

---

# DAS WELTRAUMWETTER JENSEITS. DER ERDBAHN

---

SUB Göttingen 7

216 092 450



2003 A 28312

---

INAUGURAL-DISSERTATION  
ZUR  
ERLANGUNG DES DOKTORGRADES  
DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT ZU KÖLN

VORGELEGT VON  
WALTER HEIBEY  
AUS KÖLN

KÖLN 2003

---

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die dynamische Struktur der Heliosphäre</b>	<b>5</b>
2.1	Die Heliosphäre – das Habitat des Sonnenwindes . . . . .	5
2.2	Die Entstehung des Sonnenwindes in der Korona . . . . .	7
2.2.1	Quasistationäre Konfiguration der Korona . . . . .	7
2.2.2	Der Parkersche Sonnenwind . . . . .	9
2.2.3	Der dreidimensionale Sonnenwind . . . . .	11
2.2.4	Der solare Zyklus und koronale Masseauswürfe . . . . .	14
2.3	Die radiale Evolution des Sonnenwindes . . . . .	16
2.3.1	Die innere Heliosphäre . . . . .	17
2.3.2	Die mittlere Heliosphäre . . . . .	33
2.3.3	Die äußere Heliosphäre . . . . .	45
<b>3</b>	<b>Das Simulationskonzept</b>	<b>49</b>
3.1	MHD-Formulierung des Problems . . . . .	49
3.1.1	Makroskopische Beschreibung des Sonnenwindes . . . . .	49
3.1.2	Die Schließung des Problems – der Polytrophenansatz . . . . .	56

3.2	Numerische Realisierung mit <i>ZEUS</i> . . . . .	59
3.2.1	Das numerische Grundschem a . . . . .	59
3.2.2	Implementierung von Stoßwellen . . . . .	59
3.2.3	Die Lösung der Induktionsgleichung . . . . .	61
3.3	Das Simulationskonzept . . . . .	63
3.3.1	Motivation . . . . .	63
3.3.2	Interpolation der Stromschicht . . . . .	65
3.3.3	Bestimmung der inneren Randbedingungen . . . . .	73
3.3.4	Die Implementierung des Magnetfeldes . . . . .	80
3.3.5	Die Simulation bis zur Stationarität . . . . .	81
<b>4</b>	<b>Der Sonnenwind zur Zeit des Fast-Latitude-Scans von Ulysses</b>	<b>83</b>
4.1	Validierung des Modells . . . . .	85
4.1.1	Die Radialgeschwindigkeit . . . . .	86
4.1.2	Dichte und Temperatur . . . . .	88
4.1.3	Das Magnetfeld . . . . .	92
4.1.4	Die Wahl des Polytropenindex . . . . .	95
4.1.5	Zusammenfassung der Validierung . . . . .	95
4.2	Die Dynamik der radialen Evolution . . . . .	97
4.2.1	Korotierende Wechselwirkungszonen (CIR, MIR) . . . . .	98
4.2.2	Ein korotierendes Stoßwellenpaar . . . . .	108
4.2.3	Die Erosion der Radialgeschwindigkeit . . . . .	112
4.3	Diskussion . . . . .	115
<b>5</b>	<b>Störungsausbreitung im strukturierten Sonnenwind</b>	<b>119</b>
5.1	Koronale Masseauswürfe im interplanetaren Medium . . . . .	121
5.2	Zeitverzögerte Injektion . . . . .	126
5.3	Störungsevolution im 3D-Sonnenwind . . . . .	131
5.4	Diskussion . . . . .	141
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>145</b>

<b>A Die Darstellung im rotierenden Koordinatensystem</b>	<b>149</b>
A.1 Die skalaren Gleichungen . . . . .	149
A.2 Die Bewegungsgleichung . . . . .	150
A.3 Die Induktionsgleichung . . . . .	152
<b>B Anmerkungen zur Numerik</b>	<b>154</b>
B.1 Numerische Lösung von $-\Omega_{\odot}\partial_{\phi}$ . . . . .	154
B.2 Das <i>ZEUS</i> -Gitter . . . . .	155
B.3 Die Begrenzung der Stoßwellenstärke . . . . .	156
B.4 Die Normierungen . . . . .	158
B.5 Modifikationen an <i>ZEUS</i> . . . . .	159
<b>C Die inneren Randbedingungen</b>	<b>163</b>
C.1 Parameter des Stromschichtmodelles . . . . .	163
C.2 Das Interpolationsverfahren . . . . .	165
C.3 Zur Vorgehensweise beim Magnetfeld . . . . .	167
C.4 Erzwingung der Periodizität . . . . .	167
C.5 Ausnahmefälle und Glättung . . . . .	169
C.5.1 Die Radialgeschwindigkeit . . . . .	169
C.5.2 Die Dichte . . . . .	170
C.5.3 Die Temperatur . . . . .	171
C.6 Die Interpolationspolynome . . . . .	172
C.6.1 Das Polynom $P_3$ . . . . .	172
C.6.2 Das Polynom $P_4$ . . . . .	173
C.7 Zur Simulation eines ICME . . . . .	174
C.7.1 Interpolation . . . . .	174
C.7.2 Randglättung . . . . .	174
<b>Danksagung</b>	<b>189</b>
<b>Erklärung</b>	<b>191</b>