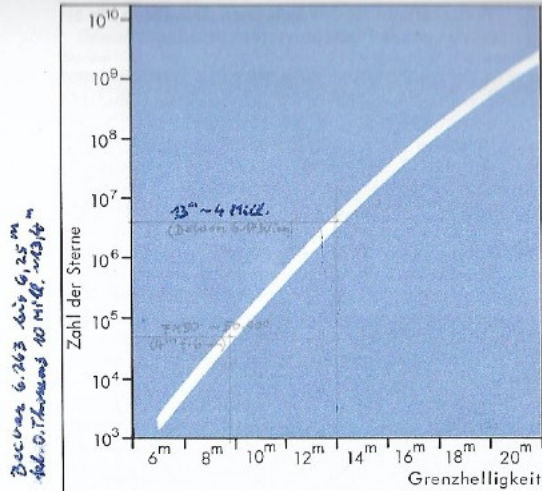


# §6.1 Sterne: Kataloge, Eigenbewegungen, Parallaxen (aus J.Herrmann, DTV-Atlas „Astronomie“, p.140-147)



Bis zum 6. 263 bis 6,25 m  
Ab 6. 263 bis 6,25 m  
Ab 6. 263 bis 6,25 m

Sirius	$\alpha$ C Mo	-1,5
Canopus	$\alpha$ Cor	-0,7
Toliman	$\alpha$ Cen	0,0
Arktur	$\alpha$ Boo	0,0
Wega	$\alpha$ Lyr	0,0
Capella	$\alpha$ Aur	+0,1
Rigel	$\beta$ Ori	+0,1
Prokyon	$\alpha$ C Mi	+0,4
Achernar	$\alpha$ Eri	+0,5
Agema	$\beta$ Cen	+0,6
Beteigeuze	$\alpha$ Ori	+0,7
Atair	$\alpha$ Aql	+0,8
Acrux	$\alpha$ Cru	+0,8
Aldebaran	$\alpha$ Tau	+0,9

A Gesamtzahl der Sterne bis zu verschiedenen photographischen Grenzhelligkeiten

B Tabelle der hellsten Sterne

## Sternatlanten und Sternkataloge

Der Sternatlas (S. 210-81) soll zum Aufsuchen der Sterne und Sternbilder und zum Kennenlernen der physischen Eigenschaften der helleren Sterne und anderer wichtiger Objekte dienen. Während mit freiem Auge theoretisch nur etwa 5000 bis 6000 Sterne zu sehen sind, und zwar am ganzen Himmel oberhalb und unterhalb des Horizonts, zeigt bereits ein mittelstarker Feldstecher 50000 bis 100000 Sterne. Die Gesamtzahl der Sterne, die man mit den größten Instrumenten der Erde wiedergeben kann, beträgt Billionen. Aber dies ist nur ein kleiner Teil aller Sterne im Weltall.

Natürlich kann von der Zahl aller mit heutigen instrumentellen Mitteln theoretisch zu erfassenden Sterne nur ein Teil in Katalogen und Atlanten zusammengestellt werden. Am weitesten reichen die mit großen Teleskopen erstellten photographischen Atlanten, vor allem die mit dem 48zölligen Schmidt-Spiegel auf dem Mt. Palomar gewonnene »Palomar Sky Survey«, die aus 1870 Platten im Format  $34 \times 34$  cm besteht (je 935 Rot- und 935 Blauaufnahmen). Sie enthält schätzungsweise über 500 Millionen Sterne und 10 Millionen ferne Galaxien (s. S. 197). Die Grenzhelligkeit beträgt auf den Rotaufnahmen  $20^m$  und auf den Blauaufnahmen  $21^m$ . Doch ist die Vielzahl dieser Sterne darüberhinaus nicht katalogmäßig nach Positionen, Helligkeiten oder gar so speziellen Daten wie Spektralklassen, Radialgeschwindigkeiten, Eigenbewegungen usw. erfaßt. Dazu müssen andere Werke herangezogen werden. Die sogenannten *Durchmusterungen* enthalten für viele Sterne Näherungswerte vor allem von Örtern und Helligkeiten. Am bekanntesten ist die Bonner Durchmusterung (abgek. BD), die auf F. W. ARGELANDER im 19. Jahrhundert zurückgeht und später von SCHÖNFELD fortgesetzt wurde. Der erste Teil enthält 324198 Sterne zwischen  $+90^\circ$  und  $-2^\circ$  Deklination, der zweite Teil 133659 Sterne zwischen  $-2^\circ$  und  $-23^\circ$ . Die südliche Fortsetzung, die Cordoba-Durchmusterung (CD), fügte weitere 613953 Sterne hinzu. Es sind fast alle Sterne bis  $9^m$ , teilweise bis  $10^m$ , bei der CD bis  $10^m$  berücksichtigt.

