
Vorwort

Es ist eine bemerkenswerte Tatsache, dass die Grundgesetze der Natur einfach sind. Die Komplexität der Vorgänge in unserer Umgebung ist darauf zurückzuführen, dass die Materie – Gase, Flüssigkeiten und Körper – aus einer immensen Zahl von Bausteinen (Atomen und Molekülen) besteht.

Nur in Ausnahmefällen spiegeln die Vorgänge in unserer Umgebung die Einfachheit der Naturgesetze wieder. Das relativ einfache Gesetz der Schwerkraft erlaubt die Beschreibung der Bewegungen der Planeten, oder den Fall eines schweren Körpers unter dem Einfluss der Schwerkraft – aber nur, falls Reibungskräfte vernachlässigt werden können. Bereits die Beschreibung der Flugbahn eines Blattes Papier, wo Reibungs- und andere Kräfte wichtig sind, wird extrem kompliziert.

Zudem scheinen die Naturgesetze umso einfacher zu werden, je tiefer man in die Welt der elementaren Bausteine – von den Atomen zu den Elementarteilchen – eindringt. So lassen sich die zahlreichen elektrischen und magnetischen Phänomene auf eine einfache Theorie des Elektromagnetismus zurückführen.

Die Einfachheit einer derartigen Theorie erschließt sich jedoch nur, wenn man mathematische Formulierungen verwendet, deren sich die Natur anscheinend bedient. Auch diese Tatsache ist in sich bemerkenswert. Sie macht es jedoch notwendig, ein gewisses mathematisches Rüstzeug zu erwerben, um die Naturgesetze zu verstehen.

Dieses Verständnis hat in den letzten Jahrzehnten enorme Fortschritte gemacht. Wir verstehen die meisten Vorgänge in der Elementarteilchenphysik und in der Kosmologie, und können sie mit einfachen Formeln – unter der Verwendung entsprechender mathematischer Konzepte – beschreiben.

Das Ziel dieses Textes ist es, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse der Naturgesetze von der Kosmologie bis zu den Elementarteilchen darzustellen. Es wird jedoch auch auf die zahlreichen noch

offenen Fragen hingewiesen, die interessanterweise oft Phänomene der Kosmologie mit Phänomenen der Elementarteilchenphysik verknüpfen.

Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnisse der Naturgesetze umfasst vier Grundkräfte, die Schwerkraft, den Elektromagnetismus, die starke und die schwache Wechselwirkung, sowie einen „Bausatz“ von bisher bekannten Elementarteilchen. Mögliche Antworten auf offene Fragen sind Theorien, die bisher durch experimentelle Ergebnisse weder bestätigt noch widerlegt werden konnten; unter anderen Theorien der Vereinheitlichung von drei der vier Grundkräfte (bis auf die Schwerkraft), die Supersymmetrie, und die Stringtheorie. Auch diese Theorien werden in diesem Text kurz beschrieben. Die Elementarteilchenphysiker und Kosmologen hoffen, in den nächsten Jahren durch weitere experimentelle Ergebnisse zu erfahren, ob und welche der zur Zeit noch spekulativen Theorien tatsächlich die Natur beschreiben.

An mathematischem Rüstzeug setzen wir in diesem Text die Kenntnisse eines Studenten der Naturwissenschaften zu Beginn des Studiums voraus: Vektorrechnung, Ableitungen, einfache Differentialgleichungen und Integrale. Es ist außerdem notwendig, mehrere Konzepte einzuführen, die in der Kosmologie und der Elementarteilchenphysik eine wichtige Rolle spielen: die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, sowie die klassische und die Quantenfeldtheorie. Selbstverständlich können nicht alle Einzelheiten dieser Konzepte beschrieben werden, was wesentlich kompliziertere mathematische Methoden sowie eine ganze Buchreihe notwendig machen würde. Es werden jedoch die wesentlichen Aspekte dieser Konzepte dargelegt, und viele Phänomene können mit Hilfe von Rechnungen verstanden werden, die mit dem obigen mathematischen Rüstzeug durchführbar sind. Insofern geht dieser Text aber über eine rein populärwissenschaftliche Darstellung hinaus.

Der Text beginnt mit einem Überblick, angefangen von der größtmöglichen Struktur – dem Universum – über Atome, ihren Kernen bis zu den Elementarteilchen, den Quarks und Leptonen. Anschließend werden die entsprechenden Konzepte und physikalischen Phänomene detailliert besprochen. Am Ende werden die oben genannten zur Zeit noch spekulativen Theorien kurz skizziert.

Der Text sollte es einem naturwissenschaftlich interessiertem Leser ermöglichen, die Faszination nachzuvollziehen, die mit dem Eindringen in die Grundgesetze der Natur – und möglicherweise in die alle Grundkräfte vereinheitlichende Theorie – einhergeht.