

Theo Mayer-Kuckuk

## Symmetrie und Symmetriebrechung in der Natur



Studium der Physik und Promotion in Heidelberg. 1960/61 am California Institute of Technology. Habilitation in Heidelberg. 1964 wiss. Mitglied des Max-Planck-Instituts für Kernphysik. Seit 1965 o. Professor und Direktor des Instituts für Strahlen- und Kernphysik der Universität Bonn. Hauptarbeitsgebiet: Physik der Kernreaktionen. Bücher: *Atomphysik, Kernphysik*. Adresse: Institut für Strahlen- und Kernphysik, Nußallee 14-16, D-5300 Bonn 1.

In der Physik spielen Symmetrieprinzipien eine grundlegende Rolle. Ein Teil von ihnen, nämlich die mit Raum und Zeit als Beschreibungsrahmen verknüpften, sind von so allgemeiner Natur, daß sich ihnen alle Naturgesetze unterordnen müssen, wenn sie als richtig gelten sollen. Andere regeln das Grundmuster im Verhalten verschiedener Ordnungshierarchien, von den Elementarteilchen bis zu den Spiralnebeln.

Beim Verständnis der fundamentalen Kräfte und der Bausteine der Materie haben Symmetrieprinzipien ihre größte Wirkung entfaltet. Die Ordnung in der submikroskopischen Welt der Quarks und Elektronen einerseits und das Zustandekommen der Wechselwirkungskräfte andererseits können jeweils unter einheitlichen Gesichtspunkten verstanden werden, wobei ein Symmetrieprinzip, die Idee der Phaseninvarianz, die entscheidende Rolle spielt. Aber das Verständnis der Bausteine und der Kräfte reicht nicht aus, die Vielfalt der Natur zu verstehen. Einfache Grundregeln auf der einen Ebene führen zu äußerst komplexem Verhalten auf der nächsthöheren Ebene, wo neue Gesetzmäßigkeiten herrschen. Wie kommt es, das ist eine wichtige Frage, daß sich kein chaotisches Durcheinander bildet, sondern daß sich im Gegenteil auf den höheren Stufen immer strengere Ordnungsprinzipien einstellen?

Die Grundgesetze der Physik, die das materielle Geschehen beherrschen, sind von hoher Symmetrie. Man sollte erwarten, daß diese Symmetrien auch in allen Erscheinungen auftreten, die von diesen Gesetzen ausgehen. Das ist aber nicht der Fall. In der Tat wäre eine ganz symmetrische Welt weitgehend strukturlos. Je komplexer die Strukturen werden, desto niedriger ist im allgemeinen ihre Symmetrie. Symmetriebrechung

und das Auftreten von Ordnung gehen also Hand in Hand. Auf molekularer Ebene geschieht dies durch den Prozeß der „spontanen Symmetriebrechung“, durch den qualitativ neue Eigenschaften in der Materie auftreten, die in den Kräften nicht angelegt sind. Gleichzeitig taucht dabei zwangsläufig ein Element der Unberechenbarkeit und Unvorhersagbarkeit auf.

Noch verwirrender sind dynamische Erscheinungen im makroskopischen Bereich, wie sie sich z. B. bei der Turbulenz äußern. Die sich gerade entwickelnde Einsicht in das Verhalten chaotischer Systeme liefert erste Einsichten in Regelmäßigkeiten auch hinter solchen Erscheinungen. Aber mit dem Konzept des deterministischen Chaos tritt etwas völlig Neues in der Naturbeschreibung auf den Plan, die Einsicht in die prinzipielle Unvorhersagbarkeit von Erscheinungen, die von einfachen, strengen Regeln beherrscht werden. Damit verbunden ist eine Abkehr von der seit Leibniz selbstverständlichen Beschreibung physikalischen Verhaltens mit den Regeln der Infinitesimalrechnung. Das wirft prinzipielle erkenntniskritische Fragen auf. Die auf den Plan tretenden selbstähnlichen Objekte zeigen Invarianz unter Skalenänderungen und kontrastieren so merkwürdig mit den absoluten Skalen, die in der mikroskopischen Welt der Quantenphysik festgelegt sind.

Dem Zusammenhang zwischen Symmetrie, Symmetriebrechung und der Entstehung von Ordnung im Komplexen nachzuspüren, das war Ziel der am Wissenschaftskolleg durchgeführten Studie. Zu dieser Thematik wurde ein Buchmanuskript mit dem Arbeitstitel „Der gebrochene Spiegel“ vollständig verfaßt.

Folgende Vorträge wurden im Zusammenhang mit dem Aufenthalt am Wissenschaftskolleg gehalten: am Institut für Hochenergiephysik der Akademie der Wissenschaften der DDR, im physikalischen Kolloquium der Freien Universität Berlin, an der Urania Berlin, beim gemeinsamen Kolloquium von Technischer Universität Berlin und Wissenschaftskolleg über „Philosophie, Physik, Wissenschaftsgeschichte“.