

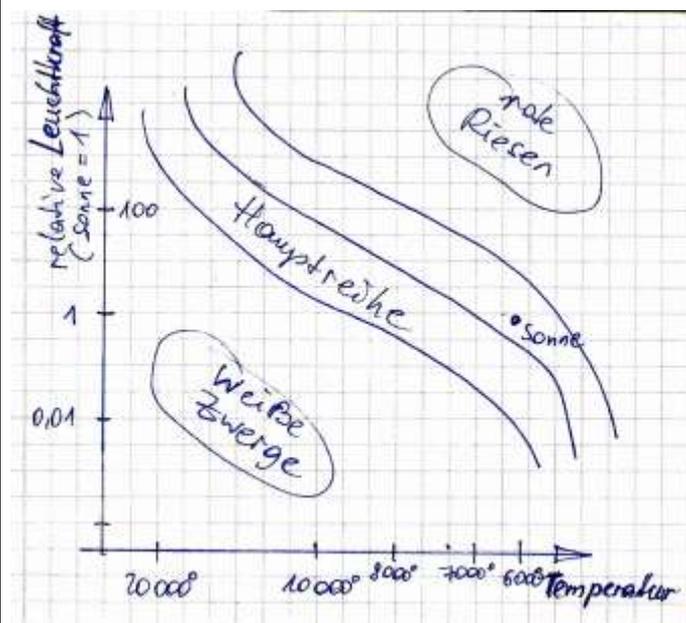
LINKS zu ASTROPHYSIK: <http://people.freenet.de/vk2/referat5.pdf>

119) Hertzsprung–Russel–Diagramm– Leben eines Sternes  
graphische Darstellung der Beobachtungsdaten von Sternen

**Das Hertzsprung–Russel–Diagramm:**

Im Hertzsprung-Russel-Diagramm sind die **Temperatur und die Leuchtkraft** von vielen Sternen aufgetragen. Dabei ergibt sich eine Sortierung in drei Gruppen:

- Hauptreihe: Die Sterne der Hauptreihe sind Sonnen, die Wasserstoff zu Helium verbrennen und in der Größenordnung unserer Sonne sind.
- Rote Riesen (rechts oben): Diese Sterne sind schon fast ausgebrannt und haben ihren Radius auf das Hundertfache vergrößert.
- Weißer Zwerge (links unten): Diese Sterne sind ebenfalls fast ausgebrannt und 100 mal kleiner als die Hauptreihensterne.



Entwicklungsstadien von Sternen

**Sternentwicklung** von Gaswolke zu Stern der Hauptreihe, dann je nach steigender Masse

- weißer Zwerg,
- Supernova → roter Riese
- Neutronenstern und Pulsar
- schwarzes Loch
- 

<http://www.astronomia.de/index.htm?http://www.astronomia.de/sternent.htm>  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Stern>

Kernreaktionen in einem Stern

Wasserstoff → Helium → Kohlenstoff, Sauerstoff, Mg, Fe

<p><u>120) Endstadien von Sternen</u> Supernova-Explosion</p> <p>Massenabhängigkeit des Endstadiums</p> <p>Neutronensterne</p> <p>Pulsare</p> <p>Schwarze Löcher</p> <p>und Quasare</p>	<p>Eine <b>Supernova</b> ist das schnell eintretende, helle Aufleuchten eines Sterns am Ende seiner Entwicklung durch eine Explosion, bei der der Stern selbst vernichtet wird. Die Leuchtkraft des Sterns nimmt dabei millionen- bis milliardenfach zu, er wird für kurze Zeit so hell wie eine ganze Galaxie.</p> <p><i>Sterne von der Größe der <b>Sonne</b> enden als extrem dichter <b>weisser Zwergstern</b>, der ohne eigene Energiequelle schließlich verlischt. Bei Sternen mit etwas mehr Masse (<b>Chandrasekhar-Grenze</b>) ist hier noch nicht Schluss. Ihr zurückgebliebener Kern fällt unter dem Druck der eigenen Schwerkraft weiter in sich zusammen, bis sogar Atomkerne und <b>Elektronen</b> zusammen gepresst werden. Dabei entsteht ein <b>Neutronenstern</b>, der, wenn er rotiert, wie ein kosmischer Leuchtturm Radiostrahlung aussendet und als <b>Pulsar</b> registriert werden kann.</i></p> <p><i>Die Riesen unter den Sternen enden in dem kompaktesten Objekt, das überhaupt vorstellbar ist, nämlich in einem einzigen Massenpunkt. Selbst die Kernkräfte halten dem Druck der Gravitation nicht Stand, so dass nichts mehr den Zusammensturz aufhalten kann. Es entsteht ein <b>Schwarzes Loch</b>, dem nicht einmal Licht entfliehen kann, und das sich nur durch seine enorme Schwerkraft bemerkbar macht.</i></p> <p>[Quelle: <a href="http://www.drfreund.net/astronomy_starlife.htm">http://www.drfreund.net/astronomy_starlife.htm</a>]</p> <p>Die Bezeichnung ist die Abkürzung für engl. "quasi-stellar radio source" (Quasistellare Radioquelle). Historisch bezeichnete sie kosmische Radioquellen die in den 1950er Jahren noch nicht mit den <b>Radiogalaxien</b> identifiziert werden konnten, die sie sind.</p>
<p><u>121) Universum, kosmologische Modelle</u> historischer Überblick Urknall</p> <p>expandierendes Universum</p> <p>Hintergrundstrahlung</p> <p>und Materie im Universum</p>	<p><a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Kosmologie">http://de.wikipedia.org/wiki/Kosmologie</a></p> <p><b>Aristoteles:</b> Kosmos = endlich + ewig, Mittelpunkt Erde + Mond + Sonne + Planeten + Sterne auf Sphären umkreisen die Erde.</p> <p><b>Kopernikanische Wende:</b> Sonne = Mittelpunkt</p> <p><b>heute:</b> Urknalltheorie, expandierendes Universum (Rotverschiebung der Spektrallinien der Sterne deutet auf Doppler-Effekt, auf Entfernung aller Sterne und Galaxien voneinander, je weiter, desto schneller) <b>Hubble-Gesetz: <math>v = H \cdot r</math></b></p> <p>(<math>H \approx 50 \text{ km/s pro Megaparsec} \approx 15 \text{ km/s pro Millionen Lichtjahre}</math>)</p> <p>Bei der Untersuchung von Radiosignalen 1965 beobachteten 2 Physiker eine cm-Strahlung, die aus allen Richtungen kommt. Das entspricht einer Temperatur von 2,7 K → die <b>Hintergrundstrahlung</b>. Man nimmt an, dass dies auf eine Strahlung von 3000 Kelvin 400000 Jahre nach dem <b>Urknall</b> hinweist (durch Expansion ist die Strahlung abgekühlt)</p> <p>Schwierig ist es heute noch zu erklären, warum sich aus dem Energieimpuls des Urknalls nicht die entstehenden Teilchen und Anti-Teilchen gegenseitig vernichtet haben, sondern <b>die Teilchen übrig geblieben</b> sind und die Sterne entstehen konnten.</p>

