

Julia Pilchowski

## **Einfluss geomagnetischer Effekte auf die Zählraten von EUTEF/DOSTEL an der Internationalen Raumstation**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2009 Diplom.de  
ISBN: 9783836642538

**Julia Pilchowski**

**Einfluss geomagnetischer Effekte auf die Zählraten von  
EUTEF/DOSTEL an der Internationalen Raumstation**



Julia Pilchowski

## **Einfluss geomagnetischer Effekte auf die Zählraten von EUTEF/DOSTEL an der Internationalen Raumstation**

Julia Pilchowski

**Einfluss geomagnetischer Effekte auf die Zählraten von EUTEF/DOSTEL an der Internationalen Raumstation**

ISBN: 978-3-8366-4253-8

Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2010

Zugl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland, Diplomarbeit, 2009

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und der Verlag, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplomica.de>, Hamburg 2010

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
	Teilchenpopulationen im erdnahen Raum . . . . .	4
	Strahlungsgürtelteilchen . . . . .	5
	Galaktische Kosmische Strahlung . . . . .	8
	Modulation der Galaktischen Kosmischen Strahlung . . . . .	10
	Das Erdmagnetfeld . . . . .	12
	Das erdnahe Magnetfeld . . . . .	12
	Die Südatlantische Anomalie . . . . .	17
	Der McIlwain-Parameter für einen magnetischen Dipol . . . . .	18
	Bewegung geladener Teilchen im Erdmagnetfeld . . . . .	22
	Plasmaphysikalische Grundlagen . . . . .	22
	Cutoff-Steifigkeiten . . . . .	30
	Die Bahn der Internationalen Raumstation . . . . .	33
	Wechselwirkung geladener Teilchen in Materie . . . . .	36
	Bethe-Bloch-Formel . . . . .	36
	Die Energiedosis . . . . .	39
<b>3</b>	<b>EUTEF/DOSTEL</b>	<b>40</b>
	Aufbau . . . . .	41

## Inhaltsverzeichnis

---

Halbleiterdetektor . . . . .	43
Teilchenregistrierung . . . . .	44
Signalverarbeitung . . . . .	46
<b>4 Datenaufbereitung</b>	<b>47</b>
Zeitsynchronisation . . . . .	47
Energiekalibrierung . . . . .	53
<b>5 Berechnung des McIlwain-Parameters</b>	<b>54</b>
Erweiterung . . . . .	54
Traditionelle Berechnung . . . . .	64
<b>6 Dateninterpretation</b>	<b>68</b>
Zählratenprofile . . . . .	68
Teilchenpopulation . . . . .	73
Energieverlustspektren . . . . .	78
Gemessene Dosiswerte mit DOSTEL . . . . .	87
Das Experiment DOSIS . . . . .	90
<b>7 Zusammenfassung</b>	<b>94</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>98</b>
<b>A</b>	<b>102</b>
. . . . .	103
<b>B</b>	<b>104</b>
. . . . .	104
<b>C</b>	<b>105</b>
. . . . .	105

# Kapitel 1

## Einleitung

Unsere Erde ist permanent einem Strom energiereicher Teilchen aus den Tiefen des Weltraums ausgesetzt. Der österreichische Physiker Victor Franz Hess war der Erste, der dieses Phänomen 1912 entdeckte. Anhand von Ballonflügen bis 5000 Meter Höhe erkannte er, dass die ionisierende Strahlung mit zunehmender Höhe ansteigt. Heute wissen wir, dass es sich dabei um geladene Teilchen hoher Energie handelt, die nahezu isotrop auf die Erde eintreffen. Sie ist unter dem Begriff „Kosmische Strahlung“ bekannt. Die Vermessung kosmischer energiereicher Teilchen wurde 1958 mit dem ersten amerikanischen Satelliten EXPLORER 1 fortgeführt. Das zur Vermessung benutzte Zählrohr von James van Allen detektierte in großen Höhen außerordentlich hohe Zählraten, so dass man vorerst glaubte, der Weltraum sei radioaktiv. Später erkannte man, dass es sich hierbei vor allem um sehr energiereiche Teilchen handelt, die im Gegensatz zur Kosmischen Strahlung im Erdmagnetfeld gefangen sind. Man gab dieser Population den Namen „Van-Allen-Gürtel“ bzw. „Strahlungsgürtel“. Nahe der Erdoberfläche treten diese nur in bestimmten Bereichen, beispielsweise im Bereich der sogenannten „Südatlantischen Anomalie“ (SAA) in Erscheinung.

Die Bedeutung dieser energiereichen Teilchen liegt darin, dass sie mit der Atmosphäre wechselwirken können: Trifft die kosmische Primärstrahlung auf die Erdatmosphäre,

so werden die Moleküle und Atome der Lufthülle ionisiert, wobei zahlreiche weitere Sekundärteilchen entstehen, die ebenfalls ionisierend und daher auch schädigend wirken können. Da die abschirmende Wirkung der Erdatmosphäre mit zunehmender Höhe abnimmt, ist es besonders für Astronauten der Internationalen Raumstation (ISS) von Bedeutung das Strahlungsfeld in diesen Höhen zu bestimmen. Dieses setzt sich aus der energiereichen Kosmischen Strahlung und den in höherer Intensität auftretenden Strahlungsgürtelteilchen zusammen. Ein Maß zur Abschätzung der Strahlenbelastung ist die Energiedosis.

