

vierte die halbe Distanz zwischen uns und der Sonne beträgt
 der halben Distanz zwischen der Sonne und der Erde.

Conjunctionen	Zeit der Distanz	Halbe Distanz	ganze Distanz
1800	1. 1. 1800	1. 1. 1800	1. 1. 1800
1801	1. 1. 1801	1. 1. 1801	1. 1. 1801
1802	1. 1. 1802	1. 1. 1802	1. 1. 1802
1803	1. 1. 1803	1. 1. 1803	1. 1. 1803
1804	1. 1. 1804	1. 1. 1804	1. 1. 1804
1805	1. 1. 1805	1. 1. 1805	1. 1. 1805
1806	1. 1. 1806	1. 1. 1806	1. 1. 1806
1807	1. 1. 1807	1. 1. 1807	1. 1. 1807
1808	1. 1. 1808	1. 1. 1808	1. 1. 1808
1809	1. 1. 1809	1. 1. 1809	1. 1. 1809
1810	1. 1. 1810	1. 1. 1810	1. 1. 1810
1811	1. 1. 1811	1. 1. 1811	1. 1. 1811
1812	1. 1. 1812	1. 1. 1812	1. 1. 1812
1813	1. 1. 1813	1. 1. 1813	1. 1. 1813
1814	1. 1. 1814	1. 1. 1814	1. 1. 1814
1815	1. 1. 1815	1. 1. 1815	1. 1. 1815
1816	1. 1. 1816	1. 1. 1816	1. 1. 1816
1817	1. 1. 1817	1. 1. 1817	1. 1. 1817
1818	1. 1. 1818	1. 1. 1818	1. 1. 1818
1819	1. 1. 1819	1. 1. 1819	1. 1. 1819
1820	1. 1. 1820	1. 1. 1820	1. 1. 1820

Kapitel III.

Venus.

§. 51. (Namen und Zeichen dieses Planeten.) Obschon jeder Planet, wie wir bald sehen werden, in Beziehung auf die Erde sein Eigenthümliches hat, so zeichnet sich doch keiner durch so viele besondere Eigenschaften aus, als Venus. Er ist der hellste und schönste unter allen Planeten; er kömmt der Erde am nächsten; seine von der Erde gesehene Geschwindigkeit ist die größte; er war wahrscheinlich der erste, dessen schnelle Bewegung uns zeigte, daß es außer den fixen Gestirnen des Himmels noch andere, daß es eigentliche Planeten gebe, und er ist auch derjenige, der uns zuerst die wahre Entfernung der Sonne von der Erde, und dadurch den Maaßstab kennen gelehrt hat, mit welchem wir nun alle Räume unseres Sonnensystems ausmessen.

Man erkennt ihn sehr leicht an seinem blendend weißen und intensiven Lichte, wodurch er uns in günstigen Umständen sogar bei Tage sichtbar wird. In der That ist er, nebst dem Monde, der einzige Himmelskörper, den man ohne Fernröhre mit der Sonne zugleich sehen kann, und, obschon man ihn immer nur, wie Merkur, in der Nähe der Sonne, also nur in den Strahlen der Morgen- oder Abenddämmerung erblickt, so ist doch sein Licht so stark, daß er, unter günstigen Verhältnissen, vor dem Aufgange oder nach dem Untergange der Sonne einen erkennbaren Schatten

wirft. Aus derselben Ursache ist er durch lichtstarke Fernröhre nur schwer gut zu sehen, weil sein helles Licht das Auge blendet und jede kleine Unvollkommenheit des Fernrohrs vergrößert, vielleicht auch, weil er mit einer sehr dichten Atmosphäre umgeben ist, die seinen Rand sowohl als auch die Grenzen seiner Phasen undeutlich macht.

Durch die Helligkeit seines Lichtes fiel er schon den Alten auf. Er ist der einzige unter den Planeten, der in den ältesten der auf uns gekommenen Gedichte erwähnt wird. Homer nennt ihn (Iliad. XXII. 318) den Schönsten, *καλλιστος*:

„Hell wie der Stern vorstrahlt in dämmernder Stunde des Melfens,
„Hesperus, der der Schönste erscheint von den Sternen des Himmels.“

Diese Benennung „Hesperus oder Vesperugo (Abendstern)“ erhielt er, weil man ihn wahrscheinlich zuerst als einen Wandelstern zu der Zeit erkannte, wann er in den Abendstunden am westlichen Himmel sichtbar wurde. Einen ähnlichen hellen Stern bemerkte man bald auch in den Morgenstunden an der Ostseite des Himmels, daher man diesen Phosphorus, Lichtbringer oder Morgenstern nannte. Es war vielleicht keine kleine Aufmerksamkeit nöthig, zu erkennen, daß beide Sterne nur einer und derselbe sind. Man sagt, daß Pythagoras die Identität dieser beiden Gestirne zuerst erkannt habe. Uebrigens haben wir schon bemerkt, daß Merkur dieselben Ansprüche auf eine solche Doppelbenennung hat, da beide Planeten als Abendsterne erscheinen, wenn sie in (2) (Fig. 4) auf der Ostseite der Sonne, und als Morgensterne, wenn sie in (4) auf der Westseite der Sonne stehen. Doch zog Venus, durch ihren hellern Glanz, die Aufmerksamkeit der Menschen besonders auf sich, und die Dichter der Griechen und Römer sind voll von dem Lobe ihrer Schönheit.

Qualis ubi oceani perfusus lucifer undâ,
Quem Venus ante alios astrorum diligit ignes,
Extulit os sacrum coelo tenebrasque resolvit.

Aen. VIII. 589.

Die neueren Dichter scheinen mit dem gestirnten Himmel weniger bekannt zu seyn, da sie beinahe nur von Wein und Liebe

singen, doch ist dieser Planet selbst für sie noch zu auffallend, um ihn ganz aus ihrem Gebiete auszuschließen:

Friend to mankind, she glitters from afar,
Now the bright ev'ning, now the morning star.

Baker.

Dieselben Alten haben den Planeten auch verschiedene Zeichen gegeben, deren Bedeutung jetzt nicht immer sehr leicht zu entziffern seyn möchte. In spätern Zeiten hat man diese Zeichen mit der Mineralogie und selbst mit der Alchymie in Verbindung gebracht, wo sich dann die Astrologen derselben bemächtigten, und viel unsinnige Dinge darüber zu schwätzen wußten. Auf diese Weise wurde der Planet Merkur, wie bereits gesagt, mit dem Quecksilber gepaart, die beide, jener in der Astronomie, und dieser in der Mineralogie, das Zeichen ♿ erhielten, wodurch der Stab vorgestellt werden sollte, mit welchem der Gott Merkur die Geister der abgeschiedenen Menschen der Unterwelt zuführt. Venus erhielt das Zeichen ♀ eines Spiegels mit einer Handhabe, des nothwendigsten Attributs einer Göttin der Schönheit. In der Mineralogie wird dadurch das Kupfer bezeichnet, und wahrscheinlich wurden auch die ersten Spiegel der Alten aus diesem Metalle verfertigt. Mars, der Gott des Krieges, erhielt das Symbol ♂ des Pfeiles mit dem Schilde, das zugleich das Eisen, das dem Krieger unentbehrlichste Metall, bezeichnet. Jupiter wurde durch ♃ angedeutet, welche Figur in der ältesten Schreibart der erste Buchstabe des griechischen Wortes Zeus gehabt haben soll. Welchen Zusammenhang der Gott der Götter mit dem Zinne haben soll, mögen die Mineralogen entscheiden. Saturn erhielt das Zeichen ♄, einer Sichel oder Sense, da dieser Gott die alles abmähende Zeit vorstellen sollte. Das Blei mag dasselbe Zeichen erhalten haben, weil die blasse Farbe dieses Planeten einige, obwohl nur sehr entfernte Aehnlichkeit mit der Farbe dieses Metalles hat. Das Zeichen der Erde ♁ endlich, eine Kugel mit einem darüber stehenden Kreuze, bezieht sich auf die Erlösungsgeschichte, und das des Uranus ♅ auf gar nichts. Von den vier neuen Planeten ist die Sichel ♄ das Symbol der fruchtbringenden Ceres; die

Lanze ☿ das der kriegerischen Pallas; das Zepter ♀ das der königlichen Juno, und endlich der Altar ☐, das Emblem der Vesta, welcher die Alten ein immernährendes Feuer unterhielten.

§. 52. (Andere, ältere astronomische Benennungen der Sternbilder.) Ohne Zweifel hatten auch die übrigen in der Astronomie eingeführten Zeichen einen nähern Zusammenhang mit den Verhältnissen und den Zeiten, unter welchen sie erfunden worden sind. So scheint z. B. von den Zeichen des Thierkreises der Widder ♈ die Hörner, der Stier ♉ den Vorderkopf dieses Thieres, der Wassermann ♊ die wellenschlagende Bewegung des Wassers u. s. anzudeuten. Manche andere mögen mit der Zeit entstellt und gänzlich unkenntlich geworden seyn. Es scheint, daß diese Zeichen und Benennungen der Sternbilder des Thierkreises dem grauesten Alterthume angehören, und daß wir vielleicht kein älteres Monument besitzen, als eben sie. Man hat darüber Untersuchungen und Vermuthungen aufgestellt, und ganze Bibliotheken geschrieben, ohne eben dadurch den Gegenstand aufzuklären. Dupuis, Bailly u. a. wollten sie mit religiösen Institutionen der alten Völker und mit der Culturgeschichte derselben in Verbindung bringen, das Alter der Erde daraus ableiten, und was dergleichen Bemühungen mehr sind, die alle ohne Erfolg blieben, und wahrscheinlich auch ferner bleiben werden, da diese Denkmäler der Vorzeit selbst zu unbestimmt sind, um nur einigermaßen sichere Schlüsse darauf zu bauen. Einige derselben scheinen sich in der That auf den Zustand des Himmels zu der Zeit, wo sie erfunden wurden, zu beziehen. So meint selbst Laplace, daß der Krebs und der Steinbock das Rückgehen der Sonne zur Zeit ihrer Solstitien (s. Bd. I.), so wie die Waage die Gleichheit der Tage und Nächte zur Zeit der Aequinoctien angezeigt haben könnten. Der Steinbock aber, der jetzt den tiefsten Punkt der Ecliptik einnimmt, wurde wahrscheinlich auf den höchsten Punkt derselben gestellt, weil man dieses Thier nicht in den Schluchten, sondern immer nur auf den höchsten Gipfeln der Felsen findet. Wenn aber diese Vermuthung des Laplace richtig ist, so muß dieß zu einer Zeit geschehen seyn, die wenigstens 15,000 Jahre vor die unsere fällt, wie man durch die oben (I. §. 190. 194) erklärte Präcession der

Littrow's Himmel u. s. Wunder. II.

Nachtgleichen leicht finden kann. Zu dieser Epoche fiel dann auch das Sternbild der Waage, die jetzt in der Nähe des Herbstpunktes ist, in das Frühlingsaequinoctium und beinahe alle übrigen Zeichen des Thierkreises erhalten dann eine auffallende Beziehung zu dem Clima und der Agricultur des alten Aegyptens, in welchem Lande diese Zeichen und Benennungen erfunden seyn sollen. Ohne dieser Ansicht widersprechen zu wollen, da man sie eben so wenig beweisen als widerlegen kann, bemerken wir nur, daß unsere nur etwas verlässliche Menschengeschichte nicht älter als vier Jahrtausende angenommen werden kann, da alles, was jenseits dieser Epoche geschehen seyn mag, für uns nichts als Mythe und undurchdringliche Dunkelheit ist.

§. 53. (Entfernung und Umlaufszeit der Venus.) Venus ist im Mittel $0,723$ Halbmesser der Erdbahn oder 15 Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Die Excentricität ihrer Bahn ist die kleinste, oder diese Bahn ist die kreisförmigste von allen, daher sie auch beinahe immer in derselben Entfernung von der Sonne bleibt, während im Gegentheile die Distanzen Merkurs von der Sonne über zwei Millionen Meilen von einander verschieden seyn können. Desto mehr sind dafür die Entfernungen der Venus von der Erde unter einander verschieden. In der untern Conjunction [(3) Fig. 4], wo sie der Erde am nächsten ist, beträgt diese Distanz nur fünf Mill. Meilen, in der obern Conjunction (1) aber, oder in ihrer größten Distanz, ist sie siebenmal weiter, oder 35 Millionen Meilen von der Erde entfernt. Aus dieser Ursache ist auch ihre scheinbare Größe so sehr verschieden. In der untern Conjunction erscheint uns ihr Durchmesser unter dem Winkel von 66 Secunden, also größer, als irgend ein anderer Planet, selbst Jupiter und den Ring Saturns nicht ausgenommen. In der obern Conjunction aber, wo sie ihre beleuchtete Hälfte ganz der Erde zuwendet, ist doch ihr Licht nur schwach und ihr Durchmesser beträgt kaum 10 Secunden, so daß uns also Venus hier selbst kleiner als Merkur, nur halb so groß als Saturn, und fünfmal kleiner als Jupiter erscheint.

Der wahre Durchmesser dieses Planeten aber beträgt 1680 Meilen, ist also nur unbedeutend kleiner als der der Erde. Die

Oberfläche der Venus hat 8,376,000 Quadratmeilen, ist daher nahe gleich $\frac{1}{10}$ der Oberfläche der Erde. Das Volum derselben endlich beträgt 2280 Millionen Kubikmeilen oder $\frac{5}{10}$ des Volums der Erde.

Die siderische Umlaufszeit (I. §. 100) der Venus um die Sonne beträgt 224,⁷⁰¹ Tage, die tropische 224,⁵⁹⁵ und die synodische (I. §. 124) endlich 583,⁹²¹ Tage. Mit dieser Bewegung legt sie in jeder Secunde einen Weg von 111,500 P. Fuß oder von 4,⁹ d. Meilen zurück. Die Masse dieses Planeten beträgt $\frac{1}{10}$ der Erdmasse, und die Dichte dieser Masse ist nur unbedeutend größer als die der Erde. Der Fall der Körper auf ihrer Oberfläche endlich beträgt in der ersten Secunde 15,⁸⁷ Fuß, also nur 0,⁷ Fuß mehr, als bei uns.

