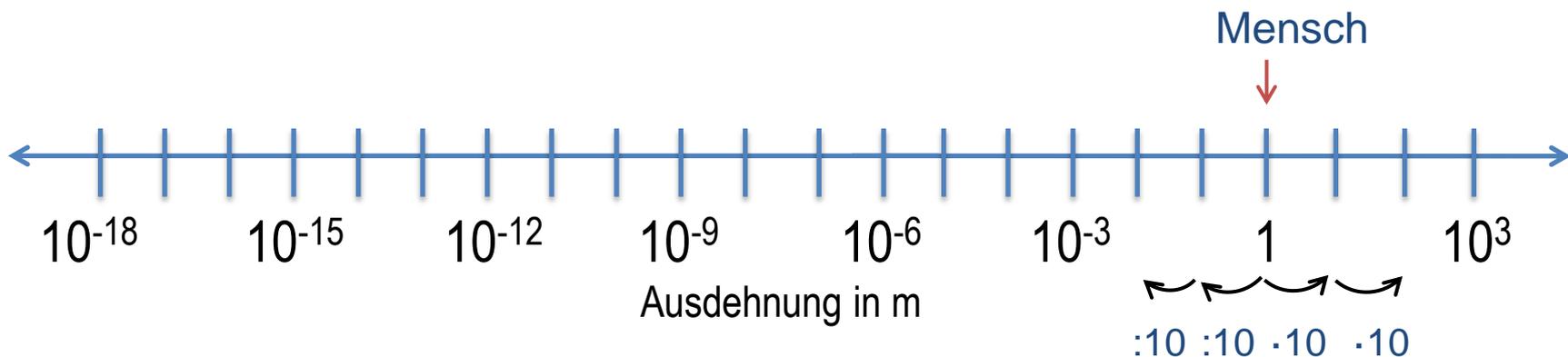
- Teilchenbeschleuniger
  - Bewegung geladener Teilchen im Magnetfeld (Lorentzkraft)
  - Teilchenkollisionen: Produktion neuer Teilchen (Masse-Energie-Äquivalenz)
    - Umwandlung von Energieformen ineinander, Energieerhaltung
- Detektoren
  - Messung der Spur ( $\rightarrow$  Impuls) bzw. Energie von Teilchen
  - Transversaler Impuls  $PT$
  - fehlende Energie MET
  - Darstellung von Teilchenspuren
  - Signalereignis vs. Untergrund



## Idee: Wie klein sind Elementarteilchen?

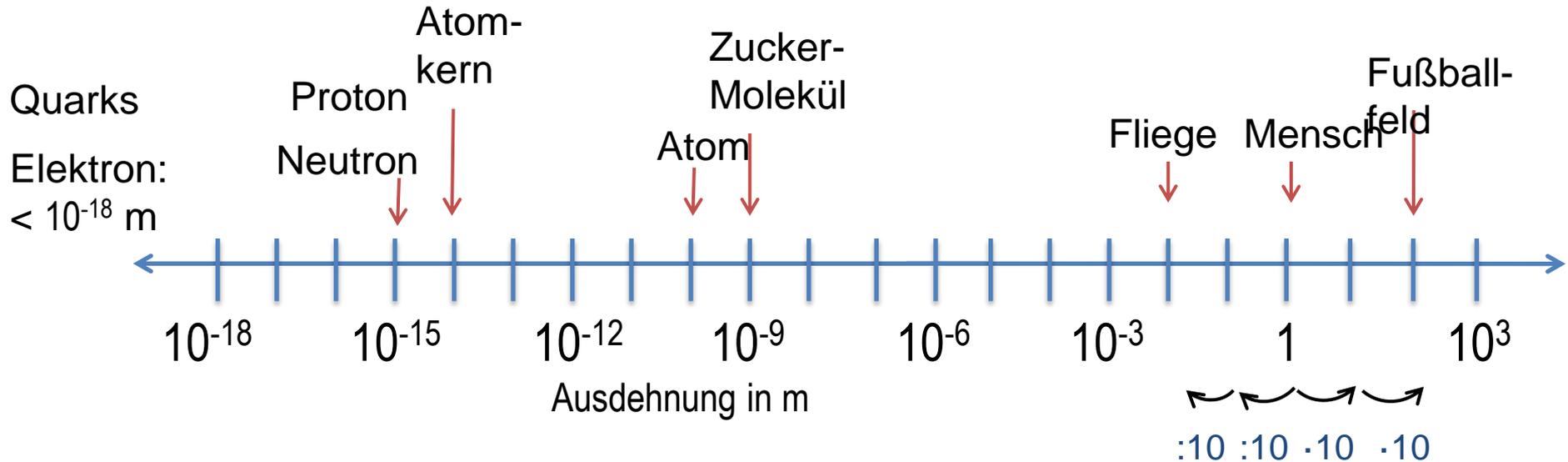
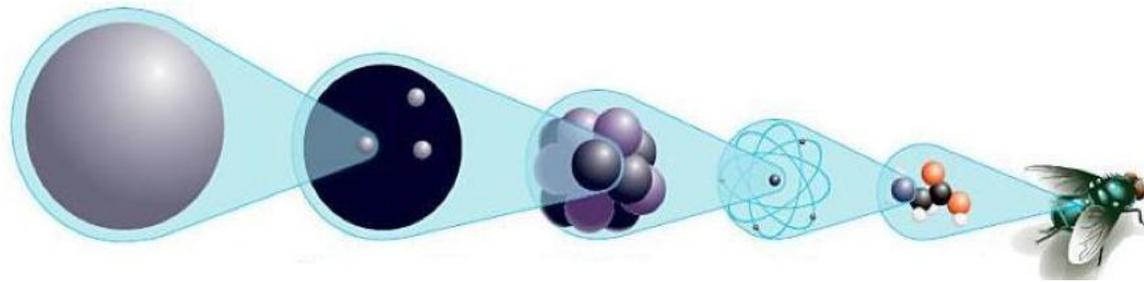
- Ordnet die folgenden Begriffe auf der Längenskala ein!

Proton, Atom, Neutron, Mensch, Elektron, Zucker-Molekül,  
Fliege, Atomkern, Quarks, Fußballfeld





# Idee: Wie klein sind Elementarteilchen?





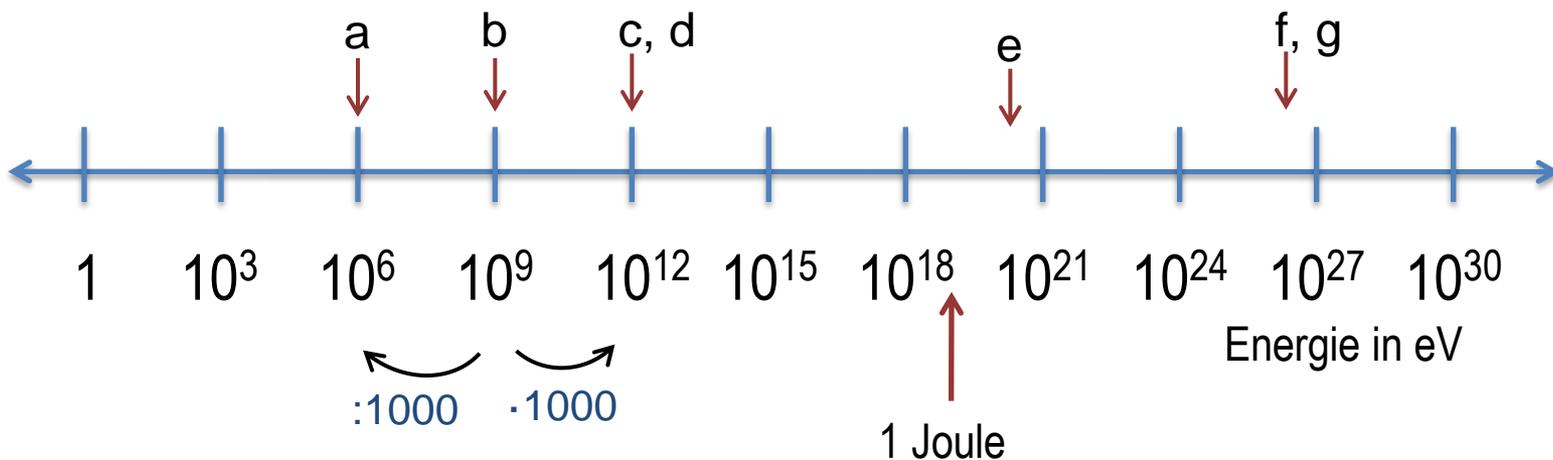
# Idee: Energien sortieren

- Ordnet die folgenden Energien nach ihrer Größe:
  - Masse eines Protons:
  - Bewegungsenergie einer Mücke im Flug
  - Bewegungsenergie eines ICE bei 150 km/h
  - Bewegungsenergie eines Protons im LHC
  - Masse eines Elektrons
  - Bewegungsenergie eines Menschen (75 kg) beim Gehen
  - Bewegungsenergie aller Protonen im LHC



