

die in einem engeren Rahmen funktioniert haben; im vorliegenden Falle die Quantisierungsvorschrift, die die Existenz eines Hamilton-Operators H einschließt. Da aber H über die Schrödinger-Gleichung infinitesimale Zeitverschiebungen erzeugt, werden wir auf eine Beschreibung mit differentieller Entwicklung in der Zeit geführt. Die Lorentz-Invarianz fordert dann zusätzlich differentielle Entwicklung im Raum. Es könnte sein, daß für eine nichtlokale, „gekörnte“ Theorie kein Hamilton-Operator existiert; wenn das der Fall ist, wäre die Analogie zu den Quantisierungsmethoden der nichtrelativistischen Theorien aufgehoben.

Wenn wir an einer Lorentz-invarianten mikroskopischen Beschreibung durch kontinuierliche Variable x und t festhalten, erwarten wir, daß sich Wechselwirkungen in Raum und Zeit nicht schneller als mit Lichtgeschwindigkeit c ausbreiten. Diese Forderung der „Mikrokausalität“ spricht sehr für die Benutzung des Feldbegriffes. Auch wenn es für kleinste Abstände eine Körnung in der Natur gibt, muß, wenn wir an der Mikrokausalität festhalten, der Einfluß eines Kornes auf das nächste retardiert sein, was am natürlichsten durch zusätzliche Felder beschrieben wird. Das Problem wird also nur komplizierter ohne verständlicher zu werden.

Es gibt keinen konkreten experimentellen Hinweis auf eine Kornstruktur für kleine Abstände¹. Völlig bewiesen ist die Richtigkeit der speziellen Relativitätstheorie im Hochenergiebereich, und weiter gibt es einen positiven Beweis² dafür, daß die Forderung der Mikrokausalität eine richtige Hypothese ist. Da es keine andere, überzeugende Theorie gibt, werden wir uns im folgenden auf den Formalismus lokaler, kausaler Felder beschränken. Eine modifizierte Theorie muß die lokale Feldtheorie als Grenzfall für große Entfernungen enthalten. Wir weisen noch einmal darauf hin, daß der Formalismus, den wir entwickeln, möglicherweise nur den Limes großer Entfernungen (d. h. Abstände $> 10^{-13}$ cm) einer physikalischen Welt mit wesentlich anderen submikroskopischen Eigenschaften beschreibt.

11.2 *Der kanonische Formalismus und das Quantisierungsverfahren für Teilchen*

Zur Einleitung unserer Ausführungen wiederholen wir noch einmal das bekannte Verfahren zur Quantisierung klassischer, dynamischer Systeme der Punktmechanik. Als Beispiel betrachten wir die eindimensionale Be-

¹ In der Quantenelektrodynamik besteht sehr gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment sowohl für Nieder- als auch für Hochenergieprozesse. Vgl. z. B.: R. P. FEYNMAN, *Rept. Solvay Congr., Brussels*, Interscience Publishers, Inc., New York, 1961.

² Wir fassen als solchen die experimentelle Verifizierung der Dispersionsrelationen für die Pion-Nukleon-Vorwärtsstreuung auf, die in Kap. 18 diskutiert werden.