

Kapitel 1

Einführung

Unter dem Begriff Mechanik versteht man die Lehre von der Bewegung materieller Körper. Die Mechanik war historisch die erste Wissenschaftsdisziplin überhaupt, in der es gelungen ist, durch das Sammeln von Erfahrungen und experimentellen Ergebnissen eine theoretische Verallgemeinerung in Form von mathematischen Gesetzmäßigkeiten zu schaffen, aus denen wiederum alle beobachteten Ereignisse mathematisch ableitbar waren. Nicht durch Zufall gab es zur selben Zeit, in der die Mechanik als mathematische Theorie ihren Durchbruch fand, weitreichende Entwicklungen in der Mathematik. Insbesondere die Entwicklung des Differentialkalküls durch Isaac Newton und Gottfried Leibniz stellte die notwendigen mathematischen Hilfsmittel zur Beschreibung von Bahnkurven bereit. In diesem Zusammenhang nimmt die Leistung Newtons einen besonderen Stellenwert ein, der bahnbrechende Arbeiten sowohl auf dem Gebiet der Mathematik als auch der Mechanik geleistet hat.

In der Mechanik werden grundlegende Begriffe wie Masse, Kraft, Impuls oder Energie eingeführt, die als Konzepte in der gesamten modernen Physik wiederzufinden sind. Aus diesem und dem offensichtlichen historischen Grund fängt jeder Kurs zur Theoretischen Physik mit der Theoretischen Mechanik an. Wir werden uns in diesen Vorlesungen mit der **klassischen Mechanik** befassen, also mit dem Teil der Mechanik, der ohne Quantentheorie auskommt. Diese wurde im 17. Jahrhundert maßgeblich von Isaac Newton aufgestellt¹, der von ihm gewählte Zugang heisst **Newtonsche Mechanik**. Im engeren Sinne ist dabei aber nur der Zugang über die Newtonschen Axiome zu verstehen. Im 18. und 19. Jahrhundert entstanden Zugänge zur Mechanik,

¹Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, London, 1687.

die auf anderen Grundprinzipien basieren. Die **Lagrangesche Mechanik** und die **Hamiltonsche Mechanik** spielen dabei auch in anderen Zweigen der Theoretischen Physik eine bedeutende Rolle und werden hier besonders hervorgehoben.

Alle diese Zugänge der klassischen Mechanik waren so umfassend erfolgreich, dass Ende des 19. Jahrhunderts davon ausgegangen wurde, dass damit die gesamte Physik verstanden werden kann und nur einige wenige unbedeutende physikalische Probleme übrig bleiben, die in wenigen Jahren vollständig gelöst sein würden. Unter diesen Probleme waren solche 'Kleinigkeiten' wie der photoelektrische Effekt und die korrekte Form der Schwarzkörperstrahlung, deren Beschreibung durch Albert Einstein und Max Planck die Grundlage für die Entwicklung der Quantenmechanik bilden sollten.

Bei hohen Geschwindigkeiten eines Massenpunktes stellt sich zusätzlich heraus, dass dessen Masse nicht konstant bleibt, sondern geschwindigkeitsabhängig wird. Dieses Resultat der speziellen Relativitätstheorie ist ebenfalls nicht in der klassischen Mechanik enthalten. Die Kombination aus Quantenmechanik und relativistischer Betrachtung führte dann zur Entwicklung der relativistischen Quantenmechanik. In dieser Vorlesung beschränken wir uns auf die klassische Mechanik in ihrem nichtrelativistischen Limes.

Eine weitere Einschränkung besteht in der Idealisierung, einen ausgedehnten Körper als Massenpunkt zu beschreiben. Dies führt zu dem Begriff der **Punktmechanik**. Für einen solchen Massenpunkt kommen demzufolge nur Translationsfreiheitsgrade in Frage. Rotationen können in diese Theorie eingebaut werden, wenn mehrere Punktmassen zu **Massenpunktsystemen** zusammengesetzt werden. Besteht ein Massenpunktsystem aus Punktmassen mit festen Abständen, so handelt es sich um einen **starren Körper**, bei dem von Formveränderungen abgesehen wird. Um diese zu beschreiben, benötigt es eine **Kontinuumsmechanik**, wie sie in der Elastizitätstheorie oder der Hydrodynamik zur Anwendung kommt. Wir beschränken uns in dieser Vorlesung auf die Punktmechanik.