

Josef Johann von Littrow und Rudolf Kippenhahn im Vergleich als Wissenschaftspopularisatoren

Siegfried Exler

Technische Universität Berlin

Abstract

Josef Johann von Littrow, Austrian astronomer in the early 19th, and Rudolf Kippenhahn, German astrophysicist in the late 20th century, were both quite successful as authors in popularizing astronomical topics. Subject of the following essay will be a discussion about some questions of which nearly all, during Littrow's life-time, were not yet resolved. Kippenhahn, some hundred and fifty years later, could give the solution of many of them. But really of all?

Die folgenden Ausführungen basieren auf einer Arbeit, in welcher ich mich mit der Popularisierung der Astronomie im 19. und 20. Jahrhundert auseinandersetze. Ich tat dies anhand ausgewählter Werke von zwei zu ihrer Zeit vielgelesenen Autoren, die ich einem Vergleich der jeweiligen Thematik und Methodik unterzog.

Für die erste Hälfte der 19. Jahrhunderts bot sich, natürlicherweise wie man fast sagen kann, Josef Johann von Littrow, der ehemalige Direktor der Wiener Sternwarte an. Dessen bekanntestes Werk 'Die Wunder des Himmels' hat nicht nur zu seinen Lebzeiten in Laienkreisen weite Verbreitung gefunden, sondern erlebte noch bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts eine Reihe von aktualisierten Neuauflagen. Für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts fiel meine Wahl auf den Astrophysiker Rudolf Kippenhahn, der mit Büchern wie '100 Milliarden Sonnen', 'Licht vom Rande der Welt' und 'Unheimliche Welten' in den achtziger Jahren verbreitetes Interesse fand.

In einen kurzen Abriß ist allerdings eine starke Einschränkung der behandelten Themen erforderlich. Ich möchte deshalb an dieser Stelle lediglich auf einige exemplarische Fragestellungen einzugehen, die man unter der Überschrift 'Offene Fragen' zusammenfassen könnte. Die Beantwortung dieser Fragestellungen liegt für Littrow dabei noch in jener Zukunft, die für Kippenhahn zum

großen Teil schon Vergangenheit ist. Trotz der erforderlichen Einschränkungen sollen dabei aber die Unterschiede in der Betrachtungsweise bei beiden Autoren und damit 'cum grano salis' auch der jeweiligen Zeit, in der sie schreiben, zum Ausdruck kommen.

Zur besseren Übersicht ist das Thema in drei Einzelrubriken gegliedert:

- Welche für Littrow noch ungelösten Fragen, deren Beantwortung er sich aber von künftigen Forschergenerationen erwartet, kann Kippenhahn in seinen Büchern ganz oder zumindest zum großen Teil beantworten?
- Welche ebenfalls noch ungelösten Fragen, deren Beantwortung Littrow aber selbst in weiter Zukunft für eher ausgeschlossen hält, sind in Kippenhahns Ausführungen ebenfalls weitgehend geklärt?
- Was sagen Littrow und Kippenhahn zu der immer wieder gern diskutierten Problematik des außerirdischen Lebens?

Wenden wir uns nun zunächst denjenigen Fragen zu, deren endgültige Klärung Littrow von künftigen Forschern und Forschergenerationen erwartet, auch wenn dies noch Jahrhunderte dauern sollte. Unter vielen anderen nennt er hier:

- Entdeckung neuer Kometen und die nähere Erforschung von bereits bekannten,
- Genaueres zu den Lichtwechseln von Veränderlichen und Neuen Sternen sowie
- Genaueres zu den Himmelsnebeln und ihren Veränderungen.

Alle diese Probleme, und noch viele mehr, können heute zumindest prinzipiell und in dem Sinne wie Littrow es sich wohl vorstellte, als gelöst betrachtet werden. Kippenhahn geht in seinen Büchern auf eine Reihe solcher Punkte z.T. ausführlich ein. Daß die Zeitvorstellungen von Littrow dabei so falsch nicht waren zeigt sich unter anderem daran, daß bis zur Erklärung der Nebelflecken und der Neuen Sterne ein Jahrhundert und mehr vergehen sollte.

In seinen Ausführungen zu den Kometen, für die er hauptsächlich die Ergebnisse der Giotto-Mission von 1986 heranzieht, kann Kippenhahn jetzt weitgehend gesicherte Fakten zur chemischen Zusammensetzung dieser Himmelskörper angeben. Littrow stellt darüber zwar auch schon einige Spekulationen an, bleibt in seiner Wortwahl aber noch sehr vage. Nähere Aufschlüsse erhofft er sich jedoch für die 'nahe Zukunft'. Auch führt er zu Recht an, daß ein Komet durch die Schweifbildung Materie verliert, und daß die Sonne dabei irgendeine Rolle spielt. Welchen Anteil sie genau dabei hat, und wie die beteiligten Kräfte beschaffen sind, muß er jedoch offenlassen. Kippenhahn

kann diese Fragen mit Hilfe der sog. 'Sonnenwindtheorie' von Ludwig Biermann detailliert erklären.

Auch der prinzipielle Lebenslauf von Kometen und ihr Zusammenhang mit dem Zodiakallicht, beides für Littrow noch vollkommen unbekannt, stellt in den Schilderungen Kippenhahns keine grundsätzlich offene Frage mehr dar. Eine noch sehr vage Vorahnung auf die sog. 'Oohrtsche Wolke' äußert Littrow allerdings, wenn er vermutet, daß "... nicht diese Planeten es sind, die man als die einzigen Bewohner des Haushalts unserer Sonne ansehen kann, sondern daß die Kometen das eigentliche Volk dieses großen Staates bilden". Und während sich die Planeten als besonders Begünstigte stets nahe der Sonne aufhalten, sind es Mitglieder eben dieses 'Volkes', welche "... die weiten Provinzen der Monarchie bewohnen und nur zuweilen sich jenen engeren Kreisen nähern, um ihren Tribut zu entrichten oder um Nachrichten von den fernsten Grenzen des Reiches vor den Thron zu bringen...".⁰¹

Die 'Oohrtsche Wolke', dieses Gebilde aus Myriaden von Materiebrocken am äußersten Rand des Sonnensystems wurde, wie Kippenhahn darlegt, jedoch erst über ein Jahrhundert nach Littrows Äußerungen zum Thema wissenschaftlicher Betrachtungen.⁰²

Die sog. 'Veränderlichen Sterne' fasst Littrow als lediglich in ihrer Helligkeit veränderlich noch vollkommen undifferenziert zusammen. Als möglichen Grund für ihr Verhalten nennt er einige zeitgenössische Vermutungen, die zum Teil zwar reichlich abstrus sind⁰³, zum Teil aber schon sehr realitätsnah, wie Bedeckungen durch dunkle Planeten oder ein Pulsieren des jeweiligen Sternes. Er zitiert hierzu eine Aussage Hardings aus dem Jahre 1831, wonach die veränderlichen Sterne "... ihren Lichtwechsel einem periodisch wiederkehrenden Anspannen und Nachlassen jener Naturkraft verdanken, durch welche ihr Selbstleuchten hervorgebracht wird...".⁰⁴ Von einem wirklichen Verstehen der dahinterliegenden Ursachen kann aber noch keine Rede sein und Littrow erwähnt diese Hypothesen lediglich, ohne sie einzelnen Sternen zuzuweisen.

Die modernen Ausformungen genau dieser beiden Hypothesen aber sind es, die bei Kippenhahns Betrachtungen im Zentrum stehen.⁰⁵ Er unterscheidet zwischen Bedeckungsveränderlichen mit Algol als Beispiel auf der einen, und Pulsationsveränderlichen mit Delta im Cepheus auf der anderen Seite. Er vergisst auch nicht, die Rolle der Cepheiden bei den Entfernungsbestimmungen im All zu erwähnen. Daß aber trotz aller Fortschritte im Verlauf von eineinhalb Jahrhunderten auch heute noch keinesfalls alle Fragen gelöst sind, gibt Kippenhahn unumwunden zu.⁰⁶

Detaillierte Aussagen zu den sog. 'Neuen Sternen' muß Littrow noch komplett schuldig bleiben. Er erwähnt im wesentlichen nur das Auftreten dieser rätselhaften Erscheinungen anhand der Beispiele von 1572 und 1604. Trotz mangels tiefergehender Kenntnisse wagt er jedoch eine phantasievolle Vermu-

tung zu ihren Ursachen, indem er sich recht pathetisch fragt, ob "... diese Sterne [nicht] an sich dunkle Körper von gewaltigem Umfang [sind], die durch irgend einen für sie verderblichen Unfall in Brand geriethen, die Millionen von Meilen rings um sich mit dem Lichte ihrer Flammen erfüllten und dann, vielleicht für immer, verloschen und ihre Asche in dem Weltraume zerstreuten? Und war daher dieser helle Glanz, mit dem sie eine Zeit durch am Himmel zu prangen schienen, nur der Verkünder einer untergehenden Welt, die uns, durch ihr Auflodern, den furchtbaren Tag ihres Untergangs anzeigte...?"⁰⁷

Im Prinzip fast genauso, nur viel nüchterner schildert Kippenhahn die Vorgänge, die eine Supernovaexplosion begleiten.⁰⁸

Er beschreibt Novae und Supernovae als im Grunde verschiedenartige Himmelserscheinungen,⁰⁹ und er erläutert detailliert die jeweiligen physikalischen Ursachen.¹⁰ Den verbleibenden Resten dieser Sternexplosionen, Neutronensternen, Pulsaren, Röntgensternen und Schwarzen Löchern, einem der Hauptforschungsgebiete der modernen Astrophysik, widmet er breitesten Raum.¹¹ Besser hätte sich Littrow die Arbeit seiner Nachfolger wohl kaum wünschen können. Selbst die Rolle, die Littrows 'Neue Sterne' inzwischen bei der Auslotung größter kosmischer Entfernungen spielen, vergisst Kippenhahn nicht zu erwähnen.

Große Verständnisschwierigkeiten dagegen bereiten Littrow Gebilde wie der Andromedanebel. So hält er einmal die Hypothese, daß dieser wie unsere Milchstraße aus vielen einzelnen Sternen besteht, einmal für durchaus wahrscheinlich,¹² an anderer Stelle dagegen meint er, daß diese Annahme doch sehr unwahrscheinlich ist.¹³ Er widerspricht sich hier geradezu. Die erste Annahme lässt sich seiner Meinung nach damit begründen, daß die Milchstraße, die auch eine linsenförmige Gestalt besitzt, aus einer gewissen Entfernung dem Andromedanebel sehr ähnlich wäre. Die zweite Vermutung hingegen fußt auf dem milchigen Erscheinungsbild des Andromedanebels, in dem keinerlei Strukturen zu erkennen sind.

Für Kippenhahn dagegen ist es gerade der Andromedanebel, der den Schlüssel zur Beantwortung der Frage lieferte, was bestimmte Typen von Himmelsnebeln im Grunde sind. Er schildert ausführlich den Verlauf der sog. 'Weltinseldebatte' zu Beginn des 20. Jahrhunderts, die erst mit der photographischen Auflösung von Teilen des Andromedanebels in Einzelsterne endgültig geklärt werden konnte.¹⁴

Hielt bereits ab der Mitte des 18. Jahrhunderts eine Reihe von Gelehrten, wie Kippenhahn darlegt, viele von diesen Nebelflecken für ferne, milchstraßenartige Gebilde,¹⁵ so teilt, wie eben gezeigt, Littrow diese Meinung noch keineswegs. Sicher ist er sich nur, daß all diese Himmelsobjekte Millionen von Jahren für ihre Entwicklung benötigten. Eine von ihm nur vage spezifizierte Abfolge von 'Anziehung, Verdichtung und Abrundung' bezeichnet er dabei als

Ursache des Geschehens.¹⁶ Wie Galaxien prinzipiell beschaffen sind, wie sie sich zu Haufen und Superhaufen zusammenschließen, und welche Rolle sie im Gesamtzusammenhang des Kosmos spielen, kann aber erst Kippenhahn näher ausführen.¹⁷

Betrachten wir nun den zweiten Komplex der für Littrow noch offenen Fragen, nämlich demjenigen, deren Lösung er auch in weiter Zukunft mehr als nur skeptisch gegenübersteht:

So stellt er kategorisch fest, daß, trotz aller hypothetischen Möglichkeiten die er selbst durchspielt,¹⁸ der Versuch einer Reise zum Mond "... nicht nur thöricht und nutzlos, sondern auch gänzlich unausführbar ist, und daß es daher besser sein wird, uns noch ein Weilchen hier unten zu begnügen..."¹⁹ Wenig mehr als ein Jahrhundert später war die dazu notwendige Technik, wie Kippenhahn an einer Reihe von Beispielen darlegt, nicht nur alltägliche Praxis, sondern auch eine wesentliche Voraussetzung für viele neue Erkenntnisse.²⁰

Wenig Chancen sieht Littrow auch, künftig die Entfernung der Sterne zu bestimmen. Zwar bieten bestimmte Doppelsterne für ihn dazu bestimmte theoretische Möglichkeiten,²¹ die aber nur zum Tragen kommen, "... wenn uns die dazu nötigen Mittel durch Beobachtungen gegeben werden, was aber wahrscheinlich noch lange nicht geschehen wird".²² Kippenhahns Ausführungen dagegen zeigen, daß Entfernungsmessungen im All schon längst zum astronomischen Tagesgeschäft gehören. Indirekt macht er diese Tatsache auch dadurch deutlich, daß seine diesbezüglichen Ausführungen nicht im fortlaufenden Text erscheinen. Er benutzt dafür separate Anhänge, in welchen er allgemeine physikalische und rechnerische Grundlagen der Astronomie erläutert.²³

Keinerlei Hoffnung hat Littrow auch, trotz einer Reihe von Spekulationen seinerseits, daß die Rätsel der Himmelsnebel jemals zu lösen sein werden, obwohl weitere Forschungen für ihn natürlich selbstverständlich sind. Er sagt dazu wörtlich: "Es wird uns wohl immer unmöglich sein, die Natur dieser wunderbaren Körper des Himmels zu ergründen."²⁴ Die gleiche Hoffnungslosigkeit erfasst ihn wenn es darum geht, die Größe des Alls in Zahlen zu erfassen. Hierzu schreibt er: "Wie weit sich... nach allen Seiten der Weltraum und jener unabsehbare Wald von Sonnen erstreckt, wird wohl für immer unbekannt bleiben."²⁵

Selbst wenn auch auf diesem Gebiet noch sehr viel geforscht werden muß, ein solch resignativer Ton mit Ausdrücken wie 'unmöglich' und 'für immer unbekannt' ist bei Kippenhahn nicht zu finden. Die Entschleierung des Galaxienrätsels beschreibt er in seinem Buch Abenteuer Weltall unter der simplen Überschrift 'Edwin Powell Hubble erklärt den Andromedanebel',²⁶ und selbst die für uns erkennbare Größe des Alls ist heute kein Mysterium mehr. Bei einer Entfernung von etwa 6000 kpc, so Kippenhahn, ist eine absolute Grenze für direkte Messungen erreicht, da uns von jenseits keinerlei direkten Informationen mehr zugänglich sind.²⁷

Das außerirdische Leben schließlich nimmt im Rahmen der noch ungelösten Fragen eine eigentümliche Zwitterstellung ein. So schildert Kippenhahn nicht nur Versuche zum Nachweis der Existenz extraterrestrischer Lebensformen und erläutert rechnerische Modelle, die Aussagen zur Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens treffen sollen, er stellt auch prinzipielle Fragen.²⁸ Littrow seinerseits kritisiert zwar zu abstruse Vorstellungen anderer Autoren, grundsätzliche Fragen stellt er jedoch nicht. Selbstverständlichkeiten müssen für ihn anscheinend nicht hinterfragt werden! Selbst wenn seine Schilderungen manchmal ein Augenzwinkern verraten, gibt es für Littrow keinen Zweifel, daß die Planeten bewohnt sind. Er stützt diese Annahme auf zwei Gründe: Erstens wimmelt es auf der Erde von Leben, was allein schon dafür spricht, daß auch andere Himmelskörper bewohnt sind.²⁹ Zum zweiten bescheint die Sonne alle Planeten gleichermaßen und wirkt entsprechend auf deren Klima ein. Weshalb also sollte dieser Einfluss nicht auch woanders Leben hervorrufen?³⁰

Aber auch ohne wirkliche Beurteilungsmaßstäbe sollte das die Phantasie nach Littrows Meinung nicht einschränken, da sich bereits große Astronomen verschiedentlich mit dem Thema befasst haben. Am Realitätssinn einiger dieser Männer hegt er jedoch gewisse Zweifel, und so leitet er seine Darstellung der Ideen von Huygens, Kircher und Fontenelle mit der Bemerkung ein: "... einige dieser Phantasien zur Erheiterung der Leser hier anzuführen".³¹

An Huygens kritisiert er, daß dieser seine Planetenbewohner zwar mit irdischen Sinnesorganen ausstattet, sie sonst aber sehr exotisch darstellt.³² "Allein ein anderer Planet, eine andere Natur wird vielleicht auch andere Sinnesorgane voraussetzen...",³³ hält er dagegen. Kirchers Vorstellungen hält er komplett für "albern",³⁴ und an Fontenelles Charakterisierungen, wie jenen von den Bewohnern des Merkur, die aufgrund ihrer Umweltbedingungen "... Alle im Kopfe nicht recht richtig sind...", und denjenigen zu den Venuswesen, die "... von nichts als Liebe girren...",³⁵ scheint Littrow vieles mehr als übertrieben.

Geht er jedoch selbst auf die ökologischen Verhältnisse der Planeten ein, unterscheidet sich seine Phantasie kaum von jener der kritisierten Autoren. So wird die Kraft der Sonne auf dem Merkur vielleicht nicht nur "... eine Art von immer währendem Frühlingswetter hervorbringen...", sondern da sie "... nicht nur mit stärkeren Farben malt, sondern auch mit größerer Kraft in sein Inneres dringt..." Lebensformen erschaffen, die von den irdischen "... ungemein verschieden seyn werden".³⁶

Obwohl die Venus eine Lufthülle ähnlich der irdischen aufweist, scheinen ihre Bewohner nach Littrows Meinung "... eine viel reinere Luft, einen viel heiteren Himmel..."³⁷ zu genießen als wir, da wegen der Trockenheit auf dem Planeten die typisch irdischen "'Ausdünstungen'" fehlen. Die 'Marsmenschen' dagegen interessieren ihn nur insofern, als er feststellt, daß ihnen die Sonnenscheibe am Himmel kleiner erscheint als uns.³⁸

Auf den vier ihm bekannten Planetoiden hält Littrow Lebewesen für möglich, die sowohl größer als auch kleiner sind wie wir,³⁹ und der Jupiter beschert seinen Bewohnern wegen der geringen Neigung seiner Rotationsachse kaum Unterschiede in den Jahreszeiten, dafür um so ausgeprägtere Klimazonen.⁴⁰ Die dortigen Astronomen sind außerdem glücklich zu schätzen, da sie Aufgrund der geringen Sonneneinstrahlung selbst am Tage die Sterne sehen können.⁴¹ Ähnliches, wenn auch mit Einschränkungen, gilt für die Einwohner des Saturn.

Welche Art von Leben der Uranus mit seinen extremen Verhältnissen beherbergen mag, lässt er den Leser selbst entscheiden.⁴² Weniger Zurückhaltung dagegen legt er sich bei den Bewohnern der Kometen auf, zu deren Lebensumständen er sich beinahe in Superlativen ergeht. "Für uns allerdings, für Wesen unserer Art, sind diese Genüsse nicht bestimmt"⁴³ schränkt er jedoch ein. Bei den Doppelsternen geht Littrow schwärmerisch und fast in modernem Science-Fiction-Stil auf den Anblick des Himmels ein, der sich den Bewohnern dieser Systeme darbietet. Weitergehende Überlegungen überlässt er seinen Lesern, die hierbei "... ihrer Einbildungskraft keine Zügel anzulegen brauchen..."⁴⁴

Wie prosaisch dagegen behandelt Kippenhahn die Möglichkeit von außerirdischem Leben. Er unterscheidet deutlich zwischen Phantasien, Hypothesen und nachprüfbareren Fakten. So beschreibt er zwar die Entdeckung der Marskanäle mit ihren weit über die Wissenschaft hinausreichenden Folgen,⁴⁵ und er geht auch auf früher so bekannte Science-Fiction-Autoren wie Kurd Lasswitz und G.E. Wells ein.⁴⁶ Den damals jedoch allzu optimistischen Sichtweisen zur Existenz von Marslebewesen hält er die ernüchternden Ergebnisse entgegen, welche die Viking-Missionen auf diesem Planeten ergaben.⁴⁷

Auch die mit viel Enthusiasmus begonnene Suche nach interstellaren Zivilisationen mit Hilfe passiver und aktiver Radiosignale blieb zumindest bislang ohne jeglichen Erfolg. Kippenhahn beschreibt das 'Abhören' des Himmels auf der 21-cm Wellenlänge durch das 'PROJEKT OZMA' ab 1960, die Aussendung von Signalen im Jahre 1974, sowie einen Plan, der unter dem Namen 'ZYKLOP' den Himmel mit vielen Radioteleskopen gezielt absuchen soll.⁴⁸

Die zentralen Überlegungen Kippenhahns jedoch betreffen ganz rational die Frage, unter welchen Voraussetzungen Leben im All überhaupt entstehen kann. Er beschränkt sich dabei, einer Forderung Littrows nicht unähnlich, auf Lebensformen die den irdischen ähnlich sind.⁴⁹ Diese haben allerdings nur dann eine Chance zur Entwicklung, wenn sich der sie tragende Planet innerhalb der 'Lebenszone' oder 'Ökosphäre' des Zentralgestirns befindet sowie erdähnliche Eigenschaften aufweist.⁵⁰ Doch schon der Erdmond, der sich wie die Erde innerhalb dieses Bereichs aufhält, erfüllt diese Anforderungen insgesamt ebenso wenig wie die Venus. Selbst Littrow hält es ja bereits für möglich, daß der Mond nicht belebt ist.⁵¹ Der zweite Hauptbereich von Kippenhahns Gedankengängen

befasst sich mit statistischen Untersuchungen. Er stellt Überlegungen darüber an, wie viele lebenstragende Planeten es in unserer Galaxis überhaupt theoretisch geben kann, wie weit diese durchschnittlich von uns entfernt wären und wie lange eine technische Zivilisation maximal überlebt.⁵² Nur dann, wenn viele Zufälle optimal zusammenspielen, haben wir überhaupt eine Chance, von der Existenz außerirdischer Intelligenzen zu erfahren.

Kippenhahn Resümee gipfelt in der Feststellung, daß unsere Suche nach dem Leben im All zu der Frage zurückführt, wie wir selbst künftig auf der Erde überleben können.⁵³ Zumindest an dieser Stelle trifft er sich wieder mit Littrow. Auch dieser verwendet seine imaginären Mondbewohner bereits dazu, um über die Menschen auf der Erde zu philosophieren.⁵⁴

Insgesamt zeigt sich hier eine eigentümliche Umkehrung der Verhältnisse: Eine zu Littrows Zeiten anscheinend noch weitgehend für unumstößlich gehaltene Tatsache ist im Licht der modernen Astronomie eine sehr, sehr offene Frage.

Anmerkungen:

- 01) Vgl. Littrow 1842, S. 404.
- 02) Kippenhahn 1987A, S. 198 f.
- 03) Littrow 1842, S. 484.
- 04) Ebd.
- 05) Kippenhahn 1985, S. 26 ff., 115 ff., 133ff. und 166 ff., sowie Kippenhahn 1987 S. 101 ff.
- 06) Kippenhahn 1985, S. 133 f.
- 07) Vgl. Littrow 1842, S. 485 f.
- 08) Kippenhahn 1985, S. 140 und 213 ff., sowie Kippenhahn 1991, S. 109 ff.
- 09) Kippenhahn 1985, S. 179.
- 10) Ebd., S. 180 ff. und 209 ff.
- 11) Kippenhahn 1985, Kap. 7 - 11 und Kippenhahn 1991, Kap. 5 - 7.
- 12) Littrow 1842, S. 454.
- 13) Ebd., S. 502 f.
- 14) Kippenhahn 1987, S. 120 ff. und Kippenhahn 1991, S. 150 f.
- 15) Kippenhahn 1985, S. 14, Kippenhahn 1987, S. 114 ff. und Kippenhahn 1991, S. 147 f.
- 16) Littrow 1842, S. 506 ff.
- 17) Kippenhahn 1987, die Kap. 3 - 6 und 9, sowie Kippenhahn 1991, Kap 8.
- 18) Littrow 1842, S. 364 ff.
- 19) Vgl. Ebd., S. 366.
- 20) So z.B. Kippenhahn 1987A, S. 118 ff., 146 ff., 165 ff., Kippenhahn 1991, S. 38 ff.u. 56 ff.
- 21) Littrow 1842, S. 466 ff.
- 22) Vgl. Ebd., S. 469.
- 23) Kippenhahn 1985, S. 265 ff. und Kippenhahn 1987, Kap. 4 und S. 337 ff.
- 24) Vgl. Littrow 1842, S. 505.

- 25) Vgl. Ebd., S. 103.
- 26) Kippenhahn 1991, S. 150.
- 27) Kippenhahn 1987, S. 152 und Kippenhahn 1991, S. 225.
- 28) Kippenhahn 1985, S. 258 ff., sowie Kippenhahn 1991, S. 191 ff.
- 29) Littrow 1842, S. 354.
- 30) Ebd., S. 627.
- 31) Vgl. Ebd., S. 354.
- 32) Ebd., S. 356 f.
- 33) Vgl. Ebd., S. 357.
- 34) Ebd. S. 358.
- 35) Vgl. Ebd., S. 359.
- 36) Vgl. Ebd., S. 289.
- 37) Vgl. Ebd., S. 300.
- 38) Ebd., S. 323.
- 39) Ebd., S. 328.
- 40) Ebd., S. 334.
- 41) Ebd., S. 338.
- 42) Ebd., S. 354.
- 43) Vgl. Ebd., S. 445.
- 44) Vgl. Ebd., S. 480.
- 45) Kippenhahn 1987A, S. 155 ff., sowie Kippenhahn 1991, S.42 ff.
- 46) Ebd., S. 153 bzw. S. 179 ff.
- 47) Ebd., S. 170 ff. bzw. S. 50 ff.
- 48) Kippenhahn 1985, S. 251 f. und Kippenhahn 1991. S. 186 ff.
- 49) Kippenhahn 1985, S. 254 und Littrow 1842 S. 354.
- 50) Kippenhahn 1985, S. 256 f., Kippenhahn 1991, S. 184 ff.
- 51) Littrow 1842, S. 378.
- 52) Kippenhahn 1985, S. 255 f. und Kippenhahn 1991, S. S.191 ff.
- 53) Ebd., S. 260 bzw. S. 194.
- 54) Littrow 1842, S. 385 ff.

Literatur

- Kippenhahn 1985. Kippenhahn, Rudolf: 100 Milliarden Sonnen - Geburt, Leben und Tod der Sterne, München und Zürich 51985 (1. Aufl. München 1980).
- Kippenhahn 1987. Kippenhahn, Rudolf: Licht vom Rande der Welt - Das Universum und sein Anfang, München, Neuausgabe 1987 (1. Aufl. Stuttgart 1984).
- Kippenhahn 1987A. Kippenhahn, Rudolf: Unheimliche Welten - Planeten, Kometen und Monde, Stuttgart 1987.
- Kippenhahn 1991. Kippenhahn, Rudolf: Abenteuer Weltall, Stuttgart 1991.
- Littrow 1842. Littrow Josef Johann von: Die Wunder des Himmels oder gemeinfaßliche Darstellung des Weltsystems; Zweite verbesserte Auflage in einem Bande, Zweiter Abdruck, Stuttgart ^{ND2}1842 (2. Aufl. Stuttgart 1837; 1. Aufl. Stuttgart 1834).