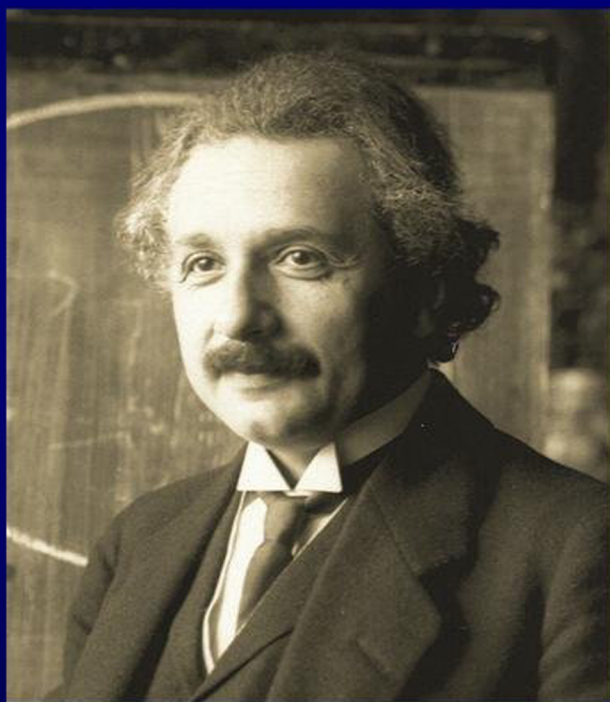


Nuncius Hamburgensis –
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Band 4

Gudrun Wolfschmidt (Hg.)

Entwicklung der Theoretischen Astrophysik



tredition®



Nuncius Hamburgensis
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften
Band 4

Gudrun Wolfschmidt (Hg.)

Entwicklung der Theoretischen Astrophysik

Proceedings des Kolloquiums des Arbeitskreises Astronomiegeschichte
in der Astronomischen Gesellschaft am 26. September 2005 in Köln.



Hamburg: tredition 2011

Nuncius Hamburgensis

Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften

Hg. von Gudrun Wolfschmidt, Universität Hamburg,
Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik
(ISSN 1610-6164).

*Diese Reihe „Nuncius Hamburgensis“
wird gefördert von der Hans Schimank-Gedächtnisstiftung.
Dieser Titel wurde inspiriert von „Sidereus Nuncius“
und von „Wandsbeker Bote“.*

Wolfschmidt, Gudrun (Hg.): Entwicklung der Theoretischen Astrophysik.
Proceedings des Kolloquiums des Arbeitskreises Astronomiegeschichte
in der Astronomischen Gesellschaft am 26. September 2005 in Köln.
Hamburg: tredition (Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte
der Naturwissenschaften; Band 4) 2011.

*Abbildung auf dem Cover vorne und Frontispiz: Albert Einstein (1879–1955);
Foto: Gudrun Wolfschmidt in Szeged (2010)*

*Titelblatt: Karl Schwarzschild (1873–1916),
Arthur Stanley Eddington (1882–1944) und Albrecht Unsöld (1905–1995)*

*Abbildung auf dem Cover hinten: Gravitationswellendetektor LISA (2014),
©ESA, <http://waterocket.explorer.free.fr/research.htm>.*

Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik, Universität Hamburg
Bundesstraße 55 – Geomatikum, D-20146 Hamburg
<http://www.math.uni-hamburg.de/spag/ign/w.htm>

Dieser Band wurde gefördert von der Schimank-Stiftung.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Verlag: tredition GmbH, Mittelweg 177, 20148 Hamburg
ISBN 978-3-8424-6744-6 – ©2011 Gudrun Wolfschmidt. Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort: Entwicklung der Theoretischen Astrophysik <i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i>	13
Zur Geschichte der Astronomie und Physik in Köln <i>Claus Kiefer (Köln)</i>	16
0.1 Einleitung	16
0.2 Das Studium generale (1248–1388)	16
0.3 Die alte Universität (1388–1798)	21
0.4 Die Zeit zwischen alter und neuer Universität (1798–1919) . . .	25
0.5 Ausblick	30
1 Das Verständnis des Michelson-Morley-Versuchs – Wegbereiter für Ein- stein? <i>Henning Krause (Hamburg)</i>	33
1.1 Literatur, Forschungsstand und Fragestellung	33
1.2 Das Konzept von Lichtwellen und Äther	34
1.3 Das Experiment: Die Idee hinter dem Michelson-Morley-Versuch	35
1.4 Das klassische Michelson-Morley-Experiment	37
1.5 Interpretationen: Mitführungshypothese und andere Erklärungs- versuche	40
1.6 Der Michelson-Morley-Versuch als experimentum crucis?	42
1.7 Die Rolle des Experiments in Physik-Lehrbüchern	44
1.8 Michelson als Wegbereiter für Einstein?	47
1.9 Literaturverzeichnis	50
2 Albert Einsteins Leseempfehlung <i>Armin Gerl (Regensburg)</i>	53
3 Wer entdeckte die Gravitationsgleichungen der Allgemeinen Relativitäts- theorie: Albert Einstein oder David Hilbert? <i>Daniela Wuensch (Göttingen)</i>	63
3.1 Wie entdeckte Hilbert seine Gravitationsgleichungen?	69
3.2 Wie entstand der Ausschnitt in Hilberts Fahnenkorrekturen? .	72

3.3	Wissenschaftshistorische Bedeutung der Untersuchung	79
3.4	Bibliographie	82
4	Drei kosmologische Dogmen – Einsteins Einfluß auf die frühe relativistische Kosmologie	
	<i>Tobias Jung (Augsburg)</i>	87
4.1	Einführung	87
4.2	Das Einstein-Universum	88
4.3	Erstes kosmologisches Dogma: Die Statik des Weltmodells . . .	92
4.3.1	„Die [...] Resultate bezüglich einer nichtstationären Welt schienen mir verdächtig“: Einsteins Kritik an der Arbeit Friedmanns	92
4.3.2	„[T]out à fait abominable“: Einsteins Ablehnung von Lemaitres Weltmodell	96
4.3.3	Einsteins Annahme der Statik des Universums	98
4.4	Zweites kosmologisches Dogma: Die räumliche Endlichkeit des Weltmodells	100
4.4.1	„[D]ie Welt [muß] als räumlich geschlossen betrachtet [werden]“: Einsteins Betonung der Bedeutung der räumlichen Endlichkeit des Universums bis 1921	100
4.4.2	Einsteins Kritik am unendlichen hierarchischen Weltmodell Seletys	108
4.4.3	„[T]he view that the continuum is [...] finite in its space-like extent has gained probability“: Einsteins weiteres Eintreten für die Annahme der räumlichen Endlichkeit in den 20er Jahren	110
4.4.4	Der Einfluß von Einsteins zweitem kosmologischen Dogma auf die Forschung in den 20er Jahren	111
4.4.5	Einsteins Festhalten an der räumlichen Endlichkeit des Universums in den 30er Jahren	116
4.4.6	„[D]ie Entscheidung zwischen beiden denkbaren Fällen [bleibt] der Erfahrung vorbehalten“: Einsteins abgeschwächtes Festhalten an der räumlichen Endlichkeit	118
4.5	Drittes kosmologisches Dogma: Eine nichtnegative kosmologische Konstante	119
4.5.1	Die kosmologische Konstante als Balance zur attraktiven Gravitationskraft	119
4.5.2	„[M]utwilliges und überflüssiges Kunststück“: Angriffe auf die Einführung der kosmologischen Konstante	119
4.5.3	„[F]ort mit dem kosmologischen Glied“	120

4.6	Einsteins Autorität und ihr Einfluß auf die Entwicklung der relativistischen Kosmologie	123
4.7	Literaturverzeichnis	125
5	Prüfung der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie	
	<i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i>	133
5.1	Abstract	133
5.2	Die drei klassischen Einsteinschen Prüfmetho- den und die Reaktion der Scientific Community	134
5.2.1	Periheldrehung des Merkur	135
5.2.2	Lichtablenkung am Sonnenrand (Lichtausbreitung senkrecht zum Gravitationsfeld)	138
5.2.3	Gravitationsrotverschiebung (Licht parallel zum Gravitationsfeld)	140
5.3	Lichtablenkung (senkrecht zum Gravitationsfeld)	142
5.3.1	Ablenkung bei irdischen Verhältnissen	142
5.3.2	Ablenkung von Licht im Gravitationsfeld der Sonne (1,75'') bei Sonnenfinsternissen	142
5.3.3	Die englische Sonnenfinsternisexpedition – Anstoß für den Bau des Einsteinturms	143
5.3.4	Laufzeitverzögerung von Radar-Signalen bei Planeten oder Raumsonden – Shapiro-Effekt (1964/68)	147
5.3.5	Ablenkung elektromagnetischer Signale im Gravitations- feld (erstmal 1969)	149
5.3.6	Moderne Experimente: Ablenkung der Strahlung eines Quasars durch Jupiter – Cassini spacecraft (NASA 2002) – Sergei Kopeikin (2002)	150
5.3.7	Zeitdilatation bei Atomuhren in Satelliten (1971)	151
5.3.8	Satelliten Gravity Probe A (1976)	152
5.3.9	Die Lebensdauer von Myonen	152
5.3.10	Gravitationslinsen-Effekt	152
5.4	Gravitationsverschiebung und Raum-Zeit-Krümmung	155
5.4.1	Messung bei der Sonne	155
5.4.2	Messung bei Weißen Zwergen (erstmal 1925 bei Sirius)	155
5.4.3	Messung auf der Erde – Pound / Rebka (1959)	156
5.5	Gravitomagnetismus: Gravitationsfeld eines rotierenden Körpers (Lense, Thirring, 1926)	157
5.5.1	Gravity probe B Satellit (2004/05)	157
5.5.2	Nachweis des Thirring-Lense-Effekts bei Satelliten	159

5.6	Doppel-Pulsare, Hulse und Taylor – Periastrondrehung und Gravitationswellen	159
5.7	Gravitationswellen: LIGO-Projekt, LISA-Projekt, TAMA; Virgo, GEO 600	161
5.8	Genauigkeit der Tests der ART	163
5.9	Literatur	164
6	Bruno Thürings Umsturzversuch der Relativitätstheorie	
	<i>Franz Kerschbaum, Thomas Posch und Karin Lackner (Wien)</i>	171
6.1	Das Direktorat Thüring an der Wiener Universitätssternwarte im Kontext seiner Zeit	172
6.2	Thürings Kritik an Einstein	177
	6.2.1 Der sachlich-rationale Kern der Thüringschen Kritik an Einstein	178
	6.2.2 Der polemisch-antisemitische Duktus der Thüringschen Kritik	183
6.3	Vorbilder und Weggefährten Thürings	190
	6.3.1 Philipp Lenard	190
	6.3.2 Johannes Stark	191
	6.3.3 Hugo Dingler	192
6.4	Literaturverzeichnis	194
7	Kosmische Linsen bündeln das Licht ferner Welten – Ein kurzer Überblick über die Geschichte der Gravitationslinsenforschung	
	<i>Carsten Busch (Hamburg)</i>	197
7.1	Abstract	197
7.2	Physikalische Grundlagen	198
7.3	Dunkle Sterne und Attraktion eines Weltkörpers: die Ablenkung des Lichts im Zeitalter der klassischen Mechanik	200
7.4	„Fiktive Doppelsterne“ – das frühe 20. Jahrhundert	201
7.5	Quasare und die Vermessung des Kosmos, 1960 bis 1980	204
7.6	Literaturverzeichnis	212
8	Einstein und die Gravitationswellen	
	<i>Wolfgang Steinicke (Freiburg)</i>	215
8.1	Einleitung	215
8.2	Die Einsteinschen Feldgleichungen der Gravitation	215
	8.2.1 Exakte und genäherte Lösungen	216
8.3	Gravitationswellen, Einsteins „Quadrupolformel“	217
	8.3.1 Fortschritte der Theorie?	219

8.3.2	Neuer Schwung durch neue Methoden	221
8.3.3	Neue Experimente, Binär-Pulsar	224
8.3.4	Probleme mit der Quadrupolformel	226
8.4	Detektoren für Gravitationswellen, Chancen für den Nachweis .	227
8.5	Fazit	228
8.6	Literatur	230
9	Aktuelle Forschungsthemen der Gravitationsphysik	
	<i>Claus Kiefer (Köln)</i>	233
9.1	Fundamentale Tests	234
9.2	Astrophysik und Kosmologie	236
9.3	Strukturen der klassischen Theorie	239
9.4	Quantengravitation	241
9.5	Literatur	243
10	Karl Schwarzschild (1873–1916)	
	<i>Hans-Heinrich Voigt (Göttingen)</i>	245
10.1	Jugend und Schulzeit	246
10.2	Studium und Militärzeit	246
10.3	Assistent in Wien	247
10.4	Privatdozent in München	247
10.5	Göttingen	248
10.6	Potsdam	253
10.7	Literatur	257
10.8	Bibliographie von Karl Schwarzschild	257
11	Die frühe Entwicklung der Theorie des inneren Aufbaus der Sterne	
	<i>Oliver Schwarz (Siegen)</i>	267
11.1	Einleitung	267
11.2	Die Grundlagen der Theorie polytroper Gaskugeln	268
11.3	Wege zur Theorie	269
11.4	Die Kontraktionshypothese	270
11.5	Meteorologie und Sonnenphysik	271
11.6	Die erste Gaskugel	273
11.7	Das Lanesche Gesetz	274
11.8	August Ritter	274
11.9	„Gaskugeln“	278
11.10	Gasförmige Sonnenmaterie – Ansichten um 1900	278
11.11	Literatur	280

12 Veränderliche Sterne und ihre Bedeutung für die Entwicklung der Astrophysik	
<i>Björn Kunzmann (Hamburg)</i>	283
12.1 Veränderliche Sterne – Definition	284
12.2 Übersicht über die Geschichte der Entdeckung und Beobachtung Veränderlicher Sterne	285
12.2.1 Die Entwicklung bis 1844	285
12.2.2 Die Etablierung eines Forschungsgebiets – Friedrich W. A. Argelander und die Folgen	292
12.3 Veränderliche Sterne in der Astrophysik	300
12.3.1 Veränderliche Sterne und die Anfänge der Astrophysik	300
12.3.2 Beginn der systematischen Erforschung Veränderlicher Sterne	307
12.4 Literaturverzeichnis	316
13 Doppelsternsysteme und ihre Bedeutung für die Astrophysik	
<i>Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)</i>	323
13.1 Bedeckungsveränderliche und die Analyse der Lichtkurven	323
13.1.1 Zdeněk Kopal und die Einführung der Roche-Hülle für Enge Doppelsternsysteme	325
13.2 Zusammenfassung	329
13.3 Literaturverzeichnis	330
14 Ernst Julius Öpik – the Life and Scientific Accomplishments	
<i>Izold Pustyl'nik (Tartu)</i>	333
14.1 Childhood, studies in Moscow University, an early scientific career	333
14.2 In Central Asia (Tashkent Observatory, Turkestan University)	334
14.3 Öpik's life and work in Tartu, Estonia (1921–1944)	336
14.3.1 Observations of meteors, planets and stars, concept of a comet cloud	336
14.3.2 Distance to Andromeda	338
14.3.3 Stellar luminosity function and H-R diagram, origin of red giants	339
14.3.4 Probation in Harvard, Arizona expedition	340
14.4 Tartu Observatory during World War II, Öpik' emigration to the West, Baltic University	341
14.5 Öpik's work in Armagh Observatory (1948–1985)	343
14.5.1 Formation of white dwarfs	343
14.5.2 Results of Arizona expedition	345

14.6	Lecturing and research work in Maryland University	345
14.6.1	Supernovae and stellar formation	346
14.6.2	Origin of Martian craters	348
14.6.3	Jupiter internal energy	349
14.6.4	Origin of the Moon	349
14.7	The end of the life line	351
14.8	Öpik's selected papers	352
14.9	References	354
15	Albrecht Unsöld (1905–1995) – Biographie und Briefwechsel	
	<i>Volker Weidemann (Kiel)</i>	357
15.1	Biografie Albrecht Unsölds	357
15.1.1	Wichtige Werke Unsölds	361
15.2	Ergänzungen zur Biografie – (aus dem Unsöld-Archiv, Kiel, Volker Weidemann)	363
15.3	Drei Briefe von Albrecht Unsöld an Walter Lochte-Holtgreven .	370
15.3.1	Brief vom 25. April 1939 aus Williams Bay (Yerkes Observatory)	370
15.3.2	Brief vom 6. Juni 1939, McDonald Observatory	372
15.3.3	Brief vom 9. August 1945, Bredeneek/Preetz	374
15.4	Internationale Beziehungen und Nachkriegszeit	378
16	Physics of stellar atmospheres – new aspects of old problems	
	<i>Bodo Baschek (Heidelberg)</i>	383
16.1	Introduction	383
16.2	Albrecht Unsöld, a pioneer of stellar atmosphere physics	384
16.2.1	Selected publications	385
16.2.2	Spectra and atomic data	385
16.2.3	Computers for stellar atmosphere physics at Kiel	387
16.2.4	Selected bibliography of A. Unsöld	388
16.3	Seventy-five years stellar atmospheres	389
16.3.1	On spectral lines	389
16.3.2	On the modelling of stellar atmospheres	390
16.4	The infrared spectral range – a challenge to theoretical astrophysics?	391
16.4.1	Two-level atom	392
16.4.2	Refractive and dispersive media	394
16.4.3	Radiation field and particle density	395
16.4.4	Metal optics	396
16.5	Outlook	397

17 Der Schatz auf dem Dachboden – Briefe von Einstein, Planck, Nernst, Debye, Born, Sommerfeld, Courant, Weyl, Ehrenfest und Althoff <i>Klaus Sommer (Göttingen)</i>	401
17.1 Wie sich die Briefe wiederfanden	402
17.2 Überblick über den Fund	404
17.3 Wer entnahm die Briefe dem Nachlass Hilberts?	405
17.4 Inhalt der Briefe, Allgemeine Relativitätstheorie	407
Programm der Tagung am 26. Sept. 2005 in Köln	413
Autoren	415
Abbildungsverzeichnis	425
Nuncius Hamburgensis	429
Personenindex	435
Arbeitskreis Astronomiegeschichte	450

Vorwort: Entwicklung der Theoretischen Astrophysik

Gudrun Wolfschmidt (Hamburg)

Anlässlich der Internationalen Wissenschaftlichen Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft (AG)¹ fand in diesem Zusammenhang ein Kolloquium des Arbeitskreises Astronomiegeschichte mit folgendem Thema „*Entwicklung der Astrophysik*“ am Montag, den 26. September 2005, statt.² Die Organisation der Tagung lag in Händen der Koordinatoren: Gudrun Wolfschmidt, Schwerpunkt Geschichte der Naturwissenschaften, Universität Hamburg und Claus Kiefer, Institut für Theoretische Physik, Universität zu Köln. Die „Short Contributions“ der AG 2005 in Köln erschienen bereits auf englisch bei Wiley in einem Sonderheft der AN: *Astronomische Nachrichten* 326 (2005), No. 7.

Die Astrophysik entwickelte sich ab den 1860er Jahren als beobachtende Astrophysik. In diesem Buch soll der Schwerpunkt auf der Entwicklung der theoretischen Astrophysik im 20. Jahrhundert liegen. Im Einstein-Jahr 2005 sollte natürlich Albert Einstein (1879–1955) im Zentrum stehen. Anlaß sind der 100. Geburtstag der Speziellen Relativitätstheorie und der 50. Todestag des weltberühmten Wissenschaftlers. Die 1915 aufgestellte Allgemeine Relativitätstheorie (ART) hatte große Konsequenzen für die Entwicklung der Kosmologie, für unsere Vorstellungen von Raum, Zeit, Materie und Energie. Erwin Finlay-Freundlich (1885–1964) versuchte, die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) empirisch zu bestätigen. Den diversen Prüfmethode n widmen sich einige Artikel. Das Buch deckt ein Spektrum ab von der Entdeckung der Gravitationsgleichungen und dem Einfluß auf die Entwicklung der Kosmologie bis zu modernen Themen der Gravitationsphysik.

Neben Einstein soll in diesem Zusammenhang auch auf Karl Schwarzschild (1873–1916) hingewiesen werden, dem als erstem eine exakte Lösung der Einsteinschen Feldgleichung gelang. Ende 1915 entstand seine berühmte Arbeit über den Schwarzschild-Radius.

1 Diese Tagung fand in Köln vom 26. September bis 1. Oktober 2005 statt: Das Thema lautete „The many facets of the universe – Revelations by New Instruments“; siehe auch die Tagungs-Web-Seite: <http://www.ph1.uni-koeln.de/AG2005/>, I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln.

2 <http://www.math.uni-hamburg.de/spag/ign/events/ak5koeln.htm>

Ein Bericht über die Tagung von Henning Krause erschien in „*Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*“.

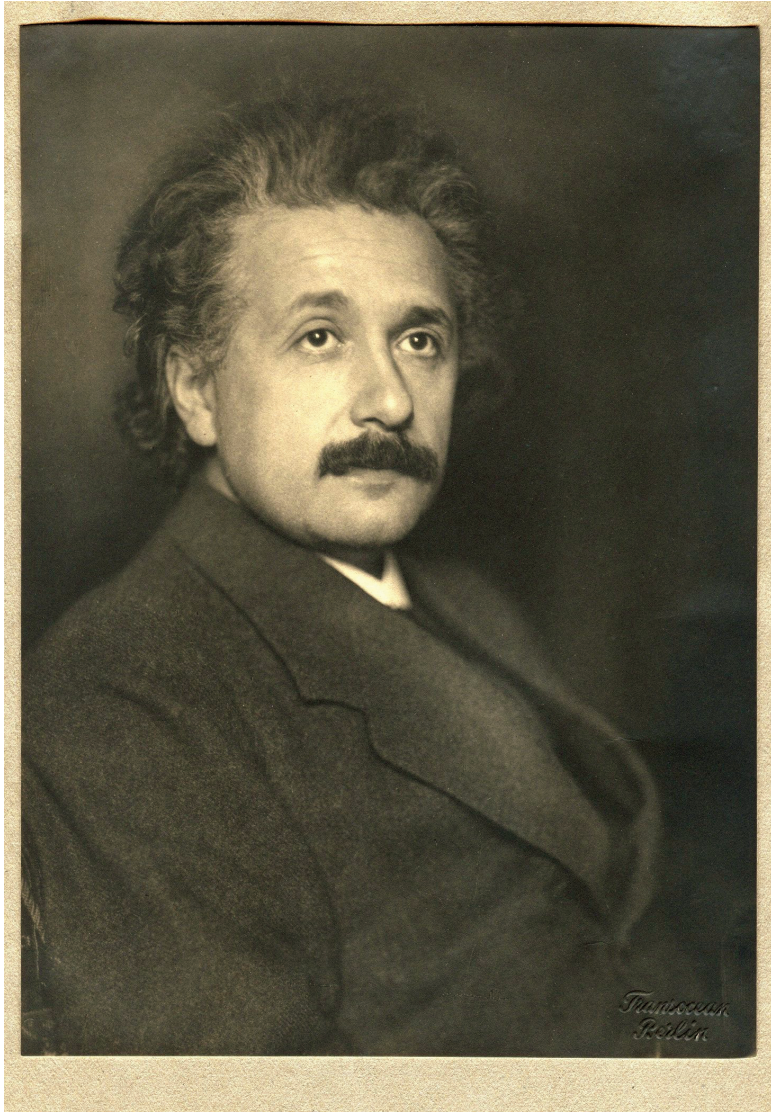


Abbildung 0.1:
Albert Einstein (1879–1955)
Sammlungen des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften
(IGN), Universität Hamburg

Schon die Strahlungstheorie bildete die Vorgeschichte zur theoretischen Astrophysik. Ab der Jahrhundertwende entwickelte sich die Astrophysik verstärkt – einhergehend mit der Ausbildung der theoretischen Physik. Dazu gehören Arbeiten zum Aufbau und zur Entwicklung der Sonne und der Sterne sowie die Frage der Energieerzeugung, hier sind nach Vorarbeiten im 19. Jahrhundert besonders Robert Emden (1862–1940) und Arthur Stanley Eddington (1882–1944) zu erwähnen. In diesem Zusammenhang spielt auch das Thema der Entwicklung der Rechentechnik und der Einführung von Computern eine große Rolle – eine Voraussetzung für Modellrechnungen von Sternaufbau und -entwicklung. Schließlich lieferte die Saha-Theorie – Megh Nad Saha (1893–1956) – 1920 die Grundlagen zur Interpretation der Sternspektren und der physikalischen Bedingungen wie beispielsweise Temperatur und Druck in den Sternatmosphären.

Die herausragende Leistung der Astrophysik in Deutschland in den 1930er und 40er Jahren stellt die Arbeit Albrecht Unsölds (1905–1995) dar, der 2005 seinen 100. Geburtstag hatte. Sein bahnbrechendes Werk *Physik der Sternatmosphären* lieferte aufgrund von quantenphysikalischen Methoden erstmals eine detaillierte Analyse der Spektren eines Sterns (τ Scorpii) – und nicht nur der Sonne. Neben der Ermittlung der quantitativen Zusammensetzung von Sternatmosphären und deren physikalischen Bedingungen war ein weiteres wichtige Ergebnis seiner Forschungen die Häufigkeit von Elementen im Kosmos. Sein Werk *Der neue Kosmos* war für viele Studenten das Standard-Lehrbuch.

In diesem Band sind nicht nur die Vorträge der Tagung zusammengestellt, sondern auch einige weitere, die gut zum Thema passen und es abrunden. Zu Beginn soll ein kurzer Überblick zur Geschichte der Astronomie und Physik in Köln gegeben werden – vom Mittelalter bis heute.