

Sun Kwok

Unser Platz im Universum

Astronomie anhand
alter Entdeckungen verstehen



SACHBUCH

 Springer

Unser Platz im Universum

Sun Kwok

Unser Platz im Universum

Astronomie anhand alter Entdeckungen
verstehen

 Springer

Sun Kwok
Faculty of Science
The University of Hong Kong
Hong Kong, China

ISBN 978-3-031-37839-3 ISBN 978-3-031-37840-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-37840-9>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Ramon Khanna

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Vorwort

Es gibt eine weit verbreitete Wahrnehmung in der allgemeinen Bevölkerung, dass Astronomie unpraktisch und irrelevant ist. Dies könnte nicht weiter von der Wahrheit entfernt sein. Tausende von Jahren war Astronomie ein äußerst praktisches Fach, und unsere Vorfahren stützten sich auf ihr astronomisches Wissen, um ihren Alltag zu bewältigen. Die meisten alten Menschen waren viel vertrauter mit dem Verhalten der Sonne, des Mondes und der Sterne als der Durchschnittsmensch heute. Astronomie motivierte auch das intellektuelle Denken und hatte im Laufe der Geschichte einen großen Einfluss auf die soziale Entwicklung der menschlichen Rasse. Unsere sich entwickelnde Wahrnehmung unserer Stellung im Universum trug dazu bei, wichtige soziale Veränderungen in den letzten zweitausend Jahren herbeizuführen.

Dieses Buch handelt nicht nur von Astronomie. Es verwendet die historische Entwicklung der Astronomie, um den Prozess des rationalen Denkens und seine Auswirkungen auf Philosophie, Religion und Gesellschaft zu veranschaulichen. Da Himmelsobjekte regelmäßigen Mustern folgten, gaben astronomische Beobachtungen den Menschen einige der ersten Hinweise darauf, dass die Natur verständlich war. Die komplizierte Natur dieser Muster forderte auch unsere intellektuellen Fähigkeiten heraus.

In unserem Bildungssystem wird Wissenschaft oft als eine Reihe von Fakten präsentiert. Tatsächlich geht es in der Wissenschaft um den Prozess des rationalen Denkens und der Kreativität. Was wir als Wahrheit betrachten, entwickelt sich ständig weiter und hat sich im Laufe der Menschheitsgeschichte sicherlich stark verändert. Das Wesen der Wissenschaft besteht nicht so sehr in unserer aktuellen Sicht auf die Welt, sondern darin, wie wir von einer Reihe von Ansichten zu einer anderen übergegangen sind. Dieses Buch handelt nicht vom Ergebnis, sondern vom Prozess.

Ich habe versucht, diese Ziele wie folgt zu erreichen. Ich beginne mit einer Beschreibung grundlegender Beobachtungen, fasse die beobachteten Muster und die von ihnen aufgeworfenen Probleme zusammen und diskutiere die vorgeschlagenen Theorien und ihre Implikationen. Die Vor- und Nachteile dieser Theorien

werden neben alternativen Theorien bewertet. Dieser Ansatz unterscheidet sich von typischen Lehrbüchern der Naturwissenschaften, die in der Regel einen axiomatischen Ansatz wählen, indem sie zuerst die richtige Theorie aufstellen und die Ableitungen daraus ziehen, bevor sie sie mit experimentellen Ergebnissen vergleichen. Ich hoffe, dass dieser historische Ansatz den Schülern ermöglicht, den wissenschaftlichen Prozess besser zu verstehen und aus diesem Prozess zu lernen, wenn sie in ihren Karrieren mit realen Problemen konfrontiert werden.

Wir leben in den wohlhabendsten Zeiten der Menschheitsgeschichte. Es ist bequem anzunehmen, dass alles Wichtige erst kürzlich geschehen ist und dass Ereignisse aus der fernen Vergangenheit keine Rolle spielen. Es ist auch einfach für uns, die Weisheit und Errungenschaften unserer Vorfahren zu vergessen oder abzutun. Eine einfache Umfrage unter modernen Universitätsstudenten wird zeigen, dass die meisten von ihnen glauben, dass wir erst vor ein paar hundert Jahren herausgefunden haben, dass die Erde rund ist. Tatsächlich war die Form der Erde jedoch bereits vor 2500 Jahren gut bekannt.

Durch Beobachtungen mit dem bloßem Auge und mit einigen sehr einfachen Instrumenten fanden alte Astronomen viel über unsere Welt heraus. Aus der Beobachtung von Himmelsobjekten schlossen sie darauf, dass die Erde rund war. Sie konnten die wechselnden Zeiten und Orte des Sonnenaufgangs erklären. Sie entwickelten ein vernünftiges empirisches Modell, um Sonnen- und Mondfinsternisse vorherzusagen. Trotz der scheinbar unregelmäßigen Bewegungen der Planeten konnten ihre Positionen mit mathematischen Modellen genau hunderte von Jahren in die Zukunft vorhergesagt werden. Obwohl alte Zivilisationen nur einen kleinen Teil der Erdoberfläche besetzten, hatten sie eine sehr gute Schätzung der Größe der gesamten Erde. Sie konnten sogar die Größe und Entfernung des Mondes bestimmen.

Die Trennung des modernen Menschen von der Natur bedeutet auch, dass einige allgemeine Kenntnisse aus der Antike verloren gegangen sind. Viele Menschen glauben heute, dass die Sonne jeden Tag im Osten aufgeht, aber es war allgemein bekannt, dass die Richtung des Sonnenaufgangs täglich wechselt. Die regelmäßige, aber komplexe scheinbare Bewegung der Sonne war der Hauptantrieb für die Entwicklung des rationalen Denkens.

Dieses Buch beruht auf einem Kurs, der für das Common Core-Programm der Universität von Hongkong (HKU) entwickelt wurde. Die HKU Common Core-Kurse beziehen sich nicht auf eine bestimmte Disziplin; sie sollen den Studierenden helfen, breitere Perspektiven und Fähigkeiten zur kritischen Bewertung komplexer Fragen zu entwickeln. Die Kurse helfen den Studierenden auch, unsere eigene Kultur und globale Fragen zu schätzen.

Ich habe diesen Kurs entwickelt und von 2010 bis 2016 unterrichtet. Jedes Jahr bestand die Klasse aus etwa 120 Studierenden aus allen Fakultäten der Universität, einschließlich Architektur, Kunst, Wirtschaft und Wirtschaftswissenschaften, Zahnmedizin, Bildung, Ingenieurwesen, Recht, Medizin, Naturwissenschaften und Sozialwissenschaften. Aufgrund des unterschiedlichen Hintergrunds der Studierenden wurden keine mathematischen Ableitungen oder Berechnungen verwendet. Die Studierenden sollten jedoch qualitative Konzepte verstehen, geometrische Visualisierungen entwickeln und logische Schlussfolgerungen ziehen. Um die

Konzepte ohne Mathematik effektiv zu vermitteln, stützte ich mich stark auf grafische Darstellungen und Animationen. Computersimulationen wurden verwendet, um die scheinbaren Bewegungen von Himmelsobjekten am Himmel zu zeigen. Diese Illustrationen halfen den Studierenden, die Komplexität solcher Bewegungen zu visualisieren.