Man sieht aus allem Vorhergehenden, daß die Venus ein unserer Erde nahe verwandter Planet ist, indem die bisher aufgezählten Eigenschaften derselben von denen unserer Erde nur wenig verschieden sind. Doch fehlt es auch nicht an Unähnlichkeiten, wie wir bald näher sehen werden.

§. 54. (Phasen der Venus.) Es ist für sich klar, daß Venus uns eben solche Lichtabwechselungen zeigen muß, wie Merkur, und zwar noch viel auffallendere, weil sie uns oft so viel näher ist. Die Figur 4 kann unverändert auf die Phasen beider Planeten angewendet werden, und was oben in dieser Beziehung von Merkur gesagt worden ist, gilt ebenfalls für Venus. Die Phasen des letzten Planeten bemerkt man schon mit einem sehr mittelmäßigen Fernrohre, daher sie auch Galilei gleich nach der Entdeckung dieses Instruments erkannte, und dadurch einen neuen, Jedermann einleuchtenden Beweis für die Wahrheit des Copernicanischen Weltsystems gab. (I. §. 113.)

§. 55. (GröÖte Sichtbarkeit der Venus.) Auch Venus entfernt sich nie stark von der Sonne, daher sie nie sehr weit von, sondern nur immer in der Nähe der Sonne gesehen werden kann. In ihrer größten Digression steht sie nahe 48 Grade von derselben östlich oder westlich ab. Allein dieser bedeutenden Entfernung von dem Sonnenlichte ungeachtet leuchtet sie doch

zur Zeit ihrer größten Digression so wenig als Merkur in ihrem stärksten Lichte, weil sie hier noch zu weit von uns entfernt ist. Noch weniger ist dieß der Fall zur Zeit der obern Conjunction, wo sie uns zwar ganz beleuchtet erscheint, wie der Mond im Volllichte, wo sie aber auch zugleich am weitesten von uns absteht. Der Ort ihrer Bahn, wo sie uns in ihrem hellsten Lichte erscheint, so daß man sie selbst mit unbewaffnetem Auge am Mittag sehen kann, liegt zwischen ihrer untern Conjunction und ihrer größten Digression, näher bei der letzten, oder nahe in dem Abstände von 40 Graden von der Sonne oder von dem Orte ihrer untern Conjunction. In derselben Entfernung von der Sonne, aber auf der andern oder obern Seite ihrer Bahn, ist ihr Licht dreimal schwächer, obschon sie uns hier einen viel größeren Theil ihrer beleuchteten Hälfte zeigt, als dort, und ganz in der Nähe der obern Conjunction selbst leuchtet sie noch weniger, obschon sie hier ganz beleuchtet erscheint. Je näher Venus ihrer untern Conjunction kommt, desto kleiner, desto sichelförmiger wird die Phase, die uns noch Licht von ihr zusendet, desto näher steht uns aber auch der Planet, und desto kräftiger kann sein Licht auf uns wirken. Man sieht, daß es einen Punkt der Bahn geben muß, wo diese Wirkung des Lichtes am größten ist, und daß dieser Punkt weder in die obere Conjunction fallen kann, wo zwar Venus ganz beleuchtet, aber auch am weitesten von uns entfernt ist, — noch auch in die untere Conjunction, wo der Planet zwar am nächsten bei uns steht, wo aber auch sein Licht gänzlich verschwindet, indem er hier nur seine dunkle Hemisphäre zur Erde wendet. Es ist ein interessantes Problem der Astronomie, diesen Ort des stärksten Lichtes der Venus zu bestimmen; die Auflösung desselben ist aber auch mit großen Schwierigkeiten verbunden, wenn man dabei auf alle Verhältnisse gehörig Rücksicht nehmen will. Im Mittel erscheint dieser Planet in seinem schönsten Lichte, wenn er 40 Grade östlich oder westlich von der Sonne entfernt ist, dann beträgt sein scheinbarer Durchmesser, der in der untern Conjunction bis auf 66 Sec. gehen kann, nur etwa 40 Sec., und die größte Breite seiner beleuchteten Phase hat kaum 10 Sec., aber diese schmale Lichtsichel hat, wegen ihrer Nähe bei uns, ein so intensives Licht, daß

sie um Mittag mit freyen Augen gesehen werden, und daß sie in der Abwesenheit der Sonne Schatten werfen kann. In diesem Falle fällt der hellglänzende Stern selbst dem gemeinen Manne auf, besonders wenn diese Zeit in die Abendstunden des Sommers fällt, und von einer günstigen Witterung unterstützt wird. Nach Lambert's Berechnung ist dann das Licht der Venus nur 3000 mal schwächer, als das des Vollmonds, und nahe gleich dem Schein einer Kerze in der Entfernung von 230 Fuß. Als Venus am 21. Julius d. J. 1716 in dieser Lage war, betrachtete der Pöbel von London diese Erscheinung als ein Wunder und als ein drohendes Vorzeichen nahen Unglücks, und i. J. 1750 wurde der nicht minder unwissende Pöbel von Paris durch dieses Phänomen so aufgeregt, daß es nöthig wurde, die Hilfe der Polizei aufzurufen, um dem Tumulte Einhalt zu thun. Und doch ereignet sich dieselbe Sache wenigstens alle acht Jahre einmal in derselben Jahreszeit und unter denselben Verhältnissen.

Die dunkle Seite der Venus ist, besonders zu der Zeit wo der beleuchtete Theil nur wie ein feiner Lichtfaden erscheint, von einem eigenen Lichtschimmer beleuchtet, wie der Mond in den ersten Tagen nach dem Neumonde (I. S. 165). Die Ursache dieser Erscheinung ist uns noch unbekannt, und ist vielleicht in einem eigenen phosphorescirenden Lichte zu suchen, das der Oberfläche dieses und wohl auch noch mehrerer anderer Planeten eigenthümlich ist.

§. 56. (Flecken und Atmosphäre der Venus.) Cassini und Bianchini wollen auf der Venus Flecken, denen unserer Sonne ähnlich, gefunden haben; allein Schröter konnte, seiner sorgfältigen und lang fortgesetzten Beobachtungen ungeachtet, keine dunklen Flecken, sondern nur zuweilen sehr schwache und bald vorübergehende Spuren von grauen, unsern Wolken ähnlichen Stellen sehen. Aber daß dieser Planet mit einer Atmosphäre, die der unsern an Dichtigkeit und Höhe nahe gleich ist, umgeben sey, hat Schröter durch dieselben Beobachtungen außer Zweifel gesetzt. Wenn nämlich unsere Erde keine Atmosphäre hätte, so würden wir auch keine Morgen- oder Abenddämmerung haben, und die

dunklen Schatten der Nacht würden, im Augenblicke des Untergangs der Sonne, unmittelbar auf den hellen Tag folgen. Jetzt aber sendet die Sonne, auch wenn sie schon unter den Horizont gegangen ist, ihre Strahlen noch auf die höher über der Erde stehenden Luftschichten, von welchen sie wieder zu uns zurück gebrochen werden (Vergl. I. S. 188). Es ist klar, daß diese Dämmerung im Allgemeinen desto stärker seyn und desto länger dauern wird, je dichter und je höher die Atmosphäre ist. — Bei unserm Monde nun ist, wie jeder sogleich sieht, der ihn durch ein Fernrohr betrachtet, der helle Theil seiner Oberfläche von dem dunklen scharf getrennt, oder das Licht des einen geht plötzlich und ohne alle Abstufung in die Finsterniß des andern Theiles über, zum Zeichen, daß er keine Dämmerung, also auch keine Atmosphäre, wenigstens keine beträchtliche und uns merkbare Atmosphäre haben kann. Auch verschwinden die Fixsterne, vor denen der Mond, auf seinem Wege um die Erde, vorbeigeht, in einem beinahe untheilbaren Augenblick, ohne zuerst an Licht allmählig verloren zu haben, und kommen eben so plötzlich auf der andern Seite wieder hervor. Dieß könnte nicht seyn, wenn der Mond eine Atmosphäre hätte, die, ihrer Natur nach, in größerer Nähe bei der Oberfläche dieses Körpers auch dichter und weniger durchsichtiger seyn müßte. — Ganz anders verhält sich dieß bei der Venus. Das sonst blendend weiße Licht dieses Planeten verliert gegen die Nachtseite hin immer mehr von seiner Helle, und geht, nahe bei der Lichtgrenze selbst, in eine mattgraue Farbe über, die sich oft weit über die Lichtgrenze hinaus in die Nachtseite der Venus hineinzieht. Dieß sind die Gegenden, denen eben die Sonne untergegangen ist, oder für die sie eben aufgehen will, und die daher ihre Abend- oder Morgendämmerung haben. Aus der Breite dieses dämmernden Streifens hat Schröter den Schluß gezogen, daß die Refraction (I. S. 186) an dem Horizonte der Venus nahe einen halben Grad beträgt, nahe so wie die Refraction, die wir auf unserer Erde beobachten. Auch verschwinden die Fixsterne, vor welchen dieser Planet vorbeigeht, nicht plötzlich an seinem Rande, sondern sie werden vielmehr immer schwächer, je näher sie seinem Rande kommen, oder je tiefer sie in die untern

und daher dichten Schichten der Atmosphäre dieses Planeten eintreten. Dadurch wird nicht bloß die Existenz der Atmosphäre der Venus, sondern auch ihre Aehnlichkeit mit derjenigen der Erde bewiesen, wenigstens in Beziehung auf ihre Dichte und Höhe, nicht aber in Rücksicht auf ihre andern Eigenschaften, die vielleicht mit denen unserer Luft nichts gemein haben. So haben wir zwar oben von Wolken gesprochen, die Schröter zuweilen über der Oberfläche der Venus gesehen hat, allein diese grauen Flecken sind so matt und lichtschwach, daß sie mehr leichten Dünsten oder Nebeln, als eigentlichen Wolken gleichen, und sie gehören überdies zu den sehr seltenen Erscheinungen. Die Bewohner dieses Planeten scheinen daher eine viel reinere Luft, einen viel heiterern Himmel zu haben, als wir, und da es ihm an so starken Ausdünstungen fehlt, wie bei uns die Seen und Meere erzeugen, so mag es dort wohl auch an solchen großen Wasserbehältern fehlen und überhaupt alles in dem Zustande der Trockenheit oder der KrySTALLISATION seyn, den wir ebenfalls auf unserm Monde bemerken.

§. 57. (Berge auf der Venus.) Die so eben erwähnte Lichtgrenze der Venus ist nicht nur, in Beziehung auf ihr Licht, allmählig an Helligkeit abnehmend, sondern sie ist auch, so wie wir dieß sehr deutlich bei unserm Monde bemerken, nicht regelmäßig in ihrer Krümmung fortgehend, sondern vielmehr häufig gebrochen und gleichsam ausgezackt. Besonders auffallend sieht man dieß an den beiden Enden der Lichtgrenze, an den sogenannten Hörnern derselben, die bald viel zu tief in die dunkle Seite hineintreten, bald wieder sich zurückziehen, bald abgestumpft, bald wieder sehr zugespitzt erscheinen. Dieß scheint auf hohe Berge und tiefe Thäler zu deuten, durch welche der regelmäßige Zug der Lichtgrenze, unterbrochen wird. Diese Vermuthung wird vollkommen bestätigt durch die vielen isolirten, lichten Punkte, die man in der Nachtseite, oft in einer beträchtlichen Entfernung von der Lichtgrenze, erblickt, und die nichts anders seyn können, als hohe Berge, deren Gipfel von der untergehenden Sonne noch beschienen werden, wenn ihr Fuß bereits tief in die Schatten der Nacht herabgesunken ist. Man sieht leicht, daß eben diese Entfernung der Lichtpunkte von

der Schattengrenze ein Mittel gibt, die Höhe dieser Berge zu messen, da die Gipfel der höhern Berge offenbar früher vor dem Aufgange, oder später nach dem Untergange der Sonne von ihr beleuchtet seyn werden, als die kleineren. Schröter, der diesen Gegenstand mit besonderem Eifer verfolgte, fand, daß Venus überhaupt sehr gebirgig ist, und daß viele dieser Berge eine Höhe haben, gegen welche die höchsten Berge unserer Erde nur wie Zwerge erscheinen. Er fand Berge, die bis zu einer Höhe von sechs Meilen heransteigen, und die daher sechsmal höher sind, als der Chimborasso oder der Dhawalagiri. Auch hier, wie bei andern Planeten, wie selbst bei der Erde, findet man die größten und höchsten Gebirge in der südlichen Hemisphäre, wovon wir die Ursache noch nicht angeben können. Es ist möglich, daß Süd und Nord nicht bloß eine mathematische Unterscheidung sind, und daß damit eine allgemeine, durch unser ganzes System wirkende Kraft im Zusammenhange stehe, wie wir diese z. B. schon bei unserm Magnetismus bemerken.

§. 58. (Rotation der Venus.) So lange man diese Berge der Venus nicht kannte, war es schwer, die Rotation derselben zu bestimmen, da sie, wie bereits gesagt, nur sehr wenige, veränderliche und nicht ausgezeichnete Flecken hat. Dominic Cassini, der Stammvater jener astronomischen Familie, die bis in ihr viertes Glied der Sternwarte in Paris vorstand, hatte bei dieser Bestimmung über viele Hindernisse zu klagen, da ihm doch die Beobachtung der Rotation von Mars und Jupiter sehr gut gelungen war. Nur mit großer Mühe setzte er die Umdrehungszeit der Venus auf $23\frac{1}{2}$ unserer Stunden fest. Bianchini aber, der ebenfalls mit für seine Zeit sehr vorzüglichen Fernrohren versehen war, fand sie etwa 60 Jahre später gleich $24\frac{1}{2}$ Stunden. Schröter der diese Planeten über zwanzig Jahre mit Eifer beobachtete, fand mit Hülfe seiner 7- und 27füßigen Herschel'schen Telescope, diese Umdrehungszeit der Venus gleich 23 St. 21 Min., also nahe so, wie schon D. Cassini im Jahre 1666. Schröter benutzte dazu besonders die bereits oben erwähnten periodischen Veränderungen ihrer Hörnerspitzen. Man findet diese und die übrigen Beobachtungen Schröters in seinen „Aphroditogra-

phischen Fragmenten, Helmstädt 1746 und in Bodes Berl. Jahrbüchern 1793, 1796 und 1803.

§. 59. (Tages- und Jahreszeiten auf der Venus.) Der Tag der Venus ist also in Beziehung auf seine Länge von dem unserer Erde nur unbedeutend verschieden, so daß also auch die Tageszeiten auf beiden Planeten nahe dieselben seyn werden. Allein ganz anders müssen sich die Jahreszeiten verhalten, wenn es anders gegründet ist, daß die Axe, um welche Venus täglich um sich selbst rotirt, gegen die Axe ihrer jährlichen Bahn um die Sonne nahe um 72 Grade geneigt ist, daß also das, was man ihre Schiefe der Ecliptik nennen könnte, mehr als dreimal größer ist, als bei der Erde, wo sie (I. §. 48.) nur $23^{\circ} 28'$ beträgt. Man wird sich aus dem VII. Capitel des ersten Buches erinnern, daß die Jahreszeiten durch diese Schiefe der Ecliptik bestimmt werden und wir haben bereits dort (I. §. 91.) die Folgen aus einander gesetzt, welche eine viel größere Schiefe der Ecliptik auf die Temperatur und auf den Wechsel der Jahreszeiten der Erde haben würde. Dieß läßt sich nun unmittelbar auf die Venus anwenden. Wenn der Aequator dieses Planeten gegen die Bahn desselben in der That um volle 72 Grade geneigt ist, (was aber noch einer genaueren Bestätigung bedarf, da Schröter sich nie bestimmt darüber ausgesprochen hat), so würde die heiße Zone, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Scheitel sehen können, sich in einer Breite von 144 Graden um diesen Planeten erstrecken, während die Breite dieses Gürtels auf der Erde nur 47 Grade beträgt. Nennt man aber kalte Zone diejenigen Theile eines Planeten, für welchen die Sonne mehrere Tage im Jahre nicht auf- oder nicht untergeht, so würde man von dieser heißen Zone die beiden äußeren Theile, deren jeder eine Breite von 54 Graden hätte, auch zugleich zur kalten Zone rechnen müssen. Man würde also in jeder Hemisphäre eine heiße Zone haben, die von dem Aequator bis zu dem 18ten Grade der nördlichen oder südlichen Breite geht, und in welcher die Sonne durch das ganze Jahr täglich auf- und untergeht. Die kalte Zone aber würde um jeden der beiden Pole herum liegen und sich von ihnen ebenfalls 18 Grade gegen den Aequator hin erstrecken, und in

dieser Zone würde man die Sonne nie im Scheitel sehen. Die gemäßigte Zone aber, die zwischen jenen beiden in der Mitte liegt und eine Breite von 54 Graden hat, würde einen Theil des Jahres hindurch die Sonne gar nicht sehen, wie in der irdischen kalten Zone, und einen andern Theil des Jahres würde sie wieder die Sonne in ihrem Zenithe haben, wie in unserer heißen Zone, so daß also die sogenannte gemäßigte Zone der Venus aus der heißen und kalten gleichsam zusammengesetzt seyn würde. Die Folge davon wird seyn, daß die ganze Oberfläche der Venus, nur die beiden kleinen kalten Zonen ausgenommen, die Sonnenstrahlen zuweilen in senkrechter Richtung erhalten wird. Die Bewohner der Grenze der beiden kalten Zonen werden in ihrem Sommer die Sonne im Mittage sehr nahe bei ihrem Zenithe sehen, ja selbst für die Bewohner der beiden Pole wird sie sich noch bis auf eine Höhe von 72 Graden erheben, wie dieß bei uns für das südliche Spanien und Griechenland der Fall ist. Diese Polarbewohner werden an ihren längsten Tagen, wo ihnen die Sonne nicht untergeht, im Augenblicke der Mitternacht diese Sonne noch in einer Höhe von 54 Graden, also in derselben Höhe sehen, in welcher bei uns die Bewohner von Petersburg die Sonne im Mittage ihres längsten Tages erblicken. Die von dem Aequator über 18 Grade entfernten, noch in der heißen Zone liegenden Länder werden einen Theil des Jahres durch von den senkrechten Strahlen der Sonne verbrannt, und zu einer andern Zeit wieder von Wochen langen Nächten abgekühlt und alles Sonnenlichtes gänzlich beraubt werden. Die Bewohner dieses Planeten werden daher mit sehr schroffen Abwechslungen ihrer Jahreszeiten zu kämpfen haben, die übrigens dadurch einigermaßen gemildert werden mögen, daß sie, wegen der kurzen Umlaufszeit der Venus um die Sonne, nur etwa halb so lange dauern, als die Jahreszeiten der Erde.

§. 60. (Anblick des Himmels von der Venus.) Wenn wir uns durch diese Verhältnisse etwas eingeengt fühlen müßten, so würden wir uns, auf diesen Planeten versetzt, durch andere Genüsse vielleicht wieder entschädigt finden, vorausgesetzt, daß unsere Organisation eine solche Veränderung unseres Wohnortes ertragen

könnte. Welche Aussicht würden wir z. B. von den Gipfeln der sechs Meilen hohen Berge der Venus genießen. Von Wien würden wir mit einem Fernrohr bis Hamburg, Paris und Neapel sehen, und eine Kreisfläche der Erde von mehr als hundert Meilen überschauen können. Lange nach dem Untergange der Sonne würden wir noch die Gipfel der benachbarten Gebirge von ihren Strahlen vergoldet sehen, und die Schönheit dieses Schauspiels würde noch erhöht werden durch die reinere klarere Atmosphäre, in der wir beinahe keine matte Wolke erblicken, und in der trübe oder regnige Tage zu den größten Seltenheiten gehören. Und welchen Anblick mag bei dieser stets heitern Luft der gestirnte Himmel gewähren, wo alle Sterne und Planeten in hellem Lichte strahlen, wo die Sonne in ihrer Oberfläche viermal größer, als bei uns, erscheint, und ein zweimal stärkeres Licht, als unsere Mittagssonne, verbreitet. Unsere Erde selbst erscheint den Bewohnern der Venus zur Zeit ihrer größten Nähe, in der untern Conjunction, neunmal größer als uns die Venus, und in ganz vollem Lichte, in einem neunmal stärkeren Lichte, als Venus in ihrem schönsten Glanze der Erde zusendet.

§. 61. (Venusmond.) Man hat in frühern Zeiten von einem Monde gesprochen, der die Venus auf ihrem Weg um die Sonne begleiten soll. Fontana will ihn i. J. 1645, Dom. Cassini 1672 und wieder 1686, und Schort in England i. J. 1740 gesehen haben, auch Montaigne, Horrebow und Andere sprechen von ihren Beobachtungen dieses Trabanten. Da man ihn aber seitdem bei den beiden Durchgängen der Venus vor der Sonnenscheibe, in den Jahren 1761 und 1769, wo er doch besonders sichtbar seyn sollte, nicht gesehen wurde, und da überhaupt alle weitem Bemühungen der Astronomen, ihn aufzufinden, fruchtlos gewesen sind, so scheinen die angeführten Wahrnehmungen auf einer optischen Täuschung zu beruhen. Das Licht der Venus ist so stark, daß die polirten Gläser der Fernrohre zuweilen eine Spiegelung desselben verursachen können, wo man dann ein zweites schwächeres Bild des Planeten erblickt, das man leicht für einen Satelliten desselben zu halten veranlaßt werden kann. Auch Wargentin in Stockholm sah einmal bei diesem Planeten eine ähnliche Erscheinung, aber als er,

sich vor Täuschung zu sichern, das Fernrohr um seine eigene Axe drehte, bewegte sich auch der vermeinte Mond mit um den Planeten im Mittelpunkte des Fernrohrs, ganz eben so, wie sich ein Flecken auf dem Glase des Instruments gedreht haben würde. Indes war Lambert in Berlin von der Wahrheit jener Beobachtungen so überzeugt, daß er aus den Angaben jener Astronomen die Elemente dieses Venusmondes zu bestimmen suchte (M. s. Bodes astr. Jahrb. 1777). Er fand aus diesen Elementen, daß der Satellit, seiner großen Breite wegen, bei den Durchgängen der Venus von 1761 und 1769 auf der Sonnenscheibe nicht sichtbar seyn konnte, daß er aber bei der damals nahe bevorstehenden Conjunction am 1. Junius 1777 sich auf der Sonne projectiren würde; allein die Astronomen haben ihn auch zu dieser Zeit vergebens gesucht, und man ist jetzt der beinahe allgemeinen Meinung, daß ein solcher Satellit der Venus nicht existire *). Es scheint

*) K. Friedrich II. wollte diesen Mond der Venus, zu Ehren seines gelehrten Freundes, d'Alembert genannt wissen. Allein dieser zog sich vor dieser königlichen Günstbezeugung mit den Worten zurück: „Je ne suis ni assez grand pour devenir au ciel le satellite de Venus, ni assez jeune, pour l'être sur la terre, et je me trouve trop bien du peu de place, que je tiens de ce bas monde, pour en ambitionner une au firmament. — Diese Sucht, den Gestirnen die Namen merkwürdiger Personen zu geben, war in frühern Zeiten sehr groß, und ging zuweilen in das Lächerliche über. Galilei nannte die von ihm entdeckten Satelliten Jupiters die Mediceischen Gestirne, zu Ehren der damals in Florenz regierenden Familie der Medici. Der Jesuit Schiller hat sogar den ganzen gestirnten Himmel umgetauft, und die seit Jahrtausenden eingeführten Namen der Sternbilder in die Heiligennamen seines Kalenders verwandelt, wie man in s. *Stellatum Coelum Christianum* v. J. 1627 sehen kann. Am weitesten hat man diese Sache bei dem Monde getrieben. Der berühmte Bürgermeister Hevel in Danzig, der uns i. J. 1647 die ersten guten Mondkarten gab, legte den vielen Flecken desselben die Namen unserer Gebirge, Länder und Meere bei. Ein späterer Astronom in Spanien fand diese Benennungen sehr unpassend und substituirt ihnen dafür die Heiligennamen seines Kalenders. So wurde statt der Appeninen der h. Michael mit seinem flammenden Schwerte, statt des ägäischen Meeres mit seinen vielen Inseln, die h. Ursula mit ihren 10,000 Jungfrauen, statt Spanien der blinde

mit ihm zu gehen, wie es mit den dreißig Satelliten der Sonne gegangen ist, die das Dictionnaire de Trévoux ankündigte, und die bald darauf für bloße Sonnenflecken erkannt worden sind,

Tobias u. dgl. gesetzt. Allein bald darauf kam der bekannte Jesuit Riccioli, der sich sehr viel mit dem Monde und überhaupt mit der ganzen Astronomie beschäftigte, ohne dadurch diese Wissenschaft eben viel weiter zu bringen; dieser fand wieder jene Heiligennamen unpassend, und führte dafür die Namen berühmter Astronomen und anderer Gelehrten ein, unter welchen er sich, wahrscheinlich aus bloßer Bescheidenheit, die oberste Stelle vorbehielt. Auf diese Weise mußte der h. Athanasius dem alten Plato; die h. Margareth dem Ptolemäus, der h. Anton der Einsiedler dem jüngeren Plinius, und die h. Genovesa dem fegerischen Galilei ihren Platz abtreten, und nur die h. Katharina blieb, aus besonderer Anhänglichkeit Riccioli's an eine Frau dieses Namens, ungekränkt an ihrer Stelle. Indeß, das Unternehmen Riccioli's war vom Glücke begünstigt, und wir sehen noch in unsern Tagen auf dem Monde, oder wenigstens auf unsern Karten von dem Monde, zwar noch viele Seen und Meere aus den guten Zeiten des alten Hevel, aber wir sehen auch hier diesen Hevel selbst mit Grimaldi, dort den König Alphons von Castilien mit Ptolemäus, und an einem dritten Orte sogar den alten Aristipp aus Cyrene mit Herrn Cassini aus Paris, friedlich und Arm in Arm miteinander spazieren gehen, ja selbst Riccioli glänzt noch in seiner früheren Glorie ganz auf dem obersten Punkte des Mondrandes. — Uebrigens verstanden sich selbst die alten Römer schon auf diese, wie es scheint, sehr leichten Künste, und sie wußten sich dieselben sogar noch etwas bequemer zu machen. Nachdem sie ihren Imperatoren, sie mochten es verdienen oder nicht, Tempel und Altäre, Statuen und Triumpfbogen ohne Zahl gewidmet, und diese Apotheosen den Reiz der Neuheit verloren hatten, mußte das erste Volk der Erde seiner Kriecherei auf eine andere Weise aufzuhelfen suchen. Allein die römischen Senatoren waren keine Weltumsegler, um die von ihnen entdeckten Länder mit den Namen ihrer Beherrscher zu beehren; sie waren auch keine Astronomen, um für sie neue Sternbilder an dem Himmel aufzusuchen, und eben so wenig konnten sie die Länder und Meere des Mondes an sie verschenken, da sie dieselben noch gar nicht kannten. Sie wählten sich daher die Plünderung oder vielmehr die Verstümmelung ihres ohnehin sehr schlechten Kalenders, zu welchem Geschäfte sie weder vorzüglicher Instrumente, noch besonderer Kenntnisse, an denen es ihnen fehlte, sondern nur ein gutes Maas von kriechender Schmeichelei bedurften, an der sie Ueberfluß hatten. So erhielt, durch einen förmlichen Senat-

oder wie mit dem neuen Planeten, weit jenseits des Uranus, der seiner entseßlichen Größe wegen Herkules genannt wurde. Man hatte ihn nebst den bereits an ihm angestellten Beobachtungen, und selbst mit den aus ihnen abgeleiteten Elementen der Bahn in den öffentlichen Blättern angezeigt, und der neue, wunderbare Himmelskörper war eben daran, die Aufmerksamkeit nicht bloß des großen Haufens an sich zu ziehen, als einige Wochen nach jener Publikation in denselben Blättern der Widerruf jener Anzeige erschien, und die ganze Sache als eine Mystification dargestellt wurde, mit der ein müßiger Kopf eine Menge anderer unterhalten wollte.

§. 62. (Wichtigkeit der Durchgänge der Venus vor der Sonne.) Wir haben bereits im zweiten Kapitel von den Vorübergängen Merkurs vor der Sonnenscheibe gesprochen. Ganz ähnliche Erscheinungen bietet uns auch die Venus dar, da ihre Bahn, als die eines untern Planeten, von der Erdbahn eingeschlossen wird und daher dieser Planet selbst zuweilen zwischen Sonne und Erde treten muß.

