

Bachelorarbeit

# Temperaturfeldanalyse der Vakuumkammer des planetaren Emissivitätslabors

Analysis of the temperature field of the PEL vacuum chamber

Maximilian Grove

15.05.2017

Institut für Materialphysik



WESTFÄLISCHE  
WILHELMUS-UNIVERSITÄT  
MÜNSTER



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt

Themensteller: Dr. Jörn Helbert  
Zweitgutachter: Prof. Dr. Gerhard Wilde

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Danksagung</b>	<b>iii</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>vi</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xii</b>
<b>2. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>3. Planetares Emissivitätslabor</b>	<b>2</b>
3.1. Setup . . . . .	2
3.2. Die Vakuumkammer . . . . .	4
<b>4. Theoretischer Hintergrund</b>	<b>7</b>
4.1. Mathematische Darstellung des Wärmetransports in Comsol . . . . .	7
4.1.1. Konduktion und Konvektion . . . . .	8
4.1.2. Strahlung . . . . .	12
4.1.3. Thermischer Kontakt . . . . .	14
4.2. Die FE-Methode . . . . .	16
4.2.1. Schwache Formulierung . . . . .	16
4.2.2. Diskretisierung . . . . .	17
4.2.3. Lösungsverfahren . . . . .	19
4.2.4. Numerische Berechnungen in COMSOL . . . . .	20
<b>5. Durchführung</b>	<b>22</b>
5.1. Geometrie . . . . .	22
5.1.1. 2D-Modell . . . . .	23
5.1.2. 3D-Modell . . . . .	25
5.2. Materialeigenschaften . . . . .	26
5.3. Implementierung in Comsol . . . . .	29
<b>6. Datenauswertung</b>	<b>35</b>
6.1. 2D-Geometrie . . . . .	35
6.1.1. Fehlerabschätzung . . . . .	37
6.1.2. Thermisches Equilibrium . . . . .	46
6.2. 3D-Geometrie . . . . .	51
6.2.1. Fehlerabschätzung . . . . .	52
6.2.2. Thermisches Equilibrium . . . . .	58

6.3. Auswertung der Tagesdatensätze . . . . .	63
<b>7. Diskussion und Ausblick</b>	<b>80</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>I</b>
A.1. Gemessene Temperaturverläufe . . . . .	I
A.2. 2D-Netzanalyse . . . . .	III
A.3. 2D-Parametervariation . . . . .	X
A.4. 2D-Zeitschrittanalyse . . . . .	XIV
A.5. 2D-Gleichgewichtsanalyse . . . . .	XV
A.6. 3D-Netzanalyse . . . . .	XVII
A.7. 3D-Parametervariation . . . . .	XXVII
A.8. 3D-Gleichgewichtsanalyse . . . . .	XXXII
A.9. Tagesdatensatzauswertung . . . . .	XXXIV
A.9.1. Tag 2 . . . . .	XXXIV
A.9.2. Tag 3 . . . . .	XXXVIII
A.9.3. Tag 4 . . . . .	XLII
A.9.4. Tag 5 . . . . .	XLV
A.10. Angaben des Herstellers zu den Maßen der Vakuumkammer . . . . .	XLVII
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>L</b>