

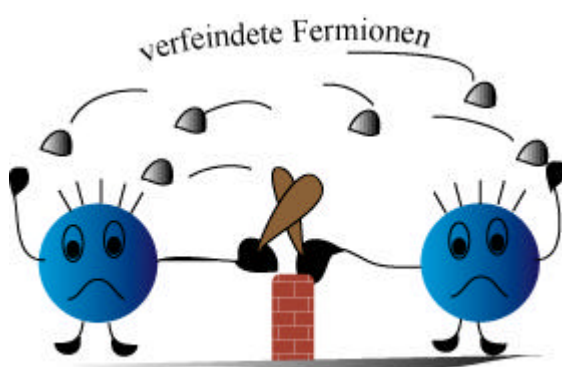


## Bosonen und Fermionen

**Sara:** So, heute ist ja ein höchst merkwürdiges Thema dran, unter dem ich mir gar nichts vorstellen kann. Zwei völlig fremde Wörter, die mir eher nach einer anderen Sprache aussehen – dann wäre es ja nicht verwunderlich, dass ich nur Bahnhof verstehe! Das Einzige, was mir auffällt ist, dass Bosonen mich an Bose erinnert, aber Fermionen hat nicht im entferntesten Sinn was mit Einstein zu tun.

**Anja:** Da liegst du gar nicht so schlecht, aber ich werde dir gleich mehr dazu sagen. Bosonen und Fermionen sind zwei Teilchenarten, die sich ganz wesentlich voneinander unterscheiden. Ihre Namen haben wirklich einen Bezug zu Physikern. Nach Bose wurden die Bosonen, nach Fermi die Fermionen benannt. Beispiele für Bosonen sind Photonen, für Fermionen sind es Elektronen.

Allerdings können die verschiedenen Atome auch in diese Gruppen eingeteilt werden. Der grundsätzliche Unterschied zwischen beiden ist, anschaulich ausgedrückt, dass Bosonen sehr gesellig sind und am liebsten alle am ``gleichen Ort`` sind, Fermionen dagegen ständig voreinander flüchten und totale Einzelgänger sind, sich also so gut wie möglich an verschiedenen Orten aufhalten.



**Sara:** Aha, jetzt weiß ich ja schon mehr. Aber halt mal, irgendwas ist doch da unlogisch: In dem Kapitel ``Wellencharakter der Atome`` haben wir ja davon gehört, dass man den Ort von Atomen nicht genau bestimmen kann ?

**Anja:** Das ``sich an einem Ort befinden`` ist ein Bild dafür, im gleichen Zustand zu sein.

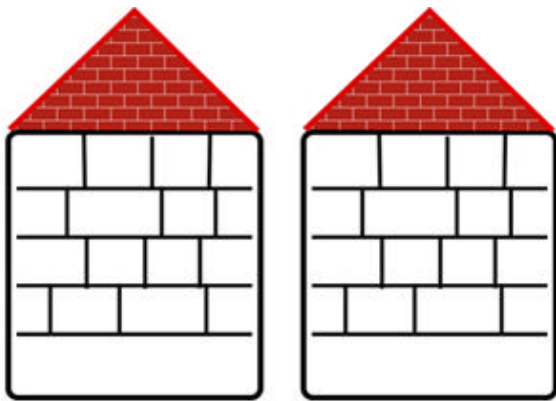
Die Energie ist zum Beispiel ein Bestandteil bei der Beschreibung eines Zustandes, aber es gibt verschiedene Zustände mit gleicher Energie. Wir betrachten nun den Zustand von Teilchen, der die niedrigste Energie hat; er wird Grundzustand genannt. Damit es für dich ein wenig einfacher wird, schlage ich vor, dass ich zur Illustration folgendes Beispiel verwende: Wir stellen uns die Bosonen und Fermionen als kleine Menschen vor, die jeweils ein großes Mietshaus beziehen

wollen. Da sie aber grundlegend verschiedene Beziehungen zueinander haben, gibt es ganz feste Regeln, wie sie die einzelnen Zimmer bewohnen: allein, zu zweit, zu dritt usw., oder alle im Erdgeschoss oder im Speicher – es gibt normalerweise  $X$  Möglichkeiten. Deine Aufgabe ist es nun, Bosonen und Fermionen zu ihrer Zufriedenheit auf die Zimmer im Mietshaus zu verteilen, wenn ich dir die bestehenden Regeln dafür gebe.

