

Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg

an: Pauli

Datum: 05.02.1934

Stichworte: Klein-Jordan-Trick zur Beseitigung der Selbstenergie

Ursprung: Pauli Archiv in Genf

Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-068r

Meyenn-Nummer: 350

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 5. 2. 34.

- 1 -

NACHLASS
PROF. W. PAULI

Lieber Pauli!

Da ich trotz Deines guten Anspruchs immer noch nicht mit der
Löchertheorie zufrieden bin, hast ich weiter über ihre Fundamentierung
nachgedacht und habe obige die hiermit das Resultat dieser Versuche.

Nach Deinem Brief und Deinen Bedingungen ist notwendig u.
hinreichend für eine vernünftige formalistische Befriedigung des von
Dir zu Grunde gelegten Programms, dass

$$(III) \quad \int R_k dV = \frac{ie}{hc} R^0 \int \Phi_k dV + c\text{-Zahl} \quad (k=1,2,3).$$

Nun setze ich, einfacher als du es vorschlägst,

$$(1) \quad \begin{cases} R_\mu = R_\mu^0 + \frac{ie}{hc} R_0 f_\mu & \text{und fordere} \\ \frac{\partial f_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial f_\nu}{\partial x_\mu} = F_{\mu\nu}. \end{cases}$$

Dann sind die f_μ genau so gut eichinvariant, wie Deine
 $R_{\mu\nu}$ - sie sind nämlich durch die $F_{\mu\nu}$ bestimmt, wenn
auch nicht eindeutig. Gl. (III) folgt sofort aus (1), und
der Grund ist höchst trivial: Es ist zwar nicht Φ_k ,
wohl aber $\int \Phi_k dV$ eichinvariant. Die Ursache von
der Geschichte ist die: da in der Kerninteraktions-
nur $\int R_k dV$ vorkommt, kann man in ihr für die

f_k einfach die Φ_k setzen, und damit fällt die Kette
wieder auf die alten Faser, auf denen sie vor einem
Jahr schon stand: die alte Hamiltonfunktion, die Dr und
Percels schon benutzt haben und die Dr die auch einmal
skizziert, ist immer noch richtig - wenigstens ist sie
erklärbar. Ich glaube also, wir können die alte
Theorie mit dem gleichen Recht benutzen wie die
neue. ---

Nun müßte ich noch auf die Frage der Selbstenergie
und die in Briefen besprochenen Probleme eingehen. Die
~~selbst~~ Selbstenergie rührt in der bisherigen Theorie davon her,
dass die unendliche Anzahl der Freiheitsgrade des Systems
durch die im Prinzip unendlich vielen ~~unendlich~~ möglichen Über-
gänge zu anderen Zuständen auf divergente Summen für
diese Energie führt. Man könnte also daran denken, in
Zukunft nur Theorien mit endlich vielen Freiheits-
graden zu erlauben. Dies ist aber bei genauerem Zusehen unmöglich.
~~Es~~ Es liegt im Wesen des physikalischen Sachverhalts, dass die
entsprechende Theorie ein System mit unendl. vielen Freiheitsgraden
behandeln muss, da aus den Experimenten im Prinzip aus
zwei Teilchen beliebig viele andere entstehen können. Wenn
man zum Beispiel in einem abgeschlossenen Kasten ein