Genauere Werte der Örter enthalten die *Positionskataloge*, zu denen der Zonenkatalog der Astronomischen Gesellschaft gehört. Die zweite Neubearbeitung, der AGK 3, die 1963 abgeschlossen wurde, enthält für 21499 sogenannte *Anhaltsterne* Positionen aus Meridiankreisbeobachtungen. Ferner sind im AGK 3 183173 Sternörter aus photographischen Aufnahmen im Anschluß an die Anhaltsterne enthalten. Die genauesten Örter enthalten die *Fundamentalkataloge*, wie vor allem der Fundamentalkatalog FK des Astronomischen Recheninstituts Heidelberg. Inzwischen gibt es den FK 5 mit 1535 ausgewählten Sternen bis  $9^m$ . Wichtig ist auch der »Catalogue of 5268 Standard Stars« (N 30) von H.R. MORGAN. Einen großen Fortschritt bedeutete der Astrometrie-Satellit Hipparcos mit bis zu  $0,002''$  genauen Positionen, Eigenbe-

wegungen, Parallaxen und Helligkeiten von 118218 Sternen bis  $8^m$  und teilweise darunter. Der *Tycho-Katalog* ist noch umfangreicher. *Tycho 1* enthält 1 Mill., *Tycho 2* 2,5 Mill. Sterne mit etwas geringerer Genauigkeit. Der »Guide Star Catalogue« schließlich enthält die Sterne zur Positionierung des Hubble Space Teleskops.

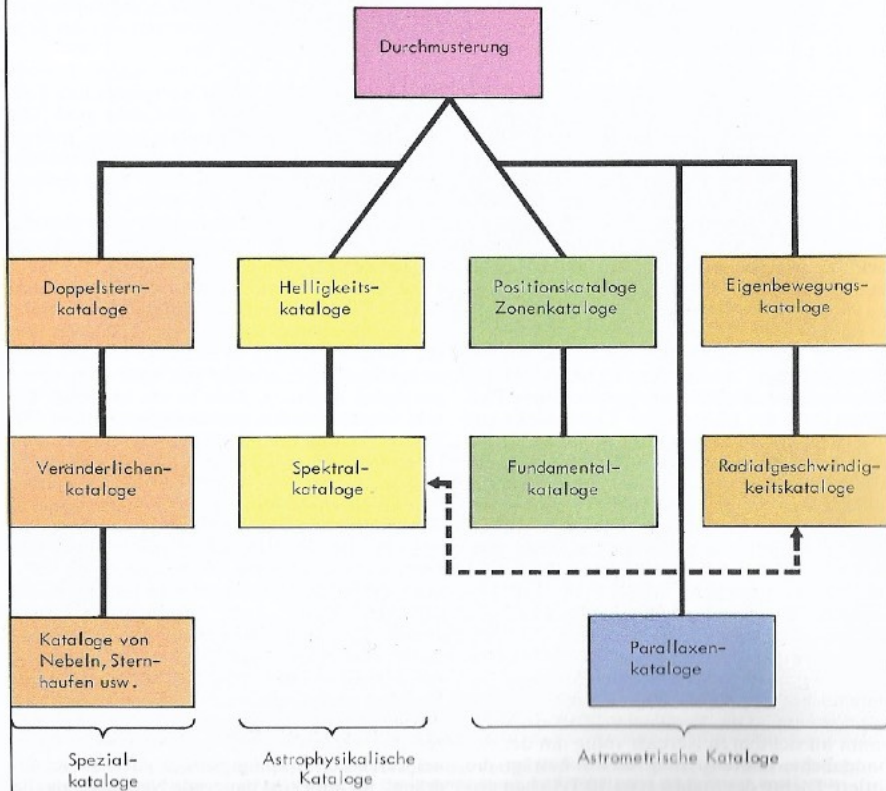
Von den Spezialkatalogen kann aus Raumgründen nur eine Auswahl gegeben werden. Besonders groß ist die Zahl der *Helligkeitskataloge*. Eine wichtige Grundlage ist das nur wenige Sterne umfassende Verzeichnis der *Internationalen Polsequenz* (IPS). Der Name rührt daher, daß die Sterne in der Umgebung des Himmelspols stehen. An diese Sterne wurden die anderen Helligkeitskataloge angeschlossen, z. B. die Harvard Photographic Photometrie (HPP), die Göttinger Aktinometrie (GA) usw.

Zu den wichtigsten *Spektralkatalogen* gehört der Henry-Draper-Katalog sowie die Potsdamer und Bergedorfer Spektraldurchmusterungen. Ferner gibt es Kataloge der Eigenbewegungen und Radialgeschwindigkeiten, der Parallaxen, Doppelsterne und Veränderlichen Sterne. Für Nebel und Sternhaufen sei erwähnt der von Ch. MESSIER stammende *Messier-Katalog*, in dem die einzelnen Objekte mit M1, M2 usw. bezeichnet sind, sowie der *New General Catalogue* von DREYER (z. B. NGC 5917) mit der Ergänzung des *Index-Katalogs* (z. B. IC 418). Besondere Kataloge gibt es auch für kosmische Radioquellen. Der der Katalognummer vorausgehende Buchstabe weist dabei oft auf das Observatorium hin, an dem das Verzeichnis aufgestellt wurde, z. B. 3 C 177 = Nr. 177 aus dem Dritten Katalog von Cambridge (England). Weitere Kataloge betreffen Röntgen-, Infrarotquellen usw.

## Die Namen und Bezeichnungen der Sterne

Nur die helleren Sterne haben Namen, die auf ältere Bezeichnungen der Araber, Griechen usw. zurückgehen. Daher führte der Augsburger Rechtsanwalt J. BAYER in seiner 1603 erschienenen »Uranometria« für die Sterne griechische Buchstaben ein, denen der Genetiv des lateinischen Sternbildnamens beigelegt wird. Im allgemeinen ging BAYER dabei nach der Helligkeitsfolge innerhalb eines Sternbilds vor, so daß also von ihm der hellste Stern mit  $\alpha$ , der zweithellste mit  $\beta$  usw. bezeichnet wurde. Leider hielt sich aber BAYER nicht streng an diese Regel. In einigen Fällen, wie z. B. beim Großen Bären, ging er nicht von der Helligkeit, sondern von der Position der Sterne innerhalb des Sternbilds aus. Reicht das griechische Alphabet nicht aus, so werden lateinische Buchstaben oder Zahlen benutzt. Diese Erweiterung geht vor allem auf J. FLAMSTEED (1646-1719) zurück. Für noch schwächere Sterne dienen Katalognummern, z. B. nach der Bonner Durchmusterung. Hier ein Beispiel für die verschiedene Bezeichnungsweise eines Sterns:

Schedir  
 $\alpha$  Cassiopeiae (abgek.  $\alpha$  Cas)  
BD +  $55^\circ$  139

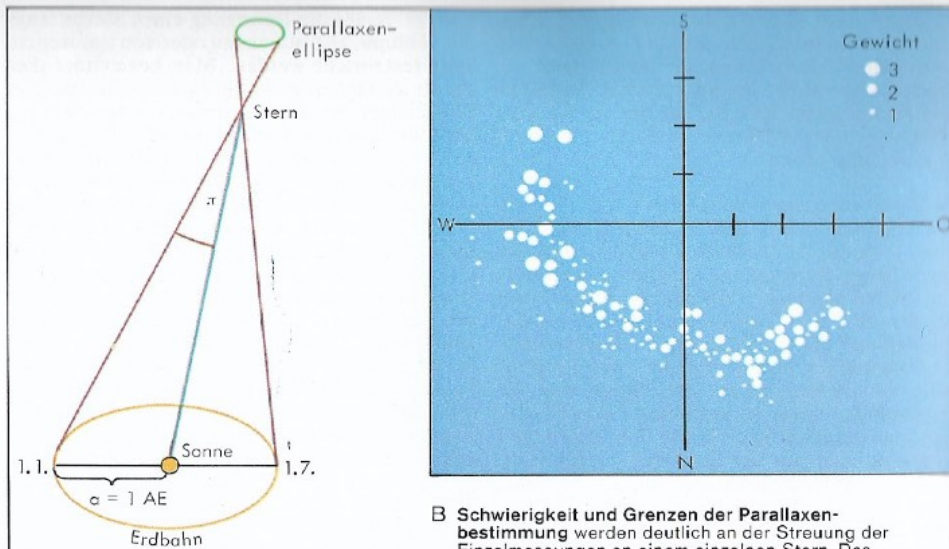


C Die wichtigsten Typen astronomischer Kataloge (Bohema)



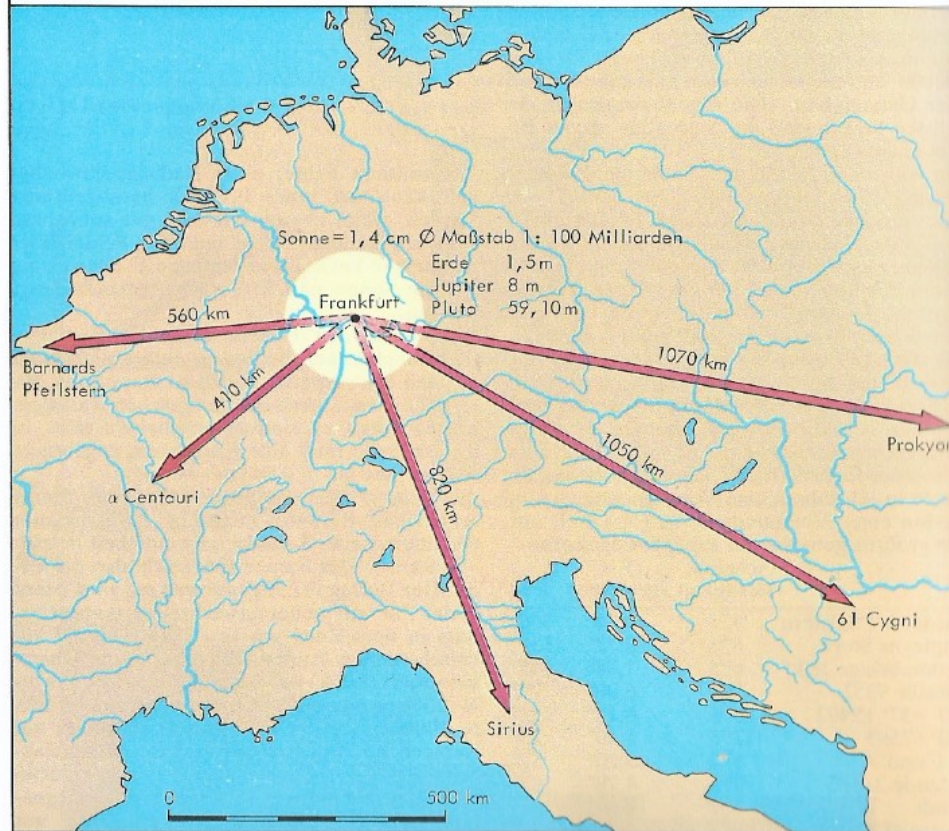






A Zur Erklärung der trigonometrischen Sternparallaxe

B Schwierigkeit und Grenzen der Parallaxenbestimmung werden deutlich an der Streuung der Einzelmessungen an einem einzelnen Stern. Das Gewicht einer Einzelmessung wird nach der Plattenqualität beurteilt



C Ein Modell der Sonnenumgebung

Benklasse angestiegen sein. Darauf wird sich der Abstand wieder vergrößern.

