

# INHALT

<b>Vorwort – Warum dieses Buch?</b> . . . . .	9
<b>Prolog – Was ist unser kosmologisches Weltbild und wie gewiss sind wir uns darin?</b> . . . . .	13
Die kosmische Rollenbesetzung . . . . .	15
Was bisher geschah ... . . . .	19
<b>Teil 1 Zählen wir doch einfach einmal:</b>	
<b>Das Problem der fehlenden Zwerggalaxien</b> . . . . .	29
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Was ist eine Galaxie?</b> . . . . .	31
Nebulöse Objekte im All . . . . .	31
Die Große Debatte . . . . .	35
Astronomische Entfernungsmessungen . . . . .	40
Der Brief, der Shapleys Universum zerstörte . . . . .	45
Galaxien und unsere galaktische Nachbarschaft, die Lokale Gruppe . . . . .	49
Wie entdeckt man eine Satellitengalaxie um die Milchstraße? . . . . .	55
Wie definiert man »Galaxie«? . . . . .	60
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Wie sagen wir die Entstehung von Galaxien vorher?</b> . . .	63
Wie berechnen wir ein Universum? . . . . .	65
Holmberg geht ein Licht auf . . . . .	69
Frühe Computersimulationen . . . . .	72

Ein ganzes Universum im Computer . . . . .	75
Das Problem der fehlenden Satellitengalaxien . . . . .	79
Nomen est omen . . . . .	80
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Wie lösen wir das Problem der fehlenden Satellitengalaxien?</b> . . . . .	<b>83</b>
Wie entstehen Sterne? . . . . .	84
Wie entstehen Sterne im Computer? . . . . .	91
Von Skalen und Größenordnungen . . . . .	94
Wie bleibt eine Galaxie dunkel? . . . . .	100
<b>Teil 2 Was so eine Zwerggalaxie »wiegt«:</b>	
<b>Ist die Dunkle Materie falsch verteilt?</b> . . . . .	<b>107</b>
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Wie misst man die Masse einer Zwerggalaxie?</b> . . . . .	<b>109</b>
Eine kurze Geschichte der Spektroskopie . . . . .	109
Von Doppelsternen und Trompeten auf der Eisenbahn . .	118
<b>Kapitel 5</b>	
<b>Von der Geschwindigkeit von Sternen in Zwerggalaxien zur Verteilung ihrer Masse</b> . . . . .	<b>123</b>
Wir wiegen eine Zwerggalaxie . . . . .	128
Zwerggalaxien: Die dunkelsten Galaxien . . . . .	132
Core-Cusp-Problem . . . . .	138
Too-Big-To-Fail-Problem . . . . .	141
<b>Kapitel 6</b>	
<b>Wie alternative Typen Dunkler Materie kosmologische Probleme lösen</b> . . . . .	<b>143</b>
Warme Dunkle Materie . . . . .	146
Selbstinteragierende Dunkle Materie . . . . .	148

### Teil 3 Die haben den Dreh raus:

Überraschende Regularität in der Rotation von Galaxien . . . . .	151
--	-----

#### Kapitel 7

<b>Von der Erfindung der Radioastronomie zur</b>	
<b>Messung von Rotationskurven . . . . .</b>	<b>153</b>
Ein neues Fenster für die Astronomie . . . . .	155
Ein wenig Mathematik zu den Rotationskurven . . . . .	157
Radioastronomie als Chance für die Messung von	
Rotationskurven . . . . .	160
Radiointerferometer und die Messung präziser	
Rotationskurven . . . . .	165
Beobachtete Rotationskurven . . . . .	168

#### Kapitel 8

<b>Seltame Regelmäßigkeiten in Rotationskurven . . . . .</b>	<b>171</b>
Die Tully-Fisher-Relation . . . . .	171
Andere Relationen . . . . .	175
Eine fundamentalere Relation – oder gar ein neues	
Naturgesetz? . . . . .	178

#### Kapitel 9

<b>Eine radikale Alternative zur Dunklen Materie . . . . .</b>	<b>187</b>
Können baryonische Effekte oder alternative Formen	
der Dunklen Materie helfen? . . . . .	188
Ist das Gravitationsgesetz falsch? . . . . .	191
MOND-Aufgang . . . . .	196
MOND macht Vorhersagen – und ist erfolgreich . . . . .	203
Galaxienpaare . . . . .	208
MOND sieht doppelt . . . . .	212
Es passt nicht überall – wie Galaxienhaufen MOND	
zerschießen . . . . .	216
MOND und die Kosmologie . . . . .	219
MOND versus Dunkle Materie . . . . .	220

<b>Teil 4 Der Tanz der Zwerggalaxien:</b>	
Das Problem der Satellitengalaxienebenen . . . . .	223
<b>Kapitel 10</b>	
Die seltsame Verteilung und Bewegung der Satellitengalaxien . . . . .	225
Erstaunlich geordnete Satellitengalaxien . . . . .	227
Die Bewegung von Zwerggalaxien am Himmel . . . . .	233
Von Weltraumteleskopen zur Interpretation von Eigenbewegungen in Hollywood . . . . .	237
Der Tanz der Zwerggalaxien . . . . .	242
<b>Kapitel 11</b>	
Das Satellitengalaxienebenen-Problem . . . . .	245
Wie Satellitengalaxien sich verteilen und bewegen sollten	245
Ist die Milchstraße eine Ausnahme? . . . . .	249
»Schau mal, was ich gefunden habe« . . . . .	252
Warum das Satellitengalaxienebenen-Problem nicht einfach zu lösen ist . . . . .	256
<b>Kapitel 12</b>	
Gezeitenzwerggalaxien als eine mögliche Lösung . . . . .	265
Wenn zwei Galaxien sich ganz doll lieb haben . . . . .	265
Gezeitenzwerggalaxien . . . . .	267
Kann MOND das Gezeitenzwerggalaxien-Szenario retten?	272
Die Antwort ist ... noch nicht bekannt . . . . .	275
<b>Epilog – Multiple Lösungsalternativen als Chance für wissenschaftlichen Fortschritt . . . . .</b>	<b>277</b>
<b>Glossar . . . . .</b>	<b>281</b>
<b>Dank . . . . .</b>	<b>287</b>
<b>Anmerkungen . . . . .</b>	<b>289</b>
<b>Über den Autor . . . . .</b>	<b>301</b>