
WILHELM FOERSTER STERNWARTE E. V. MIT ZEISS-PLANETARIUM BERLIN

BERLIN 41 • Munsterdamm 90 • Insulaner • Ruf 7962029

Protokoll

der

269. Sitzung der

Gruppe Berliner Mondbeobachter

1983 April 11

Beginn: 20.05

Anwesend die Damen: Heyfelder-Wenzel, Stach, sowie die Herren Biartock, Erfurth, Freitag, Freydank, Hänig, Jarnack, Mackowiak, Mützelburg, Rentzing, Tschiersky, Voigt, Wenzel, Wörner.

Herr Mackowiak eröffnet in Vertretung Herrn Kuhnerts die Sitzung, begrüßt die Anwesenden und stellt erfreut fest, daß trotz der schweren Unwetter eine doch so große Zahl Interessierter erschienen ist. Herr Hänig übernimmt, wie schon oft, dankenswerterweise die Führung des Protokolls und Herr Mackowiak gibt als erstes eine Übersicht über den geplanten Verlauf des Abends an:

Herr Liebold entschuldigt sich, sein vorgesehenes Referat aus gesundheitlichen Gründen nicht halten zu können. Anschließend bietet Herr Mackowiak einige Nummern der Zeitschrift "Ikarus", einen Bericht über eine brasilianische Sternwarte, sowie Aufsätze über die Planeten des Sonnensystems an, die in der Zeitschrift "Kosmos" erschienen sind.

Herr Jarnack übernimmt das Referat Capricornio, -Bericht über eine brasilianische Sternwarte-, Herr Rentzing wird in der nächsten Sitzung über die Kosmos-Serie "Sonnensysteme" referieren. Für die Aufsätze aus "Planetary and Saturns" findet sich kein Referent.

Anschließend stellt Herr Mackowiak zwei neue astronomische Sachbücher vor:

1.) Iain Nicolson: "Die Sonne"

Ein Atlas der Sonne, veröffentlicht in Zusammenarbeit mit der Royal Astronomical Society

95 Seiten mit 16 Farbseiten, zahlreichen Schwarzweißaufnahmen und Diagrammen. Geb. 39,80 DM,

Verlag Herder Freiburg - Basel - Wien

IBSN 3-451-19461-9

Die Sonne, Zentrum unseres Planetensystems, ist der Motor für sämtliche Vorgänge auf unserem Planeten Erde, angefangen vom Kreislauf des Wassers, des Windes, der Gesteine bis hin zur Existenz jeglichen Lebens. Ohne sie gäbe es auch nicht unsere moderne Industriegesellschaft, die ja auf Kohle und Erdöl basiert, fossilen Brennstoffen, die nichts weiter sind als gespeicherte Sonnenenergie. Außer dieser Bedeutung als Licht- und Wärmequelle hat sie noch die als eines der interessantesten und wichtigsten Forschungsobjekte. Denn die Sonne ist der einzige Fixstern, dessen Oberfläche direkt von der Erde aus beobachtet werden kann, dessen Details wir studieren können, um auf diese Weise nicht nur den Schlüssel zum Verständnis der fundamentalen Prozesse im Innern

dieser leuchtenden, heißen, riesigen Gaskugel selbst, sondern auch der anderen Lichtjahre entfernt stehenden Sterne zu erhalten. Die Sonnenforschung befruchtet damit wesentlich die Theorien des Sternaufbaus.

Seit der Erfindung des Fernrohrs im Jahre 1610 und seiner Einführung als Forschungsinstrument in die Astronomie, und damit auch in die Sonnenforschung durch Galilei und viele andere Wissenschaftler ist bekannt, daß unser Zentralgestirn kein "makelloser" Himmelskörper ist. Bis vor kurzem konnte die Sonne jedoch nur mit Hilfe des von ihr emittierten sichtbaren Lichtes studiert werden. Die in den vierziger Jahren aufkommende Radioastronomie zeigte dann viele neue Einzelheiten in der Struktur und Aktivität der Sonne.

