

UEBER DIE DURCHMESSER DER
PLANETEN MERKUR, VENUS,
MARS, JUPITER UND SATURN

von

Ernst Hartwig.

Ueber die Durchmesser der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter u. Saturn.

Die engen Beziehungen der Sternwarte zur „Naturforschenden Gesellschaft“, deren die historische Einleitung gedenkt, legten es nahe, mit Beiträgen an dem Festberichte sich zu beteiligen und nicht nur die theoretische Seite der Astronomie, sondern auch ihre praktische in ihm vertreten zu lassen. Bei dem engen Rahmen dieses Festberichts konnte von den meist sehr umfangreichen Arbeiten der Sternwarte nur eine kleine zur Aufnahme ausersichen werden, als welche ich die Durchmesserbestimmungen der größeren Planeten außer Uranus und Neptun auswählte, die an dem großen Heliometer der Sternwarte von mir ausgeführt worden sind.

Die Kenntnis von der wahren Größe der Körper unseres Sonnensystems in irdischem Maße stützt sich auf die Größe des Winkels, unter welchem der Durchmesser ihrer Scheibe erscheint und auf die Größe ihrer gleichzeitigen Entfernung, die nur in ihrem Verhältnis zur mittleren Entfernung der Erde von der Sonne genau bekannt ist und erst dann auch in irdischem Maße genau angebbar wird, wenn diese mittlere Entfernung der Erde von der Sonne durch die Ermittlung der Sonnenparallaxe, nämlich des Winkels, unter welchem vom Mittelpunkt der Sonne aus der Halbmesser unserer Erde erscheint, nach irdischem Maße genau bekannt geworden ist. Die Sonnenparallaxe ist gegenwärtig aus verschiedenen, in ihrem Ergebnis gut übereinstimmenden Methoden zu ihrer Bestimmung verhältnismäßig sicher ermittelt. Der von der

internationalen Astronomen-Konferenz 1896 in Paris für den Gebrauch in den astronomischen Ephemeriden angenommene Wert von $8''.800$ für die Sonnenparallaxe weicht von dem Werte $8''.806$, der kürzlich aus den photographischen im Jahre 1900/1901 gemachten Aufnahmen des in manchen Oppositionen besonders nahe an die Erde herankommenden und deshalb vorzüglich zur Bestimmung seiner Entfernung von ihr und dadurch der Entfernung Erde—Sonne geeigneten kleinen Planeten Eros abgeleitet ist, wenig ab, gibt aber immerhin, für die in Erdmaß unter Annahme des Bessel'schen Wertes für den Aequator-Halbmesser 6377.4 Km. ausgedrückte, der Parallaxe $8''.800$ entsprechende Entfernung von 149 481 000 Kilometer einen um 100 000 Km. kleineren Wert.

Die Unsicherheit des Wertes für die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, die innerhalb der genannten Abweichung von 100 000 Km gelegen ist, beeinflußt auch die Werte, die wir für die Größe der Planeten ableiten und zwar macht das bei Merkur etwa 3 Km, bei Venus 9 Km und bei Jupiter schon 97 Km aus, um die ihr Durchmesser bei einem um 100 000 Km kleineren Betrage dieser Einheitsentfernung kleiner sich ergibt.

Wesentlich beträchtlicheren Einfluß auf die Bestimmung der Größe der Planeten hat die Unsicherheit, mit dem das andere Element ihrer Ermittlung, die Messung des Winkels, unter welchem die Scheibe uns erscheint, behaftet ist. Eine Unsicherheit von einem Zehntel der Bogen-Sekunde in diesem Winkel der Venusscheibe in der Einheitsentfernung bedeutet für ihre wahre Größe in irdischem Maße 73 Km. Es müssen daher diese Winkel mit äußerster Sorgfalt gemessen werden. Die Mittel hierzu bieten die Mikrometer und unter diesen am besten die Doppelbild-Mikrometer. Die Fadenmikrometer haben den Uebelstand, daß bei der Berührung des Fadens mit dem Rand der Scheibe trotz aller Vorsicht in der Anordnung der Messung bezüglich der Dicke des Fadens wegen der sogenannten Irradiation, die durch eine physiologische Wirkung auf die Netzhaut des Auges eine helle Scheibe auf dunklerem Hintergrunde in diesen übergreifen

läßt, die Begrenzung der Scheibe zu groß aufgefaßt wird. Bei den Doppelbildmikrometern werden die entgegengesetzten, aber gleich hellen Ränder der beiden Bilder zur Berührung gebracht, die an der Berührungsstelle dann nicht mehr in dem gleichen Maße von dem dunkleren Hintergrunde sich abheben. Auch der durch die Beugungswirkung veranlaßte, dem der Irradiation entgegengesetzte Einfluß auf die Begrenzung einer Scheibe, der sich in einem raschen Abfall des Lichtes am Rande äußert, wird bei Doppelbildmikrometern fast ganz aufgehoben, weil die Beugungsbilder der beiden entgegengesetzten und zur Berührung gebrachten Ränder in umgekehrter Erscheinung neben einander zu stehen kommen und bei Herstellung ihrer Berührung den Beobachter veranlassen, nicht an irgend einer Stelle des Lichtabfalls, sondern gerade an seinem Beginn die Berührung aufzufassen. Es wird diese Stelle wohl nicht die wahre Begrenzung der Scheibe sein, die größer sein muß. Aber die Beugungswirkung gibt bei den Doppelbildmikrometern jedenfalls weniger Anlaß zu individuellen Auffassungsverschiedenheiten, wie es beim Fadennikrometer der Fall ist. Je kleiner die Oeffnung des Fernrohrs ist, desto stärker wird sich die Beugungswirkung auf das Aussehen des Randes äußern. Darum müssen größere Fernröhre zuverlässigere Messungen von Planetendurchmessern erhalten lassen als kleinere.

Unter den Doppelbildmikrometern, die entweder auf die Doppelbrechung des Bergkrystalls oder auf die beiden Bilder einer durchschnittenen Linse sich stützen und wenn sie in der Brennebene des Objektivs nahe am Okular angebracht sind, Okularmikrometer, und wenn sie durch das Durchschneiden des Objektivs in zwei Hälften entstehen, Objektivmikrometer sind, ist das beste das Objektiv-Doppelbildmikrometer, das Heliometer, das ursprünglich gerade zu einer genauen Ermittlung des Durchmessers unserer Sonne vor anderthalb Jahrhunderten erdacht worden ist und erst vor etwa 90 Jahren durch die geniale Kunst Fraunhofers seine hohe optische und vor einem Vierteljahrhundert durch die ebenso geniale Kunst der Gebrüder Repsold seine hohe

mechanische Vervollkommenung erhalten hat. Von den kleinen Fraunhofer'schen Heliometern mit 76 mm Oeffnung und zwar von dem in Breslau besitzen wir schon aus dem Jahre 1820 für den hellsten Planeten Venus, von den großen für Königsberg und Bonn gebauten Fraunhofer'schen Heliometern mit 158 bezw. 162 mm Oeffnung, von ersterem seit dem Jahre 1830 für Mars und Saturn, seit 1832 für Merkur und seit 1846 für Venus Durchmesserbestimmungen. Die eben genannten Einwirkungen von Irradiation und Beugung neben der individuellen Auffassung auf die Messung könnten, soweit sie wirklich einen konstanten Fehler der Messung veranlassen, bei Planeten, die in stark verschiedene Entfernungen von der Erde gelangen, durch die Messungen selbst ermittelt werden. Es besteht nämlich dann zwischen einem konstanten Fehler i und dem jeweilig bei der Entfernung r gemessenen Durchmesser d und endlich dem für die Einheit der Entfernung, der mittleren Entfernung Erde—Sonne, gültigen Durchmesser $D + dD$, wo D einen Näherungswert und dD seine aus den Messungen abzuleitende Korrektur bedeutet, die folgende Beziehung, die als Bedingungsgleichung für jede Messung aufgestellt werden kann:
$$d = \frac{1}{r} (D + dD) + i.$$

Wäre der als konstant angesehene Fehler jeder Messung unendlich klein, so müßte die Messung mit dem Werte, der für die ihr zugehörige Entfernung aus dem mittleren Durchmesser $D + dD$ berechnet wird, vollständig übereinstimmen. Ist das nicht der Fall, so wird der konstante Fehler, weil $r(d - i) = D + dD$ ist, veranlassen, daß bei größeren Entfernungen aus der Messung ein anderer mittlerer Durchmesser $D + dD$ erhalten wird, als bei kleineren Entfernungen und zwar bei einem positiven Fehler i , der eine zu große Messung bedeutet, ein mit zunehmender Entfernung immer größer werdender mittlerer Durchmesser und bei negativem i umgekehrt. Bei einer Messungsreihe, die von großen Entfernungen bis zu kleinen sich erstreckt, werden den entsprechenden wachsenden Winkelwerten für den scheinbaren Durchmesser, wenn er konstant zu klein gemessen wird, bei

ihrer Beziehung auf die Einheit der Entfernung wachsende Werte für den mittleren Durchmesser zugehören, wie es die nach den Entfernungen geordnete Tafel der Seite 12 auf den ersten Blick erkennen läßt.

Derartige Messungsreihen sind mit den verschiedenen Okular- und Objektiv-Mikrometern angestellt worden. Ich habe das ganze bis 1879 bekannt gewordene Beobachtungsmaterial dieser Art in einer von der Astronomischen Gesellschaft als Publikation XV veröffentlichten Schrift „Untersuchungen über die Durchmesser der Planeten Venus und Mars“ geprüft und das bemerkenswerte Ergebnis gefunden, daß sich die mit Fadenmikrometer gemessenen Durchmesser der Venus in der Tat als zu groß, aber viel verwunderlicher alle Okular- und Objektiv-Doppelbild-Mikrometermessungen um den ansehnlichen Betrag von etwa einer Bogensekunde zu klein gemessen erweisen, wenn sich die aufgestellte Beziehung zwischen Messung und einem konstanten Fehler als richtig rechtfertigen würde. Die von mir selbst an verschiedenen Fraunhofer'schen Heliometern von 76 mm Oeffnung ausgeführten Messungen der Venus aus dem Jahre 1876 bis 1878 zeigten dieselbe Erscheinung.

Auch die bei meist guten Luftverhältnissen an einem der vier Repsold'schen, für Rußland gebauten Heliometern von 108 mm Oeffnung mit 176facher Vergrößerung von mir in Dorpat systematisch im Jahre 1884 (auch Juni 1885) an 41 verschiedenen Tagen durchgeführte Messungsreihe für den Planeten Venus, die seit Jahren schon gedruckt, aber noch nicht herausgegeben ist, ergab einen solchen konstanten Messungsfehler von nahe einer Bogensekunde.

Als ich hier in Bamberg Gelegenheit bekam, an einem großen Repsold'schen Heliometer, dem größten in Deutschland, von 184 mm Oeffnung arbeiten zu dürfen, habe ich diese Untersuchung über einen konstanten Messungsfehler auch an diesem hervorragend guten Meßapparat mit einer über 20 Jahre sich erstreckenden Messungsreihe der Venus aufgenommen, bei der mit einer viel stärkeren Vergrößerung als bisher und zwar mit 300facher gemessen wurde. Die

Anwendung solcher Vergrößerung verlangt aber besonders gute Luftverhältnisse, die nicht nur in Bamberg, sondern auch in Deutschland überhaupt in dem genannten Zeitraum recht spärlich waren. Sehr oft war die Vorbereitung zur Messung vergeblich unternommen. Die Anzahl der Versuche zur Messung war vielmal größer als die Anzahl der benützbaren Gelegenheiten. Die Unruhe der Luft war weniger ein Hindernis für die Aufnahme der Messung am Instrument als die Unschärfe des Bildes. In dem folgenden Verzeichnisse der erhaltenen Messungen steht den Tagen mit großer Unruhe meist eine genügende Schärfe des Bildes zur Seite, wie die Zahlen der entsprechenden Spalten ausweisen, deren Abstufung von 1, den sehr guten bis zu 4, den ungenügenden Zuständen reicht. Wo Ruhe und Schärfe schlecht (ungenügend) waren, habe ich lieber eine Messung ganz unterlassen. Ich teile hier die in Bogenmaß umgerechneten Angaben der Helio-metermaßstäbe mit, deren Teilungsfehler immer berücksichtigt und deren Teilungswert aus Sternmessungen ermittelt wurde. Die periodischen Fehler der Mikrometerschraube für die Ablesung der Maßstäbe sind immer dadurch im Ergebnis unwirksam gemacht, daß zwei um anderthalb Umdrehungen der Schraube von einander entfernte Fädenpaare benützt wurden. Den Einfluß der Refraktion habe ich auch bei den großen Durchmessern nicht berücksichtigt, weil die Messungen bei hohem Stande des Planeten gemacht worden sind und sein Betrag ein Hundertstel der Bogensekunde nicht überschreitet. Bis auf eine Ausnahme 1910 Febr. 3. wurde Venus auf hellem Himmelshintergrunde gemessen; die Nachtmessung ergab den Durchmesser um etwa eine halbe Bogensekunde zu groß.

Wenn die Einstellungsrichtung für die jeweilige Phase nicht senkrecht war, wurde ein sogenanntes Reversionsprisma vor dem Okular benützt, das für das Auge die senkrechte Richtung herstellte. Zur Untersuchung seines Einflusses wurde in seinem Gebrauche abgewechselt. Seine Verwendung ist in der 5. Spalte „Prisma“ angegeben, wo $P \odot$ das für die Sonnen-Messungen verwandte Reversions-Prisma bedeutet.

Wenn die Bilder der beiden Objektivhälften sich nicht genau deckten, ist der Einfluß ihrer Trennung auf die Messung aus den Positionswinkel-Ablesungen immer berücksichtigt worden. Die erhaltenen Messungen sind:

			M. Z. Bambg.	Prisma o - ohne m - mit	Entfern. log. r	Mes- sung	Bild Schärfe	Luft Ruhe	Himmel Bläue
1	1890	Mai 7	6 ^h 18 ^m	o. P.	0.19981	10."02	3	3—4	
2		Juni 25	23 26	o. P.	0.12528	12.16	3	4	2—3
3		Juli 27	6 29	o. P.	0.05040	14.65	1—2	3	1—2
			6 42	o. P.	0.05038	14.69	1—2	3	1—2
4		Sept. 17	4 29	o. P.	9.86162	23.43	1—2	3	2
			4 40	o. P.	9.86159	23.22	1—2	3	2
5	1891	Aug. 17	23 7	o. P.	0.23128	9 11	2 3	3	2—3
			23 18	o. P.	0.23128	9.11	2—3	3	2—3
6	1892	April 3	3 56	o. P.	9.96472	18.07	1—2	3	
7		Juni 12	4 56	m. P.	9.58736	45.06	2	2	2
8		Juni 28	6 23	o. P.	9.48862	56.58	2	4	
9		Aug. 5	22 44	o. P.	9.58949	44.54	2	3—4	
			22 54	o. P.	9.58953	44.46	2—3	3—4	
10		Aug. 31	16 29	m. P.	9.75515	30.39	1 2	3	
11		Sept. 30	22 1	m. P.	9.90253	21.13	2	4	
			22 12	m. P.	9.90255	21.11	2	4	
12	1894	Juli 23	22 7	o. P.	0.12429	12.07	2	3—4	
13	1895	März 30	5 4	m. P.	0.15216	11.20	3	3—4	
14		Juni 27	4 33	o. P.	9.90852	20.76	3	3—4	2
15		Juli 17	5 0	m.P.⊙	9.81156	26.50	1—2	3—4	1
			5 9	m.P.⊙	9.81152	26.59	2	3—4	1
16		Juli 26	1 27	m.P.⊙	9.76156	29.92	3	3—4	
			1 38	m.P.⊙	9.76152	29.65	2	3—4	
17		Aug. 18	2 26	m.P.⊙	9.61060	42.18	1	3—4	1
			2 32	m.P.⊙	9.61057	41.78	1	3—4	1
18		Okt. 7	22 57	o. P.	9.51400	52.84	1—2	2—3	1—2
			23 5	m. P.	9.51403	52.68	1	2	1
			23 18	m. P.	9.51409	52.45	1	2	1
19		Nov. 25	19 33	m. P.	9.81500	26.02	1—2	3	
			19 41	m. P.	9.81502	26.03	2—3	3—4	
20	1897	Febr. 18	4 5	m. P.	9.83330	25.21	1—2	3	

— 10 —

		M. Z. Bamberg.	Prisma o-ohne m-mit	Entfern. log. r	Mes- sung	Bild Schärfe	Luft Ruhe	Himmel Bläue
	1897 Febr. 18	4 ^h 10 ^m	m. P.	9.83329	25."18	2	3	
21	Juni 2	21 41	o. P.	9.64352	39.33	3	3	3—4
		21 52	o. P.	9.64357	39.86	3	3	3—4
22	Juni 10	21 58	m. P.	9.69791	34.57	2	4	2
		22 5	m. P.	9.69794	34.53	2	4	2
23	Juni 23	21 51	m. P.	9.77795	28.50	2	3	1—2
24	Juni 28	20 39	o. P.	9.80552	27.01	1	1—2	2
		20 47	o. P.		27.04	1	1—2	2
25	Aug. 31	21 33	m. P.	0.05134	14.52	3	3—4	1
		21 44	m. P.		14.49	3	3—4	1
26	Sept. 1	20 39	o. P.	0.05385	14.77	2—3	3	1
		20 47	o. P.		14.53	2—3	3	1
27	1900 April 21	6 19	m. P.	9.88749	21.94	1	3	
		6 32	m. P.	9.88752	21.94	1	3	
		6 42	m. P.	9.88755	22.22	1	3	
		6 55	m. P.	9.88758	21.87	1	3	
28	April 28	6 10	m. P.	9.85515	23.83	2—3	3—4	
29	Mai 20	6 3	m. P.	9.73393	31.61	1	3	1
		6 16	m. P.	9.73389	31.42	1	3	1
		6 23	m. P.	9.73385	31.45	1	3	1
		6 35	m. P.	9.73380	31.48	1	3	1
		6 46	m. P.	9.73376	31.49	1	2—3	1
30	Juni 10	7 50	m. P.	9.59137	44.00	1—2	3	
		8 1	m. P.	9.59132	44.02	2	3	
31	1903 Okt. 27	22 7	o. P.	9.65623	38.09	3	3	
32	1905 April 13	3 33	m. P.	9.49609	54.57	2	4	
		3 43	m. P.	9.49605	54.46	2	4	
33	April 14	6 39	m. P.	9.49029	55.41	1	4	
		6 44	m. P.	9.49027	55.53	1	4	
34	April 20	7 2	m. P.	9.46600	59.63	3	4	
		7 8	m. P.	9.46599	59.86	3	4	
35	Mai 7	23 37	m. P.	9.48290	56.69	2	3—4	
36	Mai 10	19 4	m. P.	9.49699	54.49	1	2	2
		19 12	m. P.	9.49702	54.43			
37	Juni 20	22 4	m. P.	9.76813	29.60	2	3	2

			M. Z. Bamg.	Prisma o- ohne m- mit	Entfern. log. r	Mes- sung	Bild- Schärfe	Luft- Ruhe	Himmel Bläue
	1905	Juni 20	22 ^h 14 ^m	m. P.	9.76817	29."46	2	3	2
			22 30	m. P.	9.76824	29.28	2—3	3—4	3
38	1908	Juni 14	6 26	m. P.	9.54832	48.68	2	2—3	2
			6 39	m. P.	9.54826	48.72			
39		Juni 16	4 20	m. P.	9.53580	50.07	2	2	2
			4 33	m. P.	9.53574	50.07			
40		Juni 28	3 30	m. P.	9.47489	58.44	3	3	
			3 38	m. P.	9.47488	58.39			
41		Aug. 19	21 8	m. P.	9.70704	33.82	2—3	3	2—3
			21 25	m. P.	9.70712	33.76			
42		Aug. 26	22 9	m. P.	9.74957	30.66	2	3	3
			22 21	m. P.	0.74962	30.30			
43	1910	Febr. 3	5 44	m. P.	9.44983	62.13	Pos.W. 132°.8		
44		Febr. 15	23 55	o. P.	9.43896	62.70	2	Febr. 11	77°.0
			0 13	o. P.	9.43899	62.89	Pos. W. 41°.0		
45		Febr. 24	0 3	o. P.	9.47107	58.27	Pos. W. 5°.0		
46		Juni 9	21 22	m. P.	0.02507	15.39	3	3—4	
			21 38	m. P.	0.02511	15.56			
47		Juli 11	21 40	m. P.	0.10713	12.51	3	3	

Da ein systematischer Unterschied zwischen den Messungen mit oder ohne Anwendung des Okularprisma sich nicht mit Sicherheit ergibt, habe ich die Messungen in Tagesmittel zusammengezogen und die Bedingungsgleichungen für die so gewonnenen Werte ohne Gewichtsunterschied, weil die einzelnen Messungen stets mit besonderer Sorgfalt ausgeführt wurden und an Genauigkeit dem Mittelwert mehrer Messungen gleichkommen, nach der Methode der kleinsten Quadrate aufgelöst. Ordnet man das Beobachtungsmaterial nach den Entfernungen, um die aus den Messungen abgeleiteten Werte für den Durchmesser in Entfernung Eins in ihrem Gange übersichtlich vor Augen zu stellen, so erhält man die folgende Tafel, in der die Fehler, die bei Einsetzung der abgeleiteten wahrscheinlichsten Werte für die Korrektion dD des Näherungswertes $D=17''.50$ und für den konstanten Fehler i der Messungen in die Bedingungsgleichungen übrig bleiben, in der letzten Spalte verzeichnet sind.

Die Nummern beziehen sich auf die Messungstage der vorangehenden Tafel.

Nr.	Mess. in Entfern. Eins	Mess. d	$\frac{D}{r}$	$d - \frac{D}{r} = \frac{1}{r} dD + i$	Uebrigbl. Fehler $\triangle$ R-B
5	15."51	9."11	10."28	$- 1."17 = 0.587 dD + i$	$+ 0."30$
1	15.88	10.02	11.05	$- 1.03 = 0.631 dD + i$	$+ 0.17$
13	15.90	11.20	12.33	$- 1.13 = 0.704 dD + i$	$+ 0.28$
2	16.23	12.16	13.12	$- 0.96 = 0.749 dD + i$	$+ 0.11$
12	16.07	12.07	13.15	$- 1.08 = 0.751 dD + i$	$+ 0.23$
47	16.00	12.51	13.67	$- 1.16 = 0.781 dD + i$	$+ 0.31$
26	16.78	14.65	15.46	$- 0.81 = 0.883 dD + i$	$- 0.03$
25	16.33	14.51	15.55	$- 1.04 = 0.889 dD + i$	$+ 0.20$
3	16.48	14.67	15.58	$- 0.91 = 0.890 dD + i$	$+ 0.07$
46	16.39	15.47	16.52	$- 1.05 = 0.944 dD + i$	$+ 0.22$
6	16.66	18.07	18.98	$- 0.91 = 1.085 dD + i$	$+ 0.09$
14	16.86	20.76	21.60	$- 0.84 = 1.235 dD + i$	$+ 0.04$
11	16.87	21.12	21.90	$- 0.78 = 1.252 dD + i$	$- 0.02$
27	16.97	21.99	22.67	$- 0.68 = 1.296 dD + i$	$- 0.12$
4	16.96	23.32	24.07	$- 0.75 = 1.375 dD + i$	$- 0.04$
28	17.07	23.83	24.43	$- 0.60 = 1.395 dD + i$	$- 0.19$
20	17.16	25.20	25.69	$- 0.49 = 1.468 dD + i$	$- 0.29$
19	17.00	26.03	26.79	$- 0.76 = 1.531 dD + i$	$- 0.01$
15	17.10	26.55	27.01	$- 0.46 = 1.544 dD + i$	$- 0.31$
24	17.27	27.02	27.39	$- 0.37 = 1.565 dD + i$	$- 0.40$
23	17.09	28.50	29.18	$- 0.68 = 1.667 dD + i$	$- 0.08$
37	17.27	29.44	29.84	$- 0.40 = 1.706 dD + i$	$- 0.35$
16	17.20	29.79	30.30	$- 0.51 = 1.732 dD + i$	$- 0.24$
10	17.29	30.39	30.75	$- 0.36 = 1.757 dD + i$	$- 0.39$
42	17.12	30.48	31.15	$- 0.67 = 1.780 dD + i$	$- 0.08$
29	17.05	31.49	32.30	$- 0.81 = 1.846 dD + i$	$+ 0.07$
41	17.21	33.79	34.35	$- 0.56 = 1.963 dD + i$	$- 0.17$
22	17.24	34.55	35.08	$- 0.53 = 2.004 dD + i$	$- 0.20$
31	17.26	38.09	38.62	$- 0.53 = 2.207 dD + i$	$- 0.17$
21	17.43	39.59	39.76 Bl. 3,4	$- 0.17 = 2.273 dD + i$	$- 0.53$
17	17.13	41.98	42.90	$- 0.92 = 2.508 dD + i$	$+ 0.25$
30	17.18	44.01	44.84	$- 0.83 = 2.562 dD + i$	$+ 0.16$
9	17.29	44.50	45.03	$- 0.53 = 2.753 dD + i$	$- 0.14$

Nr.	Mess. in Entfern. Eins	Mess. d	$\frac{D}{r}$	$d - \frac{D}{r} = \frac{1}{r} dD + i$	Uebrigbl. Fehler $\triangle$ R—B
7	17." 44	45." 06	45." 26 R 3,4:	$- 0." 20 = 2.586 dD + i$	$- 0." 47$
38	17.21	48.70	49.52	$- 0.82 = 2.829 dD + i$	$+ 0.18$
39	17.19	50.07	50.97	$- 0.90 = 2.912 dD + i$	$+ 0.27$
18	17.25	52.66	53.58	$- 0.92 = 3.062 dD + i$	$+ 0.30$
36	17.10	54.46	55.72	$- 1.26 = 3.184 dD + i$	$+ 0.65$
32	17.08	54.51	55.84 R 4!	$- 1.33 = 3.191 dD + i$	$+ 0.72$
33	17.15	55.47	56.59 R 4!	$- 1.12 = 3.234 dD + i$	$+ 0.52$
8	17.43	56.58	56.81	$- 0.23 = 3.246 dD + i$	$- 0.37$
35	17.23	56.69	57.56	$- 0.87 = 3.289 dD + i$	$+ 0.27$
40	17.44	58.42	58.64	$- 0.22 = 3.351 dD + i$	$- 0.37$
45	17.24	58.27	59.15	$- 0.88 = 3.380 dD + i$	$+ 0.29$
34	17.47	59.74	59.85	$- 0.11 = 3.420 dD + i$	$- 0.47$
43	17.50	62.12	62.12 Nacht	$- 0.00 = 3.550 dD + i$	$- 0.57$
44	17.25	62.79	63.69	$- 0.90 = 3.640 dD + i$	$- 0.34$

Die Ausgleichung führte zu den beiden Gleichungen für die wahrscheinlichsten Werte der gesuchten Unbekannten dD und i :

$$225.952 dD + 93.007 i + 63.592 = 0$$

$$93.007 dD + 47.000 i + 34.240 = 0$$

aus denen folgt: $dD = + 0." 10$ mit dem mittler Fehler $+ 0." 05$
 $i = - 0." 93$ „ „ „ „ $\pm 0." 11$

Der mittlere Fehler einer aus mindestens vier Einstellungen bestehenden Messung ergibt sich zu $\pm 0." 31$ mit dem gleichen Betrage, den sorgfältige Messungen an anderen Heliometern auch zeigen. Die Unruhe der Luft ist bei diesen im Tageslichte anzustellenden Messungen immer sehr groß und macht es unmöglich, die Messungen mit größerer Sicherheit auszuführen. Ganz besonders werden die Messungen bei großem Durchmesser schwierig und unsicher, weil sie in der Nähe der Sonne auf sehr hellem Himmelsgrund, der die schmalen Hörnerspitzen nicht sehr deutlich abhebt, anzustellen sind. Ein Blick auf die in der letzten Spalte angegebenen übrigbleibenden Fehler zeigt, daß die großen Durchmesser die größten Fehler aufweisen, deren zufälliger Charakter durch die Vorzeichenwechsel bestätigt wird. Die

bei der gewählten Anordnung des Beobachtungsmaterials in die Augen fallenden Vorzeichenfolgen zeigen, was auch die Prüfung der auf die Entfernung Eins bezogenen Messungswerte lehrt, daß die Phase einen Einfluß auf die Entfernung ausübt. Sobald die Phase die Sichelgestalt annimmt, scheint sich die Auffassung der Berührung beider Bilder zu ändern. Solange die Venusscheibe mehr als halb erleuchtet ist, der Planet weiter als in Entfernung zweidrittel sich befindet, tritt ein deutlicher Gang in den auf die Entfernung Eins bezogenen Messungswerten auf, der aufzuhören scheint, sobald die Phase die Sichelgestalt angenommen hat. Es erscheint mir darum die für die Ableitung des wahrscheinlichsten Wertes für den Venus-Durchmesser und einen konstanten Messungsfehler aus allen Messungen aufgestellte Beziehung nicht ganz zuzutreffen. In den kleineren Entfernungen von 0.67 bis 0.43, also bei den Größen des scheinbaren Durchmessers zwischen 25" bis 63" ist ein solcher Gang in ihren auf die Entfernung Eins bezogenen Werten nicht ausgeprägt.

An Stelle des aus der ganzen Messungsreihe unter der nicht gerechtfertigt erscheinenden Voraussetzung der Existenz eines für alle Phasen konstanten Messungsfehlers abgeleiteten wahrscheinlichsten Wertes 17".60 für den Venusdurchmesser in Entfernung Eins und im reflektierten Sonnenlichte, der der Venus mit Einschluß ihrer sehr hohen Atmosphäre die gleiche Größe mit der Erde zuerteilen würde, gebe ich dem Mittelwert **17.24"**, der aus den letzten 31 von 25" bis 63" reichenden Messungen nach ihrer Reduktion auf die Entfernung Eins folgt, den Vorzug, dem in irdischem Maße ein Durchmesser von 12494 Km entspricht und dessen mittlerer Fehler sich zu $\pm 0".02$ berechnet.

Anders ergibt sich der Durchmesser der **Venus** vor der Sonne, wenn sie vor der Sonnenscheibe vorübergeht und als eine schwarze Scheibe erscheint. Ich hatte das Glück, den vor dem Jahre 2004 letzten Vorübergang am 6. Dez. 1882 in Südamerika mit einem Heliometer von 76 mm Oeffnung beobachten und bei dieser seltenen Gelegenheit den Durchmesser der Venus messen zu können. Es ist wichtig wegen

der individuellen Auffassung des Randes bei solchen Messungen, den Unterschied für ein und dasselbe Auge zu betrachten. Die Messung ergab damals den scheinbaren Durchmesser gleich 63".49 und bezogen auf die Entfernung Eins gleich 16".79, nahe um eine halbe Sekunde kleiner als im reflektierten Sonnenlichte, in irdischem Maße um 329 Km. Nimmt man nach den einschlägigen Untersuchungen von Auwers an, daß die dunkle Scheibe durch Irradiationswirkung um 0".25 zu klein gemessen wurde, in Entfernung Eins ihr Durchmesser zu **16.85"** anzunehmen wäre, so bliebe ein Unterschied von 300 Km bestehen, dessen Hälfte aber für die Höhe der Venus-Atmosphäre, wenn man noch bedenkt, daß die Sonnenstrahlen in dieser Atmosphäre gebrochen werden und auch dadurch die Venusscheibe kleiner erscheinen lassen, nichts verwunderliches darbietet. Der Lichtsaum, der die Venus bei ihrem Austritt aus der Sonnenscheibe umgab, entsprach in seiner Breite durchaus diesem Betrage.

Weit schwieriger und seltener möglich sind Messungen des Durchmessers des **Merkur**. Dieser Planet wird wohl manchmal dem bloßen Auge sichtbar, aber immer am Abend- oder Morgenhimmel nur nahe dem Horizont, wo in unserem Klima an hellen Tagen die Luft sehr unruhig ist. In großer Höhe des Planeten bei Sonnenschein reichte die optische Kraft des großen Heliometers niemals aus, eine sichere Messung auszuführen; es konnte nur die Dämmerung dazu Gelegenheit bieten. Den drei Messungen im reflektierten Sonnenlichte stehen zwei Messungen des Durchmessers vor der Sonnenscheibe zur Seite, die ich bei den Merkurvorübergängen von 1891 Mai 9 und 1907 Nov. 13 bei sehr schlechten Luftverhältnissen erhielt. Die Messungen sind im reflektierten Sonnenlicht:

	M. Z. Bbg.	Messung	in Entf. Eins	Schärfe	Ruhe
1890 Mai 7	7 ^h 45 ^m	8".26	6".73	3—4	4
1899 März 24	6 38	7.39	6.70	4	4
1899 März 25	6 38	7.48	6.89	4	4
vor der Sonne:					
1891 Mai 9	17 14	12.30	6.84	4	4
1907 Nov. 13	23 56	9.75	6.60	4	4

Im Mittel wurde hiernach der Durchmesser des Merkur im reflektierten Sonnenlicht und in Entfernung Eins gemessen zu **6.78"** entspr. 4911 Km vor der Sonne als dunkle Scheibe zu **6.72"** „ 4869 Km

Bei der Ermittlung des **Mars**-Durchmessers hat man es mit Messungen zu tun, die am Nachthimmel stattfinden mit einer hellen Scheibe auf dunklem Hintergrunde. Auch der Mars kommt wie Venus in sehr verschiedene Entfernungen von der Erde und gestattet, die Messungen seines Durchmessers auf einen konstanten Fehler zu untersuchen. In der oben genannten Schrift habe ich in dieser Richtung das bis 1878 reichende Beobachtungsmaterial geprüft, unter welchem auch eine eigene große Messungsreihe am Straßburger Heliometer von 76 mm Oeffnung besprochen wurde. Bei diesen Messungen ergab sich kein konstanter Fehler von nennenswertem Betrage. Im Gegensatze zur Venus hat Mars aber auch keine beträchtliche Phasenänderung; doch scheint bei ihm ebenfalls in großer Entfernung der Durchmesser zu klein gemessen zu werden. An dem großen Heliometer hier von 184 mm Oeffnung erhielt ich wegen der Ungunst der Witterung bei vielen vergeblichen Versuchen nur die folgende in der Nähe von fünf verschiedenen Oppositionen angestellte Messungsreihe. In der achten Spalte ist 1899 Febr. 21 die Größe des Schneeflecks am Nordpol und sind später mehrere Bestimmungen des Richtungswinkels der Marsachse mitgeteilt.

	M. Z.	Prisma	Richtung	Messung	Durchm. in Entf. Eins	Pos. W. Achse	Schärfe Ruhe
1890 Mai 6	13 ^h 7 ^m	m. P.	polar.	16."47	9."20		3 3—4
Mai 27 ☿			aequat.	16.69	9.32		
1894 Juli 24	14 58	o. P.	polar.	12.80	9.37		2—3 3—4
☿ Aug. 26	16 52	m. P.	"	16.36	9.20		1 2
Okt. 20 Spt. 14	13 55	o. P.	"	19.46	9.44		1 3
1899 Febr. 4	9 50	m. P.	"	13.36	9.28		1—2 2—3
	10 2	m. P.	aequat.	13.45	9.34		2 2—3
Jan. 18 ☿	10 15	m. P.	"	13.53	9.40		2 2—3
	10 37	m. P.	polar.	13.33	9.26		2 2—3
Febr. 21	10 45	o. P.	"	11.63	9.21	Fleck 1."07	3 3—4

	M. Z. Bbg.	Prisma	Rich- tung	Mes- sung	Durchm. in Entf. Eins	Pos. W. Achse	Schärfe	Ruhe
1899 Mai 30	9 ^h 27 ^m	m. P.	polar.	5.48	9.07	14° 12'	3—4	3—4
	9 36	m. P.	"	5.28	8.74	.	3—4	3—4
	9 57	m. P.	"	5.40	8.94	194° 12'	3—4	3—4
	10 6	m. P.	"	5.29	8.76		3—4	3—4
1903 Mai 7	9 54	m. P.	"	12.61	9.42	212° 2'	3	3—4
März 18 ♂								
1907 Juli 21	10 56	m. P.	polar.	22.09	9.12	203° 13'	3	3
Juli 6 ♂	11 23	m. P.	aequat.	22.54	9.31		3	3
1909 Okt. 1	11 5	o. P.	polar.	23.00	9.26		2	2
Sept. 24 ♂	11 17	o. P.	"	23.34	9.39		2	2
	11 28	m. P.	"	23.17	9.33		2	2
	11 40	m. P.	"	23.38	9.41		2	2
	11 55	m. P.	aequat.	23.19	9.33		2	2
	12 7	m. P.	"	23.28	9.38		2	2
Okt. 6	11 13	m. P.	polar.	22.68	9.39		3—4	3
	11 23	m. P.	"	22.71	9.41		3—4	3
	11 38	m. P.	aequat.	22.63	9.37		3—4	3
	11 49	m. P.	"	22.64	9.38		3—4	3
Okt. 7	9 59	m. P.	polar.	22.55	9.40	159 26	2	2—3
	10 9	m. P.	"	22.52	9.39		2	2—3
	10 20	m. P.	aequat.	22.29	9.29		2	2—3
	10 29	m. P.	"	22.42	9.35		2	2—3
Okt. 13	9 55	m. P.	"			158 21	2—3	3
Okt. 15	9 50	m. P.	polar.	20.81	9.24		2—3	3
	10 5	m. P.	"	20.92	9.29		2—3	3
Okt. 18	10 10	m. P.	"	20.59	9.40	150 21	2	3
	10 20	m. P.	"	20.33	9.28		2	3
	10 33	m. P.	aequat.	19.82	9.05		2	3
	10 45	m. P.	"	19.95	9.11		2	3
Okt. 26	10 33	m. P.	polar.	18.95	9.37	145 3	2—3	3
	10 46	m. P.	"	19.02	9.41		2—3	3
Nov. 4	10 36	m. P.	"	17.32	9.45		2	3—4
	10 48	m. P.	"	17.19	9.38		2	3—4

Die aequatorealen Durchmesser von 1907 und 1909 müssen noch den Betrag für Phase zugefügt erhalten; da diese Durch-

messer bei mehrwöchigem Abstand von der Opposition wegen der verschiedenen Helligkeit der gegenüberstehenden Ränder der Messung Schwierigkeit oder Unsicherheit aufprägen, sollen sie hier nur in soweit Beachtung finden, als sie zeigen, daß eine Abplattung des Mars angedeutet ist, die etwa $\frac{1}{100}$ beträgt. Die polaren Durchmesser mögen allein betrachtet werden. Zu Tagesmittel zusammengestellt sind sie:

Polarer Durchmesser des Mars.

			Messung	Durchmesser in Entf. Eins
1890	Mai 6	13 ^h 7 ^m	16."47	9."19
1894	Juli 24	14 58	12.80	9.37
	Aug. 26	16 52	16.36	9.20
	Sept. 14	13 55	19.46	9.44
1899	Febr. 4	10 14	13.35	9.27
	„ 21	10 45	11.03	9.21
	Mai 30	9 47	5 36	(8.88)
1903	Mai 7	9 54	12.61	9.42
1907	Juli 21	10 56	22.09	9.12
1909	Okt. 1	11 23	23.22	9.35
	„ 2	11 18	22.69	9.40
	„ 7	10 4	22.54	9.39
	„ 15	9 58	20.87	9.26
	„ 18	10 15	20.46	9.34
	„ 26	10 40	18.98	9.39
	Nov. 4	10 42	17.26	9.42

Das arithmetische Mittel dieser Reihe, aus welcher der für große Entfernung gültige Wert auszuschließen ist, gibt für den Durchmesser des Mars in Entfernung Eins

9.318" in irdischem Maße 6753 Km

mit dem mittleren Fehler von $\pm 0."083$ d. i. ± 60 Km.

Gelegentlich der Messung der gegenseitigen scheinbaren Entfernungen der vier hellen Monde des **Jupiter**, die zuerst von Simon Marius in Ansbach 1609 und bald im folgenden Jahre unabhängig auch von Galiläi entdeckt worden sind, zum Zwecke einer Bestimmung der Jupitermasse habe ich

in der Nähe von drei Oppositionen je einmal die Figur des Planeten bei gutem Bilde bestimmen können. Diese drei Messungen gaben für die Abplattung den Wert $1/17.57$. Die einzelnen Werte der beiden Durchmesser in polarer und aequatoraler Richtung einschließlich einer vereinzelter Messung vom Jahre 1896 sind die folgenden:

	M. Z.	Prisma	Richtung	Messung	Durchm. in Entf. Eins	Schärfe	Ruhe
1890 Juli 14	12 ^h 56 ^m	m. P.	aequat.	47."55	37."56	2	2
(Juli 30 ♂)	13 9	m. P.	polar.	44.84	35.43	2	3—4
1896 März 20	9 15	o. P.	"	38.48	35.50	3	3—4
1897 März 7	12 57	m. P.	aequat.	43.95	37.46	3	3
(Fbr. 23 ♂) Apr. 3	10 24	m. P.	polar.	39.44	35.16	3—4	4
1908 Jan. 21	8 55	m. P.	aequat.	44.83	37.32	2	3
(Jan. 29 ♂)	9 6	m. P.	polar.	42.40	35.18	2	3
	9 15	m. P.	"	42.22		2	3
	9 27	m. P.	aequat.	44.93		2	3

Im Mittel ergibt sich für den Durchmesser des Jupiter in seiner mittleren Entfernung ($\log a = 0.716237$)

Polardurchmesser **35.316"**

bezogen auf die Entfernung Eins 183."74, in irdischem Maße 133158 Km.

Aequatordurchmesser **37.447"**

bezogen auf die Entfernung Eins 194."83, in irdischem Maße 141195 Km.

Das Rotationsellipsoid des **Saturn** läßt sich in seinen beiden Hauptrichtungen mit einem Doppelbildmikrometer nur dann messen, wenn der es umgebende Ring nicht sichtbar ist, was nur alle 15 bis 16 Jahre für kurze Zeit der Fall ist. Zwei solche Gelegenheiten konnte ich benützen, bei der einen erhielt ich aber nur den Aequatordurchmesser. Nahe diesen beiden Zeiten, als der Ring wie eine gerade Linie erschien, maß ich auch den Durchmesser des äußeren Ringes und seinen Richtungswinkel. Die eine Gelegenheit zur Messung des Polar- und des Aequator-Durchmessers am 29. Okt. 1891 ergab für die Abplattung $1/9.16$. Die Messungen sind:

	M. Z.	Prisma	Rich-	Mes-	Durchm.	Richtungs-	Schärfe	Ruhe
	Bbg.		tung	sung	in mittl. Entfern.	winkel		
1891 Mai 28	10 ^b 42 ^m	o. P.	Ring	40." 43	39." 28		3—4	3
Okt. 28	18 17	m. P.	aequat.	15.69	16.73		3	3—4
Okt. 29	17 52	m. P.	polar.	14.22	15.14		3	4
Mz. 4 ♂	18 7	m. P.	aequat.	15.96	17.00		3	4
1907 Juni 17	14 47	m. P.	aequat.	16.88	16.94	93° 52.'35	3—4	3—4
Aug. 4	13 40	m. P.	Ring			94 31.99	3—4	
Sept. 8	16 25	m. P.	Ring	42.77:	38.50	94 25.36	3—4	3—4

Für den Aequator-Durchmesser ergibt sich aus den drei Messungen im Mittel bezogen auf seine mittlere Entfernung ($\log a = 0.979467$)

16.891"

bezogen auf Entfernung Eins 161."12, in irdischem Maße 116 765 Km,

für den polaren ist gemessen **15.144"**

bezogen auf Entfernung Eins 144."45, in irdischem Maße 104 686 Km,

welchen Werten eine Abplattung von $1/9.67$ entspricht.

Der Durchmesser des äußeren Ringes, der nicht kreisförmig zu sein scheint und dann zu verschiedenen Zeiten wegen seiner Elliptizität verschiedene Größe zeigen muß, ist nach den beiden Messungen, von denen die zweite ausdrücklich als unsicher wegen der Undeutlichkeit der Begrenzung bezeichnet ist, bei Hinzunahme meiner Messung am Dorpater Heliometer von 1884 Okt. 6 mit dem Werte 39."547 in der mittleren Entfernung **39.11"**

bezogen auf Entfernung Eins 373."07, in irdischem Maße 270 362 Km.

In übersichtlicher Zusammenstellung ergibt sich aus den Messungen an dem großen Bamberger Heliometer von 184 mm Oeffnung die folgende Tafel für die Größenverhältnisse der zwei inneren und der drei äußeren größeren Planeten in der Entfernung Eins, bei Jupiter und Saturn auch in ihren mittleren Entfernungen ($\log a = 0.716237$ und 0.979496):

Der Durchmesser von

Merkur	im reflektierten Sonnenlichte	6.78"	(4911 Km)
„	vor der Sonne	6.72"	(4869 Km)
Venus	im reflektierten Sonnenlichte	17.24"	(12494 Km)
„	vor der Sonne	16.85"	(12195 Km)
Mars	in polarer Richtung	9.32"	(6753 Km)
„	in aequat. Richtung	9.41"	(6819 Km)
Jupiter	in polarer Richt.	183.74"	(35."32) (133158 Km)
„	in aequat. Richt.	194.83"	(37."45) (141195 Km)
Saturn	in polarer Richt.	144.45"	(15."14) (104686 Km)
„	in aequat. Richt.	161.12"	(16."89) (116765 Km)
„	äußerer Ring	373.07"	(39."11) (270362 Km)
für Sonnen-Parallaxe		8.800"	und Erdaequator 12755 Km.

BAMBERG, 1910 Dezember.

Ernst Hartwig.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Hartwig Ernst

Artikel/Article: [Über die Durchmesser der Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn 1-21](#)