**Die jährliche Sternparallaxe**

Bewegt sich die Erde in einem Jahr um die Sonne, so scheint ein Stern am Himmelsgewölbe eine Verschiebung auszuführen, deren Betrag mit zunehmender Entfernung kleiner wird. Diese scheinbaren Winkerverschiebungen der Sterne nennt man die *jährliche trigonometrische Parallaxe*. In der Praxis wird die trigonometrische Parallaxe aus zahlreichen Einzelbeobachtungen während der ganzen Zeit eines Jahres, in der der betreffende Stern sichtbar ist, im Anschluß an einige schwache Nachbarsterne, von denen man annehmen kann, daß sie verschwindend kleine Parallaxen haben, abgeleitet. Die große Halbachse der scheinbaren Ellipse, die der Stern am Himmel beschreibt, ist die Parallaxe  $\pi$ , die mit der Entfernung  $\Delta$  in folgendem zahlenmäßigen Zusammenhang steht:

$$\pi : 1 = \Delta \text{ oder } \Delta = 1 : \pi$$

Die Parallaxe wird dabei in Bogensekunden, die Entfernung in parsec angegeben. 1 parsec (1 Parallaxensekunde) ist die Entfernung, von der aus gesehen der Erdbahnradius unter einem Winkel von 1 Bogensekunde erscheint. Durch die mathematisch eindeutige Verbindung zwischen Parallaxe und Distanz in parsec ist das parsec in der wissenschaftlichen Literatur das am meisten benutzte Entfernungsmaß. Ein *Lichtjahr* ist die Strecke, die das Licht bei einer Geschwindigkeit von rd. 300000 km/s in einem Jahr zurücklegt. Es ist eine für die nicht streng fachliche Literatur anschauliche Entfernungseinheit, die auch oft in diesem Buch benutzt wird. So sind die gebräuchlichsten astronomischen *Entfernungsmaße*:

- 1 Lichtjahr (1 Lj) =  $9,4605 \cdot 10^{12}$  km = 0,3066 parsec = 63240 Astronomische Einheiten
- 1 parsec (1 pc) =  $30,857 \cdot 10^{12}$  km = 3,262 Lichtjahre = 206265 Astronomische Einheiten

Ferner ist 1 Kiloparsec (1 kpc) = 1000 parsec, 1 Megaparsec (1 Mpc) = 1000000 parsec. Astronomische Einheit siehe S. 65. Selbst der nächste Stern hat eine Parallaxe von nur 0,750". Es ist der Doppelstern  $\alpha$  Centauri oder Toliman. Ein zum System  $\alpha$  Centauri gehörender weiterer, sehr schwacher Begleiter steht uns noch etwas näher und hat eine Parallaxe von 0,762". Da er damit der allernächste Stern ist, wurde er auch lateinisch Proxima Centauri genannt.  $\alpha$  Centauri ist damit 1,33 pc, Proxima 1,31 pc oder 4,3 Lichtjahre entfernt. Die ersten Sternparallaxen wurden übrigens durch F. W. BESSEL 1837/38 an dem Stern 61 Cygni (0,292") und von W. STRUVE 1835/38 an Wega (0,123") gefunden. Die durchschnittlichen mittleren Fehler der Sternparallaxen betragen  $\pm 0,001$  bis  $\pm 0,01$ .

Die Methode der Entfernungsbestimmungen mit Hilfe der jährlichen trigonometrischen Parallaxen versagt, wenn der Betrag der Parallaxen dem mittleren Fehler nahekommt. Das war bei den früheren Messungen bei einem Abstand von etwa 100 Lichtjahren der Fall. Leider war damit nur ein sehr kleiner Teil des Weltalls zu erfassen. Einen wichtigen Fortschritt erzielte der 1989 gestartete Astrometrie-Satellit Hipparcos. Er erzielte eine rund 10mal größere Genauigkeit der Sternpositionen. So konnte die Grenze für einigermaßen verlässliche Entfernungsangaben auf fast 1000 Lichtjahre erweitert werden. Jenseits dieser Grenze müssen andere, weniger direkte und meist weniger genaue Methoden herangezogen werden. Hierzu gibt es ein ganzes Bündel von Verfahren, je nach Entfernung und Objekttyp. Die wichtigsten Methoden werden in diesem Buch an Ort und Stelle erwähnt, z.B. die Cepheiden-Methode auf S.161/162 oder die Entfernungen für Galaxien auf S.196/197.

