Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 20.07.1957
Stichworte: Offene Probleme in der Lee Modell Arbeit, Zwei-Elektronen Streuung
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-1653r
Meyenn-Nummer: 2677

z.Z. Urfeld 20.7.57.
am Walchensee Ob. Bayern.

Lieber Pauli!

Dein Brief erreichte mich hier im Urlaub erst nach einigen Umwegen. Die Frage Källéns ist mir in der Form, in der sie ausgesprochen ist, nicht ganz verständlich. Jedenfalls hast Du recht damit, dass die Antwort auf S. 40 steht und mit der Frage der analytischen Fortsetzung zu tun hat. Aber die hier notwendige Funktionentheorie, ~~ist~~ die recht umständlich zu sein scheint, ist noch nicht durchgeführt, und insofern kann Källén mit Recht behaupten, dass noch nicht alles klar sei (die Formulierung in der endgültigen, an Nuclear physics geschickten Fassung war schon entsprechend vorsichtig).

Im Grunde läuft es auf folgendes Problem hinaus: Nehmen wir an, es handle sich um die Streuung eines Teilchens ~~in~~ an einem anziehenden Potential, bei dem es auch gebundene Zustände gibt (z.B. Elektron u. Proton). Dann sagt die S-Matrix zunächst nichts über die gebundenen Zustände aus. Wenn sie aber analytisch ist (das ist fast immer der Fall), so geben die Pole auf der imaginären k-Achse die gebundenen Zustände an, und die Norm ~~[illegible]~~ jedes gebundenen Zustands ist aus dem Residuum um den Pol zu berechnen. Nehmen wir weiter an, es handle sich um die Streuung zweier Elektronen an einem Proton.

Wenn man dann die Eigenfunktionen nach den Impulsen k_1, k_2 entwickelt und den Möller'schen Beweis für die Unitarität der S-Matrix ausschreibt, so erhält man zwar eine Relation $\sum_l |S_{il}|^2 = 1$, aber die so definierte „S-Matrix" ist noch nicht die S-Matrix im gewöhnlichen Sinn, wie man sofort daraus sieht, dass man nur über die „Endzustände" $dk_1 \cdot dk_2$ integriert, dass aber die diskreten Endzustände ($dk_1 \cdot \Sigma$ diskr. Zust.) dabei weggelassen sind. Man muss also noch eine Transformation vornehmen, bei der etwa für eins der beiden Elektronen vom Impulsraum zum Raum der Wasserstoffzustände transformiert wird. – Wenn man den Raum der k_1, k_2 ins Komplexe erweitert, so zeigen sich die diskreten Zustände in der S-Matrix (d.h. ihrer Möller'schen Form) wieder als Pole, man kann also auch hier die diskreten Zustände durch die imaginären k-Werte zu den Polen definieren. Nach der Transformation gilt natürlich auch wieder $\sum_l |S_{il}|^2 = 1$, nur sind die Zustände l jetzt die richtigen Endzustände, enthalten also auch die diskreten Zustände. – Wenn ich diese Transformation u. die zugehörige Funktionentheorie im Falle der Streuung der beiden Elektronen anständig ausschreiben könnte, so könnte ich, glaube ich, das entsprechende sofort auch für das Lee-Modell tun.

Denn bei der S-Matrix handelt es sich nur um die Gesamtheit der Zustände $k_i, \bar{g}$ u. $k_i, 0$ unter <u>Ausschluss</u> von k_i, D. ~~Das~~ Wenn die S-Matrix analytisch ist (und das trifft beim Lee-Modell sicher zu), so kann man die gebundenen Zustände wieder durch die Pole der S-Matrix charakterisieren, für die wenigstens ein k-Wert ~~[illegible]~~ imaginär ist. Da nun <u>vor</u> der ~~[illegible]~~ Transformation (wegen des Ausschlusses von k, D) auch $\sum_l |S_{il}|^2 = 1$ gilt – das S bedeutet dann auch noch nicht die gewöhnliche Form der S-Matrix – so wird es auch <u>nach</u> der Transformation richtig sein, denn die gefährlichen Zustände ~~die~~ k, D kommen ja garnicht mehr ins Spiel.

Leider ist aber die Durchführung im Einzelnen schon bei den beiden Elektronen, die am Proton gestreut werden, reichlich kompliziert. Källén würde sich Verdienste erwerben, wenn er ein derartiges Beispiel vorrechnen könnte.

Vielleicht kann man das, was ich will, Källén am leichtesten in folgender Form klarmachen: Die Helden der Feldtheorie behaupten doch immer, man könne (eine ~~die~~) unitäre S-Matrix durch einen Feld-operator (im <u>positiven</u> Hilbert-Raum) interpolieren. Wenn nun die S-Matrix analytisch ist und die

Interpolation auch im Komplexen noch funktioniert (ich weiss nicht, ob das auch noch behauptet wird u. bewiesen werden kann), so können die stationären Zustände, die durch die Pole der S-Matrix gegeben sind, nur positive Norm haben, da die interpolierenden Feldoperatoren je nur im Hilbert-Raum mit positiver Metrik operieren. – So einfach wird der Beweis wohl nicht sein, aber Källén kann daraus genau sehen, was gemeint ist.

Die nächsten vier Wochen will ich mich hier in Urfeld erholen. Auch Euch alles Gute für die Ferien u. viele Grüsse!

Dein

W. Heisenberg