

Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg

an: Pauli

Datum: 12.11.1933

Stichworte: Antwort auf Paulis Kritik an Heisenbergs Löchertheorie

Ursprung: Pauli Archiv in Genf

Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-061r

Meyenn-Nummer: 331

Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung der Familie Heisenberg und des Pauli-Archivs in Genf.

Copyright (c) Heisenberg-Gesellschaft e. V., München, VR 204617, 2016

Reproduktion (auch auszugsweise) nur mit Erlaubnis der Rechteinhaber.

Leipzig 12.11. 33

NACHLASS
PROF. W. PAULI

Lieber Pauli!

her vielen Dank für deine drei Briefe, deren Kritik an meinen Überlegungen mir sehr wertvoll war. Auch dem Inhalt der ersten beiden bin ich ganz einig, die zutreffenden Operatoren müssen in der Form

$$\varphi^\dagger \varphi + \varphi^\dagger \gamma^x + \gamma^x \varphi - \chi^\dagger \tilde{\sigma} \chi$$

geschrieben werden. Dagegen enthält dein letzter Brief, wie mir scheint, einen Fehler - allerdings bin ich mir nicht ganz klar über diesen Punkt. Die einfache Relation $\dot{q} = Hq - qA$ gilt doch nur, wenn H nicht explizite von der Zeit abhängt; sonst ist jedenfalls der Differentialquotient der linken Seite nicht überall invariabel. Daher folgt aus meinem V. R. (3) nicht so ohne weiteres $[\chi^\dagger \chi]_+ = \text{const.}$ das sieht man am einfachsten, wenn man für den von dir diskutierten Fall $P_\mu = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{x}_\mu}$ $[q = q(x_1, x_2, \dots, x_4)]$ die V. R. in der physikalisch richtigen Weise:

$$[\chi^\dagger_\beta \chi_{\beta'}]_+ = f_{\beta\beta'}^{pp'} = f_{\beta\beta'}^{0pp'} \cdot e^{\frac{ie}{\hbar c} (G(p) - G(p'))}$$

berechnet.

aus $[x, p] = i\hbar$ und $\frac{\partial G}{\partial p} = [H, x]$

hier ist, wie du richtig schreibst, die rechte Seite zeitabhängig, aber, solange man die Potentiale als äussere Felder betrachtet, mit H vertauschbar.

Dein Gegenbeispiel ist ganz recht, wenn man in H das elektromagnetische Feld einbezieht. Denn darf in der Form $[X^* X]_+$ nicht mit allen Größen, ~~was~~ wenn X nicht mit f oder g vertauschbar sein. Damit, wie es richtig ist, $\frac{\partial}{\partial t} [X^* X]_+ = [X^* X]_+ \frac{i}{\hbar} [\Phi_4(p) - \Phi_4(p')]_+$ wird, sollte man etwa setzen

$$\left\{ [X_p^* X_{p'}]_+, \mathcal{L}_{p''}^2 \right\}_- = [X_p^* X_{p'}]_+ \cdot \left[\delta_{pp''} \Phi_4(p) - \delta_{p'p''} \Phi_4(p') \right]$$

$$\left\{ [X_p^* X_{p'}]_+, \mathcal{Q}_{p''} \right\}_- = 0.$$

Inwiefern es möglich ist, diese V.R. in ein allgemeineres Schema einzubauen, ist mir nicht klar. Ich möchte gerne glauben, dass man ein in sich völlig konsequentes und relativistisch invariantes Schema erhält, wenn man fordert, wie in unserem Teil II: $\Phi_4 = 0$ - und $[X_p^* X_{p'}]_+$ mit allen Variablen vertauschbar. Damit beschneidet man allerdings willkürlich die Eichinvarianz auf zeitunabhängige $g(x, y + X)$.

Es scheint, als für mich sehr wert gekommen. Ich
möchte aber einer allgemeinen Stimmung Ausdruck
geben: Wenn es überhaupt möglich ist, die Löcher-
theorie vollständig zu formulieren, dann muss es
durch Angabe von V. R. des Typus $\{[X_p^* X_{p'}]_+ \varphi\}$
geschehen. Denn diese Größen sind δ -Funktionen,
während $[X_p^* X_{p'}]_{+0}$ selbst auch auf einem Ort endliche
Abstände von Null verschieden ist. Die letzteren Größen
 $[X_p^*]_+$ werden also bei Annahme der Felder sicher stetig, nicht aber die
anderen $\{[]_+ \}$.

Vielleicht bringt du für diese V. R. etwas heraus; wenn
dem würde mich deine Meinung über das Schema,
in dem $\varphi_4 = 0$ gesetzt wird, interessieren.

In der nächsten Woche muss ich leider auf Physik
versichten und einen Vortrag für Zürich vorbereiten.
Solltest du eine Diskussion der Lochentheorie für Frankfurt
halten, so könnte ich vielleicht nach dem 22. für einen
Kursus noch dazwischen kommen, ich hätte bereits
Lust dazu.

Daß deine Befürchtungen von Brüssel eingetroffen
sind, wirst du ja wissen; ich bin mir auch eigentlich
sehr darüber, wie sehr ich Bonn gegenüber ein schlechtes
Gewissen. -

Brille herabsteigende Grasse

Dein V. Keiserberg.