Moderne Techniken der Bodenobservatorien, Ballontelekope und nicht zuletzt die Methoden der Raumfahrt machten es möglich, die Kurzwellen-, Röntgen- und Gammastrahlung der Sonne zu messen; der Nachweis aller solaren Strahlungen führte in den letzten zwei Jahrzehnten zu einem völlig neuen Verständnis, und damit neuen Bild des Tagesgestirns. Das wohl spektakulärste Ergebnis dieser Anstrengungen sind die Sonnenaufnahmen im Röntgen- und UV-Licht. Satelliten und Sonden im interplanetaren Raum haben auf ihren Missionen auch die solare Partikelstrahlung und das interplanetare Magnetfeld gemessen, Vorhaben, die von der Erde aus nicht zu realisieren gewesen wären. Die bisherigen Höhepunkte stellten ohne Zweifel die bemannten Skylabmissionen dar, die viele neue Daten und aufregende Aufnahmen brachten.

Der Autor Iain Nicolson, Professor für Astronomie, Sonnenforscher und Mitglied verschiedener astronomischer Organisationen Großbritanniens, versucht in seinem Buch, dieses neue Bild der Sonne zu zeichnen; die Forschungsergebnisse dem Fachmann wie dem Amateur kompakt und anschaulich im Rahmen dieser Gesamtdarstellung darzubieten.

Das Buch gliedert sich in 28 Kapitel, einem Glossar mit den wichtigsten Fachbegriffen der Sonnenforschung, Hinweise für die Sonnenbeobachtung, eine Zusammenstellung der wichtigsten deutschen und englischen Bücher über die Sonne sowie eine Tabelle der Sonnenfinsternisse 1981-2000.

Nach einer Einführung in die Thematik beschreibt der Verfasser in den ersten fünf Kapiteln die Sonne als Stern, gefolgt von der Geschichte ihrer Erforschung und einer Darstellung der Forschungsmethoden (Observatorien, Satelliten, Raumstation) in 3 Kapiteln. Die nächsten 15 Kapitel behandeln dann die Strahlung, Atmosphäre und Aktivitäten der Sonne, und in den restlichen vier werden die Wirkungen der Sonne auf die Erde, die Sonne als Energiequelle, die Oszillationen der Sonne und die Lebensgeschichte des kosmischen Feuers in unserer Nähe beschrieben.

Den Mittelpunkt und herausragendsten Teil des sehr lebendig, aber dennoch sachlich bleibenden Buches bilden die 16 Farbseiten mit ihren 32 Abbildungen, Sie zeigen eindrucksvoll, welche verschiedene Gesichter unser Stern hat.

Ein Buch mit komprimiertem Wissen, das sich ohne großen Zeitaufwand und "geistige akrobatische Klimmzüge" lesen läßt, dem man eine weite Verbreitung wünschen kann.

2.) Richard Learner: "Das Teleskop"

Die Geschichte der Astronomie seit Galilei
224 Seiten mit 48 farbigen Abbildungen sowie
zahlreichen Schwarzweißfotos und Graphiken.

Geb. 78,-- DM

Christian Verlag München 1982

ISBN 3-88472-082-1

Es gibt wohl keine andere Erfindung, die eine Wissenschaft und damit auch das Weltbild so revolutioniert hat wie das Teleskop die Astronomie. Vor seiner Erfindung war das Auge das einzige Hilfsmittel, um den Geheimnissen des Kosmos auf die Spur zu kommen. Die frühen Astronomen mußten sich damit begnügen, den Lauf der Himmelskörper zu erforschen, weshalb in der Frage nach der Natur der Gestirne den phantastischen Spekulationen freier Raum gegeben war. Da die Beobachtungsmöglichkeiten eingeschränkt waren, konnte sich der Mensch auch als Mittelpunkt des Kosmos betrachten.

Das änderte sich schlagartig im Jahre 1610, als Galileo Galilei zum ersten Mal ein selbstgebautes Teleskop auf den Himmel richtete und durch seine Entdeckungen (Phasen der Venus, hellste Monde des Jupiter) den empirischen Beweis für die schon von Copernikus verbreitete These brachte, die Erde sei nicht der Mittelpunkt des Universums. Die philosophisch-theologische Kontroverse über die Stellung der Erde und damit des Menschen war eröffnet, aus der das heliozentrische Weltbild dank des Fernrohre als Sieger hervorging.

In den nun folgenden Jahrhunderten öffnete sich den Menschen ein ganz neuer Kosmos, eine Entwicklung, die eng mit der Verbesserung des Teleskops sowie der Konstruktion neuer Fernrohrtypen verbunden ist, ja ohne sie nicht möglich gewesen wäre. 1672 stellte Isaac Newton der Royal Society das Spiegelfernrohr als Alternative zum Linsenfernrohr vor. Er hatte damit den Vorläufer der Geräte geschaffen, mit denen die letzten Beweise für Albert Einsteins Relativitätstheorie 1918 erbracht wurden. Im Laufe der weiteren Geschichte kamen zu den Linsen- und Spiegelteleskopen viele Spezialinstrumente hinzu, die es beispielsweise ermöglichten, die Radiostrahlen, Infrarotstrahlen und Röntgenstrahlen aus dem Weltall zu untersuchen und als Informationsträger zu nutzen. Schließlich eröffnete die Weltraumfahrt für den Einsatz von Teleskopen ganz neue Möglichkeiten, deren Konsequenzen noch nicht abzusehen sind.

Dr. Richard Learner, Dozent am Imperial College of Science and Technology in London und Fachmann auf dem Gebiet der astronomischen Instrumente, beschreibt in 17 Kapiteln die Entwicklung und Funktionsweisen des Teleskops sowie seiner Zusatzinstrumente. Er gibt damit auch einen Überblick über die Geschichte der Astronomie, indem er den Bogen vom ersten Linsenfernrohr bis zu den Modellen zukünftiger Riesenteleskope spannt. Unterstützt wird er in dieser Intention durch zahlreiche ausgezeichnete Schwarzweiß- und Farbfotos, von denen einige Raritäten darstellen. Am beeindruckendsten sind allerdings die Graphiken, mit denen die Funktionsweisen der verschiedensten Instrumente veranschaulicht werden sollen. Ein Querschnitt durch das McMath-Sonnenteleskop bildet hier die Krönung.

Dem Autor ist es gelungen, die Geschichte des Teleskops in einem ebenso fesselnden wie fachkundigen Text zu beschreiben, eine Kunst, die nur wenige beherrschen. Bedauerlich ist, daß im Kapitel "Ein neues Fenster zum Universum", das die Geschichte der Radioastronomie beschreibt, die Radioastronomie in der Bundesrepublik mit dem 100-Meter-Spiegel in Effelsberg nur in einem dreieinhalbzeiligen "Auch-Satz" erwähnt wird, und kein Foto dieses größten, freibeweglichen Instruments vorhanden ist. Es ist das einzige Manko des sonst hervorragend geschriebenen und aufgemachten Buches, das allen zu empfehlen ist, die einen abgerundeten, sachlichen, aber auch unterhaltenden Überblick über die Entwicklung des Teleskops erhalten wollen.

Die Anwesenden danken mit großem Beifall und diskutierten noch über die Frage, ob vom Herder-Verlag in seiner Reihe "Atlanten des Sonnensystems" noch Bücher über die Planeten MERKUR, MARS und VENUS geplant sind. Herr Mackowiak antwortet, daß sich darüber nichts sagen läßt, weil diese Reihe auf englischen Ausgaben basiert und es davon abhängt, ob in Großbritannien neue Bücher über die angesprochenen Planeten erscheinen.

Darauf referiert Herr T s c h i e r s k y über die Nachprüfung der Blaggschen Formel:

I Die Grundlage des Vortrages bildet ein Aufsatz von Lobran/Roy/Brown im "Journal of the British Astronomical Association", 92, 260-264 (1982), über eine von M.A. Blagg im Jahre 1913 empirisch abgeleitete Gleichung zur Beschreibung der relativen Abstände der Mitglieder von Planeten- und Mondsystemen. Frau Blagg entwickelte ihre Formel unter folgenden Gesichtspunkten:

1. Man kann zeigen, daß die relativen Abstände der Monde verschiedener Planeten genähert einfachen Exponentialfunktionen folgen:

Jupiter:	$a(n) = 1,6^n$	$a(n)$ = relativer mittlerer Abstand
Saturn:	$a(n) = 1,25^n$	n = positive oder negative ganze Zahlen
Uranus:	$a(n) = 1,45^n$	

Für jedes System wird mit $a(0) = 1,0$ ein Bezugstrabant definiert. Die Abweichungen der realen relativen Abstände von den so errechneten können zur Entwicklung von Korrekturgliedern ausgewertet werden.