Für technisch versiertere Leser habe ich in diesem Buch einige Mathematik hinzugefügt, von denen der größte Teil in den Anhängen präsentiert wird. Nicht-mathematische Leser können diese Teile überspringen. Um den Schwerpunkt auf die Entwicklung von Konzepten zu legen, habe ich bestimmte Details bewusst weggelassen. Zum Beispiel sind die scheinbaren Bewegungen von Sonne und Mond noch komplizierter, als ich sie hier dargestellt habe. Mein Ziel ist es, ein breites Publikum zu erreichen.

Fachjargon ist ein großes Hindernis beim Lernen. In diesem Buch versuche ich, den Gebrauch von Fachjargon so weit wie möglich zu minimieren und einige technische Begriffe durch einfache Wörter mit ähnlicher Bedeutung zu ersetzen. Einige Konzepte haben präzise Definitionen, und die Verwendung von Fachbegriffen ist unvermeidlich. Alle Definitionen sind im Glossar zusammengestellt.

Jedes Jahr fragen mich Studenten, ob sie durch ihr fehlendes Vorwissen in Physik und Astronomie benachteiligt sein werden. Tatsächlich ist das Gegenteil der Fall. Naturwissenschaftsstudenten wurden alle modernen Vorstellungen vermittelt, haben aber nie gelernt, wie wir zu diesen Schlussfolgerungen gekommen sind. Um den Entdeckungsprozess zu erlernen, müssen sie ihre vorgefassten Meinungen aufgeben, was für einige Studenten schwierig sein kann. Ein Beispiel ist die Frage: „Wie wissen wir, dass die Erde um die Sonne kreist?“ Als ich diese Frage den Studenten stellte, war die häufigste Antwort, die ich erhielt: „Das hat mir mein Lehrer gesagt.“ In diesem Buch versuchen wir, die historischen Schritte nachzuvollziehen, um herauszufinden, wie wir zu dieser Schlussfolgerung gekommen sind.

Zusätzlich zu den Vorlesungen hatten wir wöchentliche Tutorien, Tests, Aufgaben, Computerlaborübungen, eine Planetariumsshow und Prüfungen. Die Planetariumsshow wurde mit Unterstützung des Hong Kong Space Museums entwickelt, um die Himmelsbewegungen in verschiedenen Teilen der Welt und zu verschiedenen Zeiten in der Geschichte zu veranschaulichen. Die Laborübungen basierten auf Computersoftware, damit die Studierenden aus erster Hand Erfahrungen beim Betrachten und Aufzeichnen von Daten aus simulierten Beobachtungen sammeln konnten. Bewertungen wurden entwickelt, um zu testen, ob die Studierenden den Lehrstoff verstanden hatten, ob sie Material aus verschiedenen Teilen des Kurses verbinden konnten, ob sie ein gewisses Maß an Synthese erreicht hatten und ob sie das erworbene Wissen auf neue Situationen anwenden konnten.

Ich möchte Wai Wong danken, der viele der Abbildungen in diesem Buch geschickt gezeichnet hat. Anisia Tang und Sze-Leung Cheung halfen bei der Hintergrundrecherche und trugen zu den Laborübungen bei. Ich danke Gray Kochhar-Lindgren, Direktor des HKU Common Core Program, und Y.K. Kwok, stellvertretender Vizepräsident (Lehre und Lernen), für ihre unermüdliche Unterstützung meines Kurses. Tim Wotherspoon und Bruce Hrivnak gaben hilfrei-

che Kommentare zu einer früheren Fassung. Ich danke Ramon Khanna, meinem Lektor bei Springer, der mich ermutigte, dieses Buch zu veröffentlichen. Joachim Köppen übernahm die Durchsicht der deutschen Übersetzung. Besonders dankbar bin ich meiner Frau Emily und meiner Tochter Roberta, die verschiedene Entwürfe dieses Buches gelesen und mir kritische Kommentare gegeben haben.

Ich möchte auch der University of British Columbia für ihre Gastfreundschaft während meines Forschungsfreisemesters danken, als dieses Manuskript fertiggestellt wurde.

Erstmals interessierte ich mich für dieses Thema während meines zweiten Studienjahres an der McMaster University, wo Prof. Bertram Brockhouse (Nobelpreis für Physik, 1994) mich in seinem Kurs zur Wissenschaftsphilosophie mit Keplers Arbeit bekannt machte. Sein Unterricht ließ mich erkennen, dass Physik mehr als nur mechanische Berechnungen ist; es ist ein Fach mit philosophischen und gesellschaftlichen Implikationen.

Vancouver, Kanada
2016

Sun Kwok

Prolog

天地玄黃，宇宙洪荒。日月盈昃，辰宿列張。
寒來暑往，秋收冬藏。閏餘成歲，律呂調陽。

千字文 周興嗣

„Am Anfang gab es den schwarzen Himmel und die gelbe Erde. Das Universum war riesig und grenzenlos. Die Sonne geht auf und unter, der Mond durchläuft Phasen, und die Sterne verteilen sich über unterschiedliche Sternbilder am Himmel. Die warmen und kalten Jahreszeiten kommen und gehen, während wir im Herbst ernten und unsere Körner für den Winter lagern. Ein Jahr besteht aus einer ungeraden Anzahl von Monaten, und die Harmonie der Musik regiert das Universum“.

Die ersten acht Verse aus dem „Tausend-Zeichen-Aufsatz“ von Zhou Xing Si (470–521 n. Chr.), übersetzt aus dem Chinesischen.

Zhou, ein Beamter am Hof der Liang-Dynastie, wurde vom Kaiser Wu 梁武帝 (regierte 502–549 n. Chr.) beauftragt, 1000 Zeichen in einen Aufsatz für die Erziehung der jungen Prinzen zu arrangieren. Er verfasste einen gereimten Aufsatz aus 250 Vier-Zeichen-Versen, bei dem jedes Zeichen nur einmal verwendet wurde. Vom sechsten bis zum frühen zwanzigsten Jahrhundert wurde dieser Aufsatz häufig als Grundlagentext verwendet, um jungen Kindern die chinesischen Schriftzeichen beizubringen.

Der Aufsatz beginnt mit acht Versen, die den Wunsch der Menschen ausdrücken, das Universum zu verstehen, und ihre Wertschätzung für die geordneten Bewegungen der Himmelskörper. Wie Zhou es beschreibt, erkennen die Menschen auch, dass Beobachtungen von Sonne, Mond und Sternen zur Entwicklung von Kalendern geführt haben und dass die Struktur des Universums durch theoretische Modelle verstanden werden kann.

Diese Verse veranschaulichen das Sehnen nach Wissen über unseren Platz im Universum, das von allen alten Kulturen geteilt wird. Durch unermüdete Beobachtungen erfassten unsere Vorfahren auf verschiedenen Kontinenten das Verhalten von Sonne, Mond, Planeten und Sternen. Ihnen war bewusst, dass diese Muster regelmäßig, aber keineswegs einfach waren. Obwohl die gesammelten Daten in den Kulturen ähnlich waren, unterschieden sich die Interpretationen der Himmelsmuster. Diese Interpretationen wurden in soziale, religiöse und philosophische

hische Strukturen eingebunden. Im Laufe der Geschichte führte die Entwicklung unserer Modelle des Universums zu Veränderungen in diesen Strukturen. Dieses Buch ist ein Versuch, die Geschichte der Entwicklung der Astronomie über zwei Jahrtausende und ihre Auswirkungen auf unsere Gesellschaft zu erzählen.