Diese Durchgänge der Venus sind in der neueren Astronomie

beschloß der Monat Julius und Augustus, den beiden ersten Imperatoren zu Ehren, ihren noch heute gebräuchlichen Namen, da sie früher Quinctilis und Sertilis hießen. Da aber die feine Courtoisie dieser Höflinge befürchtete, daß Augustus es übel nehmen könnte, wenn sein Monat, wie es bei dem Sertilis der Fall war, nur 30 Tage hätte, da doch der dem J. Cäsar früher gewidmete Monat Julius 31 Tage zählte, so wurde durch einen zweiten Senatsconsult beschlossen, dem Februar, der ohnehin nur 29 Tage hatte, noch einen Tag zu rauben, und ihn dafür dem Augustus beizulegen. Auf dieselbe feierliche Weise erhielt später der Monat April den Beinamen des Ungeheuers Nero, und der Monat Mai den des Claudius, ja Domitian, der aus zu großer Bescheidenheit nicht erst die Decrete seines knechtischen Senats abwarten wollte, geruhete höchstselbst, und zwar unter Androhung der Todesstrafe, zu befehlen, den Monat October künftighin, und für immerwährende Zeiten Domitianus zu nennen. Allein alle diese Thorheiten überlebten ihre Urheber nicht, und selbst Augustus mußte es sich gefallen lassen, sein Ehrendenkmal später an den elenden Commodus abzutreten.

von besonderer Wichtigkeit, daher wir uns auch hier etwas länger bei ihnen aufhalten wollen. Sie geben uns nämlich bei weitem das beste und sicherste Mittel, die Entfernung der Sonne von der Erde, oder was dasselbe ist, die halbe große Ase der Erdbahn zu bestimmen. Diese Halb-Ase ist aber das große Maaß, und gleichsam die Elle, mit welcher die Astronomen das ganze Planetensystem ausmessen, und überhaupt alle Entfernungen im Weltraume bestimmen, daher die genaue Kenntniß derselben in so hohem Grade nothwendig ist. Dieses Maaß hängt aber nicht bloß von der Willkühr der Astronomen ab, wie wohl sonst die Einheit aller unserer andern Maaße, sondern sie wird uns gleichsam von der Natur selbst aufgedrängt. Nach dem dritten Keplerschen Gesetze (I. S. 288) nämlich verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel der großen Halb-Axen ihrer Bahnen. Diese Umlaufszeiten sind aber, wie bereits oben (I. S. 258) gesagt wurde, der Art, daß sie sich mit der größten Genauigkeit bestimmen lassen. Mit derselben Schärfe wird man also auch jene Halb-Axen, d. h. die mittleren Entfernungen von der Sonne für alle Planeten bestimmen können, wenn man nur einmal eine einzige dieser Entfernungen, wenn man z. B. die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne kennt. Und eben dazu werden uns die Durchgänge der Venus, und zwar mit einer Sicherheit verbelfen, die wir von keiner unserer andern astronomischen Beobachtungen, welcher Art diese auch seyn mögen, erwarten können. Ja selbst über die Größe dieser Planeten und über die der Sonne selbst müssen wir so lange in völliger Ungewißheit bleiben, als wir die Entfernung derselben von uns nicht näher kennen. Denn unsere Beobachtungen geben uns nichts, als die scheinbare Größe dieser Himmelskörper, d. h. nichts, als den bloßen Winkel, unter welchem uns der wahre Durchmesser derselben erscheint. Dieser Winkel kann aber immer derselbe bleiben, wenn auch der wahre Durchmesser vielmahl größer aber zugleich weiter von uns entfernt würde, oder umgekehrt, so daß man aus dem bloßen Winkel, unter welchem uns ein Gegenstand erscheint, nichts, weder über seine wahre Größe, noch über seine Entfernung von uns, ausmachen kann. Von diesen drei Dingen, wahrer und scheinbarer Durchmesser und Entfernung von

uns, müssen nämlich, der Natur der Sache nach, immer zwei gegeben seyn, um daraus das Dritte zu finden.

§. 63. (Wann diese Durchgänge statt haben.) Eigentlich sollte in jeder synodischen Revolution (I. S. 256) der Venus, d. h. in je 583,921 Tagen ein Durchgang dieses Planeten vor der Sonnenscheibe erfolgen, weil er in dieser Zeit einmal zwischen uns und der Sonne durchgehen muß. Allein da die Neigung der Bahn der Venus gegen die Ecliptik über drei Grade, der Halbmesser der Sonne aber nur einen halben Grad beträgt, so wird es oft geschehen, daß dieser Planet zur Zeit seiner untern Conjunction, wo er zwischen uns und der Sonne ist, zu hoch über, oder auch zu tief unter der Sonne steht, und daher von uns nicht auf der Sonne selbst gesehen werden kann.

Offenbar kann sie zu dieser Zeit nur dann in der Sonne erscheinen, wenn die von der Erde gesehene Breite (I. S. 249) nicht größer ist, als die Summe der Halbmesser der Sonne und des Planeten, d. h. also nicht größer als 990 Secunden, da der Halbmesser der Sonne im Mittel 961, und der der Venus in der untern Conjunction 29 Secunden beträgt. Venus muß daher zu dieser Zeit in der Nähe eines ihrer Knoten (I. S. 247) seyn, und sie darf, wie man durch Rechnung zeigen kann, höchstens um $1^{\circ}50'$ von diesem Knoten abstehen, wenn ein Durchgang statt haben soll. Bei Merkur ist dieser äußerste Abstand vom Knoten $3^{\circ}28'$, also viel größer, und dieß ist die Ursache, warum die Durchgänge Merkurs viel häufiger sind, als die der Venus.

Diese Durchgänge der Venus fallen seit dem Anfange des 17ten Jahrhunderts immer entweder in die erste Hälfte des Junius oder des Decembers, und dieß wird bis zu dem Jahre 3000 unserer Zeitrechnung so fortgehen, so daß immer zwei nächstfolgende Durchgänge in den Junius und die zwei auf diese kommenden in den December fallen. Fängt man mit einem solchen Durchgange an, der der erste von den beiden in den Junius fallenden ist, wie dieß z. B. mit dem des Jahres 1761 der Fall war, so kommen die anderen Durchgänge nach der Reihe in 8, $105\frac{1}{2}$, 8, $121\frac{1}{2}$ Jahren, nach welchen sich dieselben Perioden von 8, $105\frac{1}{2}$ u. s. w. immer wiederholen. Diese Bemerkung gibt

ein einfaches Mittel, die Zeiten aller folgenden Durchgänge zu finden, wenn man einmal einen derselben kennt. Die unten folgende Tafel gibt dieselben für mehrere Jahrhunderte mit aller hier wünschenswerthen Genauigkeit an.

§. 64. (Die ersten beobachteten Durchgänge der Venus.) Kepler war es, der diese Erscheinungen mit Hülfe seiner neuen Planetentafeln, die er dem Kaiser Rudolph II. zu Ehren die Rudolphinischen nannte, zuerst ankündigte, und die Astronomen auf diese wichtigen Beobachtungen aufmerksam machte. Ohne diese Vorausberechnungen würde man sie nicht gut haben beobachten können, da man den Augenblick nicht weiß, wann sie statt haben. Aus dieser Ursache sind auch alle früheren Erscheinungen dieser Art verloren gegangen. Man würde sie aber wahrscheinlich auch mit diesen Vorausbestimmungen nicht beobachtet haben, da wohl nur wenige Augen so scharf sind, um die Venus selbst zu einer Zeit, wo ihr Durchmesser am größten ist, und 58 Sec. beträgt, ohne Fernrohr in der Sonne sehen zu können. Schon Gassendi hat sich durch Erfahrung überzeugt, daß keiner seiner Freunde einen schwarzen runden Flecken in der Sonne mit freien Augen sehen konnte, obschon der Durchmesser derselben 80 Sec. betrug. — Die beiden Durchgänge der Venus, die Kepler i. J. 1627 auf diese Weise ankündigte, waren die der Jahre 1631 und 1761, von welchen der erste auf den 6. Dezember und der andere auf den 5. Juniüs von ihm berechnet wurden. Beide hatten auch in der That statt, und zwar der erste nur wenige Tage nach seinem Tode, da Kepler am 15. Nov. 1631 starb. Einen andern zwischen jene beiden fallenden Durchgang, der am 4. Dezember 1639 eintrat, hatte Kepler übersehen. Halley, welcher der erste die Wichtigkeit dieser Erscheinungen eingesehen und auch bekannt gemacht hatte, berechnete die 17 nächstfolgenden Durchgänge der Venus bis zu dem Jahre 2117 voraus, und theilte sie den Astronomen in den Philos. Transact. von 1691 und 1716 mit.

Eben dieser von Kepler in seiner Rechnung übersehene Durchgang des Jahres 1639 war der erste, der je von einem Astronomen beobachtet worden ist. Horrox in England berechnete einige Zeit zuvor eine astronomische Ephemeride, aber nach den Tafeln

Littrow's Himmel u. s. Wunder. II.

6

von Lansberg, die zwar viel weniger genau waren, als die Rudolphinischen Tafeln, die aber doch zufällig einen Durchgang der Venus für den 4. Dezember 1639 anzeigten, während die Keplerschen Tafeln keinen gaben. Da er in die ersten Tafeln ein besonderes Vertrauen setzte, so schickte er sich zu der Beobachtung an, und er sah in der That durch nahe eine halbe Stunde die Venus in der Sonne, so wie auch sein Freund Crabtree, der nur wenige Meilen von ihm wohnte, und den er von dem Ereignisse benachrichtigt hatte. Allein diese Beobachtung hatte keine Folgen für die Wissenschaft, da sie, wie wir bald sehen werden, an zwei sehr weit von einander entlegenen Orten zugleich gemacht werden muß.

§. 65. (Durchgang von 1761.) Da Halley erst i. J. 1677 bei Gelegenheit seiner Beobachtung eines Mercurdurchganges, die er auf der später durch ein anderes Ereigniß berühmt gewordenen Insel St. Helena angestellt hatte, auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen aufmerksam geworden war, so mußte man bis zu dem nächst folgenden Durchgange der Venus, am 5. Juni 1761, warten. Die Astronomen bereiteten sich zu dieser Beobachtung auf das eifrigste vor, und mehrere von ihnen reisten in sehr entfernte Gegenden, um ihren Zweck besser zu erreichen. Man findet die Geschichte dieser Vorbereitungen in den Mem. de l'Acad. de Paris 1757, 1761 und 1781. Die vorzüglichsten Beobachtungen dieses Durchganges sind die von Mason am Vorgebirge der guten Hoffnung, von Bergmann in Upsala, von Planmann zu Cajanaburg in Finnland, und die zu Stockholm und Tobolsk angestellten. Die Berechnungen dieser Beobachtungen geben die Horizontalparallaxe der Sonne (I. §. 61) für ihre mittlere Entfernung von der Erde zwischen 8 und 9 Secunden. Wie man aber daraus diese Entfernung der Sonne selbst, die der eigentliche Hauptzweck dieser Beobachtungen ist, abzuleiten hat, wurde bereits oben (I. §. 63) gesagt. Wendet man die dort gegebenen Vorschriften auf diese beiden Zahlen an, so findet man für die mittlere Entfernung der Mittelpunkte der Sonne und der Erde entweder 25783 oder 22918 Halbmesser der Erde, je nachdem man die Parallaxe der Sonne zu 8 oder zu 9 Secunden annimmt. Die Differenz dieser beiden Resultate ist 2865 Erdhalbmesser, also nahe $2\frac{1}{2}$ Millionen Meilen, oder

beinahe der neunte Theil des Ganzen, so daß man daher durch diese Beobachtungen die wahre Entfernung der Sonne noch nicht bis auf ihren zehnten Theil genau kennen gelernt hatte.

§. 66. (Frühere Versuche, die Horizontal-Parallaxe der Sonne zu finden.) So groß diese Ungewißheit auch scheinen mag, so ist sie doch in viel engere Grenzen eingeschlossen, als alle früheren Bestimmungen, die man zu diesem Zwecke erhalten hatte. Vor Hipparch hatte man von dieser Entfernung der Sonne nicht einmal eine nur etwas gegründete Muthmaßung. Pythagoras nahm die Entfernung der Sonne nur dreimal größer, als die des Mondes an, da sie doch über vierhundertmal größer ist. Aristarch von Samos war der erste, der gegen d. J. 260 vor dem Anfange unserer Zeitrechnung diese Entfernung durch eine eigene Beobachtung zu bestimmen suchte, die wir oben (I. §. 169) näher angegeben haben. Er fand die Parallaxe der Sonne gleich drei Minuten, also wenigstens achtzehnmal zu groß. So fehlerhaft auch diese Bestimmung war, so konnte man doch bis zu dem Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts nichts Besseres finden. Posidonius, der zwei Jahrhunderte nach Ch. G. lebte, nahm diese Distanz der Sonne gleich 13150 Erdhalbmesser an, also nur nahe um die Hälfte zu klein, aber diese Annahme gründete sich auf keine eigentliche Beobachtung, sondern bloß auf eine Meinung, wie etwa die des ältern Plinius, der die Sonne zwölfmal weiter setzt, als den Mond, weil jene zwölf, und dieser nur einen Monat braucht, seine Revolution um die Erde zurückzulegen. Riccioli (gest. 1671) fand aus einer großen Anzahl von ihm nach Art des Aristarch angestellter Beobachtungen die Parallaxe der Sonne 28 bis 30 Secunden. Ptolemäus im Gegentheile benutzte eine von Hipparch vorgeschlagene Methode, die Sonnenfinsternisse zu diesem Zwecke zu gebrauchen, die wohl sehr sinnreich, aber hier nicht mit Sicherheit anwendbar ist, weil der Unterschied zwischen den Entfernungen der Sonne und des Mondes von der Erde viel zu groß ist. Auch fand Ptolemäus für die Parallaxe der Sonne das sehr fehlerhafte Resultat von 2 Min. 50 Sec. Auch der große Observator Tycho Brahe (gest. 1601) hatte noch sehr unrichtige Begriffe von diesem Gegenstande. Er setzte die Distanz der Sonne gleich 1142 Erd-

halbmesser voraus und wollte aus den Beobachtungen der Mondfinsternisse den Schluß ziehen, daß die Parallaxe der Sonne nicht kleiner als drei Minuten seyn könne. Kepler (gest. 1630) bemerkte mit seinem gewöhnlichen Scharfsinne, daß die Parallaxe des Mars zur Zeit seiner Opposition, wie dieß aus Tycho's Beobachtungen folge, unmerklich ist, und daß also dasselbe in einem noch viel höhern Grade von der Sonne gelten müsse. Mit den Instrumenten jener Zeit war es schwer, sich der Größe eines Winkels bis auf eine und selbst bis auf zwei Minuten zu versichern. Indes nahm Kepler die Sonnenparallaxe gleich einer Minute, also noch immer über siebenmal zu groß an.

Der erste, der uns eine der Wahrheit genäherte Kenntniß der Sonnenparallaxe gab, ist Dom. Cassini. Auf seinen Vorschlag wurde Richer von der Pariser Academie nach Cayenne geschickt, um dort die mittägige Höhe des Mars zu beobachten, während dieselben Höhen in Paris von Picard und Römer beobachtet wurden. Cassini schloß daraus die Parallaxe des Mars gleich $25\frac{1}{2}$ Sec., und dadurch war, mittels des dritten Gesetzes von Kepler, die der Sonne gleich $9\frac{1}{2}$ Sec. gegeben, woraus also die Entfernung der Sonne von der Erde gleich 21712 Erd-Halbmessern folgte. Diese Beobachtungen wurden im September des Jahrs 1671 angestellt. In den folgenden Jahren setzte Cassini diese Untersuchungen auf einem andern Wege fort, indem er die Differenz der Rectascensionen des Mars mit benachbarten Fixsternen sechs Stunden vor, und sechs Stunden nach seiner Culmination verglich, eine Methode, die bereits oben (I. S. 151) näher angegeben worden ist. Cassini fand durch diese zweiten Beobachtungen das erste Resultat im Allgemeinen bestätigt. Noch besser eignet sich zu diesen Bestimmungen die Venus, da sie uns in ihren unteren Conjunctionen noch beträchtlich näher kommt, als Mars. Allein es ist schwer, die Mittagshöhen der Venus zu dieser Zeit zu beobachten oder auch ihre Lage gegen benachbarte Fixsterne zu bestimmen, da ihre Lichtphase sehr klein ist. Maraldi, Bianchini und Lacaille beschäftigten sich anhaltend damit und Lektterer fand aus seinen Beobachtungen, die er i. J. 1751 am Vorgebirge der guten Hoffnung angestellt hatte, die Sonnenparallaxe gleich $10\frac{1}{4}$.

Secunden, aber da beide Beobachtungsarten ihren Naturen nach keiner sehr großen Genauigkeit fähig sind, besonders für die noch unvollkommenen Instrumente jener Zeit, so wurde es wohl sehr wahrscheinlich gemacht, daß die Parallaxe der Sonne nahe 9 Secunden betrage, aber die Astronomen mußten noch immer wünschenswerth finden, eine andere, genauere Methode zu besitzen, um sich von der wahren Größe dieses wichtigen Planeten vollkommen zu versichern.

Der Venusdurchgang des Jahres 1761 hatte ein Mittel, diesen Zweck zu erreichen, dargeboten. Allein man sah bald, daß der Durchgang dieses Jahres mit mehreren ungünstigen Verhältnissen verbunden war, und daß man sich daher zufrieden stellen mußte, wenigstens eine Bestätigung der von Cassini aufgestellten Parallaxe gefunden zu haben, obschon man sie, wie man doch anfangs gehofft hatte, nicht genauer bestimmen oder in engere Gränzen einschließen konnte.

§. 67. (Durchgang von 1769.) Unter diesen Umständen erwartete man mit Ungeduld den nächstfolgenden Durchgang der Venus, am 3 Junius 1769, von dem man sich durch Rechnung voraus versichert hatte, daß er viel günstigere Verhältnisse zur Bestimmung der Sonnenparallaxe bieten würde, wenn die Beobachtungen in den zu diesem Zwecke angemessensten Orten der Erde angestellt werden sollten. Die dazu geeignetsten waren das Südmeer, Californien und die nördlichsten Gegenden von Europa sowohl als auch von Asien.

Die Monarchen aller gebildeten Nationen Europa's bemühten sich, ihre Astronomen zur Erreichung ihres für die Wissenschaft wichtigen und für Alle interessanten Zweckes mit ruhmwürdigem Wetteifer zu unterstützen. Frankreich, dessen Minister Choiseul sich der Sache mit besonderem Eifer annahm, sendete die Astronomen La Chappe nach Californien, Pingré nach St. Domingo und Veron nach Ostindien. Die R. Academie der Wissenschaften in London schickte, auf Befehl und Kosten des Königs, ihre Mitglieder Dymond und Wales nach Nordamerika; Call nach Madras und Green nach Otaheiti, welcher Letzterer seine Reise auf einem von dem berühmten Capitain Cook commandirten

Schiffe vollendete. — Die Kaiserin Catharina von Rußland ließ durch ihre Academie in Petersburg Astronomen aus Deutschland und der Schweiz berufen und viele Instrumente zu diesem Zwecke in Paris und London ankaufen, mit welchen ausgerüstet der russische Astronom Rumovskij nach Kola (Br. 69°), der Schweizer Pictet nach Umba (Br. 67°) und Mallet nach Ponoï gingen. Ueberdies wurde noch Islenies nach Jakuz, Lowiz nach Gurief, Krabl nach Drenburg und Christian Euler nach Dmsk geschickt. In Petersburg selbst beobachteten diesen Durchgang Morzan aus Mannheim, Albert Euler, Lereil und Kotelnikow. — Der König von Dänemark bat sich zu diesem Zwecke den Astronomen Hell von Wien aus, der auf des Königs Kosten die Reise nach Wardoe im nördlichen Lappland machte. Ueberdies beobachteten noch Planmann zu Cajaneburg in Finnland, Melander zu Upsala, Bayley am Nordcap, Justander zu Åbo, Maskelyne zu Greenwich, Hornsby zu Oxford, Cassini zu Paris, Lagrange zu Mailand, Sambach zu Wien, Ackermann zu Kiel u. m. a. Durch ungünstiges Wetter und andere Umstände wurden vereitelt die Beobachtungen des Regentil zu Pondichery, des Call zu Madras, des Pictet zu Umba u. a.

§. 68. (Berechnung der beobachteten Durchgänge.) Fast alle oder wenigstens die wichtigsten dieser Beobachtungen findet man gesammelt in Lalande's *Mem. sur la Passage de Venus 1772*, und am vollständigsten in Encke's „Entfernung der Sonne“, 2 Bände, Gotha 1822 und 1824.“ Kaum waren die Beobachtungsergebnisse bekannt geworden, als sich eine große Anzahl von Männern fand, welche die Berechnung derselben übernahmen. Hornsby in England fand aus den von ihm zu Grunde gelegten Beobachtungen die Horizontal-Parallaxe der Sonne für ihre mittlere Entfernung von der Erde $8''_8$ und ganz eben so auch Pingré. Planmann in Schweden fand $8''_4$, Lalande $8''_5$; Lereil $8''_{68}$, Hell $8''_{70}$. Encke, der in dem so eben erwähnten Werke, die sämtlichen als gut anerkannten Beobachtungen der beiden Durchgänge von 1761 und 1769 mit der größten Sorgfalt berechnete, fand im Mittel aus allen die Sonnenparallaxe für die mittlere Entfernung der Sonne und für einen Beobachter im Aequator gleich $8''_{578}$;

welches Resultat nach Encke's Berechnungen nur mehr den wahrscheinlichen Fehler von $0''_{057}$ haben kann, so daß die wahre Sonnenparallaxe zwischen den beiden Gränzen $8''_{54}$ und $8''_{61}$ enthalten ist. Nimmt man nun die geographische Meile so an, daß fünfzehn derselben auf einen Grad des Aequators, also 5400 auf den ganzen Umfang des Aequators geben, so ist der Halbmesser des Erdaequators (I. S. 5) gleich $\frac{5400}{2\pi}$ oder gleich $859_{,4567}$ geographische Meilen und die aus der Parallaxe $8''_{,578}$ folgende Entfernung der Sonne von der Erde beträgt 20666800 Meilen und die wahre Entfernung derselben ist zwischen den Gränzen von 20577649 und 20755943 geogr. Meilen enthalten. Unsere späteren Nachkommen werden diese Gränzen ohne Zweifel noch enger zusammenziehen und dieses allgemeine Maaß der Astronomen noch viel genauer bestimmen, als es uns bisher möglich gewesen ist. Wir müssen uns begnügen, die Entfernung der Sonne von 20666800 Meilen bis 89000 Meilen, d. h. bis etwa auf den 230sten Theil ihrer Größe, genau zu kennen. Wenn dieß zu wenig scheint, der mag uns sagen, wie viele Distanzen der Hauptstädte unserer Erde wir bis auf ihren 230sten Theil genau anzugeben wissen.

Die folgende kleine Tafel enthält die zunächst folgenden Durchgänge der Venus, von welchen wir wünschen, daß recht viele unserer Leser wenigstens die beiden ersten derselben noch mit ansehen mögen.

	Conjunction mittl. Z. Paris.	Zeit der Mitte.	Halbe Dauer.	Kürzeste Distanz.
1874	9. Dez. 14h 18' Morg.	13h 53'	2h 4 _{,7}	0° 13' 51" Nördl.
1882	6. Dez. 4 26	4 59	3 1 _{,7}	0 10 29 Södl.
2004	8. Juni 91 1 Morg.	28 36	2 44 _{,8}	0 11 19 S.
2012	6. Juni 11 27 Morg.	11 47	3 20 _{,7}	0 8 20 N.
2117	11. Dez. 13 7 Morg.	12 43	2 22 _{,8}	0 13 0 N.
2125	8. Dez. 3 19	3 54	2 48 _{,5}	0 11 28 S.
2247	11. Juni 0 30	0 0	2 7 _{,9}	0 13 17 S.
2255	9. Juni 14 54 Morg.	15 8	3 36 _{,0}	0 6 25 N.
2360	13. Dez. 11 59 Morg.	11 39	2 42 _{,8}	0 11 49 N.
2368	10. Dez. 2 10	2 47	2 29 _{,4}	0 12 37 S.

§. 69. (Methode, aus diesen Durchgängen die Sonnenparallaxe zu finden.) Es ist nun noch übrig zu zeigen, auf welche Weise man aus den Beobachtungen dieser Durchgänge die Sonnenparallaxe durch Rechnungen ableiten kann, und warum die aus diesen Beobachtungen geschlossenen Resultate den hohen Grad von Verlässlichkeit haben, der bereits oben von ihnen gerühmt worden ist.

Man bemerkt wohl ohne meine ausdrückliche Erinnerung, daß ein rabenschwarzer kleiner Kreis auf dem hellleuchtenden Hintergrunde der Sonne, denn so stellt sich zur Zeit des Durchgangs die Venus dem Beobachter dar, mit der größten Schärfe gesehen werden kann, so daß man also den Ort, welchen dieser schwarze Kreis in der Sonne einnimmt, für jeden Augenblick mit völliger Sicherheit angeben wird. Allein es handelt sich hier nicht um jeden dieser Orte, den Venus nach und nach während ihrer Durchgänge einnimmt, sondern nur um einige wenige und gerade um dieselben, die unter allen am leichtesten und besten, selbst ohne alle Instrumente, bloß durch ein gutes Fernrohr, bestimmt werden können. Man braucht nämlich nur die vier Momente der äußern und innern Ein- und Austritte, oder die vier Augenblicke zu beobachten, wann die Ränder der Venus und der Sonne sich, sowohl von außen als auch von innen, berühren. Der erste äußere Eintritt bei a (Fig. 5) kann vielleicht zu spät beobachtet werden, wenn man den Punkt des östlichen Sonnenrandes nicht genau weiß, an welchem die Venus eintreten soll, obschon man diesen Punkt durch Rechnung schon genau voraus bestimmen kann. Allein der zweite oder innere Eintritt bei b, so wie der innere Austritt bei c läßt sich auf das schärfste mit dem Auge verfolgen, bis der eigentlich entscheidende Augenblick, d. h. die Bildung des feinen Lichtfadens eintritt, der zwischen den Rändern der beiden Himmelskörper bei ihrer Berührung entsteht, und nicht viel weniger genau wird man auch den letzten entscheidenden Punkt des schwarzen Kreises in d angeben, der an dem Rande der Sonne in dem Augenblicke erscheint, wenn er von der Venus völlig verlassen wird.

§. 70. (Sicherheit dieser Methode.) Ueber die Sicherheit die-

fer Beobachtungen an sich kann also weiter kein Zweifel seyn. Allein es handelt sich hier nicht sowohl um diese Beobachtungen selbst, als vielmehr um das Resultat, welches man daraus ableiten will, nämlich um die wahre Größe der Sonnenparallaxe. Wenn man nun z. B. zeigen könnte, daß ein Fehler der Beobachtung von einer Zeitsecunde die gesuchte Parallaxe erst um eine Raumsecunde, also um 15 mal weniger fehlerhaft machen würde, so würden wir diese Methode mit Recht als eine sehr gute und in der Ausübung mit Verlässlichkeit anwendbare ansehen, da, wie wir gesehen haben, ein Fehler von einer Zeitsecunde in der Beobachtung jener vier Verührungen nicht wohl statt haben kann. Allein die Verhältnisse sind in der That noch viel günstiger, als sie in diesem Beispiele dargestellt wurden.

Halley hat in den zwei bereits erwähnten Memoiren (Phil. Transact. 1691 und 1716) durch Berechnung gezeigt, daß wenn bei ganz schicklich gewählten Beobachtungsorten auf der Erde die Ein- und Austritte der Venus auf eine Zeitsecunde genau bestimmt werden, daraus die Parallaxe oder die Distanz der Sonne bis auf ihren $\frac{1}{500}$ -sten Theil genau bestimmt werden könne. Wenn

nun auch diese Behauptung vielleicht etwas übertrieben erscheinen mag, und wenn, wie die Erfahrung bei den zwei letzten Durchgängen gelehrt hat, die Fehler der Beobachtungen eine Secunde oft genug übersteigen, so bleibt es demungeachtet nicht minder wahr, daß diese Beobachtungsart eine der sichersten in der ganzen praktischen Astronomie ist, und daß diese Methode der Bestimmung der Sonnenparallaxe einen Grad von Verlässlichkeit besitzt, deren sich nur wenige und vielleicht keine andere erfreut.

Es wird nicht unangemessen seyn, hier Einiges aus dem erwähnten Aufsatze Halley's anzuführen, dem wir die Kenntniß dieser Methode verdanken und der zugleich in einer gemeinfaßlichen Sprache geschrieben und sehr lehrreich abgefaßt ist. „Es giebt viele Dinge in der Welt, sagt er, die auf den ersten Blick sehr paradox, ja ganz unglaublich erscheinen und die doch nicht minder wahr und oft sogar mit Hülfe der Mathematik sehr leicht zu beweisen sind. Was sollte es wohl Schwereres geben, als die Be-

stimmung der Entfernung der Sonne von der Erde? *) Und doch ist sie eine der leichtesten, wenn man nur einige diesem Zwecke angemessene Beobachtungen vorausschickt; wie ich sogleich näher zeigen werde.“

„Vor vierzig Jahren (im J. 1677) war ich auf der Insel St. Helena, um daselbst die Sterne des südlichen Himmels zu beobachten. Zufällig ereignete sich in dieser Zeit ein Durchgang des Merkurs vor der Sonnenscheibe. Indem ich ihn mit einem guten Fernrohre beobachtete, bemerkte ich bald, daß sich diese Beobachtungen mit einer ganz besonderen Schärfe ausführen lassen. Dabei fiel mir ein, daß sich durch diese Beobachtungen wohl die Parallaxe des Merkur gut bestimmen lassen würde, die beträchtlich größer seyn muß, als die der Sonne, da Merkur in seiner unteren Conjunction der Erde so viel näher steht. Aber ich sah auch bald, daß die Differenz der Parallaxe Merkurs und der Sonne kleiner ist, als die Parallaxe der Sonne, und daß daher auf diesem Wege nicht viel Gutes zu erwarten seyn wird.“ **)

„Aber bei der Venus, fiel mir ein, ist dies Verhältniß viel günstiger, da ihre Parallaxe viel größer ist, als die des Merkur, und da man sie also auch von verschiedenen Punkten der Erde an verschiedenen Stellen der Sonnenscheibe sehen muß. Sollte sich aber nicht aus eben dieser Verschiedenheit der Stellen die Sonnenparallaxe selbst, durch die sie doch verursacht werden, wieder rückwärts finden lassen?“

„Diese Beobachtungen bedürfen, wie man von selbst sieht, keiner besonders kostbaren Instrumente. Ein gutes Fernrohr und eine gute Uhr, weiter braucht es nichts. Die geographische Breite

*) Wohl dürfte man in Beziehung auf diese Frage von Halley noch mit Plinius sagen: *Incomperta haec et inextricabilia, nec ut mensura, id enim velle pene dementis est, sed ut tantum aestimatio conjectandi constet animo* (H. N. II. Cap. 23).

**) Die Parallaxe Merkurs ist bei seinen untern Conjunctionen 17" und die Parallaxe der Sonne setzte Halley noch gleich 12" voraus. Die Differenz beyder ist 5", also mehr als die Hälfte kleiner als die angenommene Sonnenparallaxe. Bei der Venus aber nahm er die Parallaxe 43" und 43 weniger 12, oder 31" ist nahe dreimal größer als jene Sonnenparallaxe.

des Orts darf nur obenhin bekannt seyn, da sie auf die Erscheinung keinen so wesentlichen Einfluß hat und die geographische Länge kann man beinahe ganz entbehren, da man nichts als die Dauer der Beobachtung, d. h. als die Zeit zu kennen braucht, die zwischen dem Ein- und Austritt der Venus verfließt, ohne die absoluten Momente dieser Erscheinungen selbst zu kennen."

„Der erste der nächstkünftigen Durchgänge der Venus wird am 26sten May 1761 statt haben. An diesem Tage, wenn es in London zwei Uhr des Morgens ist, wird Venus in die Sonne treten und um zehn Uhr des Vormittags wird sie wieder austreten. Die Dauer des ganzen Durchgangs wird also acht Stunden seyn, und wir in London werden den Eintritt nicht sehen, weil wir zu dieser Zeit noch Nacht haben. Aber wenn die Sonne gegen sechs Uhr aufgehen wird, werden wir die Venus beinahe in der Mitte der Sonnenscheibe erblicken. Aber die Bewohner von Norwegen und wohl auch die vom nördlichen Schottland, für welche die Sonne, wenn es in London zwei Uhr ist, schon aufgegangen seyn wird, diese werden den Eintritt und sonach die ganze Dauer der Erscheinung sehen. In Ostindien aber, am Ausflusse des Ganges, wird die Sonne beinahe im Zenithe dieses Landes stehen, zu der Zeit, wo die Bewohner derselben die Venus eben in der Mitte der Scheibe sehen, und es läßt sich leicht durch Rechnung zeigen, daß hier die Dauer des ganzen Durchgangs, durch die Wirkung der Parallaxe, nahe um 11 Zeitminuten verkürzt wird. Allein die Antipoden dieses Ortes, d. h. die Gegenden um die Hudsonsbay sehen die Venus in der Mitte der Scheibe zur Zeit ihrer Mitternacht, und hier wird, durch die Wirkung derselben Parallaxe die Dauer des Durchgangs um mehr als 6 Zeitminuten verlängert. Wenn also die Erscheinung an diesen beiden Orten beobachtet werden sollte, so würde die beobachtete Dauer des einen um volle 17 Min. von der des andern Ortes verschieden seyn, wenn, wie ich bei diesen kleinen Rechnungen voraussetzte, die Parallaxe der Sonne gleich $12\frac{1}{2}$ Secunden ist. Sollte nun diese Differenz der Dauer an den beiden Orten, durch die wirklichen Beobachtungen größer oder kleiner gefunden werden, so würde daraus auch eine nahe in demselben Maaße größere oder kleinere

Sonnenparallaxe gefolgert werden. Da in der That 17 Min. oder 1020 Sec. zu der Sonnenparallaxe $12,5$ Sec. gehören, so wird eine einzige Secunde Aenderung dieser Parallaxe schon mehr als 80 Zeitsecunden Aenderung in der Differenz jener Dauer erzeugen. Da man hat $12,5 : 1020 = 1 : 81$."

„Hat man also diese Differenz auch nur auf zwei Zeitsecunden genau beobachtet, so wird man daraus die Sonnenparallaxe bis auf den $\frac{1}{40}$ sten Theil einer Secunde genau finden, weil wieder ist $12,5 : 1020 = \frac{1}{40} : 2$ und dieser $\frac{1}{41}$ ste Theil einer Secunde ist der $\frac{1}{500}$ ste Theil der ganzen Sonnenparallaxe, die wir zu 125 angenommen haben, weil 40 mal $12,5$ gleich 500 ist."

„Ich empfehle daher diese Methode auf das dringendste allen Astronomen, die Gelegenheit haben sollten, diese Dinge zu beobachten, wenn ich schon todt bin. Mögen sie dieses meines Rathes eingedenk seyn und sich recht fleißig und mit aller ihrer Kraft auf diese wichtigen Beobachtungen verlegen, wozu ich ihnen alles erdenkliche Glück wünsche, zuerst daß sie nicht durch ungünstige Witterung des ersehnten Anblicks beraubt werden und dann, daß sie, wenn sie die wahre Größe unserer Planetenbahnen mit mehr Genauigkeit bestimmt haben, daraus unsterblichen Ruhm und Ehren schöpfen mögen."

*) Es ist schwer, den schlichten Vortrag des biedern Mannes in einer andern Sprache getreu wieder zu geben. Der Schluß desselben heißt: I recommend it therefore again and again to those Astronomers, who may have an opportunity of observing these things, when I am dead, that they would remember these admonitions and diligently apply themselves, with all their might to the making of the necessary observations, in which I wish them earnestly all imaginable success: in the first place, that they may not, by the unseasonable obscurity of a clouded sky, be deprived of this most desirable sigh; and then, that having ascertained with more exactness the magnitude of the planetary orbits, it may redound to their immortal fame and glory.

S. 71. (Andere Betrachtungen über die Sicherheit dieser Methode.) Wir wollen es nun versuchen, den Lesern im Allgemeinen, und so weit dieß ohne Rechnung möglich ist, die Gründe auseinander zu setzen, worin sich durch die Beobachtung dieser Durchgänge der Venus die Sonnenparallaxe mit so großer Genauigkeit bestimmen läßt. Sey SS' (Fig. 6.) die Sonne, C oder C' die Erde, und V oder V' der Mittelpunkt der Venus, welche beide Planeten sich in ihren Bahnen zur Zeit der untern Conjunction der letztern von Ost gegen West, oder von C nach C' , und von V nach V' bewegen, während der der Venus zugekehrte Punkt der Erde in seiner täglichen Rotation von West nach Ost geht, wie die der Figur beigezeichnete Pfeile anzeigen. Die beiden geraden Linien durch V und V' berühren den Rand der Venus, so wie die beiden Linien bei S und S' den Rand der Sonne berühren.

Dieß vorausgesetzt, ist (I. S. 61) der Winkel AVC die Horizontal-Parallaxe der Venus. Eigentlich sollte zwar der Punkt V in dem Mittelpunkte der Venus liegen, aber man sieht von selbst, daß dieser Winkel nur ganz unmerklich geändert werden wird, wenn man den Punkt V in irgend einem Punkte der Peripherie der Venus annimmt. Diesem Winkel ist aber auch der Winkel αVa gleich, und da der letzte Winkel von dem Bogen αa am Himmel gemessen wird, so kann man sagen, dieser Bogen αa stelle die Parallaxe der Venus vor. Ganz eben so wird also auch die Parallaxe der Sonne durch den Winkel ASC oder aSc , das heißt, durch den Bogen ac vorgestellt werden. Es ist demnach αa die Parallaxe der Venus, und ac die der Sonne, und daher αa die Differenz dieser beiden Parallaxen, und zwar für den Augenblick, wo ein Beobachter in dem Mittelpunkte C der Erde eben die Venus ganz in dem östlichen Rande, und zwar in dem Punkte S der Sonne eingetreten sieht. Ganz eben so ist auch $a'e'$ die Parallaxe der Sonne, und $a'f'$ die der Venus, also auch $a'\alpha'$ die Parallaxendifferenz für den Augenblick, wo für den Beobachter C' im Mittelpunkte der Erde die Venus, so eben ganz aus dem westlichen Rande der Sonne, und zwar in dem Punkte S' , ausgetreten ist.

Bei jenem Eintritte sieht also der Beobachter im Mittel-

punkte C der Erde den Punkt V des Venusrandes an dem Himmel in c. Allein ein anderer Beobachter auf der Oberfläche der Erde in A wird denselben Punkt V am Himmel in α sehen, während er den Punkt S des östlichen Sonnenrandes, wo der erwähnte Eintritt der Venus für den Mittelpunkt der Erde geschieht, in dem Punkte a des Himmels sieht, d. h. also, der Beobachter in A wird die beiden Berührungspunkte V und S noch um den Bogen αa oder um die Parallaxendifferenz von einander entfernt sehen, während der Beobachter in C diese beiden Punkte V und S in dem gemeinschaftlichen Punkte c zusammenfallen sieht. In demselben Augenblicke also, wo der Beobachter in C den letzten Punkt V der Venus eben in den östlichen Sonnenrand eintreten sieht, sieht dieser Punkt V für den Beobachter in A, noch um die ganze Parallaxendifferenz αa östlich von dem Sonnenrande S entfernt; für C hat der innere Eintritt so eben statt, für A aber wird er erst später erfolgen, und zwar erst in der Zeit, in welcher Venus den Bogen αa am Himmel zurückgelegt haben wird.

Während des nun folgenden Durchgangs der Venus vor der Sonnenscheibe geht dieser Planet in seiner Bahn von V nach V', und die Erde von C nach C', oder beide gehen von Ost nach West. Der Beobachter A aber, auf der Oberfläche der Erde, der früher den westlichsten Punkt A einnahm, wird durch die tägliche Rotation auf die östliche Seite, gegen A' hin, gebracht. In dem Augenblicke, wo der letzte Punkt V' des Venusrandes, von dem Mittelpunkte C' der Erde gesehen, den westlichen Rand S' der Sonne verläßt, und wo also, für diesen Beobachter C', der Durchgang endet, weil er diese beiden Punkte V' und S' in einem und demselben gemeinschaftlichen Punkte c' des Himmels sieht, in demselben Augenblicke wird ein Beobachter in dem Punkte A' auf der Oberfläche der Erde den Punkt S' der Sonne in a' , den Punkt V' der Venus aber in α' , d. h. er wird den Punkt V' um den Bogen $a'\alpha'$, oder um die Parallaxendifferenz weiter westlich sehen, und für den Beobachter in A' wird daher der Durchgang schon vorüber seyn, und zwar wieder so lange Zeit, die wir T nennen wollen, als die Venus braucht, den Bogen $a'\alpha'$ der Parallaxendifferenz am Himmel zu durchlaufen.

Kurz, der Beobachter auf der Oberfläche der Erde in A oder A' wird den Eintritt der Venus später, und den Austritt derselben früher sehen, als der Beobachter im Mittelpunkte C der Erde, und zwar um die Zeit T später oder früher. Die ganze Dauer der Erscheinung aber wird für jenen kürzer seyn, als für diesen, und zwar um das Doppelte jener Zeit, oder um die Zeit 2 T.

Dieser Unterschied zwischen dem Ein- und Austritte, oder auch dieser Unterschied zwischen der Dauer, wie er auf der Oberfläche und im Mittelpunkte der Erde gesehen wird, hängt also, wie man sieht, bloß von der Differenz der Parallaxen oder von der Größe des Bogens aa oder $a'a'$, und zugleich von der Geschwindigkeit ab, mit welcher die Venus diesen Bogen zurücklegt. Wird die Parallaxendifferenz größer, so wird auch diese Zeit T oder 2 T größer werden, und ist im Gegentheile die Geschwindigkeit der Venus größer, so wird diese Zeit T oder 2 T kleiner werden. Da nun T eine bloße Wirkung der Parallaxendifferenz ist, so wird man, wenn die Bewegung, mit welcher sich die Venus der Sonne nähert, bekannt ist — und diese ist aus den mittlern Bewegungen der Venus und der Sonne auf das genaueste bekannt — so wird man aus dieser Zeit T auch wieder rückwärts auf jene Parallaxendifferenz schließen und zwar mit einer desto größern Genauigkeit schließen können, je größer dieses T selbst ist.

§. 72. (Vergleichung der Durchgänge von Merkur und Venus.)
Sehen wir also zu, welchen Werth diese Zeit T in dem Falle hat, wo sie am größten ist. Für Merkur hat man bei der untern Conjunction dieses Planeten seine Horizontal-Parallaxe gleich $17''$ und die der Sonne nahe $8''$. Beider Differenz ist also nur 9 Sekunden, und dieß ist die Größe des Bogens aa für Merkur. Nun beträgt aber die Bewegung Merkurs, mit welcher er sich, von der Erde gesehen, der Sonne nähert, zur Zeit der Durchgänge während jeder Stunde nahe $550''$. Wann wird er also in dieser Bewegung den Bogen von $18''$, oder die doppelte Parallaxendifferenz zurücklegen? Die folgende Proportion beantwortet diese Frage:

$$550'' : 60' = 18'' : 2 T$$

Es ist also 2 T nahe gleich 2 Zeitminuten, oder die Differenz der

Dauer der Merkursdurchgänge, von dem Mittelpunkte und von der Oberfläche der Erde gesehen, beträgt höchstens 2 Zeitminuten. Gesezt also, man hätte bei der Beobachtung eines solchen Durchganges die Dauer desselben um volle 10 Zeitsecunden fehlerhaft erhalten, was allerdings eine sehr unwahrscheinliche Voraussetzung ist, so würde man dadurch die Parallaxendifferenz schon um $1\frac{1}{2}$ Raumsecunde unrichtig erhalten, denn

$$120: 18 = 10: 1\frac{1}{2}$$

So große Fehler, von $1\frac{1}{2}$ Secunden, geben aber nicht einmal die oben angeführten Beobachtungen des Mars zur Zeit seiner Opposition, daher man also die Durchgänge Merkurs zu diesem Zwecke nicht mit Vortheil gebrauchen kann.

Sehen wir nun, was wir von den Durchgängen der Venus zu erwarten haben. Die Horizontalparallaxe dieses Planeten ist $31''$, und die der Sonne, wie gesagt, $8''$. Die Differenz dieser Parallaxen beträgt also $23''$, oder sie ist nahe dreimal größer, als bei Merkur, was, nach dem Vorhergehenden, schon ein großer Vortheil ist. Die stündliche Bewegung der Venus gegen die Sonne endlich ist zur Zeit ihrer Durchgänge $234''$, also mehr als die Hälfte kleiner, als bei Merkur, worin der zweite Vortheil besteht. Wann wird also Venus den Bogen von $46''$, oder die doppelte Parallaxendifferenz zurücklegen? Die Antwort auf diese Frage gibt folgende Proportion:

$$234'': 60' = 46'': 2 T$$

Es ist also $2 T = 11',3$ oder nahe 12 Minuten, also beinahe sechsmal größer, als bei Merkur. Um zu sehen, welchen großen Einfluß dieß auf die Bestimmung der Parallaxendifferenz hat, wollen wir wieder annehmen, daß man in der Beobachtung der Dauer eines solchen Durchganges um 10 Zeitsecunden gefehlt habe, so hat man

$$720: 46 = 10: \frac{3}{5}$$

oder, wenn man in der Beobachtung dieses Phänomens auch nur volle 10 Zeitsecunden gefehlt hätte, so würde die daraus geschlossene Parallaxendifferenz doch nur um $\frac{3}{5}$ einer Raumsecunde fehlerhaft seyn, während wir oben bei Merkur einen Fehler von $1\frac{1}{2}$ Secunden, also nahe dreimal mehr, erhalten haben. Allein so große

Fehler wird wohl nicht leicht ein Astronom, selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen, begehen können. Der Fehler, dem man bei der gegenwärtigen Vervollkommenung der Instrumente und der Beobachtungskunst noch ausgesetzt ist, kann bei dieser Art von Beobachtungen höchstens eine einzige Secunde betragen, und so nach würde man, durch die Anwendung der hier erläuterten Methode, die Parallaxendifferenz der Venus und der Sonne wenigstens bis auf 0,66 oder bis auf $\frac{1}{17}$ einer Raumsecunde genau erhalten.

Man sieht aus allem Vorhergehenden, daß der eigentliche Vortheil dieser Methode darin besteht, daß erstens die Venus, in ihrer untern Conjunction, sehr nahe bei der Erde ist, wodurch die Parallaxe derselben so groß wird, und daß zweitens ihre von der Erde gesehene Bewegung, in Beziehung auf die Sonne, zu dieser Zeit so klein ist. Hätten wir noch einen andern Planeten, der uns in seiner untern Conjunction noch näher käme und der sich daselbst noch langsamer bewegte, so würde derselbe noch viel geschickter zur Bestimmung der Parallaxe seyn.

§. 73. (Nachträgliche Bemerkungen zu dieser Methode.) Bei der vorhergehenden Darstellung wird ein aufmerksamer Leser noch zwei Dinge vermissen, die wir, um den Vortrag zu erleichtern, absichtlich übergangen haben und daher hier nachtragen wollen.

Wir haben oben voraus gesetzt, daß nicht nur der Beobachter auf der Oberfläche der Erde, sondern daß auch noch ein anderer, im Mittelpunkte *e* der Erde, die Dauer des Durchgangs gesehen habe, und auf die Vergleichung dieser beiden Beobachtungen beruht eigentlich, wie man bemerkt haben wird, die ganze Methode unserer Parallaxen-Bestimmung. Allein wie sollen wir diese Beobachtung, die im Mittelpunkt der Erde angestellt worden ist, erhalten? — Sie unmittelbar anzustellen, ist allerdings unmöglich, aber die Rechnung gibt hier, wie in so vielen andern Fällen den Astronomen ein leichtes Mittel an die Hand, diesen Mangel zu ersetzen. Da nämlich die Tafeln der Venus schon in so hohem Grade genau sind, da man die Bewegung dieses Planeten und den scheinbaren Durchmesser derselben sowohl, als auch jenen der Sonne schon mit so viel Schärfe kennt, so ist es sehr

leicht, durch Rechnung zu bestimmen, wie lang die Dauer eines solchen Durchgangs für den Mittelpunkt der Erde seyn wird, viel leichter in der That, als für irgend einen andern Punkt der Oberfläche der Erde, weil man für diesen letztern auf die Parallaxe der Sonne und der Venus Rücksicht nehmen müßte, die hier, für den Mittelpunkt der Erde, ganz wegfällt. Die Rechnung, von welcher hier die Rede ist, wird ganz dieselbe seyn, welche man bei der Bestimmung der Mondsfinsternisse für unsern Kalender anwendet, und mit der Jeder bekannt ist, dem die ersten Elemente der rechnenden Astronomie nicht ganz fremd sind.

Das Zweite, was man wahrscheinlich schon obnehin bemerkt haben wird, ist, daß wir oben immer nur von der Differenz der Parallaxen der Venus und der Sonne gesprochen haben, da es doch anfangs hieß, daß die Venusdurchgänge die Sonnenparallaxe selbst so genau bestimmen sollen. In der That hat man gesehen, daß alles Vorbergehende sich nur auf die Differenz dieser beiden Parallaxen gründet, und daß man doch auch nur diese Differenz, keineswegs aber die beiden Parallaxen selbst, durch jene Methode bestimmen kann.

Und so ist es auch in der That: wir erhalten durch das bisher erklärte Verfahren bloß die Differenz dieser zwei Parallaxen. Allein hier kommt uns das schon mehrmals (z. B. I. §. 58. 146 u. f.) angeführte dritte Gesetz Keplers sehr zu statten. Nach diesem Gesetze verhalten sich nämlich die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Es wurde aber ebenfalls schon gesagt (I. §. 123) daß man diese Umlaufzeiten der Planeten aus den Beobachtungen der Alten mit der größten Schärfe bestimmen kann, und auch in der That bestimmt hat. Also darf man auch, da uns das Kepler'sche Gesetz gegeben ist, annehmen, daß wir die Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne mit derselben Schärfe kennen. Allein diese Verhältnisse der Entfernungen sind nichts anders, als die Verhältnisse der Parallaxen, da der Sinus der Parallaxe eines jeden Planeten gleich ist dem bekannten Halbmesser der Erde dividirt durch die Entfernung des Planeten von der Erde. Zur Zeit der untern Conjunction aber, wo Venus in einer geraden

Linie zwischen der Erde und der Sonne steht, ist die Entfernung der Venus von der Sonne gleich dem, aus der elliptischen Theorie bekannten Radius Vector (I. S. 282) der Erde, weniger dem der Venus, so daß daher für dieselbe Zeit das Verhältniß der Entfernungen beider Planeten von der Sonne, also auch das Verhältniß ihrer Parallaxen als eine gegebene und sehr genau bekannte Größe anzusehen ist. Wenn man aber von zwei unbekannten Größen ihr Verhältniß und überdieß auch, wie dies bei unserer Methode der Fall ist, ihre Differenz kennt, so kann man auch sehr leicht jede dieser beiden Größen selbst finden. Wenn z. B. durch die Beobachtung eines Durchgangs die Differenz der beiden Parallaxen gleich $23''$ gefunden worden ist, und wenn man aus der Theorie der elliptischen Bewegung, verbunden mit dem erwähnten Gesetze Keplers weiß, daß für dieselbe Zeit das Verhältniß der beiden Parallaxen $3,795$ ist, so findet daraus jeder Anfänger in der Algebra sofort, daß die beiden Parallaxen selbst, die eine gleich $23''$ und die andre gleich $8''$ seyn muß, wodurch daher nicht bloß die gesuchte Parallaxe der Sonne, sondern auch zugleich die der Venus gefunden wird.

§. 74. (Einfache Darstellung des Vorhergehenden.) Man kann denselben Gegenstand noch auf eine andere, sehr einfache Weise darstellen. Ist ABC (Fig. 7) die Erde, V die Venus und S die Sonne, so kann man, ohne in der Erscheinung etwas zu ändern, die Erde, in Beziehung auf ihre jährliche Bewegung, als ruhend vorstellen und dafür der Venus die Differenz derjenigen zwei Bewegungen geben, welche dieser Planet und die Erde in der That haben. Sey also aVb der Weg, welchen Venus mit dieser relativen Bewegung während der Zeit des ganzen Durchgangs in ihrer Bahn beschreibt. Es seyen ferner A und B zwei Beobachter auf der Oberfläche der Erde, welche die zwei Endpunkte desjenigen Erddurchmessers AB einnehmen, der auf der Ebene der Ecliptik senkrecht steht. Läßt man der größeren Einfachheit wegen die tägliche Rotation der Erde außer Betrachtung und nimmt man also an, daß diese zwei Beobachter ihre Lage gegen die Sonne unverändert beibehalten, so wird der eine Beobachter A zu einer gewissen Zeit den Mittelpunkt der Venus auf der Sonnen-

scheibe in s und der andere Beobachter B in S sehen. Wenn sie nun beide ein Mittel besitzen, die Entfernung der Punkte s und S von dem Mittelpunkte oder von dem Rande der Sonne mit Genauigkeit zu messen, so wird ihnen die Größe des Bogens sS z. B. in Secunden bekannt seyn. Nehmen wir an, daß man diesen Bogen sS gleich 40 Sec. gefunden habe. Da nun die Winkel in V , welche die beiden geraden Linien As und BS mit einander bilden, gleich groß und da auch die beiden Linien AB und sS einander sehr nahe parallel sind, indem sie beide auf der Ecliptik senkrecht stehen, so hat man aus den ersten Elementen der Geometrie die Proportion

$$sS : AB = SV : VB.$$

Allein SV ist die Distanz der Sonne von der Venus und VB die der Venus von der Erde und aus der Theorie der elliptischen Bewegung weiß man, daß zur Zeit des Durchgangs diese Größen $SV = 0,68$ und $VB = 0,27$ sind, wenn die mittlere Distanz der Erde von der Sonne als Einheit angenommen wird. Man hat daher auch

$$sS : AB = 68 : 27 \text{ oder nahe } = 5 : 2$$

oder jener Bogen sS nimmt auf der Oberfläche der Sonne einen Raum ein, der $\frac{5}{2}$ mal so groß ist als der Durchmesser AB der Erde. Dieser Bogen selbst, in Secunden ausgedrückt, ist daher auch $2\frac{1}{2}$ mal so groß als derjenige Bogen, unter welchen der Durchmesser der Erde, von der Sonne aus gesehen, erscheinen würde, d. h. der Winkel SAs ist $2\frac{1}{2}$ mal größer als der Winkel BSA . Dieser letzte Winkel ist aber (I. §. 61) die doppelte Parallaxe der Sonne. Da nun der Winkel SAs oder der Bogen sS oben gleich 40 Secunden gefunden worden ist, so folgt, daß die doppelte Sonnenparallaxe 16 Sec. und daher diese Parallaxe selbst 8 Sec. beträgt.

Daraus sieht man zugleich, daß jeder Beobachtungsfehler, den man in der Messung des Winkels SAs oder des Bogens sS begeht, nur den fünften Theil dieses Fehlers in der gesuchten Sonnenparallaxe hervorbringen wird, was für die Bestimmung dieser letzten Größe sehr vortheilhaft ist, besonders dann, wenn man Mittel besitzt, diesen Bogen sS selbst schon mit einer großen Ge-

nauigkeit zu messen. Mikrometrische Messungen, so scharf diese auch seyn mögen, sind hier nicht mit der gewünschten Sicherheit anzuwenden, weil es sich um zwei verschiedene Beobachter handelt. Viel besser wird man diesen Zweck erreichen, wenn man von beiden Orten A und B der Erde den Eintritt der Venus in m und M und den Austritt in n und N aus der Sonnenscheibe beobachtet. Wir haben bereits oben gesagt, daß man diese Ein- und Austritte des schwarzen Kreises auf dem hellen Sonnenhintergrunde sehr scharf beobachten kann. Da ferner die relative Bewegung der Venus auf der Sonne so langsam, und überdies durch unsere schon sehr vollkommenen Tafeln, sehr genau bekannt ist, und da man endlich, ohne allen merklichen Fehler die Wege MN und mn, welche der Planet auf der Sonne zu beschreiben scheint, als gerade Linien annehmen kann, so erhält man eigentlich durch diese beobachteten Ein- und Austritte die Längen der beiden geraden Linien MN und mn, und zwar mit der größten Schärfe, und es handelt sich jetzt nur noch um die leichte Auflösung des geometrischen Problems: die Distanz Ss zweier Sehnen eines Kreises zu finden, in welchem die Größe dieser Sehnen sowohl, als auch der Halbmesser dieses Kreises, d. h. der Halbmesser der Sonne mit der größten Genauigkeit bekannt ist.

