

LEHRBUCH DER ASTRONOMIE

VON

DR. ELIS STRÖMGREN

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT KOPENHAGEN

UND

DR. BENGT STRÖMGREN

LEKTOR AN DER UNIVERSITÄT KOPENHAGEN

MIT 186 ABBILDUNGEN



BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1933

ISBN-13:978-3-642-89464-0 e-ISBN-13:978-3-642-91320-4
DOI: 10.1007/978-3-642-91320-4

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1933 BY JULIUS SPRINGER IN BERLIN.
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1933

Vorwort.

In der zur Zeit vorliegenden astronomischen Literatur kann man — wenn von der laufenden Forschungsliteratur abgesehen wird — zwei Hauptgruppen unterscheiden: die mehr oder weniger populären Werke, die die Forschungsergebnisse ohne technische Details mitteilen, und die wissenschaftlichen Lehrbücher, die in der Hauptsache Kenntnis der Arbeitsmethoden vermitteln.

Das vorliegende Werk soll ein Mittelding bilden: es soll den Lesern ein gewisses Maß konkreter astronomischer Kenntnisse beibringen, aber gleichzeitig überall wenigstens eine erste Einführung in die wissenschaftlichen Methoden geben. Das Werk ist als Übersetzung und wesentliche Erweiterung eines Lehrbuchs entstanden, das seinerseits im Jahre 1931 als eine Erweiterung und Modernisierung des in den nordischen Ländern altbekannten Lehrbuchs von MOHN und GEELMUYDEN bei Gyldendal in Oslo in dänischer Sprache erschien.

Die Verfasser haben bei der Ausarbeitung des vorliegenden Werkes besonders zwei Ziele ins Auge gefaßt: das Buch soll einerseits den angehenden Astronomen als eine erste Einführung in ihre Wissenschaft dienen können, und zwar auf allen Gebieten — auch denjenigen, die nicht im Brennpunkt des Interesses der jetzigen Astronomengeneration stehen — und die Studierenden so weit führen, daß sie für das wissenschaftliche Fachstudium genügend vorbereitet sind; es soll andererseits ein wohl zur Zeit fehlendes Bindeglied zwischen Amateurastronomie und wissenschaftlicher Astronomie bilden. Die Verfolgung dieser verschiedenen Zwecke hat bewirkt, daß das Buch auf vielen Gebieten zuerst eine elementare Behandlung eines bestimmten Problems gibt und nachher — in einem späteren Kapitel — dasselbe Problem in strengerer, mehr wissenschaftlicher Weise behandelt. Als Beispiele seien die beiden Gebiete: Beobachtungen an astronomischen Meßinstrumenten und die Probleme der Himmelsmechanik erwähnt, Gebiete, die beide in zwei verschiedenen Kapiteln behandelt werden. Wir haben versucht, das Ganze so darzustellen, daß jedermann beim Studium eines bestimmten Problems dort abbrechen kann, wo es anfängt schwierig zu werden, daß er gleichzeitig aber doch mit den Anfangsgründen vertraut geworden ist. Es ist unsere Hoffnung, daß das Werk durch diese Anordnung des Stoffes auch den vielen interessierten Amateuren unserer Zeit wird nützlich sein können.

Im Anhang finden sich einige Formeln und Sätze aus der Theorie der Beobachtungen und aus der Theorie der Interpolation, der numerischen Differentiation und der numerischen Integration. Die Ableitung dieser Formeln und Sätze fällt nicht in das Gebiet der Astronomie; da ein erfolgreiches astronomisches Studium aber nicht ohne Kenntnis der elementaren Begriffe innerhalb dieser Probleme betrieben werden kann, haben wir (auf den S. 493 bis 505) das Notwendigste, zum Teil ohne Beweise, zusammengestellt.

Das Buch ist durch Zusammenarbeit der beiden Verfasser entstanden; es soll jedoch erwähnt werden, daß das Kapitel über Himmelsmechanik (außer § 204) und der Anhang von E. STRÖMGREN stammen, und daß B. STRÖMGREN das Kapitel Stellarastronomie und Astrophysik, § 204 und den Abschnitt über die Sonne verfaßt hat.

Die grundlegende Übersetzungsarbeit ist — in Zusammenarbeit mit den Verfassern — von Frau Dr. KRÜGER in Kopenhagen ausgeführt worden. Eine durchgreifende sprachliche Revision sowie auch viele sonstigen guten Ratschläge verdanken wir Herrn Professor PRAGER in Neubabelsberg. Herr Professor E. KOHLSCHÜTTER hat uns bei den geodätischen Problemen beraten, und Herr Dr. RAUSCHELBACH hat uns einige wertvollen Winke zu dem Gezeitenproblem gegeben. Arbeiten, die nach dem Juli 1932 veröffentlicht sind, haben im allgemeinen nicht berücksichtigt werden können.

Namen lebender Forscher sind in dem Buche nicht genannt worden, von einigen wenigen Fällen abgesehen, wo ein Gesetz oder ein Prinzip in der Literatur mit einem bestimmten Namen unzertrennlich verknüpft ist, oder wenn — wie es bei den kurzperiodischen Kometen der Fall ist — ein Objekt in der ganzen astronomischen Literatur den Entdeckernamen trägt.

Eine Anzahl Zusammenstellungen sind, ungeändert oder mit kleineren Modifikationen, aus anderen Werken oder Zeitschriften übernommen: S. 390 aus R. H. FOWLER, *Statistical Mechanics*; S. 465 aus Groningen Publ. 38; S. 471 aus MÜLLER-POUILLET, *Lehrbuch der Physik: Physik des Kosmos* (nach Mt. Wilson Contr. 301); S. 480 aus Harvard College Observatory Circ. 371; S. 481 aus RUSSELL-DUGAN-STEWART, *Astronomy*; S. 539 (Historische Übersicht über die ungefähre Unsicherheit in gemessenen Positionen) aus Publ. Astr. Soc. Pac. 41, 224; S. 544 aus den Hamburger Hilfstafeln. Die Parallaxen und Eigenbewegungen auf S. 459 sind hauptsächlich der Zusammenstellung in *Popular Astronomy* 38, 19 entnommen.

Die Refraktionstafeln S. 540 bis 541 verdanken wir Herrn Staatsrat Prof. A. DONNER.

Der Hauptteil des Illustrationsmaterials ist vom Verlag neu hergestellt worden. Eine Anzahl Abbildungen entstammen anderen Werken, die im selben Verlag erschienen sind. In bezug auf die zwei Stereoskopbilder am Schluß des Buches soll erwähnt werden, daß Abdrucke dieser Bilder dem kleinen Werke „Zweite Sammlung astronomischer Miniaturen“ (Berlin: Julius Springer 1927) abtrennbar angeheftet sind.

Kopenhagen, Univ.-Sternwarte, November 1932.

Die Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

§	Einleitung.	Seite
1.	Die verschiedenen Zweige der Astronomie	1
2— 10.	Über astronomische Instrumente im allgemeinen. Das Fernrohr. Photographie. Winkelmessung. Uhren. Photometrie. Spektralapparate. Spektrum.	2
11— 15.	Einige mathematische Hilfssätze Sphärisch-trigonometrische Formeln.	20
16.	Der Sternhimmel	25
Sphärische Astronomie.		
17— 23.	Die tägliche Bewegung des Himmels. Sphärische Koordinaten	27
24— 36.	Die astronomischen Meßinstrumente Theodolit. Universalinstrument. Durchgangsinstrument. Meridiankreis und Vertikalkreis. Äquatoreal aufgestellte Instrumente. Refraktor und Reflektor. Historische Bemerkungen. Mikrometer.	34
37— 39.	Die Refraktion	55
40— 45.	Die jährliche Bewegung der Sonne Ekliptik. Beziehungen zwischen Äquatordial- und Ekliptikal-Koordinaten. Absolute Beobachtungen in älterer und neuerer Zeit. Sternkataloge.	60
46— 52.	Die Einteilung der Zeit Das tropische Jahr. Sternzeit und Sonnenzeit. Kalender.	67
53— 66.	Präzession. Nutation. Aberration. Jährliche Parallaxe . . .	79
67— 71.	Die scheinbare Bewegung des Mondes und der Planeten . . .	94
72— 78.	Bestimmung der Zeit und der Rektaszension durch Beobach- tung.	102
79— 82.	Bestimmung der Polhöhe durch Beobachtung Polschwankungen. Bestimmung der geographischen Koordinaten zur See.	112
83— 84.	Bestimmung des Azimuts durch Beobachtung	119
Die astronomische Bewegungslehre und einige damit zusammenhängenden Probleme.		
85— 89.	Einleitende Bemerkungen Geschwindigkeit. Beschleunigung. Kraft. Trägheit. Masse. Dichte. Tan- gential- und Zentrifugalkraft. Zentralkräfte.	120
90— 97.	Größe und Gestalt der Erde Gradmessungen. Die Erde als Umdrehungsellipsoid.	125
98—100.	Die tägliche Parallaxe	136
101—108.	Rotation der Erde	143
109—114.	Weltsysteme Das Altertum. Das Copernicanische System.	149

§	Seite
115—123. Die KEPLERSchen Gesetze	156
Die Bahnen der Planeten im Raum. Bahnelemente.	
124—132. Das Gravitationsgesetz	165
Elementare Betrachtungen über das Zwei- und Dreikörperproblem und das Störungsproblem.	
133—142. Die Bewegung des Mondes. Präzession und Nutation. Ebbe und Flut	175
Elementare Betrachtungen.	
143—151. Finsternisse	186
Sonnen- und Mondfinsternisse. Sternbedeckungen durch den Mond. Merkur- und Venusdurchgänge.	
152—155. Die Entfernung der Erde von der Sonne	197
Ältere und neuere Methoden zur Bestimmung der Sonnenparallaxe.	
Mathematische Behandlung des Zweikörperproblems, des Drei- und n-Körperproblems und des Störungsproblems.	
156—179. Das Zweikörperproblem	202
Differentialgleichungen des Zweikörperproblems und deren Integration. Relative Bewegung. Vergleich mit den KEPLERSchen Gesetzen. Bahnelemente. Reihenentwicklungen im Zweikörperproblem. Bahnbestimmung. Die absoluten Bewegungen im Zweikörperproblem.	
180—189. Das Dreikörperproblem	230
Differentialgleichungen und bekannte Integrale. Exakt lösbare Fälle des Dreikörperproblems. Das restringierte Problem (problème restreint).	
190—203. Das Störungsproblem	242
Verschiedene Störungsprobleme. Die Bewegungsgleichungen des Planetenproblems als Differentialgleichungen der rechtwinkligen Koordinaten. Störungsfunktion. Entwicklung der Störungsfunktion in eine unendliche Reihe. Umformung der Bewegungsgleichungen in Differentialgleichungen der Bahnelemente. Integration. Verschiedene Typen von Störungsgliedern: säkulare, langperiodische und normale periodische Glieder.	
204. Zur Definition der in der Himmelsmechanik benutzten Koordinatensysteme	256
Inertialsysteme der NEWTONSchen Mechanik. Festlegung eines Inertialsystems durch Planetenbeobachtungen. Festlegung eines Inertialsystems durch Fixsternbeobachtungen. Bestimmung der Präzessionskonstante.	
205. Bewegungsformen innerhalb eines Sternsystems auf Grund der gesamten Anziehung des Systems	260
Problemstellung. Einfaches Beispiel: Bewegungsformen in kugelsymmetrischen Sternhaufen.	
Das Sonnensystem.	
206—211. Die Sonne	262
Dimensionen. Masse. Dichte. Flecke. Fackeln. Rotation. Spektrum. Korona. Protuberanzen. Chromosphäre. Spektroheliograph. Strömungsphänomene in der Sonnenatmosphäre. Physikalische und chemische Verhältnisse in den äußersten Schichten der Sonne. Das Innere der Sonne.	
212—235. Die Planeten und die Trabanten	278
Allgemeines. Merkur. Venus. Erde und Mond. Mars. Die kleinen Planeten. Jupiter. Saturn. Die gegenseitigen Störungen der Planeten Jupiter und Saturn. Uranus. Neptun. Pluto. Umlaufs- und Rotationsrichtung im Planetensystem.	

§		Seite
236—243.	Die Kometen Aussehen. Bahnen im Raume. Die vier Hauptgruppen unter den kurzperiodischen Kometen. Bahnbestimmung. Die ursprünglichen Bahnen der Kometen. Physische Verhältnisse.	303
244—246.	Sternschnuppen und Feuerkugeln. Das Zodiakallicht Die Perioden in der Erscheinung der Sternschnuppen. Beziehungen der Sternschnuppen und Meteore zu Kometen. Das Zodiakallicht.	314
247.	Astronomische Konsequenzen der Relativitätstheorie	319
248.	Bewegungsformen im Sonnensystem.	319
Stellarastronomie und Astrophysik.		
249—256.	Helligkeit. Farbe. Durchmesser. Flächenhelligkeit Absolute und scheinbare Größe. Die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen photometrischen Systeme. Farbenäquivalente. Interferometrische Durchmesserbestimmung. Flächenhelligkeit	321
257—262.	Sternspektren Das kontinuierliche Spektrum. Effektive Temperatur. Farbtemperatur. Das Absorptionslinienspektrum. Spektraltypus. Spektraltypus und Farbe. Spektraltypus und absolute Helligkeit. Zweidimensionale Spektralklassifikation. Spektroskopische Parallaxenmethode.	336
263—271.	Die Eigenschaften der Sternatmosphären und die theoretische Deutung der Sternspektren Die Probleme der theoretischen Spektralanalyse. Die atomaren Mechanismen der Lichtemission und Lichtabsorption. Übergangswahrscheinlichkeiten. Gleichgewichtszustände eines homogenen, unendlich ausgedehnten Gases (Ionisationstheorie). Sternatmosphären in lokalem thermodynamischem Gleichgewicht. Das kontinuierliche Spektrum. Die Absorptionslinien. Reine Absorption, Streuung und Fluoreszenz. Deutung des Zusammenhangs zwischen Spektraltypus und Temperatur und zwischen Spektraltypus und absoluter Helligkeit. Die relative Häufigkeit der Elemente.	349
272—275.	Das RUSSELL-Diagramm. Der innere Aufbau der Sterne Die Beobachtungsdaten. Das RUSSELL-Diagramm als Mittel zur Zusammenfassung der Beobachtungsdaten. Die beobachtete Verteilung der Sterne im RUSSELL-Diagramm. Der innere Aufbau der Sterne. Interpretation des RUSSELL-Diagramms.	390
276—280.	Eigenbewegung. Radialgeschwindigkeit. Parallaxe. Raumgeschwindigkeit. Bewegung des Sonnensystems	400
281—298.	Doppelsterne und mehrfache Systeme Visuelle Doppelsterne. Bahnbestimmung bei visuellen Doppelsternen. Bestimmung der Massen visueller Doppelsterne. Verteilung der visuellen Doppelsterne im RUSSELL-Diagramm. Spektroskopische Doppelsterne. Bahnbestimmung und Massenbestimmung bei spektroskopischen Doppelsternen. Visuelle Doppelsterne, bei denen Radialgeschwindigkeitsänderungen beobachtet sind. Beobachtung spektroskopischer Doppelsterne mit dem Interferometer. Photometrische Doppelsterne. Bahnbestimmung bei photometrischen Doppelsternen. Bestimmung der Massen und Radien bei Doppelsternen, für die photometrische und spektroskopische Elemente vorliegen. Die Rotation enger Doppelsterne. Die Verteilung spektroskopischer und photometrischer Doppelsterne im RUSSELL-Diagramm. Mehrfache Systeme.	407

§	Seite
299—301. Veränderliche und neue Sterne	436
Entdeckungs- und Beobachtungsmethoden. Die verschiedenen Klassen veränderlicher Sterne. Cepheiden. Mirasterne. Theorien des Phänomens der Veränderlichkeit. Neue Sterne (Novae). Beschreibung des Nova-Phänomens. Theorien der Novae.	
302—304. Sternhaufen und Nebel	446
Kugelförmige Sternhaufen. Offene Sternhaufen. Sternströme. Diffuse Nebel und planetarische Nebel. Dunkelnebel. Anagalaktische Nebel.	
305—320. Das Universum.	455
Die Milchstraße. Ältere Theorien. Sternzählungen. Die nächsten Fixsterne. Parallaxenbestimmung mit Hilfe von Eigenbewegungen. Die Häufigkeitsfunktion der absoluten Helligkeiten. Photometrische Parallaxen. Das Skelett des Milchstraßensystems. Statistische Untersuchungen mit Hilfe von Sternzählungen. Absorption des Lichts im interstellaren Raum. Selektive Absorption. Die Struktur des Milchstraßensystems. Die Kalziumwolke im interstellaren Raum. Das System der anagalaktischen Nebel. Gesetzmäßigkeiten in den Bewegungen der Sterne. Die Theorie der Rotation des Milchstraßensystems. Die Dynamik des Milchstraßensystems. Bewegungsverhältnisse im metagalaktischen System.	
321. Kosmogonische Probleme.	489
Die Zeitskala. Theorie der Entwicklungsgeschichte der Sterne.	
Anhang.	
I. Formeln und Methoden	493
Die Methode der kleinsten Quadrate. Fehlertheorie. Interpolation. Numerische Differentiation. Numerische Integration. Reduktion einer Mikrometerbeobachtung. Kleinere stellarastromische Probleme (Eigenbewegung; Radialgeschwindigkeit; wirkliche Bewegung im Raum; lineare transversale Bewegung; jährliche Parallaxe; das Hyadenproblem; parallaktische Bewegung; Anzahl der Sterne von verschiedenen Größenklassen).	
II. Rechenbeispiele	511
Sonnenszeit und Sternzeit. Berechnung von Azimut und Höhe. Bestimmung der Polhöhe mit Hilfe einer Höhenbeobachtung. Auf- und Untergang eines Sterns. Reduktion einer Kometen-Beobachtung. Berechnung von Länge und Breite aus Rektaszension und Deklination. Berechnung des Radiusvektors und der wahren Anomalie eines Planeten. Beispiele zur Anwendung der Formeln für Interpolation, numerische Differentiation und numerische Integration.	
III. Mondstörungen in Knoten und Bahnneigung	527
Numerisches Beispiel zum Störungsproblem.	
IV. Zur mathematischen Theorie der Präzession und Nutation . . .	532
V. Konstanten. Tabellen. Diagramme.	538
Mathematische und astronomische Konstanten und Tafeln (Tafeln für: Präzession und Schiefe der Ekliptik; Unsicherheit in gemessenen Positionen; Grenzgrößen bei verschiedenen Beobachtungsmethoden; Extinktion des Lichts; Refraktion; Zeitverwandlung; Julianisches Datum; Ostertag im Gregorianischen Kalender; Fehlerintegral). Zwei Stereoskopbilder: unsere Nachbarsterne und Bahn des Kometen Pons-Winnecke. Zwei typische Sonnenfinsternis-Diagramme.	
Sachregister	549—555