

OPERATORFORMALISMUS FUER DEN HOCHENERGIELIMES
VON FELD-THEORETISCHEN MODELLEN

A B H A N D L U N G

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften

der

E I D G E N O E S S I S C H E N T E C H N I S C H E N

H O C H S C H U L E Z U E R I C H

vorgelegt von

W E R N E R W E T Z E L

Dipl. Phys. ETH Zürich

geboren am 12. Juni 1945

von Buchau (Deutschl.)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. C. Schmid, Referent

Prof. Dr. K. Gottfried, Korreferent

1976

E. RESÜMEE

Der spezielle Charakter der Operatormethode ist darin begründet, dass für den Hochenergielimes nur die funktionale Abhängigkeit einer geeigneten S-Matrix von den Feldern als wesentlich angesehen wird. Man vermeidet damit die explizite Behandlung des Vielteilchenaspekts bei relativistischen Streuprozessen. Durch das ausschliessliche Zurückgreifen auf die Transformationseigenschaften der Felder unter Lorentzboost's werden nur sehr allgemeine Eigenschaften benützt, die von Theorien mit einer ganz verschiedenen Varietät an Diagrammen geteilt werden können. Dieser vereinfachende Zugang bedingt andererseits, dass gewisse Aspekte unterbewertet werden. Für freie Felder in einem äusseren Vektorpotential wurde in Kapitel A und B die Frage der Zeitordnung diskutiert. Es zeigte sich, dass im Fall des geladenen Spin 0 Teilchens für die Beschleunigung ein System benützt werden muss, für das der nichtkovariante seagull-Term unterdrückt wird. Dies kann insofern verstanden werden, als der seagull-Term mit der Nichtkovarianz der Zeitordnung des Stroms zusammenhängt, und damit signalisiert, dass die Zeitordnung hier komplizierter ist als im Spin $1/2$ Fall.

Eine andere Frage für die Bewertung der Operatormethode ist der Einfluss den eine Kontraktion zwischen zwei Feldern haben kann. Dies ist insofern wichtig, als durch die Vertauschung der Limes- und der Produktbildung in den höheren Ordnungen zwischen inneren und äusseren Linien nicht unterschieden wird. Für die freien Felder in A und B ergab sich, dass die Vakuumdiagramme durch diese Annahme unterdrückt werden. Die erhaltenen asymptotischen Streuoperatoren repräsentieren nur den Hochenergieteil i.e. die Streuung eines einlaufenden Teilchens.

Der eigentliche Vorteil der Operatormethode erwies sich beim Übergang auf wechselwirkende Felder in äusseren Potentialen. Die Äquivalenz der Form der asymptotischen Streuoperatoren mit derjenigen bei freien Feldern verbindet eine Partoninterpretation mit der Diskussion von Vertauschungsrelationen auf einer Fläche tangential zum Lichtkegel. Es zeigte sich, dass die

Quantisierung der massiven QED auf einer solchen Fläche ein Grenzfall der kanonischen Quantisierung ist. Für die Beschreibung der physikalischen in- und out-Zustände in den zugehörigen Feldquanten würde man jedoch geeigneterweise die Quanten der Procaformulierung benützen.

Für die Streudiagramme setzt die Vertauschung der Limesbildung mit der Produktbildung gegenüber dem Fall mit freien Feldern nun zusätzlich voraus, dass an den Vertizes des äusseren Potentials nur non-wee Impulse zu berücksichtigen sind. Für die QED fallen die Partonwellenfunktionen der in- und out-Zustände, die sich in der Störungstheorie ergeben (Ref. 1), nicht hinreichend in der wee Region ab. Der asymptotische Streuoperator ist daher nur für den Teil der Streuung relevant bei dem die Impulse der streuenden Teilchen non-wee sind.

Wie im Kapitel D als erstes gezeigt wurde, lässt sich auch die Teilchen-Teilchen Streuung so formulieren, dass der Hochenergielimes durch eine Transformation eines Streuoperators dargestellt ist. Um davon für die massive QED Gebrauch zu machen, waren wir gezwungen die exakte Beschreibung, für die die funktionale Abhängigkeit von den Feldern nur abstrakt gegeben war, aufzugeben. Der in den Feldern explizite, unitäre Streuoperator, der stattdessen betrachtet wurde, reproduziert zwar die einzelnen Feynmandiagramme, enthält jedoch im allgemeinen mehrere Realisierungen desselben Diagramms. Da gewisse Realisierungen von Streudiagrammen bei der Vertauschung der Produkt- und Limesbildung analog behandelt werden wie die Vakuumdiagramme in A und B, repräsentiert der Grenzoperator nun nicht den Hochenergielimes dieser Theorie selbst. Die Verwendung der mehrfach zählenden S-Matrix für die Vertauschung der Limesbildung mit der Produktbildung entspricht gerade dem Vorgehen, die Hochenergiebedingung der äusseren Linien eines Diagramms der ursprünglichen Theorie in den verschiedensten Weisen auf seine inneren Linien zu übertragen. Es konnte daher gezeigt werden, dass der Operatorlimes der approximativen Beschreibung auf den Grenzoperator der ursprünglichen QED führt. Das Resultat stimmt

mit dem in Ref. 7 angegebenen Operator überein. Neben einigen Vorstössen in Richtung auf einen Operatorlimes beruht die dort gegebene Begründung ebenso wie die des äquivalenten impact-factor Bilds (Ref. 4,5) auf einer Diskussion der Feynmandiagramme im Impulsraum. Dabei geht man von Zwei-Teilchen Streuprozessen in niedrigen Ordnungen aus und versucht die dort gefundenen Resultate auf allgemeinere Diagramme auszudehen. Die Operatormethode hat den Vorteil unmittelbar einen geschlossenen Ausdruck für die asymptotische S-Matrix zu liefern und vermeidet dadurch $\log(s)$ Beiträge, die nur durch die Aufspaltung in einzelne Diagramme auftreten. Andererseits erreicht die Betrachtung der funktionalen Abhängigkeit nicht die Strenge die der Diskussion des Hochenergieverhaltens einzelner Diagramme zukommt. Der hier durchgeführte Operatorformalismus kann also nur als eine Ergänzung angesehen werden.

VERDANKUNGEN

Ich bin Dr. Beusch, Prof. Gottfried und Prof. Schmid für ihre Unterstützung zu grossem Dank verpflichtet. Den Mitgliedern der ETH-Gruppe am CERN danke ich für die anregende Atmosphäre. Diese Arbeit wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds ermöglicht.