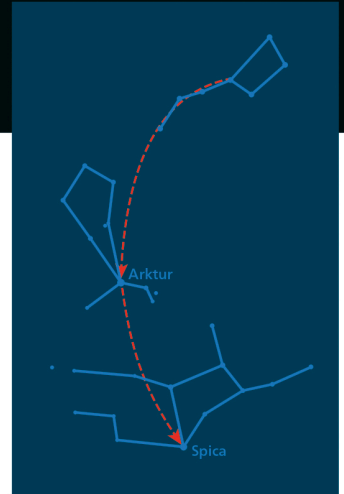


Frank Sackenheim

Astronomie

Der Praxisguide für die Himmelsbeobachtung



- Die wichtigsten Grundlagen der Astronomie
- Viele Praxisprojekte und Tools: Teleskope, Lichtmessung, AllSky-Kamera, Spektroskopie und Astrofotografie
- Für Einsteiger und fortgeschrittene Hobby-Astronomen

Kapitel 4

Lernen Sie den Sternenhimmel kennen mit Stellarium

Sie werden schnell feststellen, dass Geduld eine der wichtigsten Eigenschaften eines Hobbyastronomen ist. In unseren Breiten ist der Himmel oft von Wolken bedeckt, und nur an wenigen Tagen im Jahr genießen wir eine vollkommen klare Nacht – frei von Wolken und ohne störendes Mondlicht. Doch auch an bewölkten oder regnerischen Tagen können Sie den Sternenhimmel erkunden!

In diesem Kapitel lernen Sie den Umgang mit Sternkarten-Software und erhalten wertvolles Basiswissen zur Astronomie. Wir befassen uns mit der Software *Stellarium*, mit Sternbildern und ihren Grenzen, der Magnitudenskala sowie mit den Unterschieden zwischen Planeten und Fixsternen.

4.1 Lernen Sie den Umgang mit Sternkarten – Die Planetariumssoftware Stellarium

In fast jeder größeren Stadt gibt es ein Planetarium. Mithilfe eines speziellen Projektors wird dort der Sternenhimmel realistisch an eine große Kuppel projiziert. Der erste dieser Apparate wurde 1923 in den Carl-Zeiss-Werken in Jena entwickelt – ein wahres Meisterwerk der Optik und Feinmechanik. In Abbildung 4.1 sehen Sie einen solchen Projektor.

Der erste funktionsfähige Planetariumsprojektor wurde für das Deutsche Museum in München gebaut und kann dort noch heute besichtigt werden. Doch auch in Jena, der Heimatstadt von Carl Zeiss, gibt es spannende Exponate zu entdecken. Sollten Sie einmal in Jena unterwegs sein, lohnt sich ein Abstecher in die Goethe Galerie (ein Einkaufszentrum!): Gleich am Eingang steht ein historischer Planetariumsprojektor – ein faszinierendes Stück Technikgeschichte.

Deutschland besitzt einige der modernsten und bekanntesten Planetarien. Bochum, Stuttgart, Mannheim, Berlin und Hamburg zählen zu den größten und bedeutendsten. Das modernste Planetarium Deutschlands befindet sich in Garching. Dort betreibt die Europäische Südsternwarte (ESO) das Supernova Planetarium und Besucherzentrum – ein beeindruckendes Wissenschaftstheater mit modernster Technik. Viele Planetarien nutzen heute digitale Systeme, doch einige behalten ihren klassischen Zeiss-Projektor – nicht nur aus Nostalgie, sondern weil er ein herausragendes Ingenieurskunstwerk ist.



Abbildung 4.1: Der Zeiss-Planetarium-Projektor sieht selbst aus wie ein Ding aus einer anderen Welt. Quelle: Bautsch, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planetarium.Zeiss-Projektor.Modell.V.P1174231.jpg>

Doch nicht nur in Planetarien hat die Technik Fortschritte gemacht. Auch auf dem eigenen Computer stehen leistungsstarke Programme zur Verfügung, die riesige Datenbanken mit Zehntausenden Himmelsobjekten enthalten. Mit solcher Software lassen sich sogar Teleskope steuern und gezielt auf bestimmte Objekte ausrichten.

Eine der beliebtesten Anwendungen unter Amateurastronomen ist *Stellarium* – eine kostenfreie Open-Source-Software mit enormem Funktionsumfang. In diesem Kapitel lernen Sie die grundlegenden Funktionen von Stellarium kennen und erfahren, wie Sie damit den Sternenhimmel erkunden.

4.1.1 Download und Installation

Sie finden die Software auf der offiziellen Website www.stellarium.org. Direkt oben auf der Seite sehen Sie Symbole für die verschiedenen Versionen. Stellarium ist für Linux,

Windows und macOS verfügbar. (Stellarium gibt es auch als App für Mobilgeräte, die mobilen Versionen unterscheiden sich jedoch deutlich von der Desktop-Variante, sowohl im Funktionsumfang als auch in der Bedienung.)

Für einen modernen PC mit Windows 10 oder höher wählen Sie die Version **Windows x86, 64, Qt6**. Ein Klick auf den entsprechenden Button startet den Download automatisch.

Nach dem Herunterladen öffnen Sie Ihren Download-Ordner und doppelklicken auf die heruntergeladene .exe-Datei. Folgen Sie anschließend den Anweisungen auf dem Bildschirm. Die Installation erfolgt über einen standardisierten Installationsassistenten, den Sie vermutlich bereits von anderer Software kennen – daher verzichte ich hier auf eine detaillierte Beschreibung.

Nach der Installation finden Sie das Stellarium-Startsymbol auf Ihrem Desktop. Möglicherweise bemerken Sie, dass im Programmordner weitere Versionen von Stellarium installiert wurden. Dabei handelt es sich um alternative Startoptionen für den Fall, dass Ihr Computer Probleme mit OpenGL hat. Diese Back-up-Lösungen helfen, Stellarium auch auf älteren oder weniger kompatiblen Systemen zum Laufen zu bringen.

4.1.2 Erste Schritte mit Stellarium

Wenn Sie Stellarium mit einem Doppelklick auf das Programmsymbol geöffnet haben, öffnet sich das Programmfenster. Wenn Sie das Programm am Tag starten, sehen Sie wie in Abbildung 4.2 eine grüne Wiese, blauen Himmel und am Horizont eine Markierung, die Ihnen sagt, dass Sie nach Süden schauen. Öffnen Sie das Programm am Abend oder in der Nacht, sehen Sie dann tatsächlich schon einen Teil des Sternenhimmels.



Abbildung 4.2: Beim Start von Stellarium erwartet Sie tagsüber dieser Bildschirm.

Am unteren Bildrand erkennen Sie Ihren Ort. Hier wird Ihr Einwahlpunkt ins Internet als erster Anhaltspunkt genutzt. Zudem sehen Sie das Gesichtsfeld (Field of View), die Bildrate Ihres Bildschirms in Frames per Second sowie eine genaue Datums- und Uhrzeitangabe, basierend auf der Uhr Ihres Computers. Rechts oben finden Sie vier Symbole, auf die ich gleich eingehen werde.

Die wichtigsten Funktionen sind:

- Pfeiltasten – Bewegen des Himmelsausschnitts
- Mausrad – Rein- und Rauszoomen
- Linke Maustaste halten – Bewegen des Himmelsausschnitts
- Leertaste – Zentrieren auf ein Objekt

Bei Laptops kann es etwas anders sein, da diese kein Mausrad haben. Bei meinem Laptop kann man sowohl mit gedrückter `[Strg]`- als auch mit der `[Fn]`-Taste in Kombination mit der `[Seite ↑]`- oder `[Seite ↓]`-Taste zoomen. Mit zwei Fingern auf dem Mauspad kann man den Ausschnitt bewegen.

Um schnell in der Zeit zu springen, können Sie `[Strg]` gedrückt halten und mit gedrückter linker Maustaste entweder in die Zukunft gehen (Maus nach rechts ziehen) oder in die Vergangenheit (Maus nach links ziehen).



Abbildung 4.3: Gehen Sie in der Zeit etwas in die Zukunft. Die Sonne wird untergehen und der Sternenhimmel wird sich zeigen.

4.1.3 Hauptwerkzeuggeste

Wenn Sie mit der Maus über den linken unteren Teil des Programmfensters fahren, öffnet sich die Hauptwerkzeuggeste von Stellarium. Ganz links unten finden Sie ein kleines

Symbol in Form eines Dreiecks, mit dem Sie diese Werkzeugleiste auch anpinnen können. Um die Wirkung der Werkzeuge zu sehen, gehen Sie etwas in die Zukunft, in die Nachtstunden. Nun sollten Sie auch ähnlich wie in Abbildung 4.4 einige Sterne sehen können.



Abbildung 4.4: Ansicht in Stellarium bei Nacht. Am linken, unteren Rand findet sich die Hauptwerkzeugleiste.

Gehen wir der Reihe nach die Schaltflächen durch. Beachten Sie, dass es für jede Schaltfläche auch eine Tastenkombination gibt. Einige dieser sogenannten Shortcuts sind sehr hilfreich.

Ganz links, mit der Schaltfläche **Sternbildlinien** [C], lassen sich die gedachten Verbindungslinien zwischen den Sternen anzeigen. Mit der Schaltfläche **Sternbildbezeichnungen** [V] lassen sich die Namen der Sternbilder anzeigen. Die dritte Schaltfläche, **Sternbildfiguren** [R], zeigt Ihnen eine künstlerische Darstellung der Sternbilder an.

Sie können außerdem Gradnetze für die himmlischen Koordinaten auswählen und festlegen, ob ein Horizont eingeblendet werden soll. Zudem gibt es eine realistische Ansicht des Horizonts, die sie an- und abschalten können, denn die Erdatmosphäre sorgt für eine ganz natürliche Aufhellung des Himmels in Horizontnähe.

Wichtig für den Anfang ist der Button, um vom Vollbildmodus in den Fenstermodus zu wechseln. In der linken, vertikalen Werkzeugleiste finden Sie auch die Schaltfläche **Datum/Zeit-Fenster** [F5], mit der Sie die Zeit vor- und zurückspulen oder anhalten können (mehr dazu im folgenden Abschnitt 4.1.4). Im Standardmodus bewegt sich der Himmel

mit fortschreitender Zeit, genau wie in der Natur. Am rechten Ende der Hauptleiste finden Sie noch das Ein/Aus-Symbol zum Beenden der Software (alternativ **Strg** + **Q**).

4.1.4 Das Dialogfenster

Wenn Sie mit der Maus über den unteren linken Bildschirmrand fahren, öffnet sich eine weitere Leiste mit Dialogfenstern (Abbildung 4.5). Klicken Sie auf die Schaltfläche **Datum/Zeit-Fenster** [F5] – das zweite Symbol von oben mit dem Uhr-Symbol.



Abbildung 4.5: Am unteren, linken Rand befindet sich ein Menü mit Dialogen. Unter dem Uhren-Symbol befindet sich die Eingabe für das Datum und die Uhrzeit.

Über das Uhrzeit-Menü können Sie nun einen exakten Zeitpunkt angeben, für den Sie eine Ansicht des Nachthimmels wünschen. So können Sie gezielt schauen, welche Sternbilder und Objekte an Ihrem nächsten Beobachtungsabend sichtbar sind. Etwas verwirrend ist vielleicht, dass über der Uhrzeit die Überschrift »Julianischer Tag« steht. Dazu später mehr, es ist lediglich eine Besonderheit des Software-Layouts. Sie können den Uhrzeit-Dialog übrigens auch mit der Funktionstaste **F5** aufrufen.

Öffnen Sie nun den ersten Eintrag im Dialog-Menü, das **Standortfenster** [F6] (siehe Abbildung 4.6). Hier können Sie auf mehrere Arten Ihren Beobachtungsstandort eingeben. Das ist sehr wichtig, denn die Ansicht des Nachthimmels hängt entscheidend davon ab, wo Sie sich auf der Erde befinden. Auf der Südhalbkugel sehen Sie beispielsweise ganz andere Sternbilder als auf der Nordhalbkugel. Es macht schon einen bemerkenswerten Unterschied, ob Sie sich in Kiel oder Garmisch befinden. Nicht nur die Höhe der Objekte über

dem Horizont spielt dabei eine Rolle, sondern auch der Stand der Sonne unter dem Horizont hat deutliche Auswirkungen. So werden Sie um den 21. Juni im Norden Deutschlands keine dunkle Nacht erleben, während der Himmel im Süden spürbar dunkler ist. In Kiel zum Beispiel gerät die Sonne gerade mal -7° unter den Horizont. In Garmisch sind es am gleichen Tag -16° .

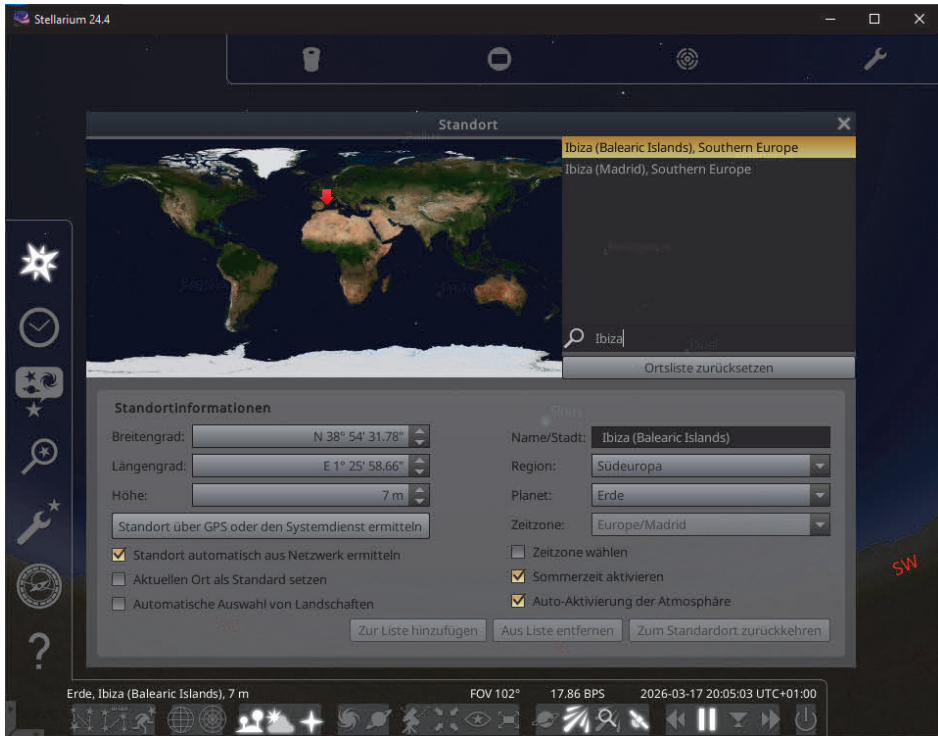


Abbildung 4.6: Das Standortfenster

Stellarium wählt Ihren Standort zunächst nach dem Einwahlpunkt Ihrer Internetverbindung aus. Das kann recht gut funktionieren, aber in meinem Fall ist es ungenau. Ich schreibe dieses Kapitel auf der Kanareninsel Teneriffa, Stellarium denkt jedoch, ich sei auf Ibiza. Es sind zwar beides spanische Inseln, aber astronomisch macht das bereits einen großen Unterschied.

Ein einfacher Weg, um Ihren Standort zu wählen, ist ein Mausklick auf die Weltkarte. Allerdings kann man in diese Karte nicht hineinzoomen, weshalb diese Methode etwas ungenau ist. Alternativ können Sie rechts oben in der Liste der Städte und Länder nach Ihrem Ort suchen. Für Deutschland sind jedoch nur große und mittelgroße Städte wählbar. Das reicht in der Regel aus, aber wenn Sie es ganz genau haben wollen, müssen Sie im Feld links unten Ihre geografischen Koordinaten eingeben. Das geht entweder über die Pfeiltasten oder durch direkte numerische Eingabe. Sie können dann noch einen Namen für den Ort wählen und ihn über die Schaltfläche **Zur Liste hinzufügen** speichern. Wenn Sie

das Häkchen **Aktuellen Ort als Standard setzen** auswählen, wird dieser Standort beim nächsten Öffnen des Programms automatisch verwendet.

Koordinaten ermitteln in Google Maps

Eine einfache Möglichkeit, die eigenen geografischen Koordinaten zu ermitteln, bietet Google Maps. Öffnen Sie Google Maps und klicken Sie mit der linken Maustaste etwas länger auf Ihren Standort. Es erscheint eine Kartenmarkierung, und am unteren Bildrand werden die Koordinaten angezeigt, allerdings in Dezimalschreibweise. Klicken Sie mit der Maus auf diese Koordinaten, und es wird Ihnen in einem Pop-up-Fenster der Standort mit den geografischen Daten in der Grad- und Minutenanzeige angezeigt. Diese können Sie dann in Stellarium eingeben.

Zuletzt zeige ich Ihnen noch die Suchfunktion, die sich in der linken Leiste befindet. Über das **Suchfeld [F3]** können Sie jedes beliebige Objekt suchen und anzeigen lassen. In Abbildung 4.7 habe ich exemplarisch die Plejaden, also das Siebengestirn, eingegeben.

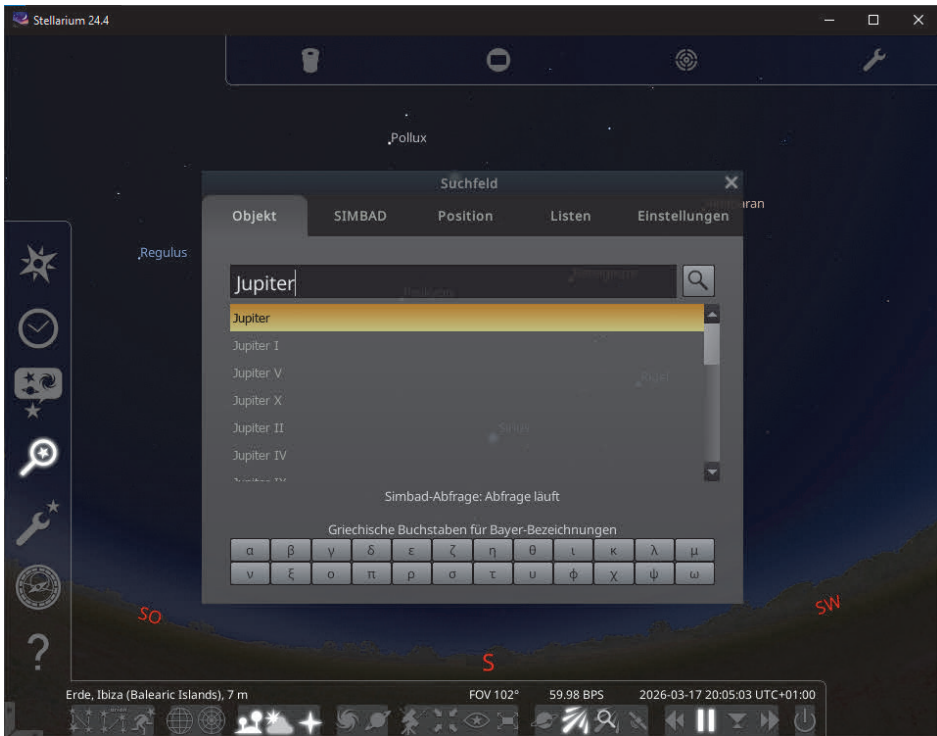


Abbildung 4.7: Über das Suchfenster können Sie beinahe jedes Objekt am Nachthimmel suchen.

Nach erfolgter Suche zentriert Stellarium das Objekt, wie in Abbildung 4.8 zu sehen, und am linken Rand werden zahlreiche Informationen zu dem Objekt angezeigt. Hierbei handelt es sich um astronomische Informationen, zum Beispiel zur Helligkeit, Entfernung

oder Typenklasse des Objekts. Auch wenn Ihnen diese Infos zunächst kryptisch vorkommen – wenn Sie dieses Buch durchgearbeitet haben, werden sie schon deutlich mehr von dem verstehen, was hier aufgeführt wird.



Abbildung 4.8: Die Plejaden in Stellarium

Wenn Sie nun noch etwas hineinzoomen, erkennen Sie, dass Stellarium für bekannte Objekte auch Fotos hinterlegt hat. Das kann allerdings trügerisch sein, denn so detailreich und farbig werden Sie die Objekte selbst im Teleskop nicht sehen.

Sie kennen nun die wichtigsten Funktionen, um mit Stellarium zu arbeiten. Stellarium ist eine unglaublich vielseitige Anwendung, und wir haben gerade einmal an der Oberfläche gekratzt. Im weiteren Verlauf des Buches werde ich auf spezielle Funktionen der Software eingehen, wenn wir diese benötigen. Für den Moment experimentieren Sie einfach mit dem Programm. Schauen Sie sich den Sternenhimmel zu verschiedenen Uhrzeiten oder Jahreszeiten an. Übrigens können Sie mit der Tastenkombination **[Strg] + [S]** jederzeit ein Foto des Bildschirms aufnehmen. Die Sternkarte wird dann auf Ihrem PC im Ordner `Bilder\Stellarium` abgespeichert.

Aufgabe: Finden Sie den Stern von Bethlehem

Stellen Sie den Sternenhimmel für den 1. Dezember 2020 ein und wählen Sie eine Uhrzeit, bei der der Himmel am Abend noch eine leichte Dämmerung zeigt. Positionieren Sie den Himmelsausschnitt in Richtung Südwesten. Nutzen Sie das Datum/Uhrzeit-Bedienfeld, um Tag für Tag weiterzugehen, und beobachten Sie, wie sich die Planeten Jupiter und Saturn einander annähern.

Um den 18. Dezember 2020 gesellte sich die Mondsichel hinzu, und am 21. Dezember 2020 war die Begegnung beider Planeten so eng, dass sie kaum noch als zwei getrennte Lichtpunkte wahrgenommen werden konnten. Jupiter ist neben Venus übrigens das hellste sternartige Objekt am Nachthimmel. Eine derart enge Begegnung von Planeten nennt man eine *Konjunktion*.

In diesen Tagen riefen mich Freunde an und fragten: »Was ist denn da am Himmel los?« Und das in einem aufgeklärten Zeitalter! Nun stellen Sie sich vor, was die Menschen früher – vor der Aufklärung und lange vor der Industrialisierung – gedacht haben müssen, wenn sie solche Konjunktionen am Himmel sahen. Es gibt Theorien, dass es eine solche Planetenkonjunktion gewesen sein könnte, die als Stern von Bethlehem gedeutet wurde.

Stellen Sie in Stellarium als Standort Bethlehem (Asien) ein und wählen Sie als Datum den 27. Mai des Jahres –7 in den frühen Morgenstunden. Historiker gehen heute davon aus, dass Jesus tatsächlich etwa fünf bis sieben Jahre vor dem Beginn unserer heutigen Zeitrechnung geboren wurde. Der heute verwendete Kalender wurde erst mehrere Jahrhunderte später festgelegt, wobei sich bei der Berechnung des Geburtsjahres ein kleiner Fehler eingeschlichen hat. Deshalb liegt das tatsächliche Geburtsdatum Jesu vermutlich einige Jahre vor dem offiziell angenommenen Jahr 1.

Die Parade der Planeten, Fixsterne und des Mondes muss ein faszinierender Anblick gewesen sein (siehe Abbildung 4.9). Kein Wunder, dass das Himmelsphänomen als bedeutsames Zeichen verstanden wurde. Noch zwei weitere Male sind sich die Planeten Saturn und Jupiter in diesem Jahr sehr eng begegnet.



Abbildung 4.9: Eine Planeten- und Fixsternparade am Morgen des 27.05. im Jahre 7 v. Chr. am Standort Bethlehem

4.2 Was sind eigentlich Sternbilder? Sternbildnamen und ihre Grenzen

Sie haben nun schon einige Sternbilder kennengelernt, etwa den Großen Wagen, den Schwan oder die Cassiopeia. Im Kapitel 1 haben Sie auch gelernt, dass die Sternbilder in anderen Kulturkreisen durchaus andere Bezeichnungen haben. So ist im Amerikanischen die Bezeichnung *Big Dipper* für den Großen Wagen verbreitet, und der Schütze heißt im Englischen *Teapot*. In anderen Kulturen gibt es aber nicht nur andere Bezeichnungen, sondern völlig andere Sternbilder. Fast jede große Kultur hat oder hatte ihre eigenen Sternbilder: China, Indien, Mesopotamien und eine ganze Menge indigener Völker. In Abbildung 4.10 sehen Sie das Sternbild Lama der Inka, das genau genommen kein Sternbild ist, sondern eine große dunkle Wolke inmitten der Milchstraße, die aber nur von der südlichen Hemisphäre aus sichtbar ist.

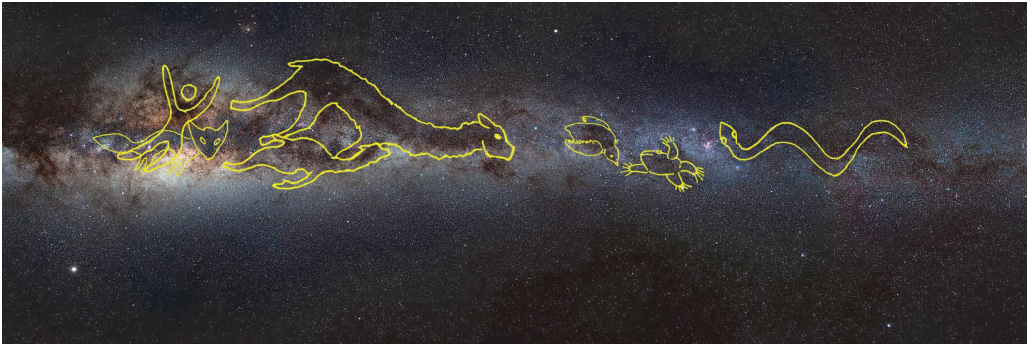


Abbildung 4.10: Die Inka sahen in dieser großen Dunkelwolke ein Lama (in der Inkasprache »yacana«). Quelle: Glastonbury Planetarium

Weltweit gebräuchlich sind heute die aus der griechischen Mythologie bekannten Sternbildnamen des Nordsternhimmels. Hinzu kommen einige Sternbildnamen der südlichen Hemisphäre, die aus dem 18. Jahrhundert stammen, zum Beispiel das Segel des Schiffs oder der Kiel des Schiffs, aber auch die Sternbilder Kompass oder Zirkel. Tatsächlich gab es ein Komitee, das die heute gültigen Sternbildnamen festgelegt hat: die Internationale Astronomische Union, kurz IAU. Zwischen 1922 und 1930 wurden in mehreren Sitzungen der IAU die heute bekannten 88 Sternbilder und ihre Grenzen festgelegt. Diese Sternbildnamen und Grenzen haben bis heute internationale Gültigkeit in der professionellen Astronomie.

Solche bürokratischen Vorgänge bleiben nie ohne Folgen, und so kam es auch zu Kuriositäten. Beispielsweise wurden Sterne, die einst zu einem Sternbild gehörten, plötzlich innerhalb der Grenzen eines anderen Sternbildes eingeordnet. So hat das Sternbild Canis Major (Großer Hund) tatsächlich symmetrisch festgelegte Grenzen innerhalb eines Rechtecks, während Teile des Sternbildes Monoceros (Einhorn) innerhalb der Sternbildgrenzen des Orions liegen (siehe Abbildung 4.11).

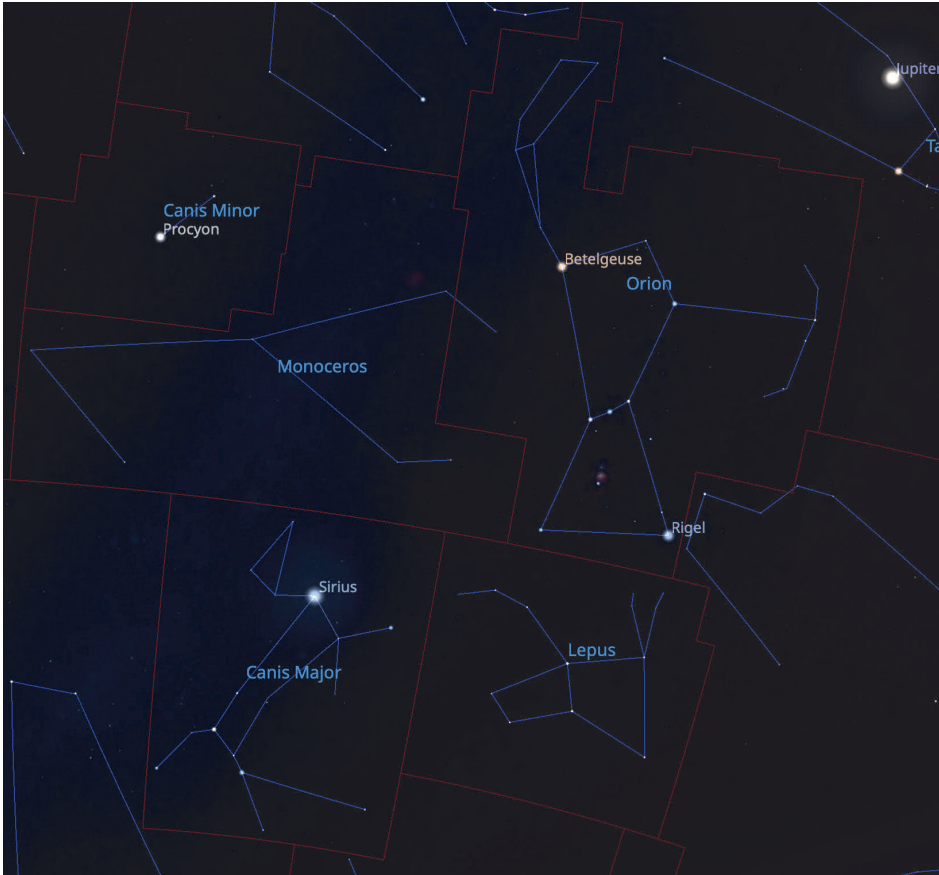


Abbildung 4.11: Die von der IAU festgelegten Sternbildgrenzen fallen mal mehr, mal weniger ordentlich aus.

Asterismen

Genau genommen habe ich einen Fehler gemacht, ich schreibe nämlich immer vom Sternbild GroÙer Wagen. In der Liste der offiziellen Sternbildnamen der IAU kommt der GroÙe Wagen aber nicht vor. Die offizielle Bezeichnung des Sternbildes ist *Ursa Major* (UMa) also GroÙer Bär. Der GroÙe Wagen ist ein Asterismus, eine einprägsame Anordnung von Sternen, die aber nicht in der IAU-Liste der 88 Sternbilder verzeichnet ist. Andere Asterismen sind das Sommerdreieck und das Wintersechseck. Es gibt auch kleinere, aber sehr hübsche Asterismen, wie etwa der Kleiderbügel im Sternbild Füchsen (Abbildung 4.12).



Abbildung 4.12: Collinder 399 – ein Asterismus, der auch als »Coathanger« (Kleiderbügel) bezeichnet wird und in Sommernächten schon mit bloßem Auge beobachtet werden kann.

4.3 Warum leuchten die Sterne unterschiedlich hell?

Wenn Sie den Sternenhimmel betrachten, wird Ihnen zweifellos auffallen, dass nicht alle Sterne gleich hell erscheinen. Es gibt herausragend helle Sterne wie Sirius oder Wega, eine Vielzahl mittelheller Sterne, etwa jene, die den Großen Wagen formen, und unzählige schwache Sterne. Je dunkler der Himmel, desto mehr dieser schwachen Sterne können Sie sehen.

Wie hell ein Stern am Himmel erscheint, hängt von verschiedenen Faktoren ab, zuallererst natürlich von seiner Entfernung. Alle Sterne, die wir am Firmament sehen, befinden sich innerhalb unserer eigenen Galaxie, der Milchstraße. Der uns nächstgelegene mit bloßem Auge sichtbare Fixstern ist Alpha Centauri mit einer Entfernung von 4,37 Lichtjahren. Der tatsächlich nächste Stern ist Proxima Centauri, ein Begleiter von Alpha Centauri, der jedoch mit bloßem Auge nicht sichtbar ist. Zum Vergleich: Der Stern Deneb im Sternbild Schwan ist rund 2600 Lichtjahre entfernt, und die fernsten noch mit bloßem Auge sichtbaren Sterne sind etwa 8000 Lichtjahre entfernt.

Interessanterweise erscheinen Deneb und Alpha Centauri in etwa gleich hell, obwohl Deneb rund 600-mal weiter entfernt ist. Die Entfernung allein kann also nicht für die Helligkeit eines Sterns verantwortlich sein.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Größe der Sterne. Es gibt vergleichsweise kleine Sterne, aber auch regelrecht gigantische Himmelskörper. Alpha Centauri hat lediglich den 1,2-fachen Radius unserer Sonne, während Deneb einen etwa 200-mal größeren Radius aufweist.

Der größte mit bloßem Auge sichtbare Stern am Nachthimmel ist Beteigeuze im Sternbild Orion. Es handelt sich um einen sogenannten Roten Riesen mit einem geschätzten Radius von 750 bis 800 Sonnenradien. Es gibt sogar noch größere Sterne, wie etwa VY Canis Majoris. Am Himmel stehen diese beiden Sterne gar nicht weit auseinander: Beteigeuze bildet eine Schulter des Orion, und VY Canis Majoris befindet sich nicht weit entfernt im Sternbild Großer Hund. In Abbildung 4.13 können Sie sich einen Eindruck von den Größenverhältnissen machen. Bemerkenswert ist, dass VY Canis Majoris mit bloßem Auge nicht sichtbar ist, obwohl seine Entfernung zur Sonne nicht besonders groß ist. Ein weiterer Faktor muss also eine Rolle spielen.

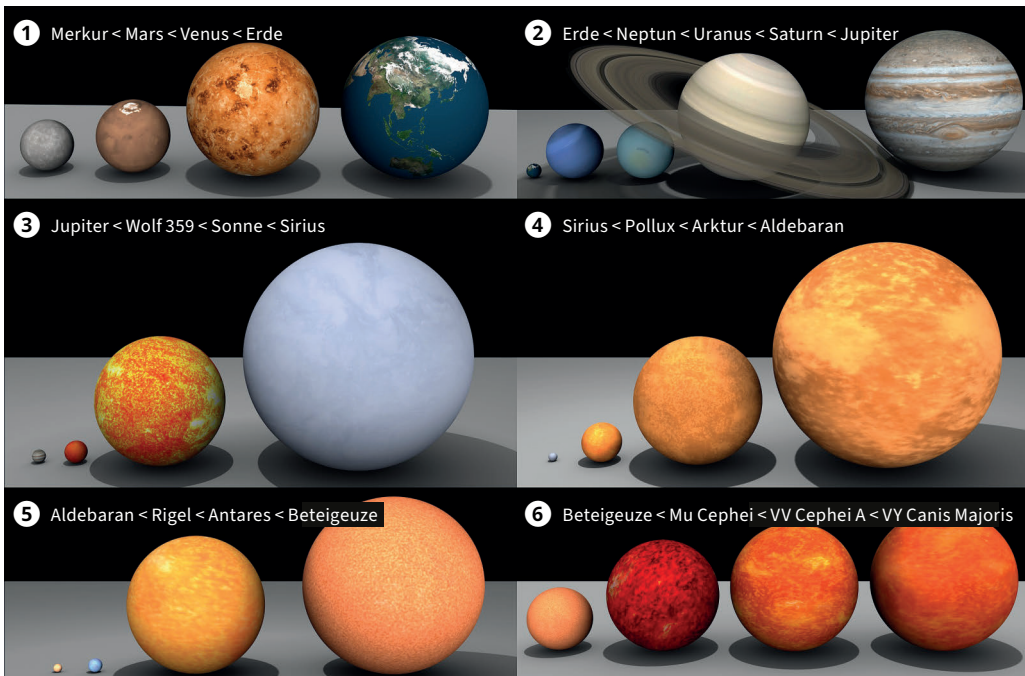


Abbildung 4.13: Größenvergleich von Planeten und Sternen. Quelle: Dave Jarvis, CC BY SA 3.0: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Star-sizes.jpg>

Im gleichen Sternbild, Canis Major, befindet sich auch der hellste Stern am Firmament: Sirius. Sirius ist nicht einmal doppelt so groß wie die Sonne, doch mit knapp neun Lichtjahren Entfernung gehört er zu unseren direkten Nachbarn. Entscheidend ist jedoch seine hohe Oberflächentemperatur von beinahe 10.000 °C. Zum Vergleich: Unsere Sonne erreicht etwa 5500 °C, während Beteigeuze lediglich 3300 °C heiß ist. Die Helligkeit eines Sterns hängt also auch maßgeblich von seiner Temperatur ab.

Diese Temperaturunterschiede beeinflussen auch die Farbe der Sterne. Kühlere Sterne erscheinen rötlich, während sehr heiße Sterne blau-weiß leuchten. Diesen Zusammenhang zwischen Temperatur und Leuchtkraft können Sie auch auf der Erde beobachten: Ein glühender Draht mit etwa 500 bis 800 °C erscheint dunkelrot, während ein Wolframdraht in einer Glühbirne bei 2500 bis 3000 °C fast weißlich leuchtet. Der blau-weiße Lichtbogen eines Schweißgeräts erreicht sogar Temperaturen zwischen 4000 und 6000 °C.

Wie hell ein Stern am Himmel erscheint, ist also nicht zwangsläufig eine Folge davon, wie hell der Stern tatsächlich ist. Deshalb haben Astronomen zwei Begriffe eingeführt, um die Helligkeit von Sternen zu beschreiben: die scheinbare Helligkeit und die absolute Helligkeit.

Die scheinbare Helligkeit wird in Magnituden angegeben – diese Einheit kennen Sie bereits aus Abschnitt 3.2. Die erste systematische Einteilung der scheinbaren Sternhelligkeiten erfolgte bereits in der Spätantike durch Klaudios Ptolemäus. Er führte sechs Größenklassen ein, die von 1 (die hellsten Sterne) bis 6 (die schwächsten noch sichtbaren Sterne) reichten. Diese Einteilung hielt er in einem astronomischen Kompendium, dem *Almagest*, im zweiten Jahrhundert nach Christus fest. Noch heute sprechen Amateurastronomen von Sternen erster oder zweiter Größe bzw. Größenklasse, doch die korrekte Bezeichnung wäre heute die Magnitude.

Norman Pogson erkannte 1856, dass Ptolemäus' Einteilung der Größenklassen einem annähernd logarithmischen Verlauf folgt. Er verfeinerte diese Einteilung mathematisch und erweiterte sie sowohl nach oben als auch nach unten. Logarithmisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass ein Stern sechster Magnitude 100-mal schwächer erscheint als ein Stern erster Magnitude.

Logarithmische Einteilungen verwenden wir immer dann, wenn die Werte extreme Unterschiede aufweisen und es wichtiger ist, wie stark sie sich im Verhältnis zueinander verändern, statt auf absolute Zahlen zu schauen. Andere Beispiele für logarithmische Skalen sind die Dezibel-Skala zur Messung von Lautstärken oder die Richterskala, mit der die Stärke von Erdbeben beschrieben wird.

In Abbildung 4.14 sehen Sie verschiedene astronomische Objekte und ihre scheinbare Helligkeit. Besonders helle Objekte werden mit negativen Magnituden beschrieben.

Die absolute Helligkeit von Sternen wird zwar ebenfalls in Magnituden angegeben, ihre Definition ist jedoch eine andere. Bei der absoluten Helligkeit stellt sich die Frage: Wie hell würde ein Stern in einer bestimmten Entfernung erscheinen? Astronomen haben diese Entfernung auf 10 Parsec festgelegt, also 32,6 Lichtjahre (siehe Kasten: Entfernungsangaben im All).

Die absolute Helligkeit wird mit einem großen M dargestellt, im Gegensatz zur scheinbaren Helligkeit, die mit einem kleinen m angegeben wird.

Der mathematische Zusammenhang lautet:

$$M = m - 5 \cdot \log_{10}(d) + 5$$

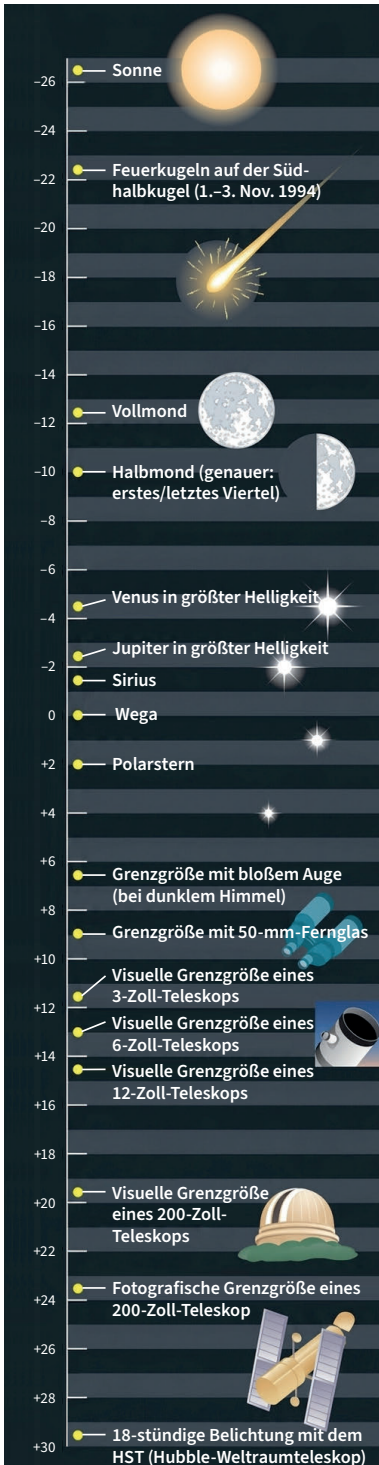


Abbildung 4.14: Die Magnituden-Skala der scheinbaren Helligkeit verschiedener Himmelskörper

Wobei m die scheinbare Helligkeit ist und d die Entfernung des Sterns in Parsec.

Mit dieser Formel können Sie sich ein kleines Programm zur Berechnung wie in Listing 4.1 leicht selber schreiben. Hier ein Beispiel in Python:

```
import math # Import der Mathematik-Bibliothek für den Logarithmus

def berechne_absolute_helligkeit(m, d):
    """
    Berechnet die absolute Helligkeit eines Sterns basierend auf
    der scheinbaren Helligkeit (m) und der Entfernung in Parsec (d).

    Formel:  $M = m - 5 * \log_{10}(d) + 5$ 

    Parameter:
    m -- scheinbare Helligkeit (Magnitude)
    d -- Entfernung in Parsec

    Rückgabe:
    Absolute Helligkeit (M)
    """
    if d <= 0:
        raise ValueError("Die Entfernung muss größer als 0 sein.")

    M = m - 5 * math.log10(d) + 5 # Berechnung der absoluten Helligkeit
    return M

# Benutzerabfrage
stern_name = input("Um welchen Stern geht es? ")
try:
    m = float(input(f"Welche scheinbare Helligkeit hat {stern_name}? "))
    d = float(input(f"Welche Entfernung in Parsec hat {stern_name}? "))

    # Berechnung der absoluten Helligkeit
    M = berechne_absolute_helligkeit(m, d)

    # Ergebnis ausgeben
    print(f"Die absolute Helligkeit von {stern_name} beträgt: {M:.2f} mag")

except ValueError:
    print("Bitte geben Sie eine gültige Zahl für die scheinbare Helligkeit und die Entfernung ein.")
```

Listing 4.1: Python-Programm zur Berechnung der absoluten Helligkeit eines Sterns

Entfernungsangaben im All: Lichtjahr, Parsec und Astronomische Einheit

Da die Entfernungen im All gigantisch sind, hat man sich schnell davon verabschiedet, sie in Kilometern anzugeben.

- **Astronomische Einheit (AE):** Eine gängige Entfernungseinheit innerhalb unseres Sonnensystems ist die astronomische Einheit (AE). Eine AE entspricht dem mittleren Abstand zwischen Erde und Sonne und beträgt etwa 149,6 Millionen Kilometer. Diese Einheit eignet sich besonders gut für die Angabe von Planetenabständen, da sie eine verständliche Skala für unser eigenes Sonnensystem bietet.
- **Lichtjahr:** Die wohl bekannteste astronomische Entfernungseinheit ist das Lichtjahr. Ein Lichtjahr ist jedoch keine Zeitangabe, sondern die Strecke, die das Licht innerhalb eines Jahres zurücklegt. Das entspricht etwa 9,46 Billionen Kilometern. Lichtjahre werden häufig verwendet, um die Entfernungen zu Sternen und Galaxien anzugeben, da diese oft viele Billionen Kilometer betragen und eine handlichere Einheit notwendig ist.
- **Parsec:** Eine weitere wichtige Entfernungseinheit ist das Parsec. Ein Parsec entspricht etwa 3,26 Lichtjahren oder 31 Billionen Kilometern. Diese Einheit wird vor allem in der professionellen Astronomie verwendet, da sie sich gut für die Angabe großer Entfernungen zwischen Sternen und anderen Objekten unseres Sonnensystems eignet.

Sternbildnamen und Helligkeiten gehören zusammen: die Bayer-Bezeichnung

Der hellste Stern eines Sternbilds (und damit ist die scheinbare Helligkeit gemeint!) wird mit dem griechischen Buchstaben Alpha benannt, der zweithellste mit Beta, der dritthellste mit Gamma usw. Der hellste Stern im Sternbild Ursa Major (Großer Bär) heißt also abgekürzt α UMa. Der vierthellste Stern im Sternbild Schwan (Cygnus) heißt Delta Cygni (man verwendet hier den Genitiv mit der Endung *i* oder *is*, gelesen also: Delta *des* Schwans).

Diese Einteilung der Sternnamen geht auf den deutschen Astronomen Johann Bayer zurück. Er führte dieses System 1603 in seinem Werk *Uranometria* ein.

Viele Sterne tragen darüber hinaus Eigennamen, die aus unterschiedlichen Kulturkreisen stammen. Einige Sternnamen haben arabische Ursprünge, zum Beispiel:

- **Betelgeuse**¹ (Alpha Orionis) – »Achsel des Riesen«
- **Aldebaran** (Alpha Tauri) – »der Nachfolgende« (weil er die Plejaden verfolgt)
- **Vega** (Alpha Lyrae) – »der herabstürzende Adler«

¹ Betelgeuse ist ein interessanter Fall, denn der Stern wird im Deutschen Beteigeuze [ˌbɛtəɪˈɡɔʊtsə] geschrieben und gesprochen. Tatsächlich handelt es sich um einen Übersetzungsfehler, der niemals korrigiert wurde.

Andere Eigennamen stammen – wie viele Sternbilder auch – aus der griechischen Mythologie:

- **Sirius** (Alpha Canis Major) – »der Glühende«
- **Procyon** (Alpha Canis Minor) – »vor dem Hund« (weil er vor Sirius aufgeht)

Sie haben in diesem Abschnitt gelernt, warum Sterne unterschiedlich hell sind. Verschiedene Faktoren wie etwa die Größe des Sterns, seine Oberflächentemperatur, aber natürlich auch der Abstand des Sterns von der Erde sind dafür verantwortlich. Die Helligkeiten der Sterne zeigen sich auch in ihren Bezeichnungen gemäß der Bayer-Nomenklatur. Darüber hinaus tragen viele der hellsten Sterne Eigennamen aus der Mythologie.

4.4 Nicht alle Sterne sind Fixsterne

Die meisten Sterne am Firmament scheinen sich relativ zueinander nicht zu bewegen. Tatsächlich sind sie jedoch alle in Bewegung. Nur ist diese Eigenbewegung so langsam, dass sie mit bloßem Auge über kurze Zeiträume nicht wahrnehmbar ist. Zwar wandern die Sterne scheinbar gemeinsam über den Himmel, und auch jahreszeitlich verändert sich ihr Anblick, doch die Konstellationen bleiben über lange Zeiträume nahezu unverändert. Schon in der Antike beobachtete man dieses Phänomen und nannte diese Sterne *stellae fixae*, was auf Deutsch »Fixsterne« bedeutet.

Im Gegensatz dazu konnte man einige Himmelskörper beobachten, die ihre Position im Vergleich zu den Fixsternen veränderten und über Jahre hinweg an unterschiedlichen Stellen des Himmels erschienen. Diese wurden *planētēs* genannt, was auf Griechisch »Wanderer« bedeutet – davon leitet sich unser heutiger Begriff »Planeten« ab.

Während Sterne ihr eigenes Licht durch Kernfusion erzeugen, besitzen Planeten keine solche Energiequelle und leuchten daher nicht selbst. Stattdessen reflektieren sie das Licht der Sonne. Mit bloßem Auge ist es schwierig, einen Planeten von einem Stern zu unterscheiden, doch schon in kleinen Teleskopen erscheinen die meisten Planeten nicht als punktförmige Lichtquellen wie Sterne, sondern als kleine Scheibchen. Bei einigen lassen sich sogar Oberflächendetails erkennen.

In Kapitel 9 werde ich Ihnen die Planeten noch ausführlicher vorstellen, doch einige wichtige Fakten über unser Sonnensystem erfahren Sie bereits hier.

Die Erde ist – das wissen Sie sicher – der dritte Planet im Sonnensystem, von der Sonne aus betrachtet. Zwei Planeten, Merkur und Venus, bewegen sich auf Bahnen innerhalb der Erdumlaufbahn. Das hat zur Folge, dass wir diese Planeten am Himmel immer nur in einem kleinen Bereich nahe der Sonne sehen können.

Am Tag überstrahlt das Sonnenlicht sämtliche Himmelskörper – sonst könnten wir Venus und Merkur ständig in der Nähe der Sonne erkennen. Unter bestimmten Bedingungen kann die Venus jedoch auch am Taghimmel sichtbar sein. Erst am Abend oder am Mor-

gen, wenn die Sonne knapp unter dem Horizont steht, werden die inneren Planeten besonders gut sichtbar. Daher erscheint uns die Venus mal als Morgenstern und mal als Abendstern. Wenn Venus und Merkur von der Erde aus gesehen hinter der Sonne stehen, sind sie für uns unsichtbar, da sie vom Sonnenlicht überstrahlt werden. Stehen sie hingegen direkt vor der Sonne, kann es zu einem seltenen Venus- oder Merkurtransit kommen, der mit geeigneten Teleskopen beobachtet werden kann.

Achtung! Passen Sie bei Beobachtungen am Tag gut auf

Wenn Sie versuchen, die Venus am Taghimmel zu beobachten, ist äußerste Vorsicht geboten! Es besteht die Gefahr, dass Sie unbeabsichtigt mit einem Teleskop oder Fernglas direkt in die Sonne blicken. Dies kann zu schweren Augenschäden bis hin zum vollständigen Verlust des Augenlichts führen.

Vermeiden Sie es unbedingt, direkt in die Sonne zu schauen – selbst ohne optische Hilfsmittel kann dies schwerwiegende Folgen haben. Ein Transit von Merkur oder Venus vor der Sonnenscheibe kann nur mit Hilfsmitteln wie speziell dafür vorgesehenen Sonnenfiltern sicher beobachtet werden.

Die restlichen Planeten, also Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, liegen außerhalb der Erdbahn und sind daher über einen viel größeren Bereich am Himmel sichtbar. Mit Stellarium können Sie sich einen Überblick darüber verschaffen, welche Planeten gerade sichtbar sind. Mars, Jupiter und Saturn sind mit bloßem Auge zu erkennen, während Uranus und Neptun nur im Teleskop sichtbar sind. Besonders Jupiter kann eine bemerkenswerte Helligkeit erreichen und ist daher sehr auffällig am Himmel. Mars und Saturn erscheinen lediglich wie etwas hellere Sterne, sodass man sich am Himmel gut auskennen muss, um sie von den Fixsternen zu unterscheiden. Auch farblich gibt es Unterschiede: Jupiter und Saturn haben eine eher gelbliche Färbung, während Mars deutlich rötlich erscheint.

Interessant bei den Planeten ist ihr ungewöhnlicher Verlauf am Himmel. Normalerweise bewegen sich die äußeren Planeten von West nach Ost vor dem Hintergrund der Fixsterne. Das bedeutet, dass Jupiter, wenn er heute beobachtet wird, am nächsten Tag etwas weiter in Richtung Osten steht. Diese Bewegung verläuft entgegen der scheinbaren Bewegung des Fixsternhimmels, der sich sowohl innerhalb einer Nacht als auch im Jahresverlauf von Ost nach West zu drehen scheint. Doch es wird noch merkwürdiger: Zu bestimmten Zeiten verlangsamt sich die Bewegung der Planeten, kehrt sich sogar für eine gewisse Zeit um und nimmt dann nach einigen Wochen wieder ihren gewohnten Verlauf auf. Diese scheinbare Rückwärtsbewegung nennt man Oppositions- oder Planetenschleife.

In Abbildung 4.15 sehen Sie eine solche Planetenschleife am Beispiel des Mars. Über mehrere Monate wurde der Planet vor dem Fixsternhimmel fotografiert. In der Montage wurden die Fixsterne übereinandergelagert, um die Bewegung des Mars sichtbar zu machen.



Abbildung 4.15: Fotomontage einer Mars-Schleife. Quelle: Sebastian Voltmer

Abbildung 4.16 veranschaulicht, wie diese Schleifen entstehen. Bedenken Sie, dass sich die inneren Planeten schneller um die Sonne bewegen als die äußeren.

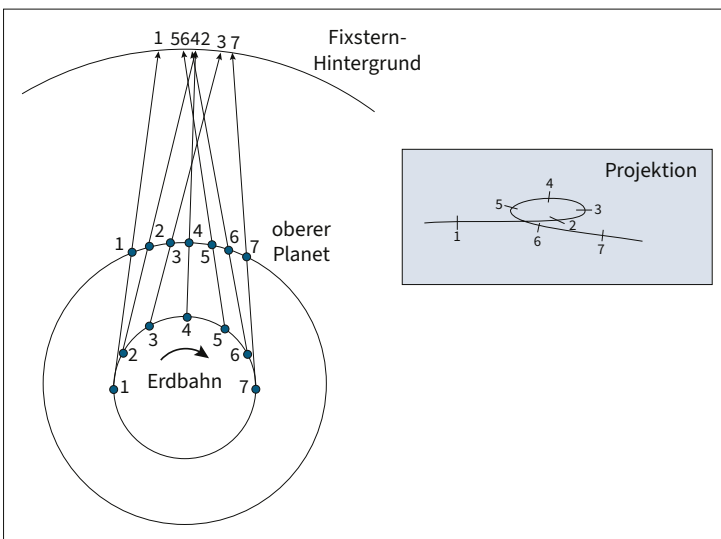


Abbildung 4.16: So entstehen die Schleifen der äußeren Planeten.

Wenn die Erde also einen der äußeren Planeten überholt, sieht es für eine gewisse Zeit so aus, als würde sich der Planet rückwärts bewegen. Nach einiger Zeit setzt er seine Bewe-

gung in der ursprünglichen Richtung fort. Der Punkt, an dem Erde und der äußere Planet von der Sonne aus betrachtet in einer Linie stehen, wird als *Oppositionsstellung* bezeichnet. Die Planeten erscheinen dann merklich heller und teilweise auch größer am Himmel. Dieser Effekt ist am deutlichsten bei Mars zu beobachten, aber auch bei Jupiter.

Bei Saturn steigt die Helligkeit zwar an, doch sein scheinbarer Durchmesser verändert sich kaum. Bei Uranus und Neptun sind die Effekte nicht besonders auffällig.

Sie können die Oppositionsschleife auch in einem kleinen Spiel anschaulich nachvollziehen. Stellen Sie sich mit einer zweiten Person auf eine Wiese oder einen Parkplatz. Markieren Sie die Position der Sonne mit einer Tasche. Bitten Sie dann Ihren Partner, die Rolle des äußeren Planeten zu übernehmen, der sich langsam in eine Richtung bewegt. Sie selbst bewegen sich auf einer kleineren Bahn etwas schneller und richten dabei den Blick stets auf Ihren Partner. Beobachten Sie, wie sich die scheinbare Position Ihres Partners verändert, während Sie ihn auf der inneren Bahn überholen.

In Tabelle 4.1 finden Sie die Oppositionen sowie die Daten zu Beginn und Ende der Oppositionsschleifen des Planeten Mars.

Rückläufig ab	Opposition	Rückläufig bis
10.01.2027	19.02.2027 im Sternbild Löwe	01.04.2027
14.02.2029	25.03.2029 im Sternbild Jungfrau	05.05.2029
29.03.2031	04.05.2031 im Sternbild Waage	13.06.2031
27.05.2033	28.06.2033 im Sternbild Schütze	01.08.2033
15.08.2035	15.09.2035 im Sternbild Wassermann	15.10.2035

Tabelle 4.1: Oppositionen des Mars bis 2035

In Tabelle 4.2 finden Sie die Oppositionen sowie die Daten zu Beginn und Ende der Oppositionsschleifen des Planeten Jupiter.

Rückläufig ab	Opposition	Rückläufig bis
11.11.2025	10.01.2026 im Sternbild Zwillinge	10.03.2026
13.12.2026	11.02.2027 im Sternbild Krebs	13.04.2027
12.01.2028	12.03.2028 im Sternbild Löwe	13.05.2028
10.02.2029	12.04.2029 im Sternbild Jungfrau	13.06.2029
13.03.2030	13.05.2030 im Sternbild Waage	15.07.2030

Tabelle 4.2: Opposition des Jupiters bis 2034

Rückläufig ab	Opposition	Rückläufig bis
15.04.2031	15.06.2031 im Sternbild Schlangenträger	16.08.2031
19.05.2032	19.07.2032 im Sternbild Schütze	17.09.2032
25.06.2033	25.08.2033 im Sternbild Wassermann	23.10.2033
03.08.2034	02.10.2034 im Sternbild Fische	29.11.2034

Tabelle 4.2: Opposition des Jupiters bis 2034 (Forts.)

Da Saturn für einen Umlauf um die Sonne schon deutlich länger braucht, wird er auf der inneren Umlaufbahn der Erde häufiger überholt. So kommt es jährlich zu einer Opposition, und nicht selten finden aufeinanderfolgende Oppositionen im gleichen Sternbild statt. In Tabelle 4.3 sind diese bis zum Jahr 2035 aufgelistet.

Rückläufig ab	Opposition	Rückläufig bis
26.07.2026	04.10. 2026 im Sternbild Fische	11.12.2026
09.08.2027	18.10.2027 im Sternbild Fische	24.12.2027
23.08.2028	30.10.2028 im Sternbild Walfisch	05.01.2029
06.09.2029	13.11.2029 im Sternbild Widder	19.01.2030
20.09.2030	27.11.2030 im Sternbild Stier	02.02.2031
05.10.2031	11.12.2031 im Sternbild Stier	16.02.2031
19.10.2032	24.12.2032 im Sternbild Zwillinge	01.03.2033
02.11.2033	08.01.2034 im Sternbild Zwillinge	16.03.2034
16.11.2034	22.01.2035 im Sternbild Krebs	30.03.2035

Tabelle 4.3: Oppositionen des Saturn bis 2034

Aufgabe: Marsschleife simulieren

Öffnen Sie Stellarium und stellen Sie ein Datum ca. zwei Wochen vor dem Beginn der Rückläufigkeit des Planeten ein. Als Beispiel wählen Sie den ersten Eintrag des Mars, der am 19.02.2027 in Opposition steht. Öffnen Sie in Stellarium das Datum/Uhrzeit-Fenster und geben Sie den 01.12.2026 ein, also zwei Wochen vor Beginn der Marsschleife.

Öffnen Sie das Suche-Werkzeug und geben Sie »Mars« ein. Der Mars wird nun in der Bildmitte zentriert und mit einem roten, sich langsam drehenden Fadenkreuz mar-

kiert. Experimentieren Sie etwas mit der Zoomstufe. Sie sollten so weit herauszoomen, dass Sie den Mars schön in der Umgebung der Sternbilder sehen.

Halten Sie nun über dem Tag der Datumsanzeige die Maustaste gedrückt oder benutzen Sie die Pfeil-nach-oben-Taste ihres Computers. Die Tage vergehen nun im Schnellvorlauf, und weil Mars zentriert ist, bleibt er in der Bildmitte. Nun können Sie sehr schön die Marsschleife um die Opposition herum simulieren. Selbst die Größendarstellung und eine Helligkeitszunahme während der Opposition werden angezeigt. Tipp: Sollte die Zentrierung des Mars verloren gehen, klicken Sie mit der Maus auf den Mars und drücken Sie die Leertaste.

4.5 Das Koordinatensystem des Himmels

Bereits in Kapitel 2 habe ich Ihnen die azimutale und äquatoriale Montierung vorgestellt und in diesem Zusammenhang einige Begriffe des himmlischen Koordinatensystems erläutert. In diesem Kapitel möchte ich jedoch noch einmal grundsätzliche Dinge klären.

4.5.1 Ekliptik

Sie haben im vorangegangenen Kapitel etwas über die Bahnen der Planeten gelernt. Vielleicht ist Ihnen aufgefallen, dass sich die Planeten scheinbar alle auf einer gedachten Linie bewegen? Diese Linie wird *Ekliptik* genannt, und sie beschreibt den Verlauf der Sonne über den Himmel. Da sich das Sonnensystem aus einer rotierenden Scheibe aus Gas und Staub gebildet hat, bewegen sich alle anderen Himmelskörper des Sonnensystems mehr oder weniger in einer Ebene und folgen dementsprechend dem Lauf der Ekliptik am Himmel.

Leichte Abweichungen gibt es allerdings schon bei den Planeten. Nehmen wir die Ebene der Erde als Referenz und setzen ihre Bahnneigung auf 0° . Die Bahnebene des Mars ist beispielsweise um $1,8^\circ$ geneigt. Bei Saturn sind es $2,5^\circ$, und Merkur hat eine Bahnneigung von 7° gegenüber der Erdbahn.

Zwischen Mars und Jupiter gibt es einen Gürtel aus Millionen von Kleinplaneten, sogenannten Asteroiden. Dieser wird als *Asteroidengürtel* bezeichnet. Die Bahnneigungen der Asteroiden sind sehr unterschiedlich: Es gibt welche mit geringer Bahnneigung, aber auch solche, deren Bahn bis zu 30° gegenüber der Erdbahn geneigt ist. Kleinplaneten wie Vesta oder Ceres sind also tendenziell in der Ebene der Ekliptik zu finden.

Auch die Bahn des Mondes liegt nahe der Ekliptik, allerdings mit einer Neigung von $5,1^\circ$. Wäre die Mondbahn nicht geneigt, käme es ständig zu Bedeckungen des Mondes durch den Erdschatten (Mondfinsternis) oder der Sonne durch die Mondscheibe (Sonnenfinsternis). In der Realität sind solche Ereignisse jedoch selten, eben aufgrund dieser Neigung. Übrigens kommt es auch zu anderen Bedeckungen: Beispielsweise kann der Mond

einen Planeten verdecken, und die inneren Planeten können vor der Sonnenscheibe entlanglaufen.

Wir betrachten zwar die Erdbahn als Referenzpunkt im Sonnensystem, was ihre Bahnneigung angeht, jedoch ist die Erdachse selbst um $23,5^\circ$ gekippt (siehe Abbildung 4.17). Das hat weitreichende Folgen! Im Laufe eines Jahres ändert sich der scheinbare Verlauf der Sonne über den Himmel. Im Winter steht die Sonne sehr tief, die Ekliptik verläuft nur wenige Grad über dem Horizont. Am 21. Dezember steigt die Sonne in Berlin maximal $14,5^\circ$ über den Horizont. Zur Sommersonnenwende am 21. Juni steht die Sonne dagegen hoch am Himmel. In Köln erreicht sie mittags eine Höhe von $62,5^\circ$ über dem Horizont.

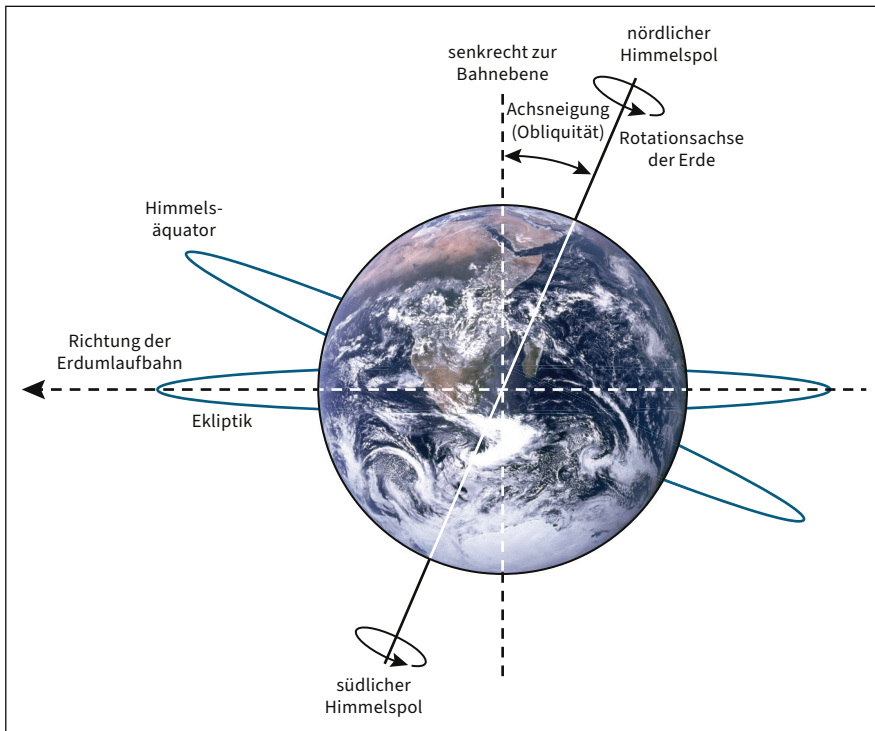


Abbildung 4.17: Durch die Neigung der Erdachse kommen die Jahreszeiten zustande.

Da die Sonnenstrahlen im Sommer in einem direkteren Winkel auf die Erdoberfläche treffen, ist es auf der Nordhalbkugel dann deutlich wärmer. Im Winter hingegen fallen die Sonnenstrahlen in einem sehr flachen Winkel auf die Erde, wodurch es kalt wird. All dies gilt nur für die Nordhalbkugel – auf der Südhalbkugel ist es genau umgekehrt! In Australien feiern die Menschen Weihnachten oft mit einem kühlen Getränk am Strand.

Nicht nur die Jahreszeiten sind eine Folge der Neigung der Erdachse, auch die verschiedenen Klimazonen entstehen dadurch. An den Polen ist der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen naturgemäß immer ungünstig, weshalb es dort sehr kalt ist. Ganz anders am Äquator, wo es in diesem Sinne gar keine Jahreszeiten gibt.

Inhalt

Einleitung	13
1 Die erste Nacht unter dem Sternenhimmel	17
1.1 Bereiten Sie sich vor	18
1.1.1 Wie weit muss ich fahren?	18
1.1.2 Höhe und Wetterbedingungen	19
1.1.3 Die richtige Standortwahl	19
1.1.4 Der Mond – Freund und Feind der Astronomen	20
1.1.5 Tipps für eine angenehme Nacht unter den Sternen	21
1.2 Finden Sie sich am Sternenhimmel zurecht	22
1.3 Jede Jahreszeit bietet einen anderen Sternenhimmel	25
1.3.1 Die Sternbilder des Frühjahrs	26
1.3.2 Der Sternenhimmel im Sommer	28
1.3.3 Die Herbststernbilder	31
1.3.4 Der Wintersternhimmel	34
1.4 Wann sieht man die Milchstraße am besten?	38
2 Welche Ausrüstung benötigt man zum Sterne schauen?	43
2.1 Fernglas oder Teleskop?	44
2.2 Teleskoptypen: Refraktoren und Reflektoren	47
2.2.1 Der Reflektor – das Spiegelteleskop	49
2.2.2 Justage von Spiegelteleskopen	51
2.3 Okulare	53
2.4 Teleskopmontierungen	57
2.4.1 Azimutale Montierung	57
2.4.2 Äquatoriale Montierung	58
2.4.3 Motorisierte Montierungen und GoTo-Steuerung	59
2.5 Welches Zubehör wird noch benötigt?	60
2.6 Ein paar Hilfestellungen zum Kauf eines Teleskops	62

3	Lichtverschmutzung: ein wichtiges Thema für Astronomen	65
3.1	Die Bortle-Skala	69
3.2	Die Magnituden-Skala	71
3.3	Das Sky Quality Meter	71
3.4	Die App »Dark Sky Meter«	73
3.5	Der Bau eines eigenen Messgerätes – das Simple SQM	76
3.5.1	Vorbereitungen	77
3.5.2	Das Gehäuse	78
3.5.3	Die Schaltung	81
3.5.4	Der Zusammenbau	81
3.5.5	Der Sketch: Programmcode für Arduinos	83
3.5.6	Benutzung des Simple SQM	85
3.5.7	Werden Sie Bürgerwissenschaftler bei globeatnight.org	86
4	Lernen Sie den Sternenhimmel kennen mit Stellarium	91
4.1	Lernen Sie den Umgang mit Sternkarten – Die Planetariumssoftware Stellarium	91
4.1.1	Download und Installation	92
4.1.2	Erste Schritte mit Stellarium	93
4.1.3	Hauptwerkzeugleiste	94
4.1.4	Das Dialogfenster	96
4.2	Was sind eigentlich Sternbilder? Sternbildnamen und ihre Grenzen	101
4.3	Warum leuchten die Sterne unterschiedlich hell?	103
4.4	Nicht alle Sterne sind Fixsterne	109
4.5	Das Koordinatensystem des Himmels	114
4.5.1	Ekliptik	114
4.5.2	Das äquatoriale Koordinatensystem	118
4.5.3	Das azimutale Koordinatensystem	120
5	Die zweite Nacht unter dem Sternenhimmel	123
5.1	Lernen Sie, gezielt Objekte am Himmel zu finden	125
5.2	Hilfe, ich habe ein UFO gesehen! Was da noch so rumfliegt	128
5.2.1	Flugzeuge	130

5.2.2	Künstliche Erdsatelliten	130
5.2.3	Meteore und Feuerkugeln	132
5.2.4	Polarlichter, Halos und andere atmosphärische Ereignisse	134
5.2.5	Zodiakallicht, Lichtbrücke, Gegenschein	136
5.2.6	Leuchtende Nachtwolken	137
5.2.7	Kometen	138
5.3	Objekte des tiefen Kosmos – ein Deep-Sky-Objekt für jede Jahreszeit	141
5.3.1	Frühjahr: Messier 101 – eine Spiralgalaxie im Großen Bären	142
5.3.2	Sommer: Der Kugelsternhaufen Messier 13	143
5.3.3	Herbst: Messier 31 – Andromedagalaxie	145
5.3.4	Winter: Der Große Orionnebel Messier 42	146
6	Eine Überwachungskamera für den ganzen Himmel: die All-Sky-Kamera	149
6.1	Was ist eine All-Sky Kamera?	150
6.2	Teileliste	152
6.3	Installation der Software und Zusammenbau der elektronischen Komponenten	154
6.3.1	Vorbereitung des Raspberry Pi	157
6.3.2	Installation des Betriebssystems und der Software	160
6.3.3	Einstellungen und Funktionsweise von Allsky	164
6.4	Zusammenbau des Gehäuses	168
6.5	Aufstellung und Benutzung	172
6.6	Die Auswertung mit der Software	173
6.7	Meteore und andere Erscheinungen melden	173
7	Der Mond – unser Erdtrabant im Fokus	177
7.1	Der Mond im Teleskop	179
7.2	Auf Erkundungstour – Sightseeing auf dem Mond	182
7.2.1	Krater Plato und Mare Imbrium	183
7.2.2	Montes Caucasus und Montes Apenninus	184
7.2.3	Mare Tranquillitatis – Meer der Ruhe	185
7.2.4	Krater Tycho – das vernarbte Gesicht des Mondes	185
7.2.5	Ende unserer Tour – die Krater Kopernikus und Kepler	186

7.3	Wussten Sie eigentlich ...? – Fakten über den Mond	187
7.3.1	Fakt 1 – der Mond verursacht Ebbe und Flut	188
7.3.2	Fakt 2 – der Mond zeigt uns immer die gleiche Seite!	189
7.3.3	Fakt 3: Die Rückseite des Mondes unterscheidet sich deutlich von der Vorderseite	190
7.3.4	Fakt 4 – der Erdmond ist aus der Erde entstanden	191
7.3.5	Fakt 5 – es gibt Wasser auf dem Mond	192
7.4	Berechnen Sie die Mondphasen in Python	193
7.5	Finsternisse des Mondes und der Sonne	199
7.6	Fotografieren Sie den Mond mit ihrem Smartphone	203
8	Spektroskopie – zerlegen Sie das Licht der Sonne	207
8.1	Die Sonne ist ein ganz normaler Stern! Ein paar Fakten	209
8.2	Die Sonne im Teleskop	215
8.3	Auf den Spuren Isaac Newtons: das weiße Licht der Sonne in Spektralfarben zerlegt	217
8.4	Projekt: Der Bau eines Spektrometers	221
8.4.1	Teileliste	222
8.4.2	Der Bau des Spektrometers	223
8.4.3	Die Theremino-Spektrometer-Software	226
8.4.4	Kalibrierung des Spektrometers	229
8.4.5	Experimente mit dem DIY-Spektrometer	232
8.5	Die Enden des Farbspektrums: Infrarot- und UV-Strahlung	236
8.6	Das erweiterte elektromagnetische Spektrum und dessen Bedeutung in der Astronomie	239
9	Ein Besuch bei den Nachbarn: die Planeten unseres Sonnensystems	243
9.1	Die Planeten auf einen Blick	244
9.1.1	Merkur	244
9.1.2	Venus	246
9.1.3	Erde	248
9.1.4	Mars	249
9.1.5	Jupiter	251

9.1.6	Saturn	253
9.1.7	Uranus	255
9.1.8	Neptun	257
9.2	Der arme Pluto, wurde zum Zwerg degradiert	259
9.3	Asteroiden und Meteoriten	261
9.4	Die Planeten im Teleskop	263
9.4.1	Merkur im Teleskop	263
9.4.2	Venus im Teleskop	265
9.4.3	Der Mars im Teleskop	266
9.4.4	Jupiter im Teleskop	267
9.4.5	Saturn im Teleskop	268
9.4.6	Uranus und Neptun im Teleskop	269
10	Detailaufnahmen des Mondes und der Planeten	271
10.1	Astrokameras speziell für die Astrofotografie	273
10.2	Ein paar Kenngrößen: Auflösung, Bittiefe und Ausleserauschen	275
10.2.1	Auflösung	275
10.2.2	Bit-Tiefe	276
10.2.3	Quanteneffizienz (QE)	277
10.2.4	Ausleserauschen	277
10.3	Geeignete Kameras für die Mond-, Sonnen- und Planetenfotografie	278
10.4	Bereiten Sie Teleskop und Kamera für die Bildaufnahme vor	278
10.5	Eine Lucky-Imaging-Aufnahme anfertigen	282
10.5.1	Geeignete Software zur Aufnahme von Planeten und des Mondes	282
10.5.2	Nachbearbeitung in der Software	291
10.6	Steigende Anforderungen in der Planetenfotografie	304
11	Unendliche Weiten: Entdecken Sie den tiefen Himmel	305
11.1	Die Objekte des Deep Sky	307
11.1.1	Offene Sternhaufen und Kugelsternhaufen	307
11.1.2	Galaktische Nebel	310
11.1.3	Planetarische Nebel und Supernova-Überreste	312

11.1.4	Dunkelnebel und Reflexionsnebel	315
11.1.5	Galaxien	317
11.2	Deep-Sky-Objekte durch Starhopping auffinden	319
11.3	Deep-Sky-Objekte mit elektronischer Unterstützung auffinden	326
12	Der Startracker – so gelingen Ihnen beeindruckende Fotos des Nachthimmels	333
12.1	Was ist ein Startracker?	335
12.2	Der Bau einer Barndoor-Montierung	337
12.2.1	Diese Teile benötigen Sie	339
12.2.2	Der Bau der Barndoor-Montierung	340
12.2.3	Die Steuerung des Schrittmotors – Hardware und Code	355
12.2.4	Diese Teile benötigen Sie zum Bau einer Schrittmotorsteuerung ...	355
12.2.5	Der Code zur Steuerung des Schrittmotors	361
12.2.6	Verbesserungen und bekannte Probleme mit der Barndoor	368
12.3	Astrofotografie mit der Barndoor-Montierung (oder einem Startracker)	369
12.3.1	Die richtige Kamera und geeignete Objektive	370
12.3.2	Vollformat oder APS-C?	372
12.3.3	Die Aufnahme der Bilder	374
12.4	Astrofotos bearbeiten mit »Siril«	378
12.4.1	Download und Installation	379
12.4.2	Arbeitsverzeichnis einrichten	379
12.4.3	Skripte anwenden	380
12.4.4	Das gestackte Bild anzeigen	382
12.4.5	Gradienten entfernen	384
12.4.6	Farben korrigieren	387
12.4.7	Abschließende Bildbearbeitung	390
13	Elektronisch assistierte Astronomie (EAA) und Smart-Teleskope: Werden Sie zum Profi!	397
13.1	Wie funktioniert EAA im Detail?	399
13.1.1	Das Teleskop	399
13.1.2	Die Montierung	400
13.1.3	Kameras für die EAA	402
13.1.4	Software für die EAA	403

13.2 Was ist ein Smart-Teleskop?	405
13.2.1 Worin unterscheiden sich die einzelnen Modelle?	406
13.2.2 Was kann ich realistischerweise von einem Smart-Teleskop erwarten?	411
13.3 Deep-Sky-Objekte mit dem Smart-Teleskop aufnehmen	413
14 Wohin geht die Reise? Vom Anfänger zum fortgeschrittenen Amateurastronomen	419
14.1 Der Öffnungswahn – je größer, desto besser!?	420
14.2 Deep-Sky-Astrofotografie wie die Profis	423
14.3 Professionelle Hard- und Software	425
14.4 Der Amateurastronom – Schnittstelle zwischen Forschung und Hobby	426
14.5 Abschließende Gedanken	428
Index	429

Index

3D-Druck 420

A

Abendstern 265
 Absolute Helligkeit 105
 Absorptionslinien 220
 Achromatischer Refraktor 47
 ADC 277
 AE 108
 Airmass 180
 Albedo 265
 Aldebaran 37
 Algol 32
 All-Sky-Kamera 149
 Gehäuse 168
 ALMA 241
 Altair 29
 Altitud 120
 Amateur Telescope Making 419
 Analog-Digital-Wandler → ADC
 Andromedagalaxie 33
 Andromedagalaxie → Messier 31
 Antares 29
 Apochromatisches Teleskop 48
 Apollo-Missionen 187
 APS-C-Format 370, 372
 Äquatoriale Montierung 58, 400
 Äquatoriales Koordinatensystem 118
 Äquatorialplattform 304
 Äquinoktium → Tag-Nacht-Gleiche
 Arbeitskreis Meteore e. V. 175, 427
 Arduino 76, 355
 Arduino IDE 83, 361
 Arecibo-Teleskop 241
 Ariel 257
 Arktur 27
 ASCOM-Treiber 282
 Asinh-Transformation 390
 Asterismus 102
 Asteroiden 114, 261, 262
 Asteroidengürtel 114
 Astrofotografie 333, 334, 369, 397,
 412, 418, 420, 423
 Astrograf 410, 423
 Astrokamera → Kamera
 Astrometrie 327, 427

Astromodifikation 372
 Astronomische Dämmerung 173
 Astronomische Einheit → AE
 Astrophysik 207
 Astropy 194
 AstroSolar-Folie 215
 AstroSurface 291
 Atmospheric Dispersion Corrector 290
 Auflösung 275, 406, 412
 Auflösungsvermögen 422
 Ausleserauschen 277, 403
 Ausrüstung 43
 Autoguiding 423
 Azimut 121
 Azimutale Montierung 57
 Azimutales Koordinatensystem 120

B

Bahndaten → Ephemeriden
 Bahnneigung 114
 Bahtinov-Maske → Fokussiermaske
 Balkenspiralgalaxien 318
 Balmer-Serie 220
 Barlow-Linse 280
 Barnard, Edward 310
 Barndoor-Montierung 333, 337
 Barringer-Krater 263
 Bayer-Nomenklatur 109
 Belichtung 205
 Belichtungszeit 286, 416
 Bergh, Sydney van den 310
 Beteigeuze 34
 Bias 378
 Bias Frames → Bias
 Bildbearbeitung 298, 333, 405
 Bildbearbeitungssoftware 205
 Bildelement 275
 Bildfeld 273
 Bildrate 273, 278
 Bildverarbeitung 417
 Bit-Tiefe 276
 Blende 376
 Bolide → Feuerkugel
 Bortle-Skala 69
 Brahe, Tycho 193
 Breadboard 358

Brennweite	52
Brille	128
Bulb-Modus	375
Bulge	319
Bunsen, Robert Wilhelm	219

C

Capella	37
Cassinische Teilung	254, 268
CCD	149
CCD-Kamera	369
Cepheiden	317
Chromatische Abberation	219
Chromosphäre	213
Clipping	392
CMOS	149
CMOS-Kamera	271, 278, 397
Code	83

D

Dark Frames	73, 275, 377, 405
Dark Sky Meter	73
Darks → Dark Frames	
Deep-Sky-Fotografie	275, 369
Deep-Sky-Objekte	141, 305–307
Deimos	250
Deklination	119
Deneb	29
Discord	419
Dispersion	218, 290
Dobson, John	50
Dobson-Teleskop	50, 180, 205
Doppelstern	127
Dreyer, Johan Ludvig Emil	310
DSLM	273, 370
DSLR	273
Dunkeladaptation	21
Dunkelbilder → Dark Frames	
Dunkelnebel	142, 315
Dunkelstrom	275, 377

E

EAA	397, 412
Ebbe und Flut	188
Edge-on-Galaxie	319
ED-Refraktor	48
Einnordung	424
Einstein, Albert	188

Eisriesen	255
Ekliptik	26, 114, 196, 264
Elektromagnetisches Spektrum	239
Elektronisch assistierte Beobachtung → EAA	
Elliptische Galaxien	318
Elongation	198, 263
Emissionslinien	220
Emissionsnebel	311, 414
Enceladus	254
Encoder	326
Energieniveau	311
Ephemeriden	194, 196
EQ-Plattform	304, 399
Erdatmosphäre	180, 271
Erde	109, 248
Eris	259
Europa	252
Europäische Südsternwarte	91
Event Horizon Telescope	241
Exoplaneten	427
Exzentrizität	245

F

Face-on-Galaxie	318
Fangspiegel	49
Farbkorrektur	387
Fernausslöser	373
Fernglas	44
<i>Öffnung</i>	45
<i>Stativ</i>	44
<i>Vergößerung</i>	45
Feuerkugel	132, 149, 174
Feuerkugelnnetzwerk	149
Field Flattener	423
Filter	211, 236, 324, 414
Filter → ND-Filter	
FireCapture	282
Fischaugenobjektiv	150, 151
FITS-Format	403
Fixstern	103, 109
Flammenfärbung	232
Flat Frames	377, 405
Flats	377
Flugzeuge	130
Fokus	127
Fokussiermaske	403
Fokussierung	424
Fotometrie	427
Fotomontierung	334
Fraunhofer, Joseph von	207, 218

Fraunhofer-Achromat	219
Fraunhoferlinien	221
Frontlinse	47
Frühlingspunkt	119

G

Gabelmontierung	406
Gain	286, 403
Galaktische Nebel	310
Galaktisches Zentrum	39, 308
Galaxie	39, 103, 141, 142, 237, 306, 317, 407, 411
Galilei, Galileo	47, 252
Galileo-Raumsonde	252
Gammastrahlung	239
Ganymed	252
Gasnebel	141, 306, 310, 411
Gasplaneten	244
Gebundene Rotation	189
Geografische Koordinaten	97
Geostationäre Satelliten	131
Geozentrisches Weltbild	14
Gesichtsfeld	55
Gezeiten	188
GitHub	162
Glasprisma → Prisma	
Globe at Night	86, 87
Globule	315
GoTo-Funktionalität	335
GoTo-Steuerung	59, 330, 401
GPS	413
Gradationskurve	301
Gradientenentfernung	384
Granulation	212
Gravitation	188
Great Debate	317
Größenklasse	105
Großer Orionnebel	146
Großer Roter Fleck	251, 268
Großer Wagen	22
Gürtel des Orion	35

H

Halo	134, 308
Hauptasteroidengürtel → Main Asteroid Belt	
Hauptspiegel	49
Heavy Bombardment	263

Heliozentrisches Weltbild	14
Helium	209
Herschel, Friedrich Wilhelm	236, 310
H-II-Regionen	141, 311
Himmelsäquator	119
Himmelsnordpol	119
Himmelspol	375
Himmelscheibe von Nebra	13
Himmels südpol	119
Himmliches Koordinatensystem	114
Histogramm	287
Histogramm-Transformation	390, 391
Hotpixel	405
Hubble, Edwin	317
Hubble-Tuning-Fork-Diagramm	319
Hydrostatisches Gleichgewicht	313
H α -Linie	221, 311, 414

I

IAU	101
IC	310
Index-Katalog → IC	
INDI	282
Infrarotstrahlung	237
Internationale Astronomische Union → IAU	
Internationale Raumstation	131, 175, 338
Interstellarer Raum	305
Io	252
Ionisation	311
Irreguläre Galaxien	318
ISO	370, 376
ISS → Internationale Raumstation	
ITT	420
ITV	420

J

Jahreszeiten	115
James Webb Space Telescope	237
Jansky, Karl	240
Jodrell-Bank-Observatorium	241
JPEG	393
Julianisches Datum	196
Jumper-Kabel	78
Jupiter	251, 267
<i>Monde</i>	252, 267
Justage	51
Justage-Laser	52

K

Kallisto	252
Kamera	273
Keogramm	164
Kepler, Johannes	193
Kernfusion	209
Kirchhoff, Gustav Robert	219
Kleinplaneten	114, 261
Kollimation	51, 291, 408
Kollisionstheorie	192
Koma	139
Komakorrekter	423
Komet	138, 262
Kometenschweif	139
Konjunktion	100, 198, 268, 269
Kontinuierliches Spektrum	232
Konvektionszone	211
Koordinatensystem	194
Korona	211, 213
Kp-Index	136
Krater	133, 177, 245
Kugelsternhaufen	142, 307, 308
Kuipergürtel	139, 262
Kulmination	120
Künstliche Erdsatelliten	130

L

Laminarer Strom	272
Langzeitbelichtung	333
Leavitt, Henrietta	317
Lebenszyklus eines Sterns	307
Leuchtende Nachtwolken	137, 150, 174
Libration	189
Lichtgeschwindigkeit	207
Lichtjahr	108, 312
Lichtsammelvermögen	406
Lichtverschmutzung	17, 65, 416
Light Frames	378
Light Pollution Map	18
Lights	378
Lineares Bild	382
Linienpektrum	229, 232
Live-Stacking	403
Lokale Gruppe	318
LRO	181
Lucky Imaging	271, 272, 399
Lunar Reconnaissance Orbiter	181

M

mag/arcsec ²	71
Magnitude	71, 105
Magnituden-Skala	71
Main Asteroid Belt	261
Maker	420
Mann im Mond	179
Mare	179
Mars	177, 249, 266
Master Frame	379
Megakonstellationen → Starlink	
Meridian	120
Merkur	244, 263
Messier 101	142
Messier 13	143
Messier 31	33, 123, 145
Messier 42	146
Messier, Charles	309, 317
Messier-Katalog	309
Meteor	132, 133
Meteorit	133
Meteoritenkrater	263
Meteoroid	133, 262
Meteorstrom	133
Mikrowellenstrahlung	239
Milchstraße	38, 103, 307
Milchstraßenafnahmen	372
Miranda	257
Molekülwolke	209, 237, 307
Monat	187
Mond	20, 177, 407, 411
<i>Halbmond</i>	194
<i>Neumond</i>	194
<i>Vollmond</i>	194
Mondfinsternis	114
Mondgestein	192
Mondoberfläche	177, 181
Mondphasen	179, 193
Morgenstern	265
Multifunktionswerkzeug	79

N

Nachführung	304, 399
NASA	116, 197
NASA's Eyes	116
ND-Filter	180
Near Earth Objects	262
Nebel	142, 407
NEOs	262

Neptun	257, 269
Neutronenstern	313
New General Catalogue	310
Newton, Isaac	49, 188, 207, 217
Newton-Teleskop → Reflektor	
NGC	310
NLC	137
Nordhalbkugel	96
Nördlinger Ries	263

O

Oberflächentemperatur	104
Oberon	257
Objektiv	372
Objektivheizband	374
Observatorium	426
offene Sternhaufen → Sternhaufen	
Öffnung	52, 406
Öffnungsverhältnis	53
Okular	47
<i>Vergrößerung</i>	55
Okularauszug	50, 127, 204, 279
Okulare	53
<i>Erfle</i>	54
<i>Ethos</i>	54
<i>Huygens</i>	53
<i>Nagler</i>	54
<i>Plössl</i>	54
Olympus Mons	250
Oortsche Wolke	138, 262
Opposition	112, 198, 266
Oppositionsschleife	110
Optisches Gitter	209
OSC-Kamera	274

P

Parabolspiegel	50
Parallelogramm-Halterung	45
Parsec	108
Paten der Nacht	87
Perihel	140
Perioden-Leuchtkraft-Beziehung	317
Perseiden	134
Phasenwinkel	197
Phobos	250
Photometrie	427
Photon	311
Photosphäre	212
PiFinder	327

Pioneer-Raumsonde	252
Pixel	275
Planet	109, 243
Planet X	260
Planetarische Nebel	142, 312, 427
Planetarium	91, 419
Planeten	
<i>äußere</i>	244
<i>innere</i>	244
<i>terrestrische</i>	244
Planetenfotografie	407
Planetenschleife	110
Platesolve	327
Plejaden	37
Pluto	259
PN	142
Polaris	23
Polarlicht	135, 150, 174
Polarstern	23, 367
Powerbank	168
Prisma	209, 217, 236
Protuberanz	213
Proxima Centauri	306
Python	179, 193

Q

Quanteneffizienz	277
Quasar	241

R

Radiant	134
Radiant-Sucher	325
Radioastronomie	240
Radioteleskop	240
Radiowellen	239
Raspberry Pi	151, 154, 327
RAW	370, 375
Reduzierhülse	278
Reflektor	47, 49
Reflektor → Spiegelteleskop	
Reflexionsnebel	142, 315
Refraktor	47
Regulus	26
Rekombination	311
Rektaszension	119
Remote-Sternwarte	425
Rigel	35
Ringsystem	254
Ritchey-Chrétien-Teleskop	51

Ritter, Johann Wilhelm	238
Röntgenstrahlung	239
Roter Riese	34, 312
Rückseite des Mondes	190

S

Satellit	130, 175
Saturn	253, 268
Saturnringe	268
Scheinbare Helligkeit	105
Schmidt-Cassegrain-Teleskop	51
Schrittmotor	333
Schwarzes Loch	241, 313
Schweif → Kometenschweif	
Seeing	37, 180, 272, 290
SharpCap	282, 283, 399, 403
Sharpless-Katalog	310
Shoemaker-Levy 9	252
Signal-Rausch-Verhältnis	403
Simple SQM	76
Siril	378, 379, 405, 417
Sirius	35
Sketch	83
Sky Quality Meter	71
Smartphone	203, 273, 406
Smartphone-Halterung	203
Smart-Teleskop	397, 405, 413, 420
SNR	142
SOFIA-Teleskop	241
Sol	249
Sommersonnenwende	115
Sonne	109, 209, 407, 411
Sonnenfilter	110, 412
Sonnenfinsternis	114, 213
Sonnenflecken	212
Sonnenfleckenmaximum	213
Sonnenfleckenminimum	213
Sonnenmasse	313
Sonnenoberfläche	212
Sonnenspektrum	234
Sonnensystem	109, 133, 177, 305
Sonnenteleskop	216
Spektralanalyse	220, 232
Spektralfarben	217
Spektrallinien	229
Spektrograf	236
Spektrometer	221
Spektroskop	209, 218, 427
Spektroskopie	207, 427
Spektrum	207
Spica	27
Spiegelteleskop	49
Spikes	403
Spiralnebel	317
Sputnik	130
SQM	71
Stacking	379, 397
Starhopper-App	327
Starhopping	127, 307, 321
Starlink	130
Star-Party	420
Startracker	335
Stativ	413
Stellarium	92, 125, 194, 264, 414
Stellarium Mobile	323
Stern von Bethlehem	100
Sternbilder	101
Sternenfunkeln	37
Sternenpark	20
Sternentstehungsgebiet	142
Sternfarben	105
Sternhaufen	141, 209, 306, 307, 411
Sternkarte	319
Sternschnuppe	132
Sternstrichspuraufnahme	151
Sternstrom	427
Sternwarte	422
Stonehenge	13
Strahlung	311
Strahlungszone	211
Stretching	379, 383, 390
Strichspuraufnahme	164
Südhalbkugel	96
Supernova	34, 142, 307
Supernova-Überrest	142, 312, 313, 427
Syrtris Major	267
Systemkamera	370

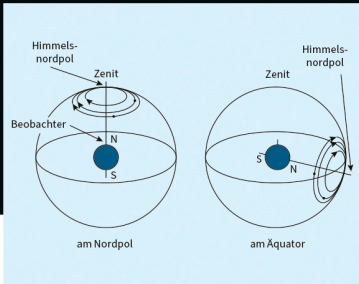
T

Tablet	406
Tag-Nacht-Gleiche	119
Tag-Nacht-Linie	179
Teleskop	44, 263, 271, 319
<i>Brennweite</i>	52
<i>Kenngößen</i>	52
<i>Öffnung</i>	52
<i>Öffnungsverhältnis</i>	53
<i>Reflektoren</i>	47
<i>Refraktoren</i>	47
<i>Zubehör</i>	60

- Teleskopmontierung 57
 äquatorial 58
 azimutal 57
 motorisiert 59
 Teleskoptreffen 420
 Telrad-Finder 325
 Terminator 179
 Tierkreissternbilder 117
 TIFF-Format 205, 393
 Titan 255, 268
 Titania 257
 TNO 259
 Transit 110, 120
 Transneptunische Objekte 259
 Triton 257
 Trivialnamen 310
 Tscheljabinsk 262
 Tubus 48
- U**
-
- UHC-Filter 325
 Umbriel 257
 Uranus 255, 269
 UV-Strahlung 238
- V**
-
- VDS 427
 Venus 246, 265
 Venustransit 269
 Vera C. Rubin Observatory 260
 Vergrößerung 55, 180
 Verlängerungshülse 280
 Volkssternwarte 419
 Vollformat 370, 372
 Voyager 1 207
 Voyager 2 257, 305
- W**
-
- Wärmestrahlung 239
 Wasserstoff 141, 209, 310
 Wavelet-Filter 300
 Wega 29
 Weißabgleich 298
 Weißer Zwerg 313
 Weltraumschrott 134
 Weltraumteleskop 238
 Wolf, Max 311
- Y**
-
- YouTube 377, 419
- Z**
-
- Zeitraffer 151
 Zeitrafferaufnahme 164
 Zenit 26, 121
 Zenitspiegel 46
 Zirkumpolare Sternbilder 24
 Zodiak 26, 117
 Zodiakallicht 136
 Zwergplanet 260

Den Sternenhimmel auf neue Art entdecken

Von der ersten Orientierung am Nachthimmel bis zu eigenen Astro-Projekten: Dieses Praxisbuch zeigt Ihnen Schritt für Schritt, wie Sie den Kosmos nicht nur beobachten, sondern aktiv erforschen. Lernen Sie die Grundlagen, bauen Sie eigene Tools und entdecken Sie neue Möglichkeiten der Himmelsbeobachtung – mit moderner Technik und jeder Menge Praxis.



Grundlagen verstehen



Eigene Ausrüstung konstruieren



Beeindruckendes beobachten

Den Nachthimmel erkunden

Lernen Sie die Grundlagen der Astronomie. Von der Beobachtung mit bloßem Auge bis zur Auswahl und Nutzung der richtigen Ausrüstung. Entdecken Sie Sternbilder, Planeten und Deep-Sky-Objekte.

Ausrüstung selber bauen

Bauen Sie Ihre eigenen astronomischen Instrumente mithilfe praxisnaher Schrittanleitungen und erleben Sie astronomische Grundlagen auf ganz neue Art: vom Sky-Quality-Meter über die AllSky-Kamera bis zum Startracker.

Astrofotografie und EAA

Entwickeln Sie sich vom Einsteiger zum versierten Himmelsbeobachter. Lernen Sie, Deep-Sky-Objekte zu finden oder den Mond und die Planeten zu fotografieren, und entdecken Sie die Electronically Assisted Astronomy (EAA) mit modernen Smartteleskopen.



Frank Sackenheim ist professioneller Astrofotograf und begeisterter Amateurastronom. Sein Wissen zur Himmelsbeobachtung vermittelt er praxisnah in Fachartikeln, Workshops und auf YouTube.

Aus dem Inhalt

Grundlagen

Sterne und Sternbilder
Himmelskoordinaten und Starhopping
Ausrüstungs-Guide

Spannende Praxisprojekte

Sky-Quality-Meter
AllSky-Kamera
Spektrometer
Startracker

Die Tiefen des Weltalls

Deep-Sky-Objekte aufspüren
Astrofotos mit Siril bearbeiten
EAA und Smartteleskope

