

INHALT

Vorwort – Warum dieses Buch?	9
Prolog – Was ist unser kosmologisches Weltbild und wie gewiss sind wir uns darin?	13
Die kosmische Rollenbesetzung	15
Was bisher geschah ...	19
Teil 1 Zählen wir doch einfach einmal:	
Das Problem der fehlenden Zwerggalaxien	29
Kapitel 1	
Was ist eine Galaxie?	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
Kapitel 2	
Wie sagen wir die Entstehung von Galaxien vorher?	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
Kapitel 3	
Wie lösen wir das Problem der fehlenden Satellitengalaxien?	83
Wie entstehen Sterne?	84
Wie entstehen Sterne im Computer?	91
Von Skalen und Größenordnungen	94
Wie bleibt eine Galaxie dunkel?	100
Teil 2 Was so eine Zwerggalaxie »wiegt«: Ist die Dunkle Materie falsch verteilt?	
107	
Kapitel 4	
Wie misst man die Masse einer Zwerggalaxie?	109
Eine kurze Geschichte der Spektroskopie	109
Von Doppelsternen und Trompeten auf der Eisenbahn . .	118
Kapitel 5	
Von der Geschwindigkeit von Sternen in Zwerggalaxien zur Verteilung ihrer Masse	123
Wir wiegen eine Zwerggalaxie	128
Zwerggalaxien: Die dunkelsten Galaxien	132
Core-Cusp-Problem	138
Too-Big-To-Fail-Problem	141
Kapitel 6	
Wie alternative Typen Dunkler Materie kosmologische Probleme lösen	143
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		
Von der Erfindung der Radioastronomie zur		
Messung von Rotationskurven		153
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		
Seltsame Regelmäßigkeiten in Rotationskurven		171
Die Tully-Fisher-Relation		171
Andere Relationen		175
Eine fundamentalere Relation – oder gar ein neues		
Naturgesetz?		178
Kapitel 9		
Eine radikale Alternative zur Dunklen Materie		187
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

Teil 4 Der Tanz der Zwerggalaxien: Das Problem der Satellitengalaxienebenen	223
Kapitel 10	
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
Kapitel 11	
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
Kapitel 12	
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
Epilog – Multiple Lösungsalternativen als Chance für wissenschaftlichen Fortschritt	277
Glossar	281
Dank	287
Anmerkungen	289
Über den Autor	301