Neben den unterschiedlichen Eigenschaften der Teilchen ist es auch wichtig, ihre Herkunft zu kennen. Eine wesentliche Rolle kommt hierbei dem Erdmagnetfeld zu, da es einerseits die Kosmische Strahlung abschirmt und andererseits die Magnetfeldlinien die Bahnen der Strahlungsgürtelteilchen bestimmen. Daher ist es von Bedeutung, nicht nur die Magnetfeldstärke an der Erdoberfläche, sondern auch den Verlauf der Feldlinien zu kennen. Ein Maß hierfür ist der sogenannte L-Parameter, der für ein Dipolfeld den Abstand der Feldlinie vom Erdmittelpunkt in der Äquatorialebene angibt. Ist der L-Parameter für eine gegebene Feldlinie bekannt, lässt sich auf den Ort der im Magnetfeld gefangen Teilchen schließen.

Um die Strahlenexposition der Astronauten zu bestimmen, wurden bereits mehrfach Messungen auf der ISS durchgeführt, deren Bahn die Erdoberfläche zwischen 51,6 Grad nördlicher und südlicher Breite abdeckt. Das DOSimetrie TELEskop DOSTEL auf der EUTEF-Plattform („European Technology Exposure Facility“), die im Zeitraum von Februar 2008 bis September 2009 am europäischen Columbus-Modul der ISS montiert war, bot erstmals über einen längeren Zeitraum die Möglichkeit auch Messungen im energieärmeren Bereich durchzuführen. Denn im Gegensatz zu früheren Missionen war das Gerät im freien Weltraum angebracht. Somit wurden die energiearmen Teilchen nicht von der Wand der ISS abgeschirmt. Mit dem seit Juli 2009 innerhalb der Station angebrachten Instruments DOSIS, wurde es möglich das Strahlenfeld innerhalb der Station mit dem außerhalb zu vergleichen.

Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich folgende Fragen:

- Wie lässt sich der L-Parameter auf das tatsächliche Erdmagnetfeld verallgemeinern?
- Welcher der beiden oben genannten Teilchenpopulation sind die detektierten Teilchen zuzuordnen?
- Lässt sich daraus auch auf die Teilchensorte schließen?
- Welche (niedrigeren) Energiebereiche werden durch die ISS abgeschirmt?
- Wie ändert sich die Energiedosis durch den Beitrag der energieärmeren Komponente infolge der fehlenden Abschirmung?

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die von DOSTEL gemessenen Zählraten und Energiespektren ausgewertet werden. Insbesondere soll die Quelle der Teilchen bestimmt werden, die außerhalb der bereits bekannten SAA stark erhöhte Zählraten bis zu 1000 Teilchen pro Sekunde aufweisen. Hierfür werden zunächst nach einem Überblick über die Grundlagen in Kapitel 2 und der Funktionsweise des Instruments EUTEF/DOSTEL in Kapitel 3 die Messdaten in Kapitel 4 aufbereitet. In Kapitel 5 wird anschließend das Erdmagnetfeld beschrieben und versucht eine neue Definition des L-Parameters zu finden. Die von dem Gerät detektierten Teilchen werden anhand der Energiespektren in Kapitel 6 diskutiert und aus ihnen die Energiedosis berechnet. Insbesondere wird auf die Herkunft der Teilchen eingegangen. Zum Abschluss werden die Ergebnisse von DOSTEL auf EUTEF mit denen des in der ISS montierten Experiments DOSIS verglichen.

# Kapitel 2

## Grundlagen

### Teilchenpopulationen im erdnahen Raum

Die Erforschung des interplanetaren Mediums wurde von Hannes Alfvén 1942 eingeleitet. Er hatte mit Hilfe bodengestützter Beobachtungen gezeigt, dass die Sonne eine sehr heiße und hochionisierte äußere Atmosphäre besitzt. Die dabei entstandene Vermutung einer statischen Gashülle wurde erstmals 1951 durch Ludwig Biermanns Postulat eines von der Sonne wegströmenden Plasmas nach Beobachtungen von Kometenschweifen verworfen. Kurze Zeit später entwickelte Parker das erste Sonnenwindmodell.

Durch in-situ-Messungen wissen wir heute, dass es sich beim Sonnenwind um ein Plasma bestehend aus Protonen, Elektronen und einer geringen Menge an  $\alpha$ -Teilchen handelt. Die Geschwindigkeit des Sonnenwinds bewegt sich im Mittel zwischen 300 km/s (langsamer Sonnenwind) und 800 km/s (schneller Sonnenwind) (Pröls, 2004). An der sogenannten Heliopause stellt sich ein Druckgleichgewicht zwischen dem radial von der Sonne wegströmenden Sonnenwind und dem lokalen interstellaren Medium in einer Entfernung von ungefähr 100 astronomischen Einheiten (1AE: Abstand Sonne-Erde  $\approx$  149 Mio km) ein. Der darin begrenzte und von der Sonne dominierte Bereich wird Heliosphäre