

Cusanuswerk
Baumschulallee 5
D-53115 Bonn

München, 18. Juli 2018

Betrifft: Stellungnahme zum Stand der Dissertation von Herrn Markus Nöth

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich beschreibe im Folgenden den Stand des Forschungsprojekts von Herrn Nöth.

Die Zielsetzung im Dissertationsprojekt von Herrn Nöth ist ein mathematisch rigores Verständnis der Streumatrix in der Quantenelektrodynamik (QED) für externe Felder zu entwickeln. Dies ist ein sehr ambitioniertes Ziel, da es sich um eine seit den 70er Jahren mathematisch offene Frage handelt, zu der bisher nur Teilergebnisse aus der Mathematik und nicht-rigorese Arbeiten aus der Physik vorliegen. Die Streumatrix liefert eine effektive Beschreibung der Dynamik für lange Zeiten und wird in der Physik benutzt, um die einfallenden und ausfallenden Teilchen, z.B. die Elektronen und Positronen, in einem Streuprozess, z.B. an einem Laser-Feld, zu beschreiben.

Der typische Zugang zu der Streumatrix ist, sie mit Hilfe der sogenannten analytischen Störungstheorie in Form einer Summe von unendlichen Termen, die nach Potenzen der Feinstrukturkonstante α geordnet sind, auszudrücken. Um diesen Zugang mathematisch rigoros zu machen, ist aber die Kontrolle der Konvergenz dieser unendlichen Summe nötig. Jeder Term in dieser Störungsreihe entspricht einem gewissen physikalischen Prozess. Jeden dieser physikalischen Prozesse kann man sich weiter als eine durch die externen Felder angeregte Reihe von endlich vielen Erzeugungs- und Vernichtungsprozessen von Elektron-Positron Paaren oberhalb des Vakuums vorstellen. Die große mathematische Schwierigkeit in diesem Vorhaben ist, dass die Anzahl der möglichen Kombinationen von Prozessen mit der Potenz n der Feinstrukturkonstante wie n^n wächst und dies explizite Abschätzungen für alle natürliche Zahlen n sehr schwierig gestaltet.

Herr Nöth geht dieses Problem auf zwei verschiedenen Wege an:

- Zum einen versucht Herr Nöth durch technisch geschickte Kombinatorik die Konvergenz der Störungsreihe Term für Term zu zeigen. Dafür liegt mittlerweile schon das erste Teilresultat vor. Und zwar kann die Streumatrix explizit in Form einer Eulerreihe dargestellt werden, falls die Einteilchenzeitentwicklung von einer Zeit vor zu einer Zeit nach dem Träger des externen Feldes nahe bei der Identität ist. Wir vermuten, dass dieses Resultat die Streuung von Elektronen und Positronen an einem externen Feld unter Berücksichtigung der Vakuumpolarisation beschreibt. Es ist ein Regime, in dem das Feld nicht stark genug ist, zusätzliche Elektron-Positron Paare zu erzeugen. Diese Ergebnisse sind mittlerweile schon aufgeschrieben, aber noch nicht publiziert.
- Zum anderen bedient sich Herr Nöth einem ganz anderem Zugang, der von meinen Kollegen, den Professoren Dürr, Merkl, Schottenloher und mir entwickelt wurde. Und zwar konnte gezeigt werden, dass die Zeitentwicklung bis auf eine Phase durch die Methode der zweiten Quantisierung schon aus der Ein-Teilchen Zeitentwicklung hervor geht. Der Vakuumpolarisierungsstrom hängt zudem explizit von dieser Phase ab, was nun zulässt, physikalische Bedingungen an diesen Strom und damit die Phase zu stellen, um diese zu identifizieren. In Zusammenarbeit mit Prof. Merkl, Herrn Nöth und mir sind wir auf gutem Wege, die Phase zu bestimmen und vor allem ihre Abhängigkeit vom externen Feld zu klären. Unsere Vermutung ist, dass diese Abhängigkeit analytisch ist. Dies würde sofort eine Potenzreihenentwicklung der Phase zulassen und damit die Konvergenz der Reihe begründen.

Herr Nöth hat sich äußerst schnell in die aktuellen mathematischen Resultate zur QED im externen Feld eingearbeitet und ebenso schnell ein erstes Resultat erreicht. Er arbeitet sehr zielstrebig und ist hoch motiviert und ausdauernd, auch technisch höchst aufwendige Rechnungen und Beweise anzugehen. Der aufgestellte Zeitplan von Herrn Nöth ist ambitioniert, aber im bisherigen Tempo machbar. Darüber hinaus würde allein schon die Kontrolle der Konvergenz der Störungsreihe eine hervorragende Doktorarbeit ausmachen. Weiter entwickelt sich die Zusammenarbeit von Prof. Merkl, Herrn Nöth und mir sehr erfolgreich, die, wie oben beschrieben, einen weiteren Zugang zur Streumatrix erlauben wird. Herr Nöth und ich treffen uns einmal pro Woche und besprechen die erreichten Teilresultate und Strategien. Ich habe daher einen guten Überblick über dieses Projekt und bin mit dem bisherigen Projektverlauf sehr zufrieden. Zudem wird Herr Nöth im August sein erstes Resultat auf dem International Congress of Mathematical Physics in Kanada vorstellen. Dies ist die größte Zusammenkunft der Mathematischen Physik und damit eine große Chance, die ersten eigenen Kontakte zu knüpfen. Es gibt keine Zweifel daran, dass Herr Nöth das Dissertationsprojekt mit einer exzellenten

Promotion im September 2020 abschließen wird.

Mit freundlichen Grüßen,

Dirk - André Deckert

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected loops and strokes, representing the name Dirk - André Deckert.