Inhaltsverzeichnis

1	Menschen und der Himmel	1
1.1	Wiederkehrende Tage und Nächte	3
1.2	Zyklen der Jahreszeiten	4
1.3	Frühe Himmelsbeobachter	5
1.4	Sonnenverehrung	6
1.5	Der geordnete Himmel	8
1.6	Fragen zum Nachdenken	10
2	Auswirkungen der Himmelsbewegungen auf menschliche Aktivitäten	11
2.1	Tägliche Bewegung der Sonne	12
2.2	Die jährliche Bewegung der Sonne	12
2.3	Die Jahreszeiten	14
2.4	Regelmäßig, aber nicht einfach	15
2.5	Fragen zum Nachdenken	16
3	Antike Modelle des Universums	17
3.1	Ein kugelförmiger Himmel	17
3.2	Den Schatten nachjagen	18
3.3	Nicht alle Richtungen sind gleich	19
3.4	Der Pfad der Sonne am Himmel	22
3.5	Wo geht die Sonne nachts hin?	23
3.6	Fragen zum Nachdenken	25
4	Drehung des Himmels	27
4.1	Der Himmelspol	29
4.2	Der Himmel ist geneigt	32
4.3	Eine frei schwebende Erde	33
4.4	Fragen zum Nachdenken	34
5	Eine kugelförmige Erde	35
5.1	Die Sonne bewegt sich auf vollständigen Kreisen	35
5.2	Für jeden eine andere Show	37

5.3	Beweise für eine nicht-flache Erde	39
5.4	Der sich verändernde Horizont	39
5.5	Wie hoch kann die Sonne steigen?	43
5.6	Unterschiedliche Tageslängen	46
5.7	Polarstern und Breitengrad	46
5.8	Himmelsnavigation	47
5.9	Gibt es Sterne, die wir nicht sehen können?	50
5.10	Erfolg der Runden-Erde-Hypothese	50
5.11	Fragen zum Nachdenken	51
6	Reise der Sonne unter den Sternen	53
6.1	Die Sonne, die sich durch die Sterne bewegt.	53
6.2	Zwei Arten der Bewegung der Sonne	57
6.3	Neigung der Ekliptik	58
6.4	Sterne auf der Himmelskugel platzieren	61
6.5	Ein asymmetrisches Universum.	64
6.6	Fragen zum Nachdenken	64
7	Ein Zwei-Kugel-Universum	65
7.1	Eine innere Kugel für Menschen, eine äußere Kugel für Himmelsobjekte	66
7.2	Die Armillarsphäre.	68
7.3	Armillarsphären als Beobachtungsinstrumente	72
7.4	Die Zwei-Sphären-Kosmologie	72
7.5	Fragen zum Nachdenken	74
8	Tanz des Mondes	75
8.1	Veränderliche Positionen des Mondaufgangs	76
8.2	Zwei verschiedene Längen eines Monats	80
8.3	Finsternisse und Mondphasen	81
8.4	Größe und Entfernung vom Mond.	83
8.5	Der sich selbst drehende Mond	85
8.6	Fragen zum Nachdenken	86
9	Die Kalender	89
9.1	Wie lang ist ein Jahr?	90
9.2	Sternkalender	90
9.3	Was definiert ein Jahr?	92
9.4	Unterschiedliche Kalender auf der ganzen Welt	93
9.5	Reform des Julianischen Kalenders	95
9.6	Was ist so besonders an einem 24-Stunden-Tag?	97
9.7	Fragen zum Nachdenken	98
10	Die Wanderer	101
10.1	Die zehn Muster der Venus	104
10.2	Mars in Opposition	109
10.3	Rückwärtsbewegung	110

- 10.4 Zwei verschiedene Perioden für jeden Planeten 111
- 10.5 Astrologie. 114
- 10.6 Planeten im Schema des Universums 118
- 10.7 Fragen zum Nachdenken 119
- 11 Das Geheimnis der ungleichen Jahreszeiten 121**
 - 11.1 Bewegt sich die Erde? 122
 - 11.2 Erde nicht genau im Zentrum 126
 - 11.3 Der Pol bewegt sich 130
 - 11.4 Verschiebung der Tierkreiszeichen 134
 - 11.5 Fragen zum Nachdenken 137
- 12 Größe der Erde 139**
 - 12.1 Erste Messung der Größe der Erde 141
 - 12.2 Wie weit ist die Sonne entfernt? 142
 - 12.3 Wiederbelebung einer flachen Erde 144
 - 12.4 Praktischer Beweis, dass die Erde rund ist 146
 - 12.5 Fragen zum Nachdenken 147
- 13 Zyklen über Zyklen. 149**
 - 13.1 In Kreisen bewegen 149
 - 13.2 Drei künstliche Konstruktionen 151
 - 13.3 Fragen zum Nachdenken 155
- 14 Kosmologie nach Aristoteles 157**
 - 14.1 Zwei Welten und vier Elemente. 158
 - 14.2 Die Ehe von Kosmologie und Religion 160
 - 14.3 Fragen zum Nachdenken 161
- 15 Die Welt nach Ptolemäus 163**
 - 15.1 Größe des Universums nach Ptolemäus. 164
 - 15.2 Übergabe der Fackel an die islamische Welt 166
 - 15.3 Nicht alles ist gut im Ptolemäischen Universum 168
 - 15.4 Eine Jahrtausend lange Mode 172
 - 15.5 Fragen zum Nachdenken 172
- 16 Die Copernicus-Revolution 175**
 - 16.1 Das sonnenzentrierte Universum 177
 - 16.2 Wie weit sind die Planeten entfernt? 181
 - 16.3 Sechs Bücher über die Revolutionen der Himmelskörper 183
 - 16.4 Fragen zum Nachdenken 186
- 17 Dreht sich die Erde wirklich um die Sonne? 187**
 - 17.1 Die Äquivalenz der geozentrischen und heliozentrischen Modelle in ihren einfachsten Formen 187
 - 17.2 Neue Erklärungen für alte Fakten 189
 - 17.3 Was Copernicus wirklich erreicht hat 192
 - 17.4 Fragen zum Nachdenken 193

18	Das Vermächtnis von Copernicus	195
18.1	Ein größeres Universum.....	196
18.2	Ein unendliches Universum?	197
18.3	Kein Platz für den Himmel	198
18.4	Copernicus trifft Konfuzius	200
18.5	Was wir von Copernicus gelernt haben	201
18.6	Fragen zum Nachdenken	202
19	Ein neuer Stern am Himmel	205
19.1	Ein Bedarf an genaueren Messungen.....	207
19.2	Ein geometrisches Universum	209
19.3	Die Rolle der Sonne	213
19.4	Wie es ist, anstatt wie es sein sollte	214
19.5	Motivation und Vermächtnis	216
19.6	Fragen zum Nachdenken	217
20	Der unvollkommene Himmel	219
20.1	Mehr Sterne am Himmel	219
20.2	Galileos Unterstützung von Copernicus	221
20.3	Wie Dinge sich bewegen	222
20.4	Galileos Erklärung einer sich bewegenden Erde	225
20.5	Fragen zum Nachdenken	226
21	Vereinigung von Himmel und Erde	227
21.1	Der Mond fällt	228
21.2	Vorhersage zukünftiger Raumflüge	229
21.3	Eine Kraft ohne Agent	231
21.4	Ein physikalisches Universum.....	232
21.5	Fragen zum Nachdenken	233
22	Epilog	235
	Anhang A: Längen- und Breitengrade von Städten auf der ganzen Welt	239
	Anhang B: Astronomische Messungen	241
	Anhang C: Wie lange dauert es, bis die Sonne auf- und untergeht?	243
	Anhang D: Wie lang ist ein Tag?	245
	Anhang E: Wie spät ist Mittag?	247
	Anhang F: Wie weit können wir sehen?	249
	Anhang G: Abnahme der Schiefe der Ekliptik	251