positives und ein negatives Heftum bringt, so sind die Überlegungen, dass nach einiger Zeit in dem Kasten eine Plancksche Strahlungsverteilung bestehen wird, deren Temperatur durch die Anfangsenergie des Paares gegeben ist. - Obwohl es also an Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden nicht mehr glaubt; - Wie im Gegenteil die Quantentheorie der Wellenfelder für den einzig möglichen Weg des Fortschritts halte - scheint mir der Trick von Klein u. Jordan die einzig vernünftige Methode, die Selbstenergie loszuwerden. Sie entspricht genau dem experimentellen Sachverhalt: Gegeben sind einzelne Partikeln (das sind zusammen die Bausteine des ganzen Geschehens) und gefragt, wird, was geschieht, wenn mehrere solche Partikeln zusammenwirken. Die Theorie ist nun denn vernünftig, wenn die Existenz einer einzigen Partikel (ohne innere Kräfte!!) die fundamentale Lösung der Theorie darstellt. Eben das wird durch den Trick von Klein-Jordan erreicht, da ~~das~~ die Bedingungswirkungen der Form $\psi^* \chi^* \dots \chi \psi$ immer erst wirksam werden, wenn zwei Partikeln gleichzeitig vorhanden sind. Dabei ist es nicht wichtig, dass ebenso viele Gevisen ψ^* wie ψ vorhanden sind. z. B. erfüllen Glieder der Form $\Phi^* \psi^* \chi^* \chi \psi \Phi$ die Bedingung auch. Aus diesem

letzteren Grund glaube ich auch nicht mehr, dass die
 Einführung der Neutrinos die notwendige Voraussetzung für
 die Frage der Lösung der Selbstenergiefrage ist. In einer zukünftigen
 Theorie dürfte es viel eher eine Gedankensfolge sein, ob
 man das Fermionquant als Elementarteilchen oder als aus
 zwei Neutrinos zusammengesetzt auffasst. - Wenn durch den
 Klein-Jordantrick die Selbstenergie beseitigt ist, so sehe ich
 keinen Grund, warum das entstehende theoretische Schema
 falsch sein sollte: Es scheint mir vernünftig anzunehmen,
 dass eine ^{richtige} Wellengleichung etwa so aussieht:

$$(2) \quad H\psi = \left\{ \sum E_k a_k^\dagger a_k + \sum h\nu_f b_f^\dagger b_f + \sum f_{k\ell m n} f_k^\dagger a_\ell^\dagger a_m^\dagger a_n + \sum f_{k\ell m n} a_n^\dagger a_m^\dagger a_\ell a_f b_k \right\} \psi$$

wobei $a_k^\dagger = N_k \cdot \Delta_k$ u. s. w.

Die Größen $f_{k\ell m n}$ hängen in irgendeiner Weise mit den
 Störquerschnitten zusammen, sind also vorausgesetzt beobachtbare
 Größen, eine Gleichung vom Typus (2) hat also nichts
 Unnatürliches. Nun ist die Frage: kann man zu einer Gl. vom
 Typus (2) kommen, ohne die Korrespondenz zur bisherigen
 Theorie ganz zu verlieren. Ich möchte da zunächst einen
 Vorschlag machen, den ich aber noch nicht in alle Einzel-
 heiten verfolgt habe. Man betrachte an Stelle der Gleichungen

(3) $(H - E)\psi = 0$; $(G_k - \mathcal{I}_k)\psi = 0$ die Wellengleichung:

$$(4) \quad \int_{\mathbb{R}^3} (H^2 - \sum_k G_k^2) \psi = 0.$$

Die Bedenken, die Dirac gegen eine quadratische Wellengleichung vorbringt, sind, glaube ich, nicht stichhaltig, wenn innere Felder fehlen, was hier ausdrücklich angenommen wird. In der entstehenden Wellengleichung kann man leicht durch Herstellung von Faktoren erreichen, dass die Gl (4) die Form der Gl (2) bekommt, d. h. dass die Existenz eines einzigen Elektrons oder Lichtquants die triviale Lösung darstellt. Solange man von der Frage der Lücken absieht, scheint es mir rather, dass man in dieser Weise eine korrespondenzmäßig richtige Theorie ohne Selbstenergie erhält. Ob sie verknüpfbar ist und wie weit die Lückenfrage in ihr ausdrücken lässt, muss sich noch herausstellen.

Es würde mich interessieren, deine Meinung über die hier ausgesprochenen Grundsätze ein abzugeben und über die Gl. (4) im besonderen zu hören.

Mit vielen Grüßen

Dein v. Keisenberg.