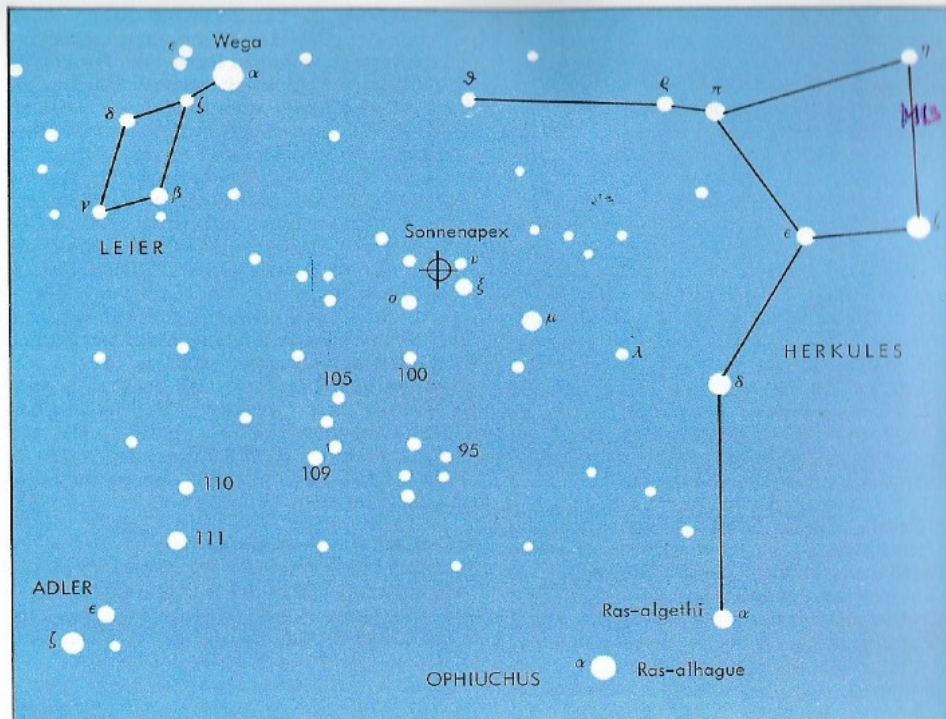
**Ein Modell der Sonnenumgebung**

Bereits die nächsten Sterne sind so weit von der Erde entfernt, daß es Schwierigkeiten bereitet, sich davon eine Vorstellung zu machen. Das folgende Modell soll dazu verhelfen: das Planetensystem und die Sonnenumgebung werden im Maßstab 1 : 100 Milliarden verkleinert. Es entspricht dann 1 cm im Modell 1 Million km in der Natur. Das Sonnensystem wäre damit noch auf einem Schulhof oder auf einer großen Straßenkreuzung unterzubringen: die Sonne selbst hätte einen Durchmesser von 1,4 cm. In 1,5 m Abstand stünde die 0,1 mm große Erde, in fast 8 m Sonnenentfernung der 1,4 mm große Jupiter und in 59 m Abstand der 0,02 mm große Pluto. Verlegt man das so verkleinerte Sonnensystem nach Frankfurt a. M., dann wäre Proxima Centauri 410 km, Sirius 820 km usw. von dort entfernt (s. S. 144 C). Aber Deneb im Schwan wäre rd. 600000 km (1/2facher Mondabstand) entfernt.

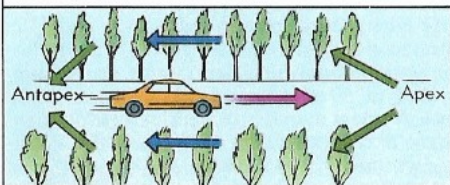
**Die nächsten Sterne bis 16 Lj Entfernung**

Stern	Sternbild	Entf. in Lj
Proxima Centauri	Zentaur	4,23
Toliman/Rigil	$\alpha$ Cen	4,35
Kentaurus	Zentaur	5,98
Barnards Pfeilstern	Schlangenträger	7,80
Wolf 359	Löwe	8,23
Lalande 21185	Gr. Bär	8,57
Luyten 726-8 A/B	Walfisch	8,57
Sirius A/B	Gr. Hund	9,56
Ross 154	Schütze	10,33
Ross 248	Andromeda	10,67
$\epsilon$ Eridani	Eridanus	10,83
Ross 128	Jungfrau	11,08
Luyten 789-6	Wassermann	11,28
Groombridge 34 A/B	Andromeda	11,29
$\epsilon$ Indi	Indianer	11,30
61 Cygni A/B	Schwan	11,40
BD +59° 1915	Drache	11,40
$\tau$ Ceti	Walfisch	11,40

