

Prof. Dr. C Jacobi
Vorsitzender der Kommission
für das Promotionsverfahren Tim Deutschmann
Leipziger Institut für Meteorologie
Stephanstrasse 3
04103 Leipzig

Ihr Zeichen:
Ihre Nachricht vom:
Unser Zeichen:
Unsere Nachricht vom:

Univ. Prof. Dr. Detlev Reiter

Telefon: 02461 61-5841
Telefax: 02461 61-5452
d.reiter@fz-juelich.de

Jülich, 18.10.2014

**Gutachten über die von Herrn Dipl. Phys. Tim Deutschmann
vorgelegte Dissertation mit dem Titel:**

**„On Modeling Elastic and Inelastic Polarized Radiation Trans-
port in the Earth Atmosphere with Monte Carlo Methods“**

Eingereicht an der Fakultät für Physik und Geowissenschaften der
Universität Leipzig, zur Erlangung des akademischen Grades eines
„Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) im Fachgebiet Meteoro-
logie

Die vorgelegte Dissertation von Herrn Deutschmann hat grundlegenden und
wegweisenden Charakter und ist von herausragender wissenschaftlicher Quali-
tät. Als ein dem Fachgebiet Meteorologie fremder Gutachter komme ich zu die-
sem Urteil durch Vergleich mit vielen anderen naturwissenschaftlichen Dissertati-
onen, durch persönlichen Kontakt und intensive Diskussionen mit dem Kandida-
ten, sowie durch die strenge mathematische Analogie der in dieser Arbeit in gro-
ßer Tiefe ausgearbeiteten, erweiterten (und letztlich auch angewendeten) Simu-
lationsmethode zu derjenigen in meinem eigenen Forschungsgebiet.

Ich lernte Herrn Deutschmann im Frühjahr 2013 anlässlich seines Vortrages
auf einem Workshop der Helmholtz-Gemeinschaft in Hamburg (DESY) ken-
nen. Bei diesem Workshop wurden fachübergreifend Algorithmen und Metho-
den bei Anwendungen von sogenannten „Monte Carlo“ Simulationen, aus al-

len Helmholtz Zentren Deutschlands und deren Partnern, vorgestellt und diskutiert. Die Tiefe und mathematische Präzision in dem Beitrag von Herrn Deutschmann war auch in diesem Rahmen von Experten außergewöhnlich. Dabei wusste ich zu diesem Zeitpunkt nicht, dass Herr Deutschmann noch mit seiner Dissertation beschäftigt war.

Ganz allgemein kann man sagen, dass die Methode der Monte Carlo Simulation zum Strahlungstransport in der Atmosphäre in der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Form abgeleitet ist, quasi in den 70-er Jahren als eigener gewachsener Ast anzusehen, von der generellen Methodik der Monte Carlo Simulation (40er und 50er Jahre) bei (kinetischen) Transportproblemen. Wobei die transportierten Objekte z.B. Neutronen, Atome, Moleküle aber auch Personen, Fahrzeuge (Verkehrsphysik), Gammastrahlung (medizinische Physik), noch vieles mehr, oder aber eben auch Strahlung im sichtbaren oder UV Bereich in unserer Atmosphäre sein können.

Die Dissertation ist insgesamt klar gegliedert, hat ein klar formuliertes Ziel, und sie enthält eine auch für im engen Sinne fachfremde Physiker (wie dieser Gutachter) durchaus geeignete und ausreichend umfassende Einführung und Einbettung ins Themengebiet, um den anschließenden wissenschaftlichen Kern der Arbeit verstehen und auch bewerten zu können. Dies geschieht in den **Kapiteln 1 und 2, auch Kapitel 3.1 und 3.2** würde ich noch dazu rechnen.

Letztgenannte Teile des Kapitel 3 adressieren den wesentlichen Unterschied bei der Begründung der den mathematischen (Monte Carlo) Verfahren zugrunde liegenden Gleichung, der „Boltzmann-Gleichung“, bzw. im Zusammenhang des Strahlungstransports in der Regel „RTE“ (radiative transfer equation, deutsch: Strahlungstransportgleichung) genannten Gleichung, eine Art „merkwürdig skalierte Boltzmann-Gleichung“. Während bei klassischen Teilchen/Objekten die Boltzmann-Gleichung als (statistische) Vergrößerung der klassischen Teilchendynamik rigoros entsteht, ist dies bei Photonen und der oft nur als phänomenologisch begründet angesehenen RTE weniger klar. Speziell der von Mishchenko stammende (2002) recht „fundamentalistische“ Ansatz wird in 3.1 und 3.2 wieder gegeben, verständlich gemacht und formal vertieft. Dies ist ein interessanter Weg, allerdings nicht wirklich wesentlich für den Rest der Arbeit. Seine Aufnahme in die vorliegende Arbeit zeigt aber einmal mehr die Tiefe und den bis auf die elementaren Grundlagen zurückgeführten, (respekteinflößenden) Charakter der vorgelegten Dissertation von Herrn Deutschmann, an einem physikalischen Beispiel. Es macht über weite Strecken Spaß, diese Arbeit zu lesen.