Inhaltsverzeichnis	XV
Anhang H: Synodische und siderische Perioden	253
Anhang I: Moderne Beweise für die Rundheit der Erde	255
Anhang J: Moderne Beweise für die Rotation und Revolution der Erde	257
Anhang K: Flucht von der Erde	259
Anhang L: Reisen zu den Planeten	261
Übungsfragen zur Wiederholung	263
Laborübungen	273
Glossar	279
Weiterführende Literatur	285

Über den Autor

Sun Kwok ist ein professioneller Astronom und Autor, der sich auf Astrochemie und Sternentwicklung spezialisiert hat. Er ist am besten bekannt für seine Theorie über den Ursprung von planetarischen Nebeln und den Tod sonnenähnlicher Sterne. Seine jüngsten Forschungen befassten sich mit dem Thema der Synthese komplexer organischer Verbindungen in den späten Stadien der Sternentwicklung. Er ist Autor vieler Bücher, darunter *Der Ursprung und die Entwicklung von Planetarischen Nebeln* (Cambridge, 2000), *Kosmische Schmetterlinge* (Cambridge, 2001), *Physik und Chemie des interstellaren Mediums* (University Science Books, 2007), *Organische Materie im Universum* (Wiley, 2012) und *Sternenstaub: die kosmischen Samen des Lebens* (Springer, 2013). Er hat an bedeutenden Universitäten, Forschungsinstituten und öffentlichen Foren auf der ganzen Welt ausgiebig Vorlesungen gehalten. Er war Gastbeobachter bei vielen Raumfahrtmissionen, einschließlich des *Hubble-Weltraumteleskops* und des *Infrarot-Weltraumobservatoriums*.

Er ist derzeit Präsident der Kommission F3 Astrobiologie der Internationalen Astronomischen Union (IAU). Zuvor war er Präsident der IAU-Kommission 34 Interstellare Materie, Vizepräsident der IAU-Kommission 51 Bioastronomie, Vorsitzender der IAU-Arbeitsgruppe Planetarische Nebel und Mitglied des Organisationskomitees der IAU-Arbeitsgruppe Astrochemie. Sun Kwok ist derzeit Lehrstuhlinhaber für Raumforschung an der Universität von Hongkong. Zuvor war er Direktor des Instituts für Astronomie und Astrophysik, Academia Sinica in Taiwan, Killiam Fellow des Canada Council for the Arts und Professor für Astronomie an der Universität von Calgary in Kanada.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Die Himmelscheibe von Nebra	6
Abb. 1.2	Der Sonnenwagen von Trundholm	7
Abb. 1.3	Der Caracol-Tempel in Chichén Itzá , in Mexiko	9
Abb. 2.1	Die Variation der Position des Sonnenaufgangs je nach Jahreszeit und Beobachtungsort	13
Abb. 3.1	Das antike Modell des Universums besteht aus einer flachen Erde und einem kugelförmigen Himmel	18
Abb. 3.2	Verwendung eines Gnomons zur Messung des Schattens der Sonne (China)	19
Abb. 3.3	Schattenbahnen eines Gnomons in Washington, D.C.	20
Abb. 3.4	Schattenbahnen eines Gnomons für Mexiko-Stadt	21
Abb. 3.5	Höhenwinkel und Azimutwinkel bezeichnen die Position eines Objekts auf der Himmelskugel	22
Abb. 3.6	Bestimmung der Position der Sonne mit einem Gnomon	23
Abb. 4.1	Langzeitbild der Sternspuren um den Polarstern	28
Abb. 4.2	Die sich ändernde Orientierung des Großen Wagens zu drei verschiedenen Nachtzeiten	29
Abb. 4.3	Sternspuren aus vier verschiedenen Richtungen betrachtet	30
Abb. 4.4	Das erste Erscheinen von Sirius vor der Morgendämmerung	31
Abb. 4.5	Wie man den südlichen Himmelspol vom Kreuz des Südens aus findet	32
Abb. 4.6	Neigung der Polarachse	33
Abb. 5.1	Der Sonnenpfad ist ein vollständiger <i>Kreis</i>	36
Abb. 5.2	Tägliche Pfade der Sonne, betrachtet von drei verschiedenen Standorten	38
Abb. 5.3	Beweise für eine kugelförmige Erde	40
Abb. 5.4	Unterschiedliche Beobachter auf einer kugelförmigen Erde haben unterschiedliche Horizonte	41

Abb. 5.5	Längen- und Breitengrad	42
Abb. 5.6	Tägliche Bahnen der Sonne an drei verschiedenen Orten auf der Erde	44
Abb. 5.7	Tägliche Bahnen der Sonne an drei extremen nördlichen Standorten.	45
Abb. 5.8	Unterschiedliche Tageslängen am Tag der Sommersonnenwende in Europa	47
Abb. 5.9	Die Ansicht der Himmelskugel hängt von der Breite des Beobachters ab	48
Abb. 6.1	Die täglichen Bahnen der Sterne auf der Himmelskugel aus der Sicht eines Beobachters auf mittlerer nördlicher Breite.	54
Abb. 6.2	Bewegung der Sonne entlang der Ekliptik	55
Abb. 6.3	Die 12 Sternbilder des Tierkreises	56
Abb. 6.4	Schematische Darstellung der täglichen und jährlichen Bewegungen von Sonne und Mond	58
Abb. 6.5	Neigung der Ekliptik gegenüber dem Himmelsäquator	59
Abb. 6.6	Messung der Schrägstellung der Ekliptik mit einem Gnomon	60
Abb. 6.7	Zusammenhang zwischen Ekliptik und Himmelskugel	62
Abb. 6.8	Auf- und Untergangsmuster von Sternen bei verschiedenen Deklinationen	63
Abb. 7.1	Pfade der Sonne im 2-Kugel-Universum-Modell, betrachtet von einem Beobachter auf mittlerer nördlicher Breite	66
Abb. 7.2	Bahnen der Sonne im Zwei-Sphären-Universum-Modell, betrachtet von einem Beobachter am Nordpol	67
Abb. 7.3	Bild einer Messing-Armillarsphäre	68
Abb. 7.4	Die Zeiträume, die von den 12 Tierkreiszeichen abgedeckt werden	69
Abb. 7.5	Schematische Darstellung einer Armillarsphäre	70
Abb. 7.6	Eine Kopie von Guo Shoujings vereinfachtem Instrument (jian yi), ausgestellt im Purpurgipfel Observatorium bei Nanjing, China	73
Abb. 8.1	Eine Panoramaansicht von Mondaufgang und Sonnenuntergang in der Nähe des <i>Very Large Telescope</i> <i>Observatory</i> in Chile	76
Abb. 8.2	Schwankungen der Mondaufgangsrichtung in Abhängigkeit von Mondphase und Jahreszeit	78
Abb. 8.3	Schematische Darstellung der Ursache der Mondphasen	79
Abb. 8.4	Illustration des Unterschieds zwischen synodischen und siderischen Perioden.	81
Abb. 8.5	Schematische Darstellung der Ursache für den Unterschied zwischen synodischem und siderischem Monat.	82
Abb. 8.6	Schematische Darstellungen zum Auftreten einer Sonnenfinsternis und einer Mondfinsternis	83

