

Inhaltsverzeichnis

1	Das Licht der Sterne	1
1.1	Sonne – Sterne – Planeten	1
1.1.1	Die Sonne	2
1.1.2	Planeten	4
1.1.3	Sterne	5
1.2	Die Strahlung der Sterne und Planeten	5
1.2.1	Ein Gesetz für die Strahlung?	5
1.2.2	Die Helligkeit der Sterne wird gemessen	7
1.2.3	Entfernungen der Sterne	7
1.2.4	Die Strahlung der Planeten	8
1.3	Was ist eigentlich Licht	10
1.3.1	Licht als Teilchen	10
1.3.2	Licht als eine Welle	12
1.3.3	Licht und Quantenphysik	13
1.3.4	Spektrallinien im Spektrum	15
1.3.5	Der Dopplereffekt	16
1.3.6	Geschwindigkeiten im Universum messen	18
2	Teleskope – Augen in das Universum	21
2.1	Grundtypen von Teleskopen	21
2.1.1	Linsen	21
2.1.2	Spiegel	24
2.1.3	Linsen- und Spiegelteleskope	26
2.1.4	Vergrößerung und Auflösungsvermögen eines Teleskops	29
2.2	Die Erdatmosphäre	31
2.2.1	Die Durchlässigkeit der Erdatmosphäre	31
2.2.2	Wann gehen Sonne und Mond auf?	32
2.2.3	Die turbulente Erdatmosphäre oder weshalb Sterne funkeln	33
2.2.4	Das menschliche Auge: unser natürlicher Detektor	36
2.2.5	CCD	38

2.2.6	Fotografie	39
2.2.7	Der Blick ins Fernrohr	39
2.3	Die Helligkeiten der Sterne	40
2.3.1	Wie hell leuchten Sterne eigentlich	40
2.3.2	Die absolute Helligkeit	42
2.4	Einige Beispiele für historische Teleskope	43
2.4.1	Von der Erfindung des Teleskops zu ersten großen Fernrohren ...	43
2.4.2	Praktikum für Interessierte: Sonnenflecken beobachten	47
2.4.3	Neue Planeten im Sonnensystem	48
2.5	Moderne Großteleskope	52
2.5.1	Die Brennweite bestimmt die Bildgröße	52
2.5.2	Das größte Sonnenteliskop	52
2.5.3	Die Europäische Südsternwarte, ESO	53
2.5.4	Observatorien auf den Kanarischen Inseln	57
2.5.5	Teleskope auf Hawaii	61
3	Licht vom Rande des Universums – die Welt der Galaxien	67
3.1	Größe und Expansion des Universums	67
3.1.1	Unser Milchstraße- die Heimat im Kosmos	67
3.1.2	Galaxien-Bausteine des Universums	69
3.1.3	Die Expansion des Universums	75
3.1.4	Das Universum hat einen Anfang	76
3.2	Das Universum wird kälter	78
3.2.1	Experiment mit der Fahrradpumpe	78
3.2.2	Der Blick in die Vergangenheit	79
3.2.3	Glühen aus der Zeit des Urknalls	81
3.2.4	Dem ersten Licht auf der Spur	84
3.3	Die Entstehung der chemischen Elemente	85
3.3.1	Die ersten Drei Minuten – oder die primordiale Kernfusion	85
4	Der Radiohimmel	91
4.1	Was beobachtet man im Radiobereich	91
4.1.1	Radarsignale erforschen Planeten	91
4.1.2	Entdeckung der Radiostrahlung aus dem Universum	94
4.1.3	Wie funktioniert ein Radioteleskop	96
4.1.4	Wie entsteht Radiostrahlung	97
4.2	Schwarze Löcher	100
4.2.1	Schwarze Löcher und Sternentwicklung	100
4.2.2	Supermassive Schwarze Löcher	105
4.2.3	Das Monster sichtbar machen	107
4.2.4	ALMA	110

5	Gravitationswellen – ein neues Fenster in den Kosmos	115
5.1	Allgemeine Relativitätstheorie	115
5.1.1	Einstein und die Relativität	115
5.1.2	Von der speziellen zur allgemeinen Relativitätstheorie	119
5.2	Was sind Gravitationswellen?	122
5.2.1	Wellen	122
5.2.2	Wie entstehen Gravitationswellen	123
5.2.3	Wenn Sterne kollidieren	125
5.2.4	Kollision zweier Neutronensterne	126
5.2.5	Eigenschaften und Nachweis der Gravitationswellen	127
5.2.6	Das Spektrum der Gravitationswellen	129
5.3	Die erste direkte Beobachtung von Gravitationswellen	130
5.3.1	Weitere Messungen	132
5.3.2	Dunkle Materie und Gravitationswellen	133
6	Neutrinos – Geisterteilchen	135
6.1	Was sind Neutrinos	135
6.1.1	Ein ganzer Zoo an Teilchen	135
6.1.2	Wie elementar sind Protonen und Neutronen	137
6.1.3	Neutrinos	141
6.2	Neutrinos entdecken	143
6.2.1	Das erste Neutrinoobservatorium	143
6.2.2	Weitere Neutrinoteleskope	144
6.3	Woher kommen Neutrinos aus dem Universum	145
6.3.1	Das Problem der Sonnenneutrinos	145
6.3.2	Neutrinos von einer Supernovaexplosion	150
7	Das Hubble Weltraumteleskop	155
7.1	Planung, Start, Probleme	155
7.1.1	Erste Ideen	155
7.1.2	Vorläufermissionen	156
7.2	Die große Enttäuschung	160
7.2.1	Ein Fehler in der Optik...	160
7.2.2	Der Fehler wird behoben	161
7.3	Instrumente des Hubble Teleskops	161
7.3.1	Wie sieht ein Weltraumteleskop aus?	161
7.3.2	Instrumente an Bord des HST	165
7.4	Einige Beobachtungsergebnisse mit dem Hubble Teleskop	166
7.4.1	Sonnensystem	166
7.4.2	Sterne, Nebel	169
7.4.3	Galaxien	175
7.4.4	Ein Blick in das frühe Universum: Das Hubble Deep Field	178

8	Das James Webb Teleskop	185
8.1	Planung	185
8.1.1	Erste Ideen für den Nachfolger des Hubble Teleskops	185
8.1.2	Schwierigkeiten	187
8.1.3	Der Start	188
8.2	Aufbau und Instrumente des JWST	188
8.2.1	Konstruktion des Teleskops	188
8.2.2	Wo befindet sich das James Webb Teleskop?	189
8.3	Basisversorgung und Instrumente	191
8.3.1	Versorgungseinheit, Energieversorgung	191
8.3.2	Lagekontrolle, Kommunikationssystem	192
8.3.3	Antrieb	193
8.3.4	Das Sonnenschild	194
8.3.5	Die Optik	194
8.4	Instrumente des JWST	196
8.4.1	Die Near Infrared Camera	196
8.4.2	MIRI	196
8.4.3	NIRSpec, FGS-NIRIS	196
8.5	Erste Bilder	197
8.5.1	Planetensystem	198
8.5.2	Exoplaneten	199
8.5.3	Sterne	204
8.5.4	Galaxien und das frühe Universum	206
	Literatur	213
	Stichwortverzeichnis	215