**Sara:** Aha, das kann ja lustig werden – soll das ein Spiel werden ?

**Anja:** Ja, so kann man es betrachten. Ich hoffe, es macht dir Spaß!

Fangen wir mit den Bosonen an: Sie sind in erster Linie daran interessiert, möglichst alle beieinander zu sein, egal wie eng es wird. Zudem sind sie noch fauler Natur: Sie hassen Treppen steigen und Aufzüge gibt es in dem Haus nicht.

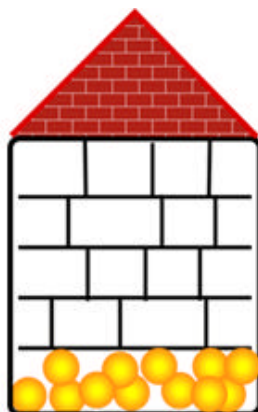


Das macht ihnen wenig aus, denn Höhenangst haben sie noch dazu.

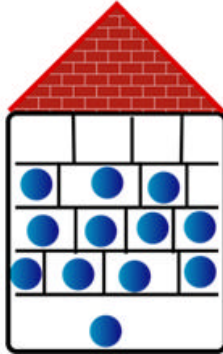
Ganz anders ist die Situation mit den Fermionen: Ihr Ziel ist es, dass wirklich jeder ganz alleine ist, bevorzugt werden auch die niedrigeren Stockwerke, aber bevor man mit einem anderen Fermion im Zimmer lebt, geht man lieber in das nächsthöhere Stockwerk.

**Sara:** Nun gut, das kann ich mir so weit merken. Jetzt soll ich also die zwei bisher noch leeren Häuser füllen.

Zuerst die Bosonen: Wie war das? Möglichst weit unten und ganz eng beieinander, also in einem Zimmer...Ich glaube, da habe ich nicht viele Möglichkeiten, genau genommen nur eine, alle im Erdgeschoss. Das wird ja ein schreckliches Gedränge, wie beim Oktoberfest! Aber wenn sie darauf bestehen...Das sieht dann so aus:



Und nun noch die Fermionen: Bei ihnen könnte man zusammenfassend sagen: alle getrennt und möglichst weit unten. Das heißt wohl, ich fange die Verteilung von unten an, jedes auf ein Zimmer. Wirkt ein bisschen vereinsamt, aber da kann man nichts machen...



Ist das denn nun so richtig?

**Anja:** Gut gemacht, ich bin ganz einverstanden!

Das Stockwerk steht mit seiner Höhe für das Maß an Energie des einzelnen Teilchens, die einzelnen Zimmer in einer Etage sind verschiedene Einzelzustände mit gleicher Energie. Wir sehen, dass die Bosonen alle im gleichen Zustand sein können, was ja dem gleichen Zimmer entspricht, die Fermionen aber nicht.

**Sara:** Ich kann es mir aber am besten über menschliche Neigungen und Abneigungen vorstellen, denn ich kenne die Flucht vor so manchen Klassenkameraden von mir selbst, mit anderen ist es genau das Gegenteil. Irgendwie ist es schon faszinierend, dass die Bosonen und Fermionen sich nach genau diesen anschaulichen Regeln verteilen und man daran gar nichts ändern kann. Da sind die Physiker ja richtig machtlos! Aber wie ist denn das jetzt mit der Bose-Einstein-Kondensation: Irgendwas muss die doch mit diesen Teilchen zu tun haben, sonst würden wir doch nicht darüber reden?

**Anja:** Da hast du natürlich Recht; hier geht es um Bosonen, denn wie wir noch sehen werden ist es bei der Kondensation ganz wichtig, dass alle Teilchen im gleichen Zustand sind und ihre Gesamtenergie so gering wie möglich ist, das heißt sie sind im Grundzustand. Man kann sagen, dass der Bosonencharakter die Grundvoraussetzung für die Bose-Einstein-Kondensation ist, bei der sich ein makroskopischer Anteil der Teilchen in den Zustand niedrigster Energie begibt.

**Sara:** Na schön, ich bin schon froh, dass wir es mit Bosonen zu tun haben, denn die erscheinen mir den angenehmeren Charakter zu haben – vor den Fermionen kann man ja richtig Angst bekommen; denen sind ja alle Schikanen zuzutrauen!

[\[BEC-Home\]](#) [\[Bose\]](#) [\[Einstein\]](#) [\[1924-Story\]](#) [\[1995-Story\]](#) [\[Kondensat\]](#)