Abb. 8.7	Wie Aristarchos die relativen Größen von Mond und Erde während einer Mondfinsternis bestimmte	84
Abb. 8.8	Dauer der Mondfinsternis	85
Abb. 9.1	Die erste Sichtbarkeit der Plejaden am Morgen zeigt den beginnenden Sommer	91
Abb. 9.2	Der Aufgang der Plejaden am Abend signalisiert die Ankunft des Herbstes	92
Abb. 10.1	Die Ekliptik, wie sie von London, Washington, D.C. und Miami aus gesehen wird	102
Abb. 10.2	Venus als Abendstern	106
Abb. 10.3	Venus als Morgenstern	107
Abb. 10.4	Die fünf Abendauftritte der Venus	108
Abb. 10.5	Retrograde Bewegung der Venus	111
Abb. 10.6	Rückläufige Bewegung des Mars	112
Abb. 10.7	Pfade des Merkur entlang der Ekliptik	113
Abb. 10.8	Pfade der Venus entlang der Ekliptik	114
Abb. 10.9	Pfade des Mars entlang der Ekliptik	115
Abb. 10.10	Pfade des Jupiter entlang der Ekliptik	116
Abb. 10.11	Pfade des Saturn entlang der Ekliptik	117
Abb. 11.1	Klassisches geozentrisches Modell der Planetenbewegungen	125
Abb. 11.2	Das „Ägyptische“ System von Herakleides, bei dem die beiden inneren Planeten um die Sonne kreisen	126
Abb. 11.3	Hipparchos beobachtet die Sterne	127
Abb. 11.4	Ein exzentrisches Modell zur Erklärung der ungleichen Jahreszeiten	129
Abb. 11.5	Ein Epizykelmodell der Sonne zur Erklärung der ungleichen Jahreszeiten	130
Abb. 11.6	Äquivalenz der exzentrischen und epizyklischen Modelle	131
Abb. 11.7	Veränderung der Position des Sterns Spica relativ zum Herbstpunkt	132
Abb. 11.8	Die sich ändernden Positionen des Frühlingspunkts unter den Fixsternen als Funktion der Zeit	133
Abb. 11.9	Die sich im Laufe der Zeit ändernde Position des nördlichen Himmelspols	134
Abb. 11.10	Die heutigen Sternbilder auf der Ekliptik	135
Abb. 11.11	Das Kreuz des Südens war im Jahr 2000 v. Chr. in London, England sichtbar	136
Abb. 12.1	Sichtbarkeit von Sternen hängt von der geografischen Breite ab	140
Abb. 12.2	Eratosthenes' Methode zur Messung der Größe der Erde	141
Abb. 12.3	Aristarchos' Bestimmung der Entfernung Sonne-Erde	143
Abb. 12.4	Messung der Höhe durch Trigonometrie	144
Abb. 12.5	Bestimmung des Erdradius mittels Trigonometrie	145

Abb. 13.1	Einfachste Form des Epizykelmodells für einen äußeren Planeten	150
Abb. 13.2	Der Exzenter	151
Abb. 13.3	Der Epizykel	152
Abb. 13.4	Der Äquant	153
Abb. 13.5	Modell der Planetenbewegung unter Verwendung des Exzeters, Epizykels und Äquants	154
Abb. 14.1	Raffaels „Die Schule von Athen“	158
Abb. 14.2	Geometrische Anordnungen der vier Elemente	159
Abb. 14.3	Die Bibliothek von Alexandria	160
Abb. 14.4	Gelehrte im Mittelalter glaubten, dass Gott für die Rotation der Himmelsphären verantwortlich ist	162
Abb. 15.1	Eine vereinfachte schematische Darstellung, die Ptolemäus' System der Planetenbewegungen veranschaulicht	164
Abb. 15.2	Ein Messing-Astrolab	166
Abb. 15.3	Jesus Christus als der Primum Mobile des Universums	168
Abb. 15.4	Geozentrisches Modell für die inneren Planeten	170
Abb. 15.5	Ein geozentrisches Modell der äußeren Planeten	171
Abb. 15.6	Merkwürdige Orientierungen	171
Abb. 16.1	Nicolaus Copernicus	176
Abb. 16.2	Papst Gregor XIII. leitet die Kalenderreform	177
Abb. 16.3	Geometrie des heliozentrischen Systems	178
Abb. 16.4	Rückläufigkeit im heliozentrischen Modell	181
Abb. 16.5	Bestimmung der Entfernungen zu inneren Planeten im heliozentrischen Modell	182
Abb. 16.6	Titelseite von <i>Sechs Bücher über die Revolutionen der himmlischen Sphären</i> von Copernicus	185
Abb. 17.1	Äquivalenz der geozentrischen und heliozentrischen Modelle für die äußeren Planeten	188
Abb. 17.2	Äquivalenz der geozentrischen und heliozentrischen Modelle für die inneren Planeten	189
Abb. 17.3	Das Zentrum der Erdbahn ist nicht die Sonne	190
Abb. 17.4	Die Jahreszeiten im heliozentrischen Modell sind die Folge der Neigung der Erd-rotationsachse gegenüber der Erdbahnebene	191
Abb. 17.5	Illustration zur Entstehung von Sterntag und Sonnentage	191
Abb. 17.6	Illustration zur Entstehung des siderischen Monats und des synodischen Monats	192
Abb. 18.1	Vergleich zwischen den Größen der Himmelskugel im Zweikugel-Universum-Modell und im heliozentrischen Modell	196
Abb. 18.2	Eine schematische Skizze des Universums von Thomas Digges	198
Abb. 18.3	Bild von Copernicus auf Polens 1000-Zloty-Note	201

Abb. 19.1	Der neue Stern von 1572 war für kurze Zeit heller als die Venus	206
Abb. 19.2	Der an der Wand in Uraniborg befestigte Quadrant, den Tycho zur Messung der Höhe von Sternen verwendete, während sie durch den Meridian zogen	208
Abb. 19.3	Die fünf perfekten dreidimensionalen Polygone	210
Abb. 19.4	Keplers zweites Gesetz der Planetenbewegung	211
Abb. 19.5	Kegelschnitte	212
Abb. 19.6	Keplers drittes Gesetz der Planetenbewegung	214
Abb. 20.1	Schematische Darstellungen der Phasen der Venus im geozentrischen und heliozentrischen Modell	221
Abb. 20.2	Der Prozess gegen Galileo	223
Abb. 20.3	Das Dorf Arcetri, in dem Galileo seine letzten Jahre verbrachte	223
Abb. 20.4	Das Experiment mit dem sich bewegenden Boot	225
Abb. 21.1	Die Flugbahnen eines Projektils, das mit unterschiedlichen horizontalen Geschwindigkeiten von einem Berggipfel ausgestoßen wird	230
Abb. F.1	Von einem höheren Punkt aus kann man weiter sehen.	250
Abb. G.1	Die Veränderung der Schiefe der Ekliptik im Laufe der Geschichte	252
Abb. H.1	Beziehung zwischen synodischen und siderischen Perioden . . .	254
Abb. I.1	Ein Bild der Erde, aufgenommen von den Besatzungsmitgliedern des Apollo-17-Raumschiffs auf ihrem Weg zum Mond am 7. Dezember 1972	256
Abb. L.1	Die minimale Energieumlaufbahn für ein Raumfahrzeug, um von der Erde zum Mars zu gelangen	262
Abb. 1	Bestimmung des Breitengrades durch Beobachtung des Polarsterns	265
Abb. 2	Armillarsphäre	267
Abb. 3	Der Mond ist in der Nähe des Horizonts in Vancouver, Kanada, zu sehen	268
Abb. 4	Der Pfad des Uranus entlang der Ekliptik zeigt die rückläufigen Bewegungen in etwa jährlichen Abständen.	271

Tabellenverzeichnis

Tab. 8.1	Zeit des Mondaufgangs und -untergangs in Abhängigkeit von der Mondphase	76
Tab. 8.2	Richtungen von Aufgang und Untergang des Mondes bei verschiedenen Phasen für einen Beobachter auf der Nordhalbkugel	78
Tab. 10.1	Namen der Wochentage in verschiedenen Kulturen.	104
Tab. 10.2	Tropische und synodische Umlaufzeiten der Planeten	117
Tab. 16.1	Synodische und siderische Perioden der Planeten	179
Tab. 16.2	Heliozentrische Entfernungen zu den Planeten	183

Kapitel 1

Menschen und der Himmel



Menschen haben seit dem Beginn unserer Existenz die Frage gestellt: „Wie wichtig sind wir?“ Menschen sind nicht allein. Wir sind umgeben von der Natur. Die Natur besteht aus allen Lebensformen: Tieren, Vögeln, Bäumen und Insekten. Sie umfasst auch nicht-lebende Dinge wie Flüsse, Seen, Ozeane, Felsen und Berge. Die Menschen der Vorgeschichte entwickelten eine Vorstellung von der Ausdehnung ihrer Welt, indem sie ihre Umgebung untersuchten. Sie konnten auch ihre sichtbaren Horizonte erweitern, indem sie sich an andere Orte begaben, und ihr Wissen über die Welt hing davon ab, wie weit sie zu Fuß reisen konnten. Durch den Austausch von Informationen mit anderen Reisenden wurden sie sich der Existenz anderer Dörfer bewusst. Diejenigen, die am Meer lebten, konnten die Weite der Ozeane sehen.

Sie wussten jedoch, dass die Welt auf der Erde nicht alles war. Sie konnten die Sonne, den Mond und die Sterne sehen und spekulieren, dass andere Welten dort draußen waren, viel weiter entfernt als Menschen reisen konnten. Wenn wir alles, was existiert, als „Universum“ definieren, dann ist bei uns die Frage „Wie groß ist unsere Welt innerhalb des gesamten Universums?“, seit wir die Fähigkeit zu denken entwickelt haben.

Wir wundern uns auch über unsere Existenz im zeitlichen Rahmen. Wie lange existierte die Welt, bevor es Menschen gab? Können wir aus der Betrachtung der heutigen Welt ihr Alter bestimmen? Wie lange haben wir existiert? Durch die Sprache wurden Geschichten von einer Generation zur nächsten weitergegeben. Mit der Erfindung des Schreibens erwarben wir die Möglichkeit vergangene Ereignisse aufzuzeichnen. Aus diesen mündlichen und schriftlichen Geschichten wussten die alten Menschen, dass ihre Welt seit Generationen existierte und Hunderte, wenn nicht Tausende von Jahren umfasste. Unsere direkten Wahrnehmungen, zusammen mit der aufgezeichneten Geschichte, gaben uns das Wissen über unsere Welt.

Unsere Welt ist veränderlich – manche Dinge kommen und gehen und verändern sich unterschiedlich schnell. Wolken erscheinen und verschwinden am Himmel und verändern Farbe und Form. Donner und Blitz treten aus dem

Nichts und dauern nur Sekunden. Immer wieder haben wir Regen und Schnee. Spektakuläre Himmelserscheinungen wie Aurora (Polarlichter) sind nachts in den extremen nördlichen und südlichen Regionen der Erde zu sehen. Es gibt auch Katastrophen, die verheerende Folgen haben können. Taifune, Hurrikane und Tornados verwüsten alles auf ihrem Weg, Vulkane brechen zu unvorhersehbaren Zeiten aus, und Erdbeben und Tsunamis schlagen ohne Vorwarnung zu.

Nicht alle Naturereignisse sind jedoch zufällig. Auf einem vollkommen zuverlässigen Zeitplan wechselt der Tag zur Nacht und Jahreszeiten kommen und gehen in wiederkehrenden Zyklen. Diese Phänomene geschehen regelmäßig und wir können darauf vertrauen, dass sie ohne Ausnahme eintreten.

Abseits unserer unmittelbaren Umgebung ist der Himmel mit seinen Himmelskörpern. Menschen und sogar einige Tiere sind mit den beiden hellsten Objekten am Himmel, der Sonne und dem Mond, vertraut. Wenn die Sonne untergeht, erscheinen Tausende von Sternen am Himmel. Nachts beobachteten die Alten den Himmel und bemerkten, dass fünf Lichtpunkte sich anders verhalten als die übrigen Sterne. Diese fünf Objekte, die wir heute Planeten nennen, bewegen sich unter den Sternen. Ein helles Band aus Licht liegt über dem Himmel, das wir heute als Milchstraße bezeichnen. Im Chinesischen wird die Milchstraße als der „Silberfluss“ genannt, der den Himmel zu zerteilen scheint und Sternbilder trennt. Was diese Himmelsphänomene besonders macht, ist ihre Regelmäßigkeit. Sie bewegen sich und verändern sich, aber sie folgen einem festen Muster, das erfahren und vorhergesagt werden kann.

Von Zeit zu Zeit treten scheinbar unvorhersehbare Himmelsereignisse auf. Das Licht von Sonne und Mond nimmt während der Finsternisse ab. Lichtstreifen rasen in Form von Meteoren durch den Himmel. Neue Himmelsobjekte mit langen Schweifen (Kometen) erscheinen, ziehen über den Himmel und halten monatelang an. Einige Sterne (Novae) leuchten plötzlich auf und bleiben monatelang hell. Tragen diese kurzlebigen Himmelsereignisse Botschaften? Sagen sie Katastrophen voraus (wie man früher glaubte, dass Kometen es tun) oder bringen sie gute Nachrichten (wie der Stern von Bethlehem)?

Einige unserer Vorfahren dachten darüber nach, warum die Himmelskörper existierten. Die Sonne ist ein wesentlicher Bestandteil unserer Existenz, der Licht und Wärme liefert, während der Mond nachts für Beleuchtung sorgt. Wurden sie zu unserer Bequemlichkeit geschaffen? Die Sterne haben keinen offensichtlichen Nutzen außer als eine himmlische Darbietung von Schönheit. Wurden sie zu unserer Belustigung als Demonstration übernatürlicher Macht geschaffen?

So fern die Himmelsobjekte auch erscheinen mögen, sie sind eng mit uns verbunden. Menschliche Tätigkeiten sind durch die tägliche Bewegung der Sonne synchronisiert. Wir arbeiten tagsüber, wenn die Sonne scheint, und schlafen nachts, wenn die Sonne untergegangen ist. Vor der künstlichen Beleuchtung gab es nachts nicht viel zu tun. Gezeiten werden vom Mond gesteuert, und Landwirtschaft hängt von den Jahreszeiten ab. Seeleute benutzten die Sterne, um den weiten Ozean zu befahren, und Polynesier überquerten den Pazifik mit wenig Orientierung außer den Sternen.

Unsere Vorfahren waren sich des Himmels sehr bewusst und schenkten der Bewegung der Himmelskörper große Aufmerksamkeit. Die wechselnden Mondphasen waren wichtig, weil ein Vollmond viel mehr Beleuchtung für nächtliche menschliche Aktivitäten bietet. Seefahrende Gemeinschaften wussten, dass das Erscheinen des Mondes mit den Gezeiten zusammenhängt. Die Menschen dachten auch, dass der Mond unsere Gedanken beeinflussen könnte. Die englischen Wörter „moonstruck“ und „lunatic“ stammen wahrscheinlich aus diesem Glauben.

Trotz der Bedeutung der Sonne beginnt die Faszination für das Weltall nach Einbruch der Dunkelheit, wenn Tausende von leuchtenden Sternen sichtbar werden. Sterne unterschiedlicher Helligkeit scheinen zufällig am Himmel verteilt zu sein. Die Menschen sahen oft Muster in dieser Zufälligkeit, und verschiedene Kulturen stellten unterschiedliche Welten von Sternbildern zusammen. Den Sumerern, die die mesopotamische Region um die Flüsse Tigris und Euphrat (heutiger Irak) besiedelten, wird die Erfindung des ersten Schriftsystems zugeschrieben. Aufzeichnungen von sumerischen Sternbildern, die auf etwa 3000 v. Chr. zurückgehen, umfassen den Adler, den Stier, den Fisch und den Skorpion. Diese Sternbildnamen wurden an die Griechen weitergegeben und sind heute noch als die Sternbilder Aquila, Taurus, Pisces und Scorpius in Gebrauch.

Viele alte Kulturen betrachteten sich als etwas Besonderes, als auserwähltes Volk. Sie glaubten, dass sie aus einem bestimmten Grund hier waren und dass alles andere (Tiere, Pflanzen, Flüsse, Seen) zu ihrem Gebrauch oder Vergnügen existierte. Sogar Himmelskörper wie die Sonne, der Mond und die Sterne schienen sich um sie zu drehen. Es war daher naheliegend zu glauben, dass wir im Zentrum des Universums standen und dass übernatürliche Wesen (ein Gott oder Götter) uns hierher gesetzt hatten.

Sind wir im Zentrum des Universums? Wir glauben, dass Menschen fortschrittlicher und intelligenter sind als andere lebende Pflanzen und Tiere, aber sind wir besonders oder einzigartig? Gibt es andere, die wie wir sind oder fortgeschrittener als wir? Gibt es Leben anderswo im Universum? Gibt es außerirdische intelligente Wesen? Versuche, diese Fragen zu beantworten, haben das intellektuelle Denken in der Geschichte beherrscht. Wie sind wir zu unserem gegenwärtigen Verständnis unserer Stellung im Universum gekommen?

1.1 Wiederkehrende Tage und Nächte

Unsere offensichtlichste Verbindung zum Himmel ist die Trennung zwischen Nacht und Tag. Die Sonne geht jeden Tag auf und unter, und unsere Umgebung wechselt zwischen hell und dunkel. Die Länge des Tages hat einen großen Einfluss auf unser tägliches Leben. Da wir sehen mussten, um mit unserer Umgebung zu interagieren, waren die meisten menschlichen Tätigkeiten auf den Tag beschränkt. Die biologischen Funktionen unseres Körpers sind an die Länge des Tages angepasst. Unser Arbeits- und Schlafmuster hat sich als Reaktion auf die

Bewegung der Sonne entwickelt. Wir reservieren einen Teil unseres Tages für den Schlaf, der normalerweise während der Nacht stattfindet.

Wir definierten den Tag als den Zeitraum, in dem die Sonne über dem Horizont steht, und die Nacht als die Zeit, in der die Sonne unter dem Horizont steht. Der Mond, wenn er nachts vorhanden ist, bietet Beleuchtung, wenn die Sonne abwesend ist.

Sobald die Sonne am Horizont verschwindet, erscheinen Sterne am Nachthimmel. Unsere Vorfahren erkannten sehr früh, dass Sterne nicht in der Nacht entstehen. Sie sind immer da. Der einzige Grund, warum Sterne tagsüber nicht sichtbar sind, ist, dass die Sonne zu hell ist – sie überstrahlt einfach das Licht der Sterne.

Als unsere Vorfahren die Sternbilder beobachteten, konnten sie sehen, wie sie auf- und untergingen und sich im Laufe der Nacht bewegten. Sie erkannten, dass auch Sterne einen täglichen Zyklus haben. Sie drehen sich etwa einmal am Tag um die Erde.

1.2 Zyklen der Jahreszeiten

Neben diesem täglichen Zyklus von Tag und Nacht waren sich die Menschen auch sehr eines längeren Zyklus bewusst, den wir als Jahreszeiten bezeichnen. Sie teilten die regelmäßigen Schwankungen von heiß und kalt in vier etwa gleich lange Jahreszeiten ein: Frühling, Sommer, Herbst und Winter. Jahreszeiten wiederholen sich, und der Frühling kehrt immer nach dem Winter zurück. Nomaden mussten ihre Tiere im Winter auf andere Weiden bringen. Sobald die Menschen mit dem Ackerbau begannen, war ein genaues Wissen über die Jahreszeiten unerlässlich, um zu entscheiden, wann gepflügt, gesät und geerntet werden sollte.

Unsere Vorfahren wussten, dass die täglichen und jahreszeitlichen Zyklen miteinander zusammenhängen. Der Sommer hat längere Tage und kürzere Nächte, und der Winter hat kürzere Tage und längere Nächte. Der Mangel an Sonnenlicht sowie kalte Temperaturen verringern die Arbeit, die im Winter geleistet werden kann, und das Wachstum von Feldfrüchten ist viel weniger möglich. Diese Schwankungen sind in den gemäßigten Zonen stärker ausgeprägt als in den Tropen. Da viele alte Zivilisationen (z. B. in Mesopotamien und China) in gemäßigten Zonen lagen, waren ihnen diese jährlichen Veränderungen sehr offensichtlich.

Auch Tiere passen sich den wechselnden Jahreszeiten an. Mit dem Einzug des Winters ziehen Vögel weg, Tiere bekommen ein dichteres Fell, und manche verfallen sogar in Winterschlaf. Alte Beobachter wussten, dass die Bahnen der Sonne am Himmel je nach Jahreszeit variieren. Die Sonne steht sicherlich in Zusammenhang mit den Jahreszeiten oder ist sogar dafür verantwortlich, und es ist ziemlich offensichtlich, dass der Himmel einen großen Einfluss auf alle Lebewesen auf der Erde hat.

1.3 Frühe Himmelsbeobachter

Die oben genannten praktischen Bedürfnisse veranlassten unsere Vorfahren, den Himmel genau zu beobachten. Das Universum ist nicht statisch. Himmelskörper ändern ihre Position am Himmel. Die Sonne, der Mond und die Sterne bewegen sich ständig, und ihre Bewegungen hören nie auf. Warum bewegen sie sich? Wenn die Sonne dazu da ist, uns Licht und Wärme zu geben, warum bleibt sie dann nicht einfach an einer Stelle stehen?

Die Bewegungen der Himmelskörper lieferten die erste Motivation für rationales Denken. Menschen sind intelligente Wesen. Menschen, oder genauer gesagt *Homo sapiens* (Lateinisch für „weiser Mensch“), sind die einzige Spezies auf der Erde, die Werkzeuge und Maschinen entwickeln, ihre Umgebung an die sich ändernde Umwelt anpassen und neue Lebensweisen finden kann. Am wichtigsten ist, dass wir die einzigen Lebewesen sind, die die Bedeutung unserer Umgebung verstehen und über ihre Ursprünge theoretisieren können. Viele Tiere sind zu Beobachtungen und Bewusstsein fähig. Aber wir beobachten nicht nur, wir versuchen herauszufinden, warum.

Es gibt viele anthropologische Beweise dafür, dass frühe Menschen sich für den Himmel interessierten. Artefakte und Höhlenmalereien zeigen, dass Menschen den Himmel beobachteten und sich seit der frühen Vorgeschichte an einem Ort im Universum empfanden. Ein geschnitzter Knochen aus einem Adlerflügel, der in Frankreich gefunden und auf ~30000 v. Chr. datiert wurde, wurde als Markierung der wechselnden Mondphasen interpretiert. Die Lascaux-Höhle in Frankreich, die auf 15000 v. Chr. zurückgeht, enthält Markierungen, die mit astronomischen Objekten wie Sternen und Sternbildern in Verbindung gebracht werden. Künstliche Objekte mit astronomischen Bezügen können auf mehr als 3500 Jahre zurückverfolgt werden. Geschriebene Texte, die astronomische Ereignisse wie Finsternisse, Kometen und Planetenkonjunktionen erwähnen und auf Tierknochen und Schildkrötenpanzern aus der Zeit von 900 bis 1600 v. Chr. eingraviert sind, wurden in China ausgegraben.

Abb. 1.1 zeigt die Himmelsscheibe von Nebra, die in der Nähe von Nebra, Deutschland, gefunden wurde und auf etwa 1600 v. Chr. datiert ist. Die Sonne und die Mondsichel sind auf der Scheibe deutlich dargestellt. Die anderen kleinen Kreise stellen Sterne dar, und eine Gruppe von Sternen zwischen der Sonne und dem Mond wird als Darstellung der Plejaden (Siebengestirn) Sternhaufens interpretiert. Der Bogen auf der rechten Seite und ein weiterer fehlender auf der linken Seite zeigen die Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangspositionen entlang des Horizonts von der Wintersonnenwende bis zur Sommersonnenwende. Wenn diese Interpretation korrekt ist, waren die Menschen der Bronzezeit bereits über die wechselnden Positionen von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang im Laufe des Jahres informiert. Die Schöpfer der Himmelsscheibe von Nebra wussten nicht nur über Himmelskörper Bescheid, sondern auch über ihre Verhaltensmuster.



Abb. 1.1 Die Himmelsscheibe von Nebra. Symbole, die Sonne, Mond, Sterne, Sternhaufen der Plejaden sowie die wechselnden Positionen der aufgehenden Sonne darstellen, sind auf der Scheibe zu finden. (Foto ©Anagoria, lizenziert unter der Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>) Lizenz)

1.4 Sonnenverehrung

Für die alten Menschen war die Sonne das wichtigste Objekt in ihrem Leben. Jeder Tag beginnt mit dem Sonnenaufgang über dem Horizont, der den Menschen Licht zum Sammeln von Nahrung und Wärme zum Überleben bietet. Ihre größte Angst war wahrscheinlich, dass die Sonne am nächsten Tag nicht mehr erscheinen würde. Sie beteten zur Sonne um ihren fortwährenden Segen, und die Sonnenverehrung war in vielen Kulturen verbreitet. Ra war der Sonnengott der Ägypter, wie Apollo es für die Griechen war. Surya war der Sonnengott der Hindus, und die Sonnenverehrung war ein wichtiger Teil der aztekischen Mythologie. Japan betrachtet sich als das Land der aufgehenden Sonne, und die Sonnengöttin war die Hauptgottheit der Shinto-Religion. Es gibt viele Beweise dafür, dass die Sonne einen wichtigen Teil der alten Kultur und Religion darstellte.

Einige einfache Beobachtungsfakten über die Sonne waren jeder alten Zivilisation bereits vor 4000 Jahren bekannt. Erstens geht die Sonne jeden Tag an einer Seite des Horizonts auf, erreicht eine bestimmte Höhe und geht auf der gegenüberliegenden Seite des Horizonts unter. Zweitens sind die Orte von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang jeden Tag unterschiedlich. Drittens sind die Zeiten, zu denen sie auf- und untergeht, jeden Tag unterschiedlich. Viertens ist die Zeitdauer, mit der sie am Himmel bleibt, jeden Tag unterschiedlich.

Vor 1000 v. Chr. begannen Babylonier und Ägypter mit systematischen Beobachtungen der Sonnenbewegung. Aus dem Schatten eines senkrecht in den Boden gesteckten Stabes konnten sie die Richtung der Sonne messen. Aus der Länge des Schattens konnten sie messen, wie hoch die Sonne am Himmel aufstieg. Diese Beobachtungen waren die ersten quantitativen astronomischen Messungen. Die alten Menschen wussten genau, wie sich die maximale Höhe der Sonne (wie durch die Länge der Sonnenschatten angezeigt) mit den Jahreszeiten ändert. Die Richtung des Sonnenaufgangs konnte auch genau mit den Jahreszeiten verknüpft werden.

Anthropologische Beweise für das Interesse alter Menschen an der Bewegung der Sonne finden sich in Artefakten wie dem Trundholm Sonnenwagen, der in Dänemark gefunden wurde und auf etwa 1400 v. Chr. datiert ist (Abb. 1.2). Die Bronzescheibe, die von einem Pferd gezogen wird, soll die Bewegung der Sonne über den Himmel symbolisieren. Die Tatsache, dass es zwei Seiten der Scheibe gibt, wurde als Darstellung der Bewegung der hellen Sonne von Osten nach Westen während des Tages und der Rückkehr von Westen nach Osten während der Nacht, während die dunkle Seite zur Erde zeigt, interpretiert.

Alte Monumente wurden errichtet, um die wechselnden Positionen des Sonnenaufgangs zu verschiedenen Zeiten des Jahres zu markieren. Stonehenge, erbaut zwischen 3000 und 1500 v. Chr., wurde entworfen, um die Lage des Sonnenaufgangs an einem Tag von besonderer Bedeutung quantitativ und präzise zu bestimmen. Dies war zu der Zeit eine gewaltige Aufgabe, da die Steine aus Wales, etwa 200 km entfernt, transportiert wurden. Ein weiteres Beispiel für eine solche



Abb. 1.2 Der Sonnenwagen von Trundholm im Nationalmuseum von Dänemark. (Foto ©Malene Thyssen, lizenziert unter der Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>) Lizenz)