# Idee: Energien sortieren-Lösung

- a) Masse eines Elektrons
- b) Masse eines Protons
- c) Bewegungsenergie einer Mücke im Flug
- d) Bewegungsenergie eines Protons im LHC
- e) Bewegungsenergie eines Menschen (75 kg) beim Gehen
- f) Bewegungsenergie aller Protonen im LHC
- g) Bewegungsenergie eines ICE bei 150 km/h

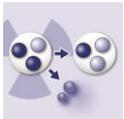


# Idee: Wechselwirkungen zuordnen

## Welche Wechselwirkung spielt die Hauptrolle?



Jemand telefoniert mit dem Handy



Ein Atomkern wandelt sich durch einen Betazerfall in einen anderen um



Viele Atomkerne sind stabil, obwohl sich die Protonen untereinander abstoßen



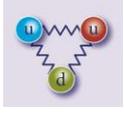
Eine Kompassnadel richtet sich nach Norden aus



Zwei Atome gehen eine chemische Bindung ein



Ein Glas fällt vom Tisch



Zwei Up-Quarks und ein Down-Quark bilden ein Proton; Quarks kommen nie einzeln vor

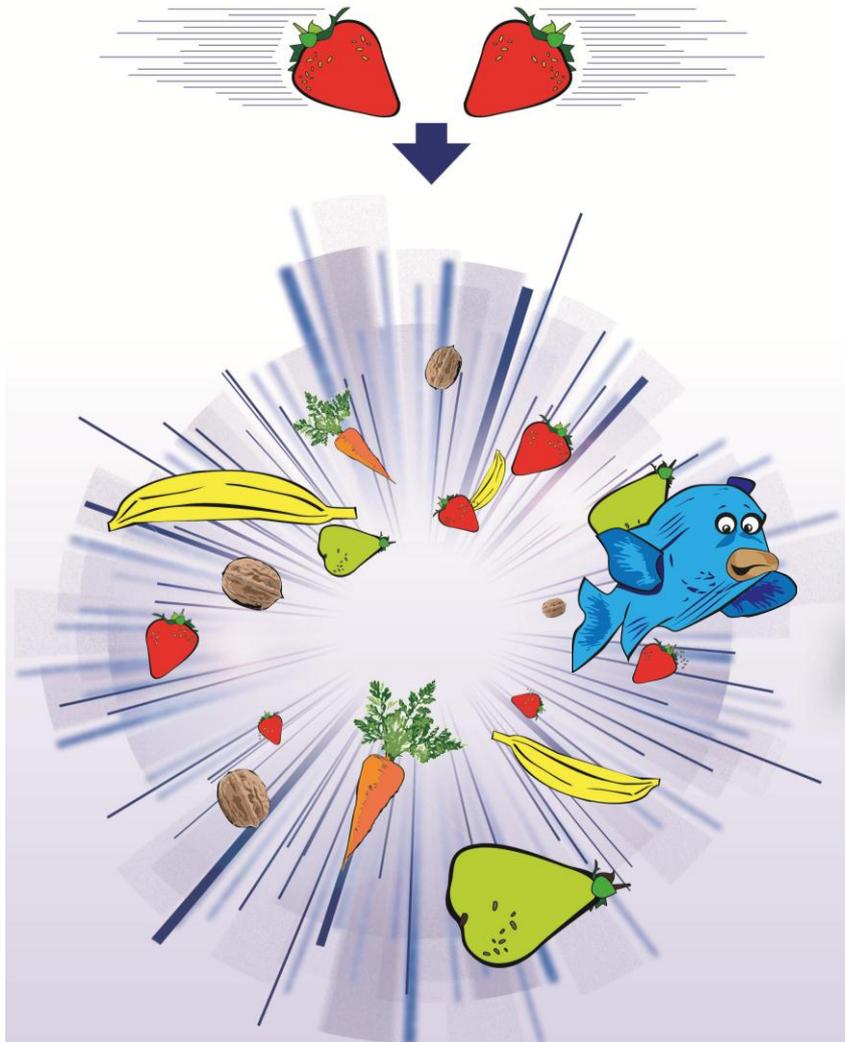


## Teilchenidentifikation als Mustererkennung (Murmelfase) Material: Ereignisbilder

- Kann schon zu Anfang der Masterclass durchgeführt werden
- 4 Ereignisbilder hängen in den Raumecken, z.B.
  - Elektron/Positron
  - Myon/Antimyon
  - Jets
  - Ereignis mit fehlender Energie
- Jeder Teilnehmer erhält ein ähnliches Ereignisbild.
  - Teilnehmer ordnen sich dem ähnlichsten Ereignisbild zu.
  - Auftrag: Diskutiert, was eure Gruppe auszeichnet und was euch von anderen Gruppen unterscheidet.
- Später wieder darauf beziehen!

# Analogie: Teilchenentstehung bei Kollisionen

## Was hat dieses Bild mit Teilchenphysik zu tun?

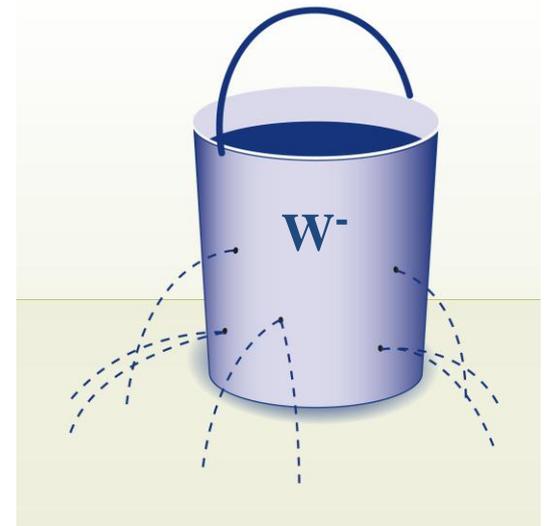


- Bei Teilchenkollisionen wandelt sich ein Teil der Bewegungsenergie in Masse um
- So werden **völlig neue Teilchen** erzeugt
- Diese waren vorher keine Bestandteile der Protonen!
- Manchmal entstehen auch exotische Teilchen...!



Idee: Zerfälle anhand der Ladungserhaltung prüfen  
Material: Teilchen-Steckbriefe

- Kann sich ein  $W^-$ -Boson in die folgenden Teilchen **umwandeln**?
  - Positron und Elektron
  - Myon und Antineutrino
  - Zwei Positronen
  - Strange-Quark und Charm-Antiquark



- Findet weitere mögliche Teilchenkombinationen, auch für  $W^+$ -Bosonen!

(Achtung – geht nicht mit Higgs-Bosonen, da schwache Ladung nicht erhalten ist)

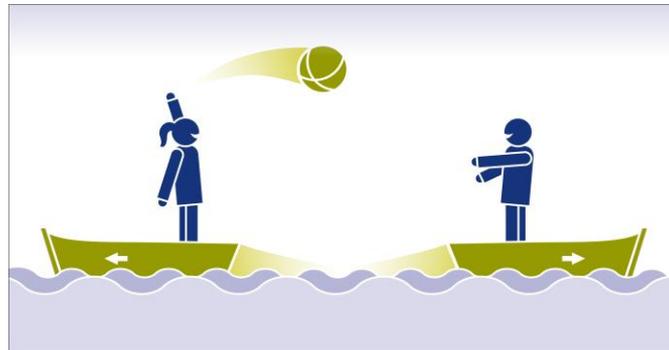


# Analogien



# Analogie: Wechselwirkung

- Wenn Teilchen einander begegnen, „wechselwirken“ sie: d.h. sie können sich anziehen oder abstoßen, Teilchen können erzeugt werden oder sich ineinander umwandeln, etc.
  - „Kraft“ ist nur eine Art der Wechselwirkung.
- Wechselwirkungen werden durch **Austauschteilchen** übertragen:
  - Analogie (nur für eine anziehende Kraft):



- **Weitere Analogien / wichtige Aspekte?**

# Analogien: Higgs-Feld/Higgs-Teilchen

Welche Analogie würdet ihr verwenden?

Was spricht für und gegen...

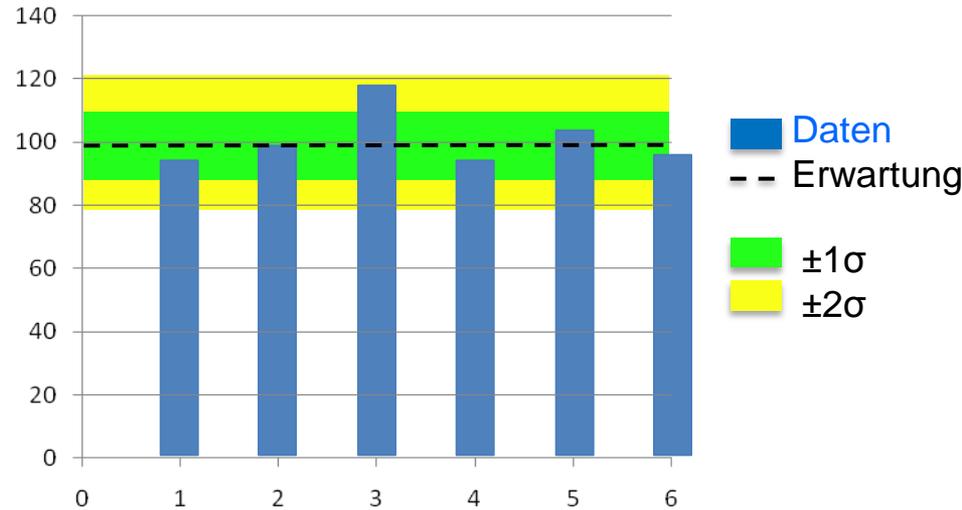
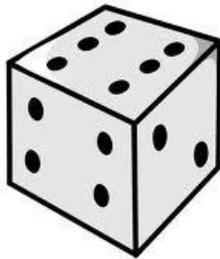
- ...eine mechanische Analogie (Paddel in Wasser )
- ...die Party-Analogie
- ...(eine sonstige Analogie)
- ...gar keine Analogie?



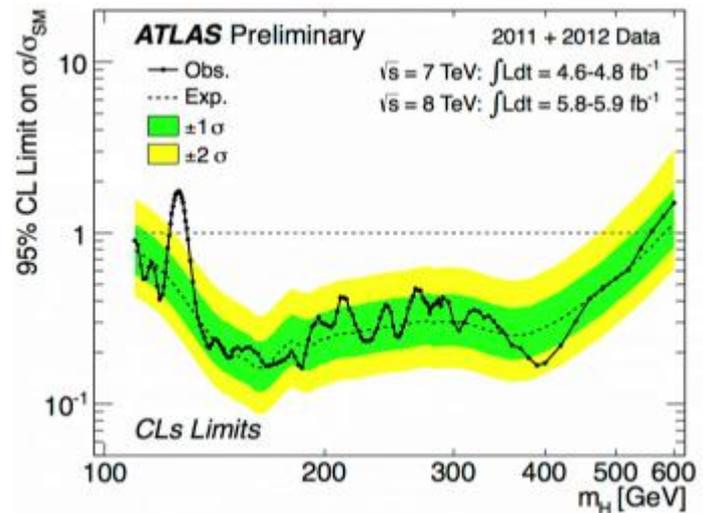


# Analogie: Zählexperimente

Ist der Würfel manipuliert oder nicht?



Existiert das Higgs-Boson oder nicht?





# Die Auswertung

- **Zentraler Teil der Masterclass!**

Ziele:

- Klärung von Fragen; Was haben wir warum gemacht?
  - Schwierigkeiten, Unklarheiten bei der Messung
  - Vergleich von Erwartungen mit Ergebnissen
  - Wiederholung: Wie kamen die Kriterien für Signalereignisse zustande?
- Eindruck von wissenschaftlicher Arbeitsweise vermitteln:
  - Zusammenfassung: Wie suchen Forscher nach unbekanntem Teilchen?
  - Zusammenspiel von Theorie und Experiment
  - Warum sind so enorm viele Daten nötig?
- Authentizität vermitteln
  - Wie läuft die Datenanalyse in Wirklichkeit?