

Vorlesungen
über die
Astronomie,

zur Belehrung derjenigen, denen es an
mathematischen Vorkenntnissen fehlt.

Von
H. W. Brandes,
Professor in Leipzig.

Zweiter Theil.

Mit Kupfern.

Leipzig,
bet G. J. Göschen. 1827

O let me gaze! — Of Gazing there's no End.
O let me think! — Thought too is wilder'd here;
In Midway Flight Imagination tires;
Yet soon reprints her Wing to soar anew,
Her Point unable to forbear, or gain;
So great the Pleasure, so profound the Plan!

O laß mich schaun! Kein End' ist hier des Schauns!
Gedanken eilt, — zu matt ist euer Flug!
Die Schwingen selbst der kühnsten Phantasie
Ermüden eh' sie halb das Ziel erreicht;
Sie hebt von neuem stets sie, — lockend schwebt
Das Ziel ihr vor, doch unerreichbar fern. —
So reichvoll ist, so tief des Weltbau's Plan.

Young.

I n h a l t

d e s z w e i t e n T h e i l s .

Sechß und zwanzigste Vorlesung. Einleitung. Das Fernrohr. Objectiv. Ocular. Bild im Brennpunkte. Sehwinkel. Vergrößerung und Lichtstärke. Das Spiegeltelescop. Seite
I — II.

Sieben und zwanzigste Vorlesung. Wie groß die Gegenstände auf dem Monde seyn müssen, um uns kenntlich zu seyn. — Schatten der Berge auf dem Monde. Mittel, die Höhen der Berge zu bestimmen. Verschiedenheit der Mondberge. Höhe der Bergadern und Ringgebirge. S. II — 24.

Acht und zwanzigste Vorlesung. Der Mond hat keine Meere, und vermuthlich gar kein Wasser. — Tiefe Crater. Beschreibung einiger Mondgegenden. Beschreibung eines Sonnen-Untergangs auf einer hohen Bergspitze des Mondes. S.
24 — 36.

Neun und zwanzigste Vorlesung. Dämmerung auf dem Monde. Höhe der Atmosphäre des Mondes. Wolkige Erschei-

nungen in derselben. — Neu entstandene Crater auf dem Monde.
Lichterscheinungen im Monde. Bewohner des Mondes. S.
36 — 51.

Dreißigste Vorlesung. Wie die Erde den Mondbewohnern
erscheint. Ungleiche Erscheinung der Sterne auf dem Monde.
Drehung des Mondes um seine Axe. Vibrationen des Mondes.
Gestalt des Mondes. Untersuchungen über die Stärke des Mond-
lichtes. S. 51 — 57.

Ein und dreißigste Vorlesung. Ueber die Oberfläche der
Sonne. Sonnenflecken. Ihre wahre Beschaffenheit nach Her-
schel und Cappocci. Rotation der Sonne. Sonnenfackeln.
Vermuthungen über den Zusammenhang unsrer Witterung mit
dem Erscheinen von Sonnenflecken. S. 58 — 73.

Zwei und dreißigste Vorlesung. Ob die Sonne eine von
der Kugelgestalt abweichende Form hat. — Zodiacallicht. —
Uebereinstimmung aller Bewegungen im Planetensystem in Hin-
sicht der Richtung. Wahrscheinlichkeitsrechnung in Beziehung
auf diesen Gegenstand. Größe, Masse und Dichtigkeit der ein-
zelnen Planeten. Sphäroidische Gestalt derselben. Rotations-
zeiten. Lichtstärke der einzelnen Planeten. S. 74 — 90.

Drei und vierzigste Vorlesung. Mercurius. Lage seiner
Axe. Gebirge auf diesem Planeten. — Venus. Ihre rota-
tion. Berge. Dämmerung und Strahlenbrechung in ihrer
Atmosphäre. S. 90 — 100.

Vier und dreißigste Vorlesung. **Marß.** Schnee auf dem Marß. Wolkenzüge und Winde. Ueber seine Gestalt. Ceres, Pallas, Juno, Vesta. Entdeckungsgeschichte. Ob sie aus einem größern Planeten entstanden sind. Ihre geringe Größe. Asteroiden. S. 101 — 112.

Fünf und dreißigste Vorlesung. **Jupiter.** Streifen auf seiner Oberfläche. Veränderliche Lage seiner Flecken. Strahlenbrechung in seiner Atmosphäre. Mannigfaltige Erscheinungen, welche die Monde dem Jupiterbewohner darbieten. Größe dieser Monde. Sie wenden dem Jupiter immer dieselbe Seite zu. S. 113 — 126.

Sechß und dreißigste Vorlesung. Erscheinungen, welche der Ring des Saturn den Saturnsbewohnern darbietet. Streifen und andre Erscheinungen auf dem Saturn. Seine Monde. Auch sie kehren immer dieselbe Seite gegen ihren Hauptplaneten. Ihre Größe. S. 126 — 136.

Sieben und dreißigste Vorlesung. Verschiedene Erscheinungen des Saturnrings; sein mehrmaliges Verschwinden, wenn Sonne und Erde durch seinen Knoten gehen. Größe der Ringe. Schröters Beobachtungen, die gegen die Rotation des Ringes streiten. Gründe für die Rotation. Olbers Erklärung der Schröterschen Beobachtungen. Uranus. Jahreszeiten auf dem Uranus. Seine Monde. S. 137 — 150.

Acht und dreißigste Vorlesung. Besorgnisse bei der Erscheinung der Cometen. — Gründe, warum der Comet von 1811

drei verschiedene Perioden seiner Sichtbarkeit hatte. Stellