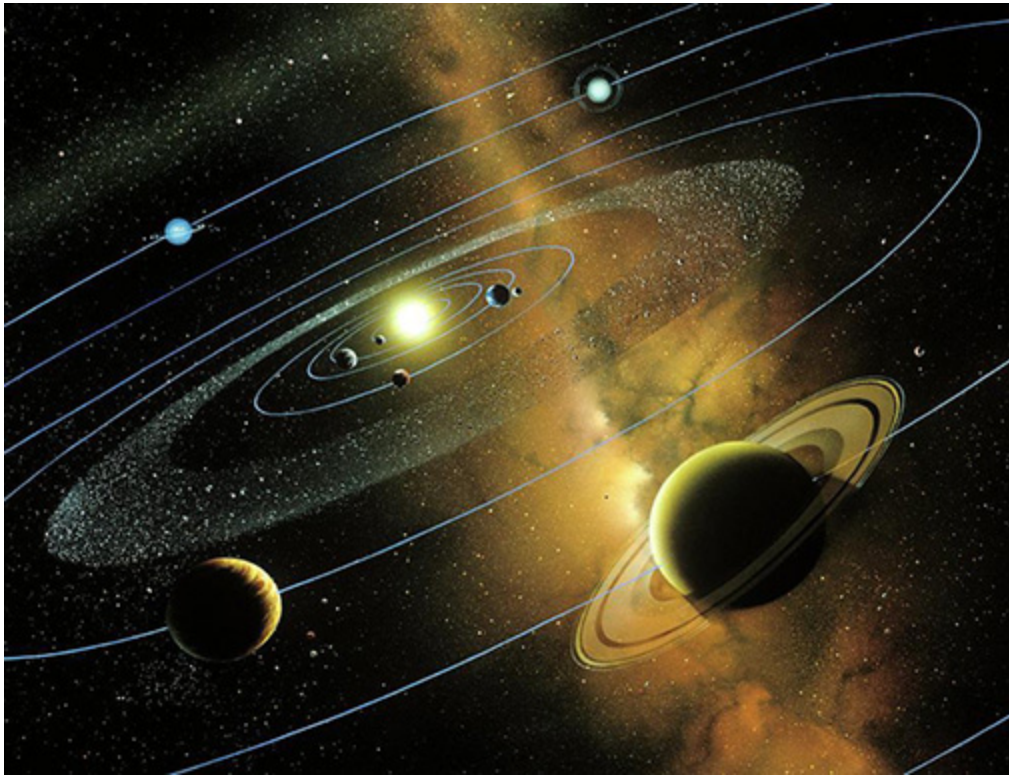


**Astrophysik
und Kosmologie
für Anfänger**

Philipp Jäger

Inhalt

1. Vorwort
2. Lichtgeschwindigkeit
3. Gravitation
4. Sterne und Planeten
5. Schwarze Löcher
6. Das Universum und die Raumzeitdimension
7. Die Spezielle Relativitätstheorie
8. $E = m \cdot c^2$
9. Die Allgemeine Relativitätstheorie
10. Sind wir allein im Universum? (Epilog)
11. Zahlen, Daten, Fakten



(Künstlerische Darstellung unseres Sonnensystems. Im Zentrum die Sonne, im Hintergrund die Planeten auf ihren Umlaufbahnen, im Vordergrund der Gasriese Saturn mit seinen pittoresken Ringen.)

Vorwort

Ich grüße euch, liebe Leser und heiße euch herzlich willkommen zu einer umfangreichen Einführung in die wunderbare Welt der Astrophysik. Wenn euch Astronomie und all die Mysterien des Weltraums faszinieren, dann haltet ihr das passende Werk in den Händen. Dieses Buch nutzen, um euch Themen wie Sterne, Lichtgeschwindigkeit, Schwarze Löcher, Raumzeitdimension, Gravitation und noch vieles mehr, näher zu bringen.

Astrophysik. Warum die Astrophysik so interessant auf den "modernen" Menschen wirkt, liegt wahrscheinlich daran, dass sie unter anderem unser Dasein erklärt. Außerdem befasst sie sich als einzige Wissenschaft mit der geheimnisvollen, unendlichen Weite des Universums. Seit der Mensch denken kann, stellt er sich die Frage wo er herkommt. Er fragt nach seiner Daseinsberechtigung und was der Sinn des Lebens ist. Die Astrophysik beantwortet vor allem die erste dieser Fragen. Natürlich spielen hier auch noch andere Naturwissenschaften mit rein, wie zum Beispiel die Biologie, Chemie und vor allem die Teilchenphysik. Aber wenn man es genau nimmt, laufen am Ende alle Anfänge in der der Astrophysik zusammen. Sie ist die Naturwissenschaft, die uns erklärt, warum wir existieren und wie das gesamte Universum aufgebaut ist. Natürlich gibt es noch einige Rätsel zu lösen und in vielen Bereichen des Universums tappen wir im wahrsten Sinne des Wortes im Dunkeln. In mehreren Epochen der Menschheit dachte

man bereits, dass praktisch alle Fragen der Physik geklärt wären und wir bereits alles wüssten. Doch dies war jedes Mal nur die Arroganz des Menschen, die ihm im Wege stand. Mittlerweile sind sich die Forscher und Wissenschaftler darüber einig: Wir wissen mehr als jemals zuvor. Und doch wissen wir praktisch fast nichts! Und das, obwohl wir doch schon so viel herausgefunden haben. Den aktuellen Wissensstand der Menschheit zu den zuvor genannten Themen möchte ich euch in diesem Buch auf einfache Art und Weise näherbringen. Hierbei wird normalerweise viel Mathematik angewandt. Mathematik ist eine Form, die physikalischen Geschehnisse im gesamten Universum in eine für den Menschen verständliche Sprache zu übersetzen. Sie ist die theoretische Seite, die im Gehirn des Menschen entsteht und später durch empirische Beobachtungen bestätigt wird oder auch nicht. Daher erlaubt sie uns auch, noch nicht erforschte Bereiche und Phänomene in der Physik und im Universum theoretisch zu bestimmen und zu berechnen. Da wo wir nichts mehr sehen können, bringt die Mathematik Licht ins Dunkle. Man könnte auch sagen, da wo wir nicht in der Lage sind praktische Erfahrungen zu machen, erlaubt sie uns trotzdem unseren Horizont zu erweitern. Obwohl dies alles nur theoretisch geschieht, spielt sie mitunter auch deshalb so eine große Rolle in der Physik. Zum Beispiel waren Albert Einsteins berühmte und geniale Relativitätstheorien in den ersten Jahren ausschließlich blanke Theorie, die lediglich in mathematischer Form existierte. Erst später wurden sie nach und nach durch die Praxis, in Form von Beobachtungen und Versuchen, bestätigt. Da die meisten Menschen sich mit der Mathematik allerdings eher weniger identifizieren können und diesem Thema abgeneigt gegenüberstehen, werde ich in diesem Buch bewusst auf mathematische Formeln, Gleichungen und ähnliche Darstellungsweisen gänzlich verzichten. Stattdessen werde ich versuchen, euch die Astrophysik anhand von realen und alltäglichen

Beispielen näherzubringen. Ich werde dabei versuchen, es euch vom Verständnis her, so einfach wie möglich zu machen. Ich möchte euch zwar viel Inhalt und Wissen vermitteln, werde aber versuchen nicht zu sehr auszuschweifen oder zu tief in die Materie einzudringen (kleiner Physikerwitz am Rande). Denn Astrophysik hängt beispielsweise auch unmittelbar und unweigerlich mit Teilchenphysik und Quantenmechanik zusammen.

In diesem Buch erhaltet ihr am Ende eines jeden Kapitels eine oder mehrere Seiten mit den wichtigsten zusammengefassten Informationen des jeweiligen Kapitels. So könnt ihr einerseits das neu erworbene Wissen besser vertiefen und andererseits eine Information schneller beim Nachschlagen wiederfinden. Sollten euch Zahleninformationen oder Werte begegnen, so werde ich zum einfacheren Verständnis immer den allgemein vereinfachten Wert angeben. Dahinter findet ihr dann in Klammern zusätzlich noch den exakten Wert, mit dem wir zwar nicht arbeiten werden, der aber dennoch zur Wissensvermittlung wichtig ist. Denn etwas Genauigkeit muss man in der Wissenschaft schon mit sich bringen. Im nachfolgenden Kapitel findet ihr hierzu auch bereits das erste Beispiel.

Lichtgeschwindigkeit

In den ersten zwei Kapiteln "Lichtgeschwindigkeit" und "Gravitation" geht es vor allem erst mal darum, dass ihr ein Grundverständnis für diese Begriffe entwickelt. Auf die Themen Lichtgeschwindigkeit und Gravitation wird in späteren Kapiteln wie "Schwarze Löcher", "Spezielle Relativitätstheorie" und "Allgemeine Relativitätstheorie" tiefgreifender eingegangen.

Naturkonstante. Das Licht ist dem Mensch als elektromagnetische Welle bekannt. Darüber hinaus ist es das absolut Schnellste was die Wissenschaft kennt. Die Geschwindigkeit in der sich das Licht ausbreitet, ist die wohl bekannteste und wichtigste Naturkonstante in der Astrophysik. Sie ist deswegen eine Konstante, weil sie im Vakuum immer gleich schnell ist. Es gibt absolut nichts, was sich schneller bewegen kann, als Licht. Immer wieder gab es Ideen, Theorien und Überlegungen, dass sich bestimmte Teilchen, Wellen und andere Dinge, schneller als Licht ausbreiten könnten oder müssten. Doch bis jetzt wurden all diese Theorien widerlegt, sofern man einen Weg fand, sie zu überprüfen.

Geschwindigkeitsverhältnisse. Dieses Kapitel ist besonders wichtig für das Verständnis von Entfernungen im Weltall. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt knapp 300.000 Kilometer pro Sekunde (exakter Wert: 299.792 km/s). Zum Vergleich: Der schnellste Seriensportwagen der Welt, der

Bugatti Chiron Super Sport 300+ hat 1.600 PS und einen Rekord mit seiner Höchstgeschwindigkeit von über 490 km/h aufgestellt. Da dieser Wert allerdings in Kilometern pro Stunde und nicht pro Sekunde angegeben ist, müssen wir für den Vergleich die Einheit der Lichtgeschwindigkeit anpassen. Dies ergibt dann einen Wert von etwa 1.00.000.000 Kilometern pro Stunde (exakter Wert: 1.079.251.200 km/h). Die Lichtgeschwindigkeit ist also 2,2 Millionen mal schneller als der schnellste Seriensportwagen der Welt. Das ist natürlich irrsinnig schnell und anfangs erst mal schwer vorstellbar.



(Bugatti Chiron Super Sport 300+)

Schallgeschwindigkeit. Ein anderes gutes Vergleichsbeispiel ist die Schallgeschwindigkeit. Schallwellen breiten sich in dem Medium "Luft" in unserer Erdatmosphäre mit 1.236 km/h aus. Lange Zeit war die Schallgeschwindigkeit das Schnellste was die Menschheit kannte. Zu damaligen Zeiten hieß es, dass wir niemals in der Lage sein werden, sie zu übertreffen. Doch auch das

haben wir inzwischen mit Flugzeugen geschafft. Und damit noch nicht genug! Die "Lockheed SR-71 Blackbird" gilt bis heute als das schnellste Flugzeug aller Zeiten. Sie schafft eine maximale Geschwindigkeit von unglaublichen 3.529 km/h. Das entspricht fast der dreifachen Schallgeschwindigkeit.



(Lockheed SR-71 Blackbird)

Geschwindigkeitsverhältnisse. Die "Weatherby Magnum", ihres Zeichens Schusswaffe, ist ein Jagdgewehr, welches sich aber auch bei Wettkämpfen größerer Beliebtheit erfreut. Sie verfügt über die derzeit höchste Mündungsgeschwindigkeit bei Serienfeuerwaffen. Die Bezeichnung Mündungsgeschwindigkeit bezieht sich auf die Geschwindigkeit an der Stelle, wo die Kugel aus dem Ende des Laufs, also aus der Waffe austritt. Die Projektile der Weatherby Magnum erreichen eine Geschwindigkeit von bis zu 1.076 Meter pro Sekunde. Dies sind umgerechnet 3.874 km/h oder ein Kilometer pro Sekunde.

Erdumfang. Die Erde hat einen Umfang von etwa 40.000 km. Diese Entfernung ist vorstellbar. Man braucht nur mal auf den Kilometerstand seines Autos gucken und bekommt direkt ein Gefühl dafür. Außer ihr fährt einen Neuwagen. Aber fast jeder weiß: 40.000 km sind fast nichts für ein Gebrauchtfahrzeug. Schließlich gibt es auch Autos die bereits 300.000 Kilometer und mehr auf dem Buckel haben. Bleiben wir bei der Zahl 300.000. Denn wie ja bereits bekannt ist, ist dies die Entfernung in Kilometern, die das Licht innerhalb einer Sekunde zurücklegt. Man stelle sich nun die Erde als Ganzes vor seinem inneren Auge vor. Dazu ein gelber Lichtstrahl, der die blaue Kugel umrundet. Innerhalb einer einzigen Sekunde, schafft es das Licht, den blauen Planeten 7,5 Mal zu umrunden!



(Lichtstrahlen von der Sonne ziehen an der Erde vorbei)

Hier noch mal der direkte Vergleich: