

## **Archiv von Heisenbergs Briefen**

von: Werner Heisenberg

an: Weisskopf

Datum: 02.10.1934

Stichworte: Glückwünsche zur Hochzeit, Divergenz der Selbstenergie  
von Lichtquanten und Elektronen

Ursprung: Pauli Archiv in Genf

Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg\_0017-078r

Meyenn-Nummer: 383

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.

Heisenbergbrief vom 2. X. 1934. (an Deeskopf.)

Dass sich formal der Selbstenergieausdruck erweitern lässt, dass die Erweiterung nur auf dem Lichtkegel singulär ist, glaube ich Ihnen, Ihre Formeln sind völlig richtig.

Ich glaube aber, dass sich ~~maximieren~~ diese Erweiterung nicht in einer halbwegs konsequenterweise in den bisherigen Formalismus einordnen lässt. Das Rechenschema der Subtraktionsphysik muss doch so lauten: In der n-ten Näherung des Störungsverfahrens bestimmt man die Matrix  $S_{rs}^{(n)}$  indem man die Gleichung

$$(1) \quad S^{(n)} H^{(0)} - H^{(0)} S^{(n)} + F^{(n)}(S^{(n-1)}, H^{(0)}, H^{(1)}, \dots, H^{(n)}) = 0$$

zuerst zum  $\lim x=0$  (d.h.  $P' \approx P''$ ) übergeht und dann die Matrizelemente von  $S^{(n)}$  ausrechnet. Dies scheint mir konsequent, weil einerseits in Gl (1) die Matrizen  $H^{(0)}, H^{(1)}, \dots$  nur linear vorkommen und weil andererseits  $S^{(n)}$  nur für  $x=0$  einen vernünftigen Sinn hat. Berechnet man z.B.  $W^{(2)}$ , so enthält es Ausdrücke von der Form  $S^{(0)} H^{(0)}$  und  $S^{(0)} H^{(0)} S^{(1)} - S^{(0)} S^{(1)} H^{(0)}$ . Im  $\lim x=0$  sind beide Ausdrücke gleich, aber nur im  $\lim!$ . Der erste hat für  $x \neq 0$  die von Ihnen geforderte Eigenschaft und bleibt für  $x \neq 0$  im allgemeinen endlich. Beim zweiten ist dies anders: Man kann ihn zerlegen in zwei Teile:

$$\begin{aligned} S_{rs}^{(0)} S_{sr}^{(0)} (H_r - H_s) &= S_{rs}^{(0)} S_{sr}^{(0)} (E_r - E_s + h\nu) \\ &= S_{rs}^{(0)} S_{sr}^{(0)} (E_r - E_s) + S_{rs}^{(0)} S_{sr}^{(0)} h\nu \end{aligned}$$

Der zweite hat wieder die von Ihnen gewünschte Eigenschaft, vor dem Grenzübergang  $x \rightarrow 0$  in  $H^{(0)}$  endlich zu bleiben. Der erste ist jedoch schon vor dem Grenzübergang unendlich und der Grenzübergang ist hierüberhaupt ohne Einfluss, da in dem Materieteil der Hamiltonfunktion  $x$  in ganz anderer Weise eingeht, als in

$E + \frac{1}{2} p^2$ . Natürlich könnte man einwenden, dass dieses spezielle Schema, bei dem man die  $S^{(n)}$  jeweils nur für  $x=0$  definiert, nicht das einzige mögliche sei. Mir ist es aber nicht gelungen ein anderes konsequentes Schema zu finden.-

Das neue Resultat Ihrer Selbstenergierechnung ist mit äußerst befriedigend, insbesondere auch deshalb, weil jetzt die Selbstenergie der Lichtquanten und der Elektronen in gleicher Weise div ergiert. Auch ist die logarithmische Divergenz eine gute Basis für die Vermutung, dass solche Resultate, wie Streuung von Licht an Licht etc. aus der jetzigen Theorie schon richtig herauskommen müssen.

Leipzig 2.10.

NACHLASS  
PROF. W. PAULI

Liebe Beisskopp!

Zunächst die herzlichsten Glückwünsche zu Ihrer Doktorarbeit!

Dann aber will ich versuchen, Ihren Brief zu beantworten.

Dass sich formal der Selbstenergieausdruck so erweisen lässt, dass die Erweiterung nur auf dem Lichtkegel singulär wird, glaubt ich Ihnen ~~zu~~, Ihre Formeln sind völlig richtig.

Ich glaube aber, dass sich diese Erweiterung nicht in einer halbwegs konsequenten Weise ~~in den bisherigen Formalismus einordnen~~ zwischen Past. des Redenschemas der Substitutionsphysik muss doch so lauten: In der nahen Näherung des Störungsverfahrens bestimmt man  $\mathcal{H}$  die Matrix  $\mathcal{J}_{rs}^{(n)}$ , indem man in der Gleichung

$$(1) \quad \mathcal{J}^{(n)} \mathcal{H}^0 - \mathcal{H}^0 \mathcal{J}^{(n)} + \mathcal{F}^{(n)} (\mathcal{J}^{(n-1)}, \mathcal{H}^0, \mathcal{H}' \dots \mathcal{H}^{(n)}) = 0$$

erst zum Fines  $x \rightarrow 0$  (d. h.  $P' = P''$ ) übergeht und dann  $\mathcal{H}$  die Matrixelemente von  $\mathcal{J}^{(n)}$  einsetzt. Dies scheint mir konsequent, weil einerseits in Gl.(1) die Matrizen  $\mathcal{H}^0, \mathcal{H}^1 \dots$  nur linear vorkommen u. weil  $\mathcal{J}^{(n)}$  nur für  $x \rightarrow 0$  einen vernünftigen Sinn hat. Berechnet man nun z. B.  $\mathcal{W}^{(2)}$ , so wird entweder  $\mathcal{W}^{(2)}$  Ausdrücke

der Form  $\frac{f^{(1)}}{rs} \frac{g^{(1)}}{sr}$  und  $\frac{f^{(1)}}{rs} \frac{f^0}{sr} \frac{g^{(1)}}{sr} - \frac{f^{(1)}}{rs} \frac{g^{(1)}}{sr} \frac{f^0}{sr}$ .

Der erste dieser beiden Ausdrücke im Limes  $x \rightarrow 0$  sind beide ausdrücklich  
(und und nur im  $\lim_{x \rightarrow 0}$ !) gleich. Der erste hat für  $x \neq 0$  die von Ihnen geforderten  
Eigenschaften und bleibt für  $x \neq 0$  im allg. endlich. Beim  
Werten ist dies anders: man kann ihn zerlegen wie in zwei Teile:

$$\frac{f^{(1)}}{rs} \frac{g^{(1)}}{sr} \cdot (\frac{f^0}{rs} \frac{g^0}{sr} - \frac{f^0}{rs} \frac{g^0}{sr}) = \frac{f^{(1)}}{rs} \frac{g^{(1)}}{sr} (E^0 - E_s^0 + h_r)$$

$$= \frac{f^{(1)}}{rs} \frac{g^{(1)}}{sr} \cdot (E_r^0 - E_s^0) + \frac{f^{(1)}}{rs} \frac{g^{(1)}}{sr} \cdot h_r$$

Der zweite hat wieder die von Ihnen gewünschte Eigenschaft,  
vor dem Grenztüngung  $x \rightarrow 0$  in  $\frac{f^{(1)}}{rs}$  endlich zu bleiben.  
Der erste jedoch ist schon vor dem Grenztüngung unendlich  
unendlich, und der Grenzübergang ist hier überhaupt ohne  
Einfluss, da in dem Materieteil der Hamiltonfunktion  
 $x$  in ganz anderer Weise eingehet, als in  $f^0$  &  $g^0$ . Natürlich  
könnte man einwenden, dass dieses opericelle Schema,  
bei dem man die  $\frac{f^{(n)}}{rs}$  jeweils nur für  $x = 0$  definiert,  
nur das einzige mögliche sei. Hier ist es aber nicht  
gelungen, ein anderes konsequentes Schema zu finden. —

Das neue Resultat einer Selbstenergierechnung ist mir  
ausserst befriedigend, insbesondere auch deshalb, weil jetzt

die S. Energ. der Lichtquanten u. die der Elektronen in gleicher Weise divergiert. Auch ist die nur noch logarithmische Divergenz eine gute Basis für die Vermutung, dass solche Resultate, wie Streuung von Licht an <sup>(an der jetzigen Theorie)</sup> Licht etc., schon richtig herauskommen müssen. —

In Kopenhagen wurde fest ausdrücklich über Kernphysik gesprochen - mit insseit experimentlichen Resultaten. Ich wurde niedstens an Pauli schreiber. Einzelheiten gewusst hat Pauli bitte von mir u. wenn Sie selbst herzlich gefragt von

Mun v. Heisenberg.