Genauso verfährt Herr Deutschmann dann auch bei den schwerer verdaulichen algorithmischen Aspekten des Monte Carlo Verfahrens in den folgenden **Kapiteln 3.3 ff.**, und hier betritt er dann auch das „Homeland“ (mit Ausnahme Kapitel 6) dieses Gutachters:

Die Formulierung der mathematischen Gleichung (Kap. 3.3) und dann der zugehörigen Monte Carlo Methode (**Kap. 4 und 5**) gehören zu dem Besten, das ich auf diesem Gebiet gelesen habe. In der konkreten Anwendung (in

der vorliegenden Arbeit) auf Absorptionsspektroskopie in der Atmosphäre kommen nahezu alle erdenklichen Komplikationen der an sich sehr anschaulichen Methode (!) zum Tragen: der Vektor-Charakter des Strahlungsfeldes wg. Polarisierungseffekten, die hier zu verwendende etwas unanschaulichere adjungierte (etwas lax formuliert: „zeit-invertierte“) Form der RTE wegen des punktförmigen Detektors (im Vergleich zur Lichtquelle), und dann, sicherlich das Highlight der vorliegenden Dissertation, die inelastische Streuung in einer adjungierten Form der RTE (Ring Effekt, **Kapitel 7**).

Hier geht Herr Deutschmann, in nahezu vollständiger mathematischer Strenge, über den bislang bekannten Monte Carlo Algorithmus hinaus und formuliert, offenbar erstmal, ein Verfahren zur Simulation der adjungierten RTE bei in-elastischen Streuprozessen (hier: Rotations-Raman Streuung). Nicht nur das, es gelingt ihm, mit diesem signifikant erweiterten Monte Carlo Verfahren eine Validierung an Messungen zum Ring Effekt in der Atmosphäre in einer absolut beeindruckenden Präzision.

Es waren diese theoretischen und algorithmischen Ergebnisse von Herrn Deutschmann, derentwegen Herr Deutschmann und ich ursprünglich in Kontakt getreten waren. Ich bin überzeugt, dass in der vorliegenden Arbeit auch bahnbrechende Gedanken für Forschungsgebiete der kinetischen Transporttheorie auch außerhalb der hier diskutierten konkreten Anwendungen liegen.

Zusammenfassend:

Die Arbeit trägt offenbar zur Klärung einer wichtigen noch offenen Frage der Atmosphärenphysik (Ring Effekt) signifikant bei und liefert ein Verfahren zu dessen quantitativer Beschreibung mittels Monte Carlo Computersimulation, basierend auf „ersten Prinzipien“ der Physik. Wenn man sich die Mühe macht und den Monte Carlo Dialekt der Strahlungstransporttheorie der Atmosphärenforschung in andere Dialekte (Neutronik, atomare Prozesse in Plasmen, usw.) übersetzt, dann sind, darüber hinaus, auch wichtige, fruchtbare fachübergreifende algorithmische Ansätze sichtbar. Die Arbeit ist überdies didaktisch klar und sehr gut verständlich geschrieben und formal absolut einwandfrei.

Ich kenne die Gepflogenheiten bezüglich Notenvergabe bei Dissertationen in Leipzig nicht. Allerdings steht außer Zweifel: diese Arbeit würde an meiner Fakultät (Math. Nat., Heinrich Heine Univ. Düsseldorf), sowie an denjenigen anderen Fakultäten, an denen ich einigermaßen regelmäßig bei Dissertationen als Gutachter tätig bin (Aachen, Leuven (B), Marseilles (F)), ohne Zweifel mit der jeweiligen Bestnote bewertet.

Nach Berücksichtigung dieser Punkte, aber auch der großen Sorgfalt, dem Engagement und, soweit für mich sichtbar, großen Fleiß bei der Durchführung der Dissertation, vor Allem aber auch wegen der von mir persönlich wahrgenommen unbändigen „wissenschaftlichen Neugier“ des Kandidaten, empfehle ich die Annahme der Dissertationsschrift und bewerte die vorliegende Arbeit mit einem

Herausragend, „1.0“ (summa cum laude)

Univ. Prof. Dr. Detlev Reiter



Detlev Reiter, Jülich, Oktober 18th, 2014