2. Seit 1766 beschreibt die Titius-Bode'sche Regel die relativen Abstände im Sonnensystem mit Ausnahme von Pluto recht genau. Auch sie hat die Form einer Exponentialfunktion: $a_{(n)} = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$

Die Blagg'sche Formel erhielt die allgemeine Form

$$a_{(n)} = A \cdot 1,7275^n \cdot (B + f(\theta))$$

$n, a_{(n)}$ s.o.; A, B = systemabhängige numerische Konstanten;

$\theta = \alpha + n \cdot \beta$, wobei α, β systemabhängige Winkel darstellen; $f(\theta)$ führt zu Werten zwischen 0 und 1,0, die einer empirisch entwickelten Graphik (Bild 5) entnommen werden.

II Betrachtung spezieller Systeme

	A	B		
Sonnensystem	0,4162	2,025	112°,4	56°,6
Jupitersystem	0,4523	1,852	113°,0	36°,0
a) nach Blagg				
b) nach Lobran et al.	0,82	1,03	150°,0	25°,0
Saturnsystem	3,074	0,0071	118°,0	10°,0
Uranussystem	2,98	0,0805	125°,7	12°,5

Sonnensystem (Bild 1): Die Übereinstimmung der relativen Abstände wird im Vergleich zu Titius-Bode verbessert, der relative Fehler schrumpft beim Pluto von 45 % auf 5 %.

Jupitersystem: (Bild 2): Es existieren drei "Mondpopulationen":

1. jupiternahe ($n=-3$ bis $+3$), 2. vier Monde bei $n=6$, 3. vier Monde bei $n=7$; Lücken bei $n=4$ und 5. Die Monde für $n=-3$ und $n=-1$ weichen um jeweils 25 % der errechneten Entfernung in Richtung Amalthea ($n=-2$) ab. Neue Faktoren der Autoren Lobran et al. bringen für das Gesamtsystem keine bessere Übereinstimmung.

Saturnsystem (Bild 3): zwei Monde (1980 S10, S11) liegen zwischen $n=-3$ und $n=-2$; $n=-3$ wird von drei Monden besetzt. Die anderen Monde weichen von den errechneten Abständen nur mäßig ab, es finden sich Lücken für $n=3$ und $n=6$ bis 8.

Uranussystem (Bild 4)/ Graph a) zeigt erhebliche Abweichungen für Miranda ($n=-2$) und den nicht gesicherten Mond "U 6" ($n=-4$), dessen Position in b) nach Lobran et al mit der Funktion

$$a_{(n)} = 0,537 \cdot 1,5^n \cdot (1,105 + f(0,00 - n \cdot 550)) \text{ genau bestimmt wird.}$$

III Optimierung der Blagg'schen Funktion

M.A. Blagg versuchte ihrer empirischen Winkelfunktion $f(\theta)$ eine theoretische Basis zu verschaffen und entwickelte $f(\psi)$ mit $\psi = \theta - 27^\circ$, 5:

$$f(\psi) = \frac{\cos \psi}{(3 - \cos 2\psi)} + \frac{1}{(6 - 4 \cos 2(\psi - 30^\circ))}$$

$$f_N(\psi) = 0,249 + 0,86 \cdot f(\psi) \text{ (gestrichelte Linie in Bild 5)}$$

IV Kritik der Blagg'schen Funktion

Die Zahl der zugänglichen Fakten verleiht der Funktion nur eine geringe Aussagekraft, dagegen ist die Zahl ihrer Freiheitsgrade zu groß. Die Abweichungen der planetennahen Mondbahnen s.o. finden keine Erklärung, ebenso das Freibleiben von Orbitalen in den äußeren Zonen des Saturn- bzw. Jupitersystems. Physikalische Parameter wie Masse und Dichte der betrachteten Körper bleiben außer acht, der Aussagewert verringert sich hierdurch zusätzlich.

In der vorliegenden Form bestätigt die Blagg'sche Formel die Existenz einer exponentiellen Beziehung zwischen den Abständen der Körper unseres Sonnensystems - mehr nicht.

Die Bahndaten zur Berechnung der relativen Abstände in den Bildern 1 - 4 wurden folgender Quelle entnommen:

Keppler, E.: Sonne, Monde und Planeten. München: Piper Verlag, 1982. S.124/125.

Herr T s c h i e r s k y referiert weiter über das Buch "Discovering Astronomy" von William H. Jefferys, R. Robert Robbins: 466 Seiten, reich bebildert; John Wiley & Sons New York, 1981, Amerikanische Originalausgabe.

Das Buch "Discovering Astronomy" der Autoren W. Jefferys und R.R. Robbins von der University of Texas in Austin wendet sich an den Anfänger in der Sternkunde, dabei aber nicht nur an den interessierten Laien, sondern vor allem an den Enthusiasten, der in der Astronomie eine sinnvolle Freizeitbeschäftigung sucht. Es gehört zu jener Gruppe von Lehrbüchern, die Astronomie nicht nur in der Form aneinandergereihter Fakten und deren Zusammenhänge vermitteln; vielmehr führt es den Leser aus seiner passiven Rolle in die aktive des Experimentators und Beobachters. Gerade Anfängern, denen der Anschluß an Volkssternwarten und Volkshochschulen versagt ist, dient die anschauliche Art des vorliegenden Buches; wie vielen Interessierten wurde schon die Freude an der Astronomie verdorben, weil sie langen mathematischen Gleichungswegen folgen mußten oder an der Lösung spitzfindiger Rechenaufgaben scheiterten? So wird der Leser zunächst mit dem Wesen großer Zahlen, den "Größenordnungen", vertraut gemacht und wenig später mit den Grundsätzen der wissenschaftlichen Messung und ihrer Verarbeitung (Fehlerrechnung). Großen Wert legen die Autoren auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweise; es gehört zum durchgängigen Prinzip des Buches, zur Lösung der gestellten Aufgaben s.u. keine Werte vorzugeben, sondern die Ergebnisse eigener Messungen zu verarbeiten und kritisch zu hinterfragen.

In jedem Abschnitt des Buches wird eins der 24 Lernziele abgehandelt: Dazu gehören alle nahen und fernen Bereiche der Astronomie und die physikalischen Grundlagen, siehe Titel wie "Elektromagnetische Strahlung", "Spektren: Der Schlüssel zum Universum", "Die Wechselwirkungen von Licht und Materie". Die Autoren unterbrechen den Text ihrer Ausführungen durch Zwischenfragen, die der Leser tunlichst zur eigenen Überprüfung beantworten sollte. Die Antworten ausgewählter d.h. für schwierig befundener Fragen finden sich am Ende des Kapitels. Die Auswahl erscheint stellenweise unglücklich getroffen, es sollte besser zu allen Fragen Musterantworten angeboten werden. Zur Überprüfung kann der Leser am Ende jedes Abschnittes weitere Problemstellungen bearbeiten, allerdings fehlt ihm jede Möglichkeit der Überprüfung. Ungefähr jedes zweite Kapitel beinhaltet die schon erwähnten Anleitungen zum eigenen Beobachten und Experimentieren. Hier kommt endlich das Prunkstück des Buches zum Zuge: Ein Experimentiersatz aus Pappe, als Anlage beigelegt, dem man die Einzelteile für einen Peil-Meßstab, einen Quadranten, ein Gitterspektroskop sowie eine Linse entnehmen kann. Daneben werden nur noch etwas Klebstoff, Zwirn und ein langes Lineal, das Herzstück jeder Versuchsanordnung, benötigt. Es werden also mit einfachsten Mitteln erstaunliche Messungen vorgenommen, wie das Beispiel des Spektroskops zeigt: Das beigelegte Spektralgitter setzt man an das Ende des Lineals und befestigt am anderen Ende den variablen Spalt seitlich des Lineals so an die Pappe, daß beim Blick durch das Spektralgitter das virtuelle Bild des Spaltes - aufgetrennt in seine Spektralfarben - auf der anderen Seite des Lineals vor dem Hintergrund der Pappe sichtbar wird. Durch Veränderung des Abstandes Gitter-Pappe kann das virtuelle Bild mit einer aufgedruckten Wellenlängenskala zur Deckung gebracht werden. Gemäß dem Motto des Buches, den Leser erst experimentell die physikalischen Grundlagen erarbeiten zu lassen, bevor die Anwendung der gefundenen Gesetzmäßigkeiten

in der Astrophysik vorgestellt wird, kann der Leser seinen Apparat an künstlichen und natürlichen Lichtquellen ausprobieren und Emissions- und Absorptionslinien ausmessen. Das alles mit Pappe und Lineal, in wenigen Minuten zusammengesetzt ! Es wundert, daß der hohe didaktische Wert solcher Bausätze in den bisherigen Lehrbüchern kaum berücksichtigt wurde. Sicherlich ist es drucktechnisch einfacher und billiger, Bauanleitungen beizufügen als fast vollständige Bausätze. Den Aufpreis wird der Interessierte sicherlich gerne zahlen, denn gerade Anfängern bereitet das Besorgen spezieller Teile wie ein Spektralgitter Schwierigkeiten.

Hoffentlich findet dieses Buch einen deutschen Übersetzer und Verleger. Es sollte mindestens Pate stehen für eine kommende Generation origineller und lebendiger Experimentier-Lehr-Bücher, die auch den naturwissenschaftlichen Laien ohne höheren Schulabschluß sinnvoll in die Naturwissenschaft Astronomie einführen.

Danach stellt Herr T s c h i e r s k y sein selbstgebautes Spektralgitter vor, das die Anwesenden an vorhandenen Lichtquellen überprüfen.

Herr M a c k o w i a k dankt für die Referate und für die Diskussionsbeiträge.

Er schließt die Sitzung um 21.25 Uhr.

Die nächste Sitzung der GRUPPE BERLINER MONDBEOBACHTER findet am:

M o n t a g , d. 09. Mai 1983 um 20 Uhr

im Zeiss-Planetarium statt.

[4E] $\log a_{(n)}$ - relativer Abstand

Bild 1

Entfernungen
im Sonnensystem

	Titius-Bode			Blaug		
	n	$a_{(n)}$	4E	n	$a_{(n)}$	
Merkur	-1	0,4	0,398	-2	0,375	
Venus	0	0,7	0,723	-1	0,723	
Erde	1	1,0	1,0	0	1,0	
Mars	2	1,6	1,524	1	1,524	
Jupiter	3	2,8	2,361	2	2,630	
			2,630			
			3,167			
			3,767			
Saturnus	4	5,2	5,203	3	5,200	
Uranus	5	10,0	9,546	4	9,550	
Neptun	6	19,6	19,200	5	19,23	
Pluto	7	38,8	30,070	6	30,43	
				7	46,8	

Δ = Titius-Bode
x = Blaug
○ = scale Entfernung

$\log a_{(n)}$
relativer
Abstand

Bild 2

Entfernungen
im Jupitersystem

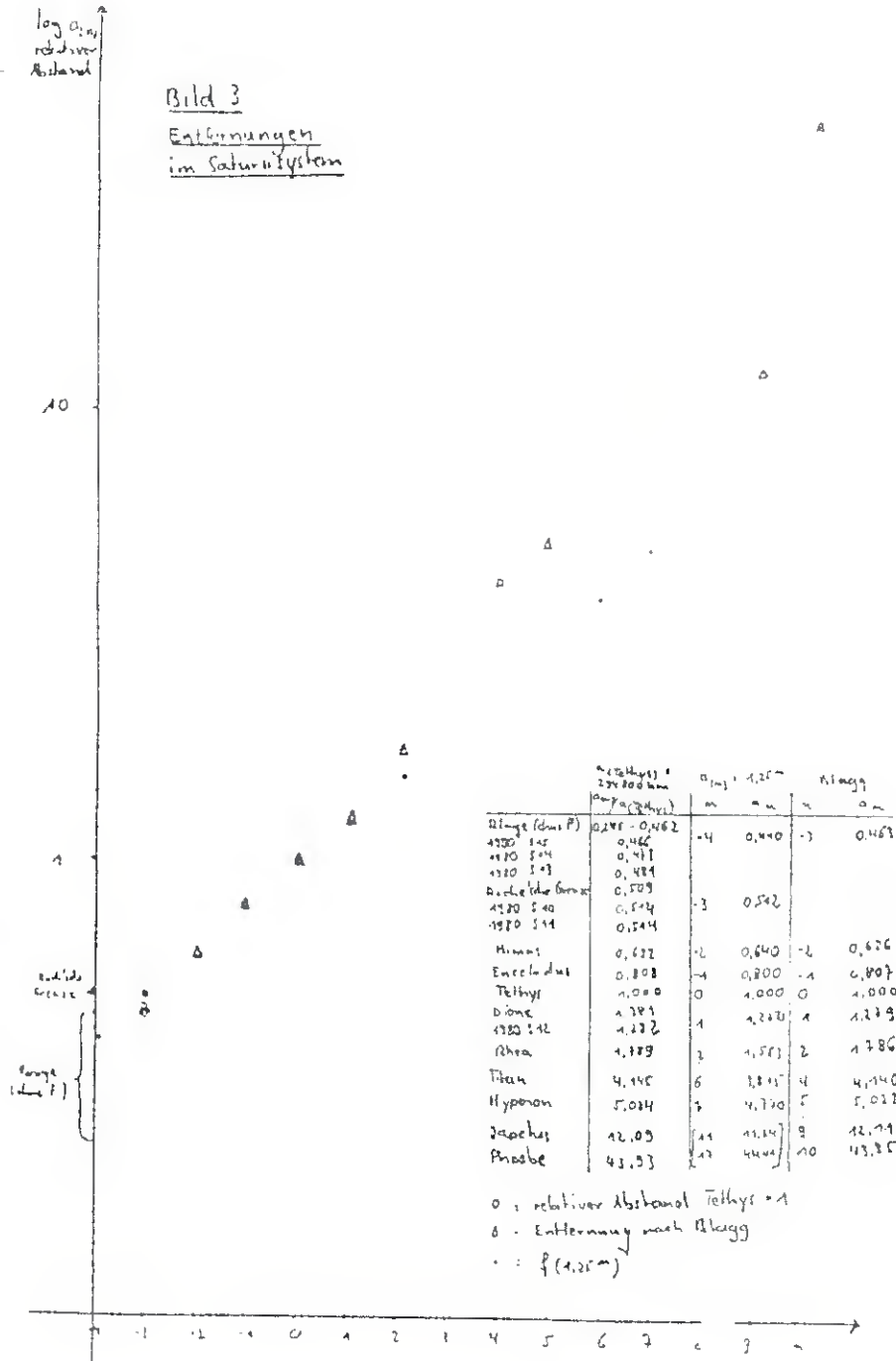
Ring	Titius-Bode		Blaug		Blaug	
	$a_{(n)}$	n	$a_{(n)}$	n	$a_{(n)}$	n
1979 21 n.33	0,100	-3	0,144	0,271	-1	0,157
Ende-Graue	0,402					
Amalthea (20)	0,414	-1	0,425	0,429	-2	0,426
1979 21	0,514	-1	0,625	0,748	-1	0,652
Io	4,000	0	4,000	4,000	0	4,000
Europa	4,532	1	4,600	4,592	1	4,572
Ganymed	5,518	2	5,560	5,544	2	5,527
Callisto	14,159	3	14,800	14,577	3	14,527
		4			4	
		5			5	
Io (143)	26,03					
Himalia (26)	26,68					
Elara (27)	27,26	6	16,38	17,54	6	17,92
Lysithea (38)	27,26					
Ananke (39)	49,72					
Carpe (54)	52,20	7	24,89	55,46	7	62,41
Pasiphae (58)	54,52					
Sinope (59)	54,89	8	42,97			

○ = relativer Abstand $a_{(n)}$
x = Entfernung nach Blaug
• = f(4,6°)

log a_{rel}
relativer
Abstand

Bild 3

Entfernungen
im Saturnsystem



log a_{rel}
relativer
Abstand

Bild 4

Entfernungen
im Uranusystem

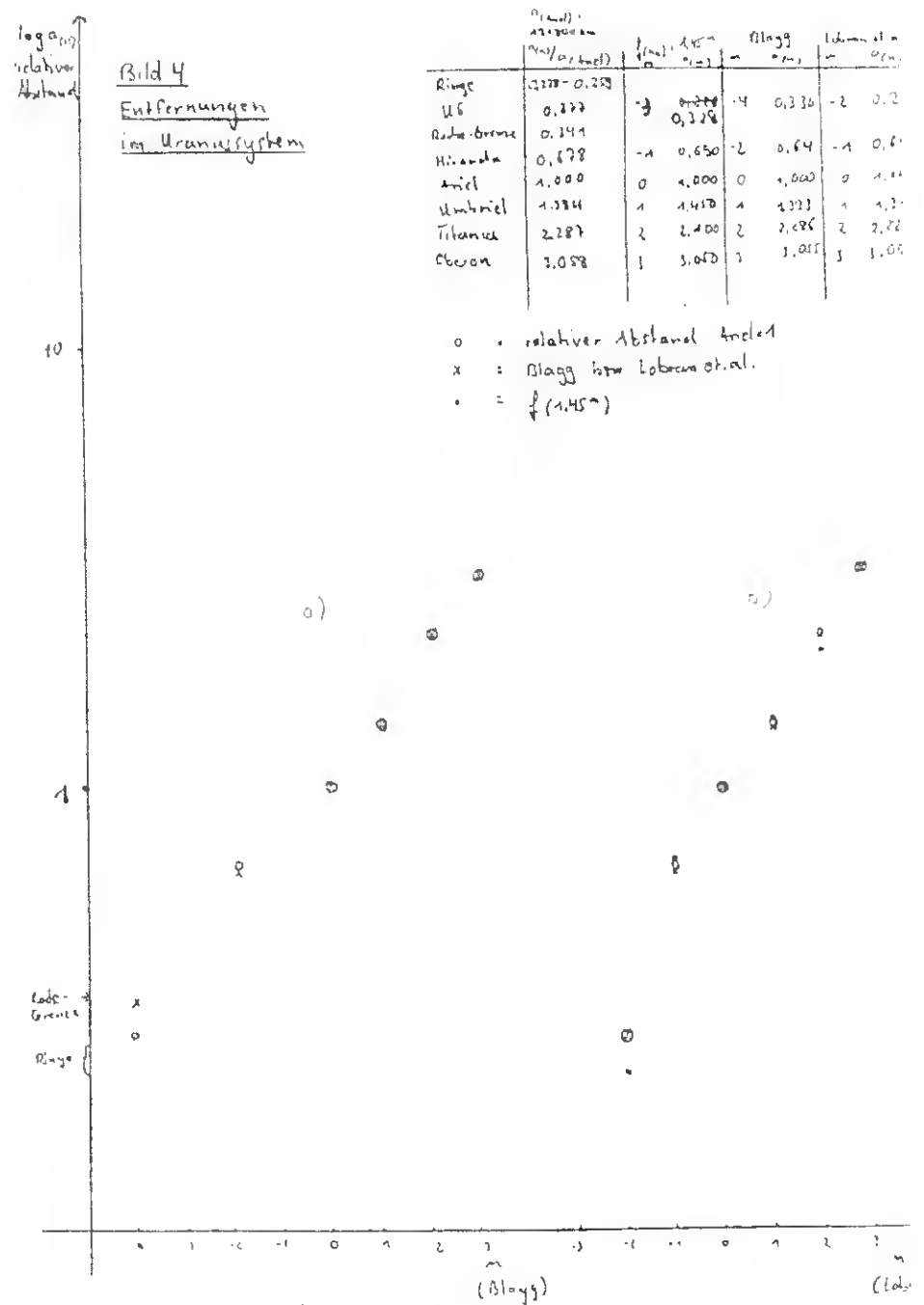


Figure 1

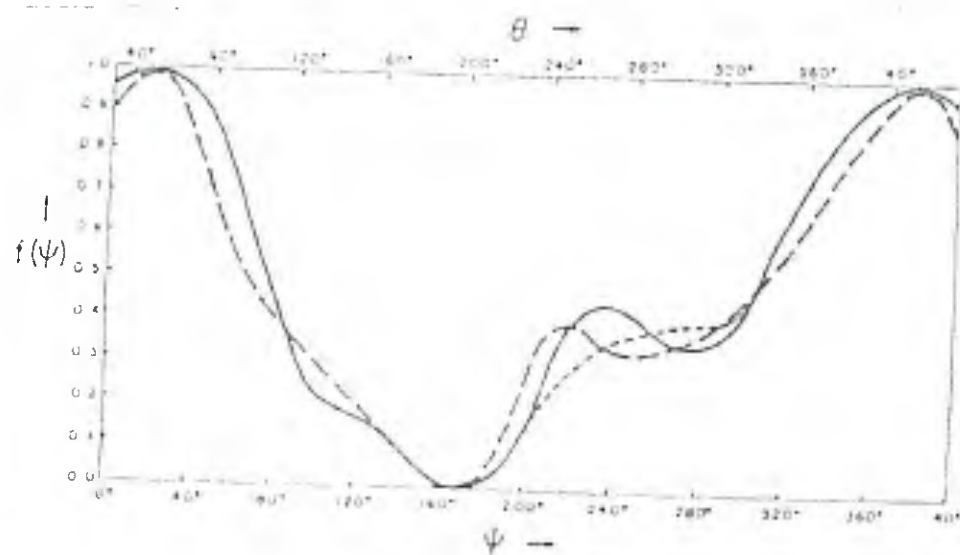


Figure 1. The full line represents Blagg's empirical function $f(\theta)$, where $\theta = \alpha + n\beta$ in equation (1). The dashed line is a representation of the analytic fit $f_2(\psi)$ as defined by equations (2) and (4). Nieth's suggested change to the shape of the empirical curve is shown 'dotted'.