§. 75. (Ueber die Verbesserung der Planetentafeln.) Das Vorbergehende wird genügen, eine allgemeine Vorstellung von dem Verfahren zu geben, welches die Astronomen bei dieser Bestimmung der Sonnenparallaxe anwenden, und zugleich den hohen Grad seiner Sicherheit zu zeigen. Allein die Vervollkommenung, welche seit nahe einem halben Jahrhunderte die Analyse und durch sie die berechnende Astronomie erhalten hat, setzt uns gegenwärtig in den Stand, jene wichtige und noch viele andere interessante Aufgaben auf eine andere, sehr vorzügliche Weise aufzulösen, von der wir hier, so gut es ohne eigentliche Rechnung möglich ist, einige nähere Nachrichten mittheilen wollen.

Um die Sache sogleich durch ein Beispiel deutlich zu machen, so haben wir bereits oben (I. S. 143) gezeigt, wie man den Ort eines Planeten für jede gegebene Zeit aus den für diesen Planeten bereits berechneten Tafeln finden könne. Hat man nun für

dieselbe Zeit den Planeten auch wirklich beobachtet, so müssen beide Resultate, das der Tafel, oder, was dasselbe ist, das der Rechnung und das der unmittelbaren Beobachtung übereinstimmen, wenn anders beyde: Beobachtung und Berechnung, ganz gut und fehlerfrei sind.

Wenn nun die Beobachtungen mit aller möglichen Sorgfalt, mit den besten Instrumenten und unter den günstigsten Umständen angestellt worden sind, wenn vielleicht mehrere Astronomen an derselben oder auch an verschiedenen Sternwarten diese Beobachtungen gemacht und davon das sogenannte Mittel genommen haben, so wird man, da alle Wahrscheinlichkeit dafür spricht, diese Beobachtung, die man zur Vergleichung gewählt hat, als gut ansehen können. Wenn sie nun aber mit der Rechnung, d. h. mit dem aus den Tafeln durch Rechnung abgeleiteten Orte demungeachtet nicht stimmen sollte? — Dann bleibt nichts übrig, als diese Rechnung oder diese Tafeln für fehlerhaft zu erklären.

Es ist aber eines der wichtigsten, ja das Hauptgeschäft des Astronomen, diese Tafeln der Planeten immer mehr und mehr zu vervollkommen und es endlich, wenn möglich, dahin zu bringen, daß ein solcher aus den Tafeln berechneter Ort verlässlicher ist, als jede einzelne Beobachtung, oder daß wir auf diese Weise den Himmel, d. h. hier die Planeten und ihre Bewegungen, am Ende so genau kennen lernen, um alle fernern Beobachtungen gleichsam entbehrlich zu machen.

Wenn also eine als gut anerkannte Beobachtung mit diesen Tafeln nicht stimmt, so sind diese Tafeln noch fehlerhaft, und sie müssen daher verbessert werden. Allein wo soll man diese Verbesserung anbringen?

Diese Frage ist von der größten Wichtigkeit. — Um eine solche Tafel zu construiren, muß man eine nicht kleine Anzahl von Dingen zu Hülfe rufen oder zu Grunde legen. Man muß z. B. die große Axe der Bahn, oder die Umlaufzeit des Planeten um die Sonne, man muß die Lage dieser großen Axe, die Excentricität dieser Bahn, ihre Neigung gegen die Ecliptik . . . kurz man muß vor Allem die Elemente (Vergl. I. S. 142) der Planetenbahn kennen. Sind diese einmal genau bekannt, so hat

die Construction der Planetentafel keine andere Schwierigkeit mehr, als die Mühe des Calculs, die kein Astronom scheuen darf. Allein wenn sie nun noch nicht genau bekannt, wenn eine, wenn mehrere, wenn vielleicht alle diese Elemente noch etwas unrichtig, noch kleinen Fehlern unterworfen sind, so können dann auch gute Beobachtungen mit diesen Tafeln nicht übereinstimmen, und die letzten müssen vor allen andern verbessert, d. h. die den Tafeln zu Grunde gelegten Elemente müssen vor allen andern corrigirt werden, um jene gewünschte Harmonie zwischen ihnen und den Beobachtungen einmal erhalten zu können.

§. 76. (Allgemeines Verfahren zu diesem Zwecke.) Nun wäre es wohl leicht, irgend eines dieser Elemente so zu ändern, daß dadurch diese Uebereinstimmung für eine Beobachtung erzeugt wird. Man dürfte nur z. B., was das einfachste wäre, die Epoche der mittlern Bewegung (I. S. 116) dem gemäß etwas ändern, um die Tafel mit dieser Beobachtung in vollkommene Harmonie zu bringen. Allein wird dann auch sofort jede zweite, dritte und überhaupt jede folgende gute Beobachtung durch die Tafeln dargestellt werden? — Schwerlich, da jenes Verfahren voraussetzt, daß nur die Epoche der Tafeln fehlerhaft, jedes andere Element aber vollkommen gut ist, eine Voraussetzung, zu der die Epoche kein größeres Recht, als alle übrigen Elemente hat.

Man wird also im Allgemeinen alle Elemente für fehlerhaft ansehen, und sie sonach alle auf einmal so verbessern müssen, daß dadurch nicht nur eine, sondern eine große Anzahl guter und weit von einander entfernter Beobachtungen vollkommen genau dargestellt werden. Aber wie soll man das anfangen? Man sieht ohne meine Erinnerung, daß das Problem, das sich hier die Astronomen gegeben haben, kein leichtes ist. Und doch muß es aufgelöst werden, weil man sonst gar nicht daran denken kann, auch nur einmal gute Planetentafeln zu erhalten. Daß aber solche Tafeln, nicht bloß für die Wissenschaft, von sehr großem Werthe sind, ist wohl für sich klar. Wenn z. B. unsere Mondstafeln noch so fehlerhaft wären, wie sie es zu Tycho's und selbst zu Newton's Zeiten waren, so würden wir das beste und vorzüglichste Mittel, die geographische Länge auf der hohen See zu

bestimmen, nämlich die Methode der Distanzen des Mondes von den Sternen, auch gar nicht mit Sicherheit anwenden können, und Hunderte von Schiffen würden schon zu Grunde gegangen seyn, bloß weil ihnen dieses Mittel fehlte.

Wie soll man es aber anfangen, alle Elemente einer Planetenbahn auf einmal zu verbessern. — Dieß ist es, was ich hier zunächst zu erklären suchen werde.

Nehmen wir an, wir hätten eine Anzahl von beobachteten Sonnenlängen vor uns, die wir alle als ganz gut anzusehen berechtigt sind. Berechnen wir sogleich aus unsern Sonnentafeln, für die Zeiten jener Beobachtungen, diese tabellarischen Längen der Sonne. Da unsere Sonnentafel noch fehlerhaft ist, wie wir voraussetzen, so werden diese berechneten Längen mit den beobachteten nicht genau stimmen. Seyen a , a' , a'' , die Differenzen dieser beiden Längen für die 1, 2, 3te Beobachtung.

Betrachten wir von den Elementen dieser Sonnentafel zuerst die Länge des Apheliums. Nehmen wir z. B. an, die erste Beobachtung sey zu einer solchen Zeit gemacht worden, wo die Länge der Sonne weniger der Länge ihres Apheliums, d. h. wo die mittlere oder wahre Anomalie (I. §. 140) der Sonne nahe gleich 200 Grade war. Geht man in denjenigen Theil der Sonnentafeln ein, der mit dem Argumente der mittlern Anomalie die Gleichung der Bahn (I. §. 141) gibt, so findet man, daß für eine solche Sonnenlänge durch eine Minute Aenderung der Anomalie die wahre Länge der Sonne um nahe 2 Sec. vergrößert wird. Damit könnte man nun gleich dieses Element so verbessern, daß die tabellarische und die beobachtete Länge der ersten Beobachtung vollkommen mit einander übereinstimmen, oder daß der erste der oben erwähnten Fehler a gänzlich verschwinden müßte. Allein da, wie bereits gesagt, die andern Elemente eben so gut fehlerhaft seyn können, als dieses erste, so wollen wir auch noch einige dieser andern auf dieselbe Weise betrachten.

Derselbe Theil unserer Tafel, von welchem wir so eben gesprochen haben, setzt auch eine bestimmte Excentricität, oder was dasselbe ist, einen bestimmten größten Werth der Gleichung der Bahn voraus. Nehmen wir an, daß eine Minute Aenderung

dieser größten Gleichung der Bahn die Länge der Sonne um $0,5$ Secunden ändere, und daß eben so eine Minute Aenderung der Umlaufszeit der Sonne die Länge derselben nur um $0,5$ Secunden vergrößere, und sofort für alle übrigen Elemente der Sonnenbahn.

Wenn man auf diese Weise die Aenderungen kennt, welche eine Minute in jedem einzelnen Elemente in der Länge der Sonne hervorbringt, so weiß man auch, wie viel diese Länge durch jede andere gegebene Aenderung der Elemente, z. B. durch den halben oder durch den vierten Theil einer Minute geändert werden würde. Nehmen wir nun an, daß man bereits die Aenderungen kenne, welche an diesen Elementen angebracht werden müssen, um jene erste unserer Beobachtungen ganz genau darzustellen, daß also z. B. die Länge des Apheliums um x Minuten vergrößert, die größte Gleichung der Bahn um y Minuten verkleinert, die Umlaufszeit der Sonne um z Minuten vergrößert werden soll u. s. w., so wird man, aus den ersten Gründen der Algebra, für die totale Aenderung der Länge den Ausdruck haben

$$2x - 0,5y + 0,5z$$

und da diese totale Aenderung der Sonnenlänge gleich dem oben erwähnten Fehler a der ersten Beobachtung seyn muß, so hat man die Gleichung

$$a = 2x - 0,5y + 0,5z$$

Eine ähnliche Gleichung wird man aus der zweiten Beobachtung für a' und aus der dritten für a'' erhalten, und wer nur eben die ersten Lehren von der Auflösung der Gleichungen kennt, wird daraus ohne Mühe diejenigen Werthe von x , y und z finden, welche diesen drei Gleichungen entsprechen, d. h. er wird finden, wie viel Minuten, oder um welchen Theil einer Minute jedes dieser drei Elemente geändert werden müsse, damit die mit diesen verbesserten Elementen berechneten Längen der drei Sonnenorte genau mit den beobachteten Längen derselben übereinstimmen.

§. 77. (Bedingungsgleichungen und Wahrscheinlichkeitsrechnung.) Man sieht von selbst, daß man dieses Verfahren auch auf mehr als drei, daß man es auf alle sechs Elemente fortsetzen kann (I. §. 142), daß man aber auch dann sechs Beobachtungen braucht, deren jede eine der obigen ähnliche Gleichung mit sechs unbe-

stimmten Größen geben wird. Man nennt sie Bedingungs-
gleichungen und sucht sie in der neuen Astronomie überall an-
zuwenden, wo man einer vorzüglichen Schärfe in den Resultaten
bedarf.

Wenn man nun aber auf diese Weise durch sechs vorzüglich
gute Beobachtungen eines Planeten, mittels der sechs ihnen ent-
sprechenden Bedingungs-gleichungen, diejenigen Werthe der Elemente
bestimmt hat, wodurch diese sechs Beobachtungen vollkommen genau
dargestellt werden, wird man dann auch voraussetzen dürfen, daß
die so bestimmten Elemente auch zugleich die wahren sind? —
Allerdings, vorausgesetzt, daß jene sechs Beobachtungen ganz ohne
alle Fehler sind. Aber ist diese Voraussetzung auch erlaubt?
Welches Mittel haben wir, uns zu überzeugen, daß alle jene
Beobachtungen, daß auch nur eine derselben vollkommen genau
und auch nicht um den kleinsten Theil einer Secunde fehlerhaft
ist. Sind nicht alle unsere Beobachtungen und Experimente, ja
alle menschlichen Unternehmungen unvollkommen und bloße An-
näherungen zur Wahrheit, aber nicht die Wahrheit selbst? Ohne
Zweifel würden wir, wenn wir jenen Rechnungen sechs andere,
nach unserer Ueberzeugung eben so gute Beobachtungen zu Grunde
gelegt hätten, auch wieder sechs andere Elemente gefunden haben,
nur wenig von jenen verschiedene, wenn die Beobachtungen selbst
in der That zu den verläßlichen gehören, aber doch immer ver-
schiedene. Und welchem von beiden Resultaten soll man nun den
Vorzug geben?

Man sieht, die Verlegenheit ist nicht gering, und die Frage
selbst von der größten Wichtigkeit für die gesammte Astronomie
sowohl, als auch für alle Naturwissenschaften, die sich in letzter
Instanz, doch immer nur auf Beobachtungen, d. h. also auf mehr
oder weniger fehlerhafte Voraussetzungen gründen. So lange
daher diese Frage nicht beantwortet ist, bestehen alle unsere Be-
stimmungen nur in einzelnen, von einander isolirten Versuchen,
deren jeder ein anderes Resultat gibt. Da wir kein Mittel
haben, unter allen diesen Resultaten das Beste zu erkennen, so
würden, wie man sieht, alle unsere Bemühungen ein immerwäh-
rendes Herumirren in einem Kreise seyn, in dessen Mittelpunkt

die uns immer versagte Wahrheit liegt, und die wir, selbst wenn wir sie einmal zufällig erreichen sollten, nicht einmal erkennen würden.

Diesem Uebel, daß dem Fortgange aller Wissenschaften feindlich entgegen tritt, diesem großen Uebel abzuhelfen, wurde die sogenannte Wahrscheinlichkeits-Rechnung erfunden, die zwar schon den Zeiten Newtons angehört, die aber besonders in unsern Tagen ihre weitere Ausbildung erhalten hat. Da uns jedoch die Auseinanderlegung dieses wichtigen und interessanten Gegenstandes zu weit von unsern gegenwärtigen Betrachtungen abführen würde, so wollen wir die nähere Betrachtung desselben dem Schlusse dieser Schrift vorbehalten.