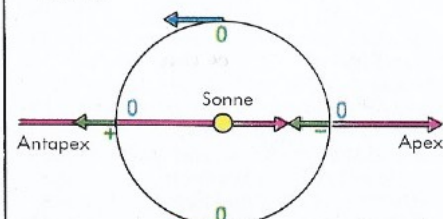




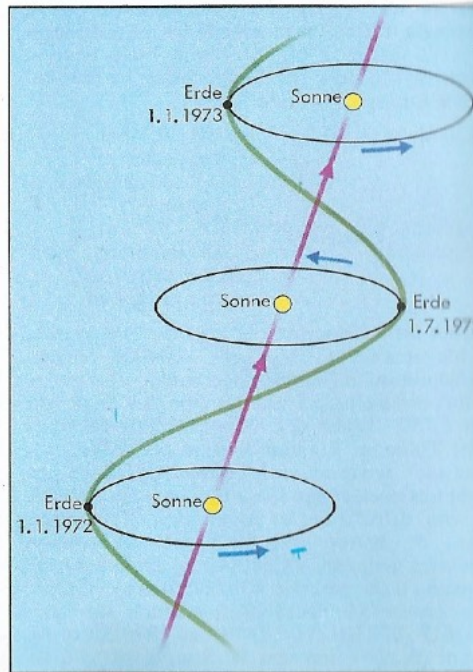
A Die Lage des Sonnenapex im Sternbild Herkules



B Systematische Bewegungseffekte, aus denen bei einer geradlinigen Autofahrt durch eine Allee an den Bäumen Fahrtrichtung und -geschwindigkeit abgelesen werden können



C Die Radialgeschwindigkeiten zeigen in Richtung zum Apex statistisch den größten negativen, im Antapex den größten positiven Wert (grün). Die Eigenbewegungen zeigen ein Minimum (blau). Rechtwinklig zur Bewegungsrichtung der Sonne haben die Eigenbewegungen der Sterne (blau) ein Maximum, die Radialgeschwindigkeiten (grün) ein Minimum



D Die Schraubenbewegung der Erde infolge der Sonnenbewegung auf das Sternbild Herkules

Stern	Sternbild	Entf. in Lj
Prokyon A/B	Kl. Hund	11,41
Lacaille 9352	Südl. Fisch	11,47
Gliese-Jahreiss 1111	Krebs	11,83
Gliese-Jahreiss 1061	Pendeluhr	12,06
Luyten 725-32	Walfisch	12,20
BD + 05° 1668	Kl. Hund	12,34
Lacaille 8760	Mikroskop	12,61
Kapteyns Stern	Maler	12,63
Krüger 60 A/B	Kepheus	12,95
Ross 614	Einhorn	13,1
BD - 12° 4523	Schlangenträger	13,4
Wolf 28	Walfisch	13,8
van Maanens Stern	Fische	13,8
Wolf 424	Jungfrau	14,6
Groombridge 1618	Gr. Bär	14,7
CD - 37° 15492	Bildhauer	14,9
CD - 46° 11540	Altar	15,3
BD + 20° 2465	Löwe	15,4
CD - 44° 11909	Skorpion	15,6
CD - 49° 13515	Kranich	15,6
AOe 17415-6	Drache	15,8
Ross 780	Wassermann	15,8
Lalande 25 372	Bootes	15,9
CC 658	Fliege	16,0
alpha Eridani	Eridanus	16,3
70 Ophiuchi	Schlangenträger	16,4