<p>122) Messungen im Universum Helligkeit und Leuchtkraft</p>	<p>Die <b>Leuchtkraft</b> ist ein Maß für die Energieemission eines Sterns in Form von elektromagnetischer Strahlung, die von seiner <b>Temperatur</b> und dem <b>Radius</b> abhängt.</p> <p>Unter der Leuchtkraft <math>L</math> versteht man die pro Sekunde insgesamt abgestrahlte Energie, d. h. die (<b>Strahlungs-</b>) <b>Leistung</b> in allen Bereichen des Spektrums. Sie wird in <b>Watt</b> gemessen, in der Astronomie oft aber auch in Einheiten der Sonnenleuchtkraft angegeben. Die Leuchtkraft der Sonne kann durch die Bestimmung der <b>Solarkonstante</b> direkt gemessen werden.</p> <p>Die <b>scheinbare Helligkeit</b> gibt an, wie hell ein Himmelskörper für einen Beobachter auf der Erde erscheint. In der Astronomie wird für die scheinbare Helligkeit die Schreibweise <math>3,^m0</math> oder <math>3,0 \text{ mag}</math> oder <math>m = 3,0 \text{ mag}</math> benutzt, wobei das kleine hochgestellte 'm' für <b>magnitudo</b> (Größe) steht. Die scheinbare Helligkeit ist stark abhängig von der Entfernung Beobachter – Himmelskörper bzw. Erde – Himmelskörper. Eine entfernungsunabhängige Größe ist die <b>absolute Helligkeit</b>.</p>
<p>Entfernungsbestimmung</p>	<p><b>Entfernungsbestimmung</b> ist in der Astronomie der Vorgang, mit dem die Entfernung von astronomischen Objekten zur Erde bestimmt wird.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entfernungsbestimmung von Planeten durch Beobachtung der <b>Umlaufzeiten der Planeten</b> (siehe auch <b>Keplersche Gesetze</b> Nr.3)</li> <li>2. Entfernungsbestimmung durch Laufzeitmessung elektromagnetischer Signale, wie z.B. die <b>Laser-Entfernungsbestimmung</b> zum Mond und die Radar-Messung des Abstands zur Venus</li> <li>3. <b>trigonometrische Verfahren</b>, wie z.B. die Entfernungsbestimmung naher Sterne mit Hilfe der <b>Parallaxe</b>, die durch den Jahreslauf der Erde um die Sonne hervorgerufen wird; der <b>Hipparcos-Satellit</b> nutzte diese Methode zur Distanzmessung von über 100.000 Sternen (bis etwa 500 <b>Lichtjahre</b>)</li> <li>4. <b>Spektroskopische Entfernungsbestimmung</b> von einzelnen Sternen</li> <li>5. Entfernungsbestimmung von visuellen <b>Doppelsternen</b> über die <b>Kepler-Gesetze</b></li> <li>6. Entfernungsbestimmung von <b>Galaxien</b> über den Zusammenhang zwischen Leuchtkraft und Periodendauer bei <b>Cepheiden</b> (siehe <b>Perioden-Leuchtkraft-Beziehung</b>) (bis etwa 50 Mill. Lichtjahre)</li> <li>7. Entfernungsbestimmung mittels der Helligkeit von <b>Supernovae</b> vom Typ Ia (für Galaxien in einer Entfernung, in der Cepheiden nicht mehr erkennbar sind)</li> <li>8. Entfernungsbestimmung von <b>Kugelsternhaufen</b> mittels ihrer <b>Farbe</b> und Helligkeit</li> <li>9. Entfernungsschätzung von Galaxien mittels ihrer <b>scheinbaren Helligkeit</b> oder Größe</li> <li>10. Kosmologische Entfernungsbestimmung mit Hilfe der <b>Ausdehnung des Weltalls</b>, Stichworte: <b>Rotverschiebung</b> und <b>Hubble-Konstante</b></li> </ol> <p>Von "<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Entfernungsbestimmung">http://de.wikipedia.org/wiki/Entfernungsbestimmung</a>"</p>

<p>122) Spektren der Sterne</p> <p>Masse der Sterne</p> <p>Radioastronomie</p>	<p>Das Licht der Sterne hat mehrere Informationen: Farbe, Spektrum</p> <p>Sterne lassen sich mit wenigen Zustandsgrößen nahezu vollständig charakterisieren. Die wichtigsten nennt man <i>fundamentale Parameter</i>. Dazu zählen  <a href="#">Oberflächentemperatur</a> (aus der Farbe des Lichts)  <a href="#">Schwerebeschleunigung</a> an der Oberfläche  <a href="#">absolute Helligkeit</a> (<a href="#">Leuchtkraft</a>) (aus rel. Leuchtkraft und Entfernung)  und, je nach Zusammenhang:  <b>Masse</b> (aus Leuchtkraft)  <b>Radius</b> (aus Leuchtkraft und Farbe)  <b>Dichte</b> (aus Masse und Radius und Spektrum)  <a href="#">Metallizität</a> (Häufigkeit chemischer Elemente schwerer als Helium) (aus Spektrum)  <a href="#">Rotationsgeschwindigkeit</a> (aus Spektrum)</p> <p>Die Oberflächentemperatur, die Schwerebeschleunigung und die Häufigkeit der chemischen Elemente an der Sternoberfläche lassen sich unmittelbar aus dem <a href="#">Sternspektrum</a> ermitteln. Ist die Entfernung eines Sterns bekannt, beispielsweise durch die Messung seiner <a href="#">Parallaxe</a>, so kann man die Leuchtkraft über die <a href="#">scheinbare Helligkeit</a> berechnen, die durch <a href="#">Fotometrie</a> gemessen wird. Aus diesen Informationen können schließlich der Radius und die Masse des Sterns berechnet werden.</p> <p><a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Radioastronomie">http://de.wikipedia.org/wiki/Radioastronomie</a>  Sterne senden nicht nur Licht sondern auch Radiowellen aus !</p>
<p>123) Krümmung der Raum-Zeit</p> <p>Prinzipien der Allgemeinen Relativitätstheorie</p> <p>Veränderung der Geometrie durch Masse</p> <p>experimentelle Nachweise</p>	<p>Die <a href="#">allgemeine Relativitätstheorie</a> beschreibt die <a href="#">Wechselwirkung</a> zwischen <b>Raum und Zeit</b> einerseits <b>und Materie</b> (inklusive Feldern) andererseits. In ihrer Kernaussage führt sie die <a href="#">Gravitation</a> auf ein geometrisches Phänomen in einer gekrümmten 4-dimensionalen <a href="#">Raumzeit</a> zurück. Sie wurde von <a href="#">Albert Einstein</a> entwickelt und 1916 veröffentlicht.</p> <p>Die allgemeine Relativitätstheorie führt die Gravitation auf ein geometrisches Phänomen in einer gekrümmten Raumzeit zurück, indem sie feststellt:  <b>Masse krümmt die Raumzeit</b> in ihrer Umgebung.  Ein Gegenstand, auf den nur gravitative Kräfte wirken, bewegt sich zwischen zwei Punkten in der Raumzeit stets auf einer sogenannten <a href="#">Geodäte</a> (kürzeste Verbindung, ist aber gekrümmt!)</p> <p><b>Uhren im Gravitationsfeld</b>  In der allgemeinen Relativitätstheorie hängt der Gang von Uhren nicht nur von ihrer relativen Geschwindigkeit ab, sondern auch von ihrem Ort im <a href="#">Gravitationsfeld</a>. Eine Uhr auf einem Berg geht schneller als eine im Tal. Dieser Effekt ist zwar im irdischen Gravitationsfeld nur gering, er wird jedoch beim <a href="#">GPS-Navigationssystem</a> zur Vermeidung von Fehlern bei der Positionsbestimmung über eine entsprechende Frequenzkorrektur der Funksignale berücksichtigt.</p>

	<p>Die <b>Winkelabweichung von Sternenlicht</b> der Fixsterne in Sonnennähe sollte also doppelt so groß sein wie im klassischen Fall. Dies wurde durch eine Afrikaexpedition zur Beobachtung der <b>Sonnenfinsternis von 1919</b> durch Arthur Eddington als Erstem verifiziert.</p> <p>Wegen der geringen Abweichung vom klassischen Wert sind die Planetenbahnen auch keine exakten Ellipsen mehr, sondern Rosetten. An der <b>Periheldrehung des Planeten Merkur</b> wurde dies erstmals nachgewiesen.</p>
--	---

### Wichtige Internetseiten für Physik:

Astronomie-LINKS:

<http://people.freenet.de/vk2/referat5.pdf>

Lexikon: <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>

Viele bewegte **Applets** zum Online-Experimentieren: <http://www.walter-fendt.de/>

Physikseite mit viel Theorie, Übung, Tests: <http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/>

Theorie, Konstanten+Erklärung: <http://iva.uni-ulm.de/PHYSIK/VORLESUNG/Index.htm>