**Archiv von Heisenbergs Briefen**

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 05.03.1957
Stichworte: Einigkeit über alles Wesentliche. Positve Norm der diskreten stationären Zustände, PC-Invarianz
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-161r
Meyenn-Nummer: 2556

Ascona 5.3.57.



Lieber Pauli!

Hab vielen Dank für Deinen ausführlichen Brief, der mit seinen 12 Seiten ja einen imponierenden Schlusstein unserer Diskussion bildet. Wir sind jetzt über alles Wesentliche völlig einig und ich bin sehr froh darüber, dass Du den Grundgedanken: Addition von virtuellen Nullwellen zur Erzeugung der Konvergenz nicht für unvernünftig hältst.

An einer Stelle hast Du, glaube ich, einen Sachverhalt noch nicht völlig realisiert, und das dürfte der Grund für Deinen Pessimismus hinsichtlich der höheren Sektoren sein. Es handelt sich um die eventuell vorhandenen diskreten Eigenzustände des Sektors $N + 2\Theta$. Ich möchte für das Folgende die Masse des $\Theta$-Teilchens $\mu$, die Energie des $N$-Teilchens $\sigma$, die des $A$ bzw. $B$-Zustands im Sektor $N + \Theta$ $E_A$ nennen. Dann fangen die Streuzustände, die wir bisher diskutiert haben, bei der Energie $E = 2\mu$ an. Wenn man die Streuung eines $\Theta$ an einem $N + \Theta$-Wellenpaket in einer Lösung mit einfachem Pol beschreiben will, muss man eine einfallende $A$-Welle (richtiger: $A \times \Theta$-Welle) addieren, um eine auslaufende $B$-Welle zu vermeiden. Das kann man auch umkehren: Wenn man mathematisch eine einlaufende $A \times \Theta$-Welle fordert, muss man eine andere einlaufende Welle $(N+\Theta) \times \Theta$ addieren, um die auslaufende $B$-Welle zu vermeiden. Die diskreten Zustände sind nun dadurch charakterisiert, dass es für bestimmte Energien unnötig sein kann, eine einfallende Welle zu addieren. Wenn das für $E > 2\mu$ geschieht, wird das zwar keinen echten stationären Zustand, sondern nur einen radioaktiven Zustand geben; denn es gibt ja die auslaufenden Wellen, die dauernd einen Teil der „Norm" abtransportieren. Wenn es aber für $E < 2\mu$ geschieht (dort heisst die Bedingung dann nicht „nur auslaufende $(N+\Theta)\times\Theta$" sondern: „nur exponentiell abklingende $(N+\Theta)\times\Theta$", in beiden Fällen aber auslaufende $A\times\Theta$-Welle), so gibt es einen echten diskreten stationären Zustand. Diese Zustände liegen, wenn sie vorhanden sind, alle im Gebiet $E_A+\mu < E < 2\mu$. Es sind also Zustände, bei denen die Anteile $(N+\Theta)\times\Theta$ exponentiell abklingen, aber $A\times\Theta$ eine ein- und auslaufende Kugelwelle darstellt. Diese Zustände, die wieder nur einen einfachen Pol an der kritischen Stelle haben, wären also radioaktiv, wenn die A-Welle Norm abtransportieren würde. Da sie das nicht tut, sind sie exakt stationär. Für $E < E_A+\mu$ gibt es sicher keine stationären Zustände mit einfachem Pol mehr.

Nun sehe ich a priori gar keinen Grund, warum es (im Gebiet $E_A+\mu < E < 2\mu$) ~~[illegible]~~ solche richtig stationären Zustände nicht geben sollte. Freilich ist das sehr schwer auszurechnen, weil Deine Integralgleichung ebenso nicht leicht zu diskutieren ist. Im Sektor $2N+\Theta$ müsste man's grundsätzlich auch diskutieren können, aber die Annahme, dass N u. V unendlich schwer seien, bringt fast nur Beschwerungen; denn wenn man adiabatisch rechnen will, bemerkt man, dass es kritische Werte des Abstandes zwischen den beiden N-Teilchen gibt, an denen die Wurzeln von $X(\omega, R) = 0$ sich unstetig verändern; dort muss man dann, ähnlich wie im W.K.B.-Verfahren, Anschluss-bedingungen konstruieren (– dort kann man ja nicht mehr adiabatisch rechnen!), und die Sache wird ausserordentlich kompliziert. Jedenfalls hat ich damit bisher nichts machen können. Trotzdem geht es mir damit so: Ich bin, so viel ich über diese Fragen nachgedacht habe, immer wieder zu der Überzeugung gekommen, dass die Norm dieser diskreten stationären Zustände (mit einfachem Pol u. ein- u. auslaufender A-Welle) stets positiv sein muss. (Auch Null könnte sie nur in ganz singulären Fällen sein). Ich glaube immer noch, dass ein guter Mathematiker das beweisen können müsste, auch ohne die Zustände im Einzelnen auszurechnen, aber meine eigene Kraft hat dazu nicht ausgereicht. Die beiden Beweise, die ich Dir früher schrieb (elektrisches Feld, oder Funktionentheorie) machen es zwar sehr plausibel, aber unbezweifelbare Beweise sind es bisher nicht. Hättest Du, da Du vielleicht mehr ausgeruht bist, als ich (mein Nervenzustand ist ja leider seit der Erkrankung im Herbst noch nicht völlig in Ordnung), die mathematische Kraft, das zu entscheiden? Wenn man es nicht entscheiden kann, muss man die höheren

Sektoren einzuteilen sicher lassen. Wenn man es im positiven Sinn entscheiden könnte, so würden, glaube ich, die höheren Sektoren keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr machen. Aber ich bin mit meinen Kräften hier im Augenblick am Ende.

Die Paritätsfragen sind natürlich ausserordentlich interessant und ich führe darüber z. Zt. eine lebhafte Korrespondenz mit Lüders und (hauptsächlich) Nishijima in Göttingen. Bisher habe ich folgende Beziehung zu meinen eigenen Arbeiten bemerkt: In den Noten von Salam u. Yang + Lee wird die Invarianz der Wechselwirkungen gegen die Transformation $\psi \to \gamma_5 \psi;\ \psi^+ \to -\psi^+ \gamma_5$ postuliert, wobei $\psi$ die Neutrinowellenfunktion ist. Nishijima versucht, durch ähnliche Invariantforderungen für die anderen Leptonen die Auswahlregeln der Leptonen herzuleiten. Nun kann man leicht sehen, dass meine alte Gleichung

$$\gamma_\nu \frac{\partial \psi}{\partial x_\nu} + l^2 \psi^+ (\psi^+ \psi) = 0$$

, im Gegensatz zur Diracgleichung mit endlicher Masse, invariant gegen diese Transformation ist. Ich habe also den Verdacht, dass doch auch die leichten Teilchen in einer solchen Gleichung stecken können. Aber greifbare Resultate haben wir noch nicht. Der Zusammenhang zwischen der P und C-Symmetrie ist natürlich auch in meinen alten Rechnungen zur Coulombkraft zu sehen, es wird also wohl P.C erhalten bleiben. –

Zum 15. wollte ich über Zürich nach München fahren. Hättest Du am 15. oder 16. in Zürich etwas Zeit zum Besprechen? Ich würde mich sehr freuen.

Viele herzliche Grüsse!

Dein W. Heisenberg