**Die Raumbewegung der Sonne**

Aus der räumlichen Bewegung der Sterne kann geschlossen werden, daß sich auch unsere eigene Sonne durch den Raum bewegt. Die Methode, diese Bewegung zu ermitteln, erläutert folgendes Beispiel: Man fährt mit einem Auto geradlinig durch eine Allee. Könnte man nicht aus anderen Wahrnehmungen Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung ableiten, wäre dies aus einer Bewegung der Bäume möglich. In Fahrtrichtung gesehen, scheinen die Bäume auseinanderzustreben, rechtwinklig dazu laufen sie scheinbar rückwärts am Auto vorbei, und in der Richtung, aus der es gekommen ist, streben die Bäume aufeinander zu. Genau dasselbe gilt auch für die Bewegung der Sonne durch das Weltall. Die systematischen Bewegungseffekte der Sterne müssen beobachtet werden. Eine Erschwerung gegenüber dem Beispiel mit der Autofahrt besteht allerdings darin, daß die Sterne nicht wie die Bäume feststehen, sondern sich ihrerseits bewegen. Man kann aber hoffen, daß sich bei einer statistischen Bearbeitung sehr vieler Sterne die individuellen Bewegungen der anderen Sterne nicht mehr allzu stark bemerkbar machen, so daß sich der oben geschilderte Effekt deutlich zeigt. Das wird allerdings nur dann funktionieren, wenn die bearbeiteten Sterne keine systematischen Bewegungen aufweisen, d.h. daß ihre individuellen Raumbewegungen tatsächlich ganz zufällig statistisch verteilt sind. Liegen irgendwelche Bevorzugungen bestimmter Bewegungsrichtungen vor, so treten unter Umständen Verfälschungen bei der Ableitung der Raumbewegung der Sonne ein. Das kann man sich leicht klar machen, wenn man einmal annimmt, die Bäume im Beispiel würden sich alle in einer

Richtung schräg von vorne links nach rechts hinten in Fahrtrichtung gesehen auf die Straße und über sie hinaus bewegen. Tatsächlich ist die Voraussetzung beliebiger Bewegungsrichtungen bei den Sternen nicht streng erfüllt, was eine exakte Ermittlung der Sonnenbewegung sehr schwierig gestaltet. Grobe Angaben waren allerdings schon W. HERSCHEL 1783 möglich, der damals sogar nur 13 Sterne untersuchte. Später hat man die Untersuchungen auf viel größere Sternzahlen ausgedehnt. Der *Sonnenapex*, der Zielpunkt der Raumbewegung der Sonne, liegt etwa bei  $\alpha = 18\text{h}$ ,  $\delta = +30^\circ$ , also im Sternbild Herkules. Die *Geschwindigkeit der Sonnenbewegung* kann aus einer systematischen Verteilung der Radialgeschwindigkeiten der Sterne abgeleitet werden. Im Mittel zeigen nämlich die in der Richtung zum Apex gelegenen Sterne eine negative Radialgeschwindigkeit. Als Ergebnis zeigt sich für die Raumbewegung der Sonne eine Geschwindigkeit von 19,4 km/s. Man bezeichnet diese auf die Nachbarsterne bezogene Bewegung auch als *Pekuliarbewegung* (im Gegensatz zu der Rotationsbewegung um das Zentrum des Milchstraßensystems, s. S. 179). Im Jahre 1967 konnte die Pekuliarbewegung der Sonne auch erstmals radioastronomisch ermittelt werden, und zwar durch die DOPPLER-Verschiebung der 21 cm-Strahlung des interstellaren neutralen Wasserstoffs (s. auch S. 169). Unter Berücksichtigung der möglichen Meßfehler stimmt dieses Resultat mit den optischen Beobachtungen überein.

**Säkulare Parallaxen**  
Die Sonne legt infolge ihrer Pekuliarbewegung pro Jahr eine Strecke von rund 610 Mill. km zurück, das sind etwa 4,09 Astronomische Einheiten. Mit ihr wandern die Planeten durch den Raum, so daß die Erdbahn von einem Punkt außerhalb des Planetensystems gesehen als eine Schraubenbewegung erscheint. Wegen der Pekuliarbewegung ergibt sich eine parallaktische Verschiebung der Sterne, die sogar schon in einem Jahr größer ist als die durch den Erdumlauf um die Sonne bedingte trigonometrische Parallaxe. Der Unterschied zwischen dieser *säkularen Parallaxe* und der jährlichen Parallaxe besteht darin, daß erstere zu einer geradlinigen Verschiebung führt, die sich im Laufe langer Zeiten immer weiter aufsummiert, die letztere aber eine geschlossene Ellipse ist, deren Größe sich erst dann verändert, wenn sich die Distanz zu den Sternen nach viel längerer Zeit merklich vergrößert oder verringert hat. Der verhältnismäßig große Betrag der säkularen Parallaxen bietet grundsätzlich die Möglichkeit, die Abstände auch solcher Sterne zu bestimmen, die bereits so weit von uns entfernt sind, daß sie sich einer Messung der trigonometrischen Parallaxe entziehen. Leider sind aber die säkularen Parallaxen so sehr mit der Pekuliarbewegung der Sterne verquickt, daß bei einem