

# Symmetrie (Physik)

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Symmetrie ist ein grundlegendes Konzept der modernen Physik: Mathematisch beschrieben wird eine Symmetrie durch eine Symmetrie-Transformation (z. B. kontinuierliche Koordinatentransformationen wie Verschiebung (Translation) oder Rotation, aber auch diskrete Transformationen wie z. B. Spiegelung). Hierbei muss zwischen Symmetrien der grundlegenden Theorien und Symmetrien konkreter Systeme (z. B. Moleküle, Festkörper) unterschieden werden. Eine Symmetrie der grundlegenden Theorie liegt dann vor, wenn sich die physikalischen Gesetze, die das Verhalten eines Systems beschreiben, bei Anwendung der Symmetrietransformation nicht verändern (also etwa die Physik in einem gespiegelten Universum dieselbe wäre wie in unserem); man spricht auch von der Invarianz des Systems unter der entsprechenden Symmetrieoperation. Ein konkretes physikalisches System muss dabei diese grundlegenden Symmetrien nicht zwingend aufweisen.

Symmetrien von Molekülen werden durch Punktgruppen beschrieben; Symmetrien von Kristallen durch Bravais-Gitter und Raumgruppen.

## Inhaltsverzeichnis

- 1 Arten von Symmetrien
  - 1.1 Kontinuierliche Symmetrien
  - 1.2 Diskrete Symmetrien
  - 1.3 Symmetrieverletzungen
  - 1.4 Globale und lokale Symmetrieoperationen
- 2 Literatur
- 3 Weblinks

## Arten von Symmetrien

Bei den Symmetrien muss allgemein unterschieden werden zwischen diskreten und kontinuierlichen Symmetrien. Diskrete Symmetrieoperationen können nur in festen "Schrittweiten" durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind die Spiegelung (man kann ein Objekt nur entweder spiegeln oder nicht) oder auch Translationen im Gitter (wenn ein Gitter nur um einen halben Gitterplatz verschoben wird, kommt es nicht mehr mit sich selbst in Deckung). Kontinuierliche Symmetrien hingegen lassen beliebig kleine Änderungen zu. Beispielsweise sind Drehungen im Raum kontinuierlich: Man kann um einen beliebig kleinen Winkel drehen.

## Kontinuierliche Symmetrien

Zu jeder kontinuierlichen Symmetrie eines Systems gehört nach dem Noether-Theorem eine Erhaltungsgröße.

Die wichtigsten kontinuierlichen Symmetrien der Physik sind:

- **Homogenität der Zeit:** Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht davon ab, wann es durchgeführt wird  $\left(\frac{\partial \mathcal{L}(q, \dot{q}, t)}{\partial t} = 0\right)$ . Der zugehörige Erhaltungssatz ist die Energieerhaltung.
- **Homogenität des Raumes :** Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht davon ab, wo es durchgeführt wird  $\left(\frac{\partial \mathcal{L}(q, \dot{q}, t)}{\partial q} = 0\right)$ . Die zugehörige Erhaltungssatz ist die Impulserhaltung.
- **Isotropie des Raumes:** Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht von seiner räumlichen Orientierung ab. Der zugehörige Erhaltungssatz ist die Drehimpulserhaltung.
- **Relativitätsprinzip:** Das Ergebnis eines Experiments hängt nicht vom Inertialsystem ab, in dem es durchgeführt wird. Der zugehörige Erhaltungssatz ist der Schwerpunktsatz.

## Diskrete Symmetrien

Die wichtigsten diskreten Symmetrien der Physik sind:

- **Gittersymmetrien:** Diese Symmetrien beschreiben den Aufbau der Festkörper und bilden die Grundlage der Festkörperphysik.
- **Rauminversion P (Paritätstransformation):** Spiegelung des Raumes an einem Punkt (entspricht einer Spiegelung an einer Ebene mit anschließender Rotation, ist aber allgemeiner, weil es nicht die Festlegung einer bestimmten Ebene erfordert).
- **Zeitinverson T:** Umkehr der Zeitrichtung.
- **Ladungskonjugation C:** Austausch von Teilchen gegen Antiteilchen.

## Symmetrieverletzungen

Die meisten Theorien erfüllen die oben genannten Symmetrien, allerdings nicht alle: Die Thermodynamik ist nicht T-invariant, da die Zunahme der Entropie eine Zeitrichtung auszeichnet (siehe auch: Zeitpfeil) - alltägliches Beispiel ist die zerbrochene Tasse, die sich nicht von selbst wieder zusammenfügt.

Auf mikroskopischer Ebene sind allerdings die meisten Wechselwirkungen C-, P- und T-invariant. Einzige Ausnahme bildet nach heutigem Wissen die schwache Wechselwirkung, für die im Jahr 1956 im Wu-Experiment eine Verletzung der P-Invarianz demonstriert wurde. Lange Zeit glaubte man, dass die schwache Wechselwirkung immerhin CP-invariant sei (also symmetrisch bezüglich der gleichzeitigen Spiegelung und Austauschung von Teilchen und Antiteilchen). Experimente an K-Mesonen, und in neuerer Zeit auch an B-Mesonen, bewiesen jedoch das Gegenteil. Während die P-Verletzung maximal ist, ist die CP-Verletzung ein kleiner Effekt, der allerdings eine Grundvoraussetzung für die Baryonenasymmetrie, also das Ungleichgewicht von Materie und Antimaterie im Universum, ist.

Das CPT-Theorem besagt, dass unter sehr allgemeinen Voraussetzungen die kombinierte CPT-Symmetrie stets erfüllt ist – daraus folgt allerdings zwingend, dass für die schwache Wechselwirkung auch die T-Symmetrie verletzt sein muss.

## Globale und lokale Symmetrioperationen

Weiterhin unterscheidet man zwischen globalen und lokalen Symmetrieeoperationen. Eine globale Symmetrieeoperation ist unabhängig von Zeit und Raum, wird also überall (und jederzeit) gleichermaßen durchgeführt. Eine lokale Symmetrieeoperation hingegen kann an jedem Ort (und zu jeder Zeit) unterschiedlich sein. Lokale Symmetrien sind die Grundlage der Eichtheorien.

## Literatur

- Michel, Louis: *Symmetry defects and broken symmetry. Configurations Hidden Symmetry*. Rev. Mod. Phys., 1980, 52, 617–651

## Weblinks

- *Symmetry and Symmetry Breaking*. Eintrag (<http://plato.stanford.edu/entries/symmetry-breaking/>) (englisch) in der *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (inkl. Literaturangaben)

Von „[http://de.wikipedia.org/wiki/Symmetrie\\_%28Physik%29](http://de.wikipedia.org/wiki/Symmetrie_%28Physik%29)“

.....

Kategorie: Theoretische Physik

---

- Diese Seite wurde zuletzt am 31. Dezember 2006 um 09:36 Uhr geändert.
- Ihr Inhalt steht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation.  
Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.