Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 30.12.1957
Stichworte: Kommentar zu Paulis Lecture Notes, Indefiniter Charakter der Metrik, Unklarheit über Symmetrien für Ladungs- und Baryonenzahl-Erhaltung
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-1675r
Meyenn-Nummer: 2815

Göttingen 30.12.57.

Beantwortet 2.I

Lieber Pauli!

Eben kam Dein Bericht vom 25.–27. (u. die lecture-notes). Ich möchte Dir gleich ein paar vorläufige Bemerkungen dazu schreiben, obwohl ich sicher noch etwas Zeit brauche, um alles richtig zu verarbeiten.

Als wesentlichen Fortschritt empfinde ich, dass Du jetzt bei der Aufgabe, aus den Gruppen die V.R. herzuleiten, ausdrücklich auf den indefiniten Charakter der Metrik im Hilbert-Raum Bezug nimmst. Das ist sicher ein notwendiger Schritt und hängt mit den Voraussetzungen für die beiden exakten Erhaltungssätze (Q u N) zusammen (siehe unten!). – Zum Formalen muss ich hier zunächst ein Warnungszeichen aufstellen: Man soll in der indefiniten Metrik weder η noch die Grösse ψ^H jemals einführen, sondern ausschliesslich ψ^* d.h. das pseudohermitisch-konjugierte betrachten. Die anderen Bildungen sind ja nicht kovariant bei Drehungen im Hilbertraum und können daher nur die schrecklichsten Verwirrungen stiften*).

Aber nun zum Inhalt: Auch beim Lesen deiner Überlegungen kann ich noch keine Klarheit über folgenden Punkt bekommen: Die Grösse V in den V.R.

*) Es wäre doch schrecklich, wenn man etwa anfinge, in der Rel. theorie Bildungen wie $x^2+y^2+z^2+(ct)^2$ zu betrachten!

ist doch zunächst so etwas, wie, sagen wir, ein äusseres elektrisches Feld $\mathfrak{E}$ in der Hamiltonfunktion des Wasserstoffs. V stört die Invarianz gegen die Gruppen (A) u. (B), ähnlich wie $\mathfrak{E}$ die Invarianz gegen Raumdrehungen stört. Natürlich kann man eine entsprechende Transformation von $\mathfrak{E}$ vornehmen, d.h. $\mathfrak{E}$ mitdrehen, dann bleibt wieder alles invariant. Aber diese Art der Invarianz garantiert ja keine Erhaltungssätze – es sei denn, dass das System so erweitert wird, dass auch $\mathfrak{E}$ und seine Quellen dazu gehören. In unserem Fall kann man natürlich auch V d.h. die Σ_k „mitdrehen", d.h. die pseudounitären Transformationen am Vakuum ausführen. Aber auch das garantiert keine Erhaltungssätze – es sei denn, dass wieder die Σ_k in irgendeiner Art echte dynamische Variable des Systems werden. Ich sehe also zunächst überhaupt noch nicht die Quellen für die beiden strengen Erhaltungssätze für Q und N. (Dagegen sehe ich den Grund dafür, dass τ_3 – das ja nicht identisch ist mit Q !! – nur noch mod. 2 erhalten bleibt.)

In irgendeiner Weise müssen die Σ_k also jedenfalls dynamische Variable des Systems werden. Denn aber wird es zwar ~~Tran~~ wei Transformationen u. Invarianzen geben, die die Erhaltung von Q und N garantieren, aber sicher nicht mehr die vollen Gruppen A und B; denn der Isospin ist ja gar keine „gute" Quantenzahl in der elektrischen Welt.

Also komme ich zur Hauptfrage meines vorletzten Briefs zurück: Welches sind die beiden Invarianteigenschaften, die – im Gegensatz zu der Gesamtgruppe A u. B – auch in der elektrischen Welt streng gültig bleiben und damit die Erhaltung von Q u. N garantieren? Oder ist es Deine Meinung, dass diese Invarianzen gar nicht einfach analytisch (etwa unter Benutzung der Σ_k) formuliert werden können?? Ich habe dazu eine Vermutung, die sich mir in der Arbeit mit Ascoli aufgedrängt hat: In der konventionellen Feldtheorie kann man den Erhaltungssatz der Ladung auch in differentieller Form aussprechen, man kann eine räumliche Ladungs- u. Stromdichte definieren. Dies wird hier sicher <u>nicht</u> mehr möglich sein. Durch die indefinite Metrik sind die lokalen Verhältnisse so weit kompromittiert, dass eine lokale Stromdichte nicht mehr vernünftig definiert werden kann. Aber gerade dieser Umstand wird in der indefiniten Metrik durch die Mathematik so geschickt ausgenützt, dass die Ladungserhaltung sozusagen <u>asymptotisch</u> herauskommt.

Also schreib mir bitte Deine Meinung zu dieser „Hauptfrage". – Noch etwas zu den „strange particles":

Solange man nur die ψ als Operatoren im Hilbert-Raum zur Verfügung hat und Deine Transformationen A ~~u. B~~ den Isospin bedeuten (insbesondere $e^{i\alpha}$ des τ_3), würden Teilchen mit halbzahligem Spin auch stets halbzahligen Isospin haben müssen; d.h. es würde keine „strange particles" geben. Diese Teilchen gibt es erst, wenn man neben den ψ noch andere Operatoren (V oder c oder Σ_k u.s.w.) hat, die sozusagen den halbzahligen Isospin ohne Teilchen tragen können. Zur Darstellung der „strange particles" braucht man sicher diese Operatoren; zur Unterscheidung von Proton u. Neutron braucht man sie wahrscheinlich auch. Hast Du jetzt eine bestimmte Meinung über die Form der Eigenfunktion von Proton, Neutron, Λ_0, Σ_0 u.s.w.? Du wirst sie ja jedenfalls ähnlich, wie ich früher schrieb, aus ψ_+ und ψ_-^C oder ψ_+ u. ψ_-
(Das ist natürlich wieder die Frage nach den Symmetrieeigenschaften!)
zusammensetzen; aber wie sieht das genaue aus ??

Wenn das Qualitative, nämlich die Gruppentheorie, klar ist, werden wir mit dem Quantitativen schon weiterkommen. Die Tamm-Dancoffmethode ist nicht so schlecht, wie sie Dir jetzt scheint, und wir werden damit ein ordentliches Stück weit kommen. Aber schreib mir bitte Deine genaue Meinung über die V.R. u. die Erhaltungssätze für N u. Q; Du hast so viel mehr Erfahrung über Gruppentheorie und C-Transformation u. Lorentzinvarianz, dass ich Dir hier gern die Vorhand lasse!

Alles Gute zum Neuen Jahr, das offenbar viele schöne wissenschaftliche Arbeit für uns bereit hält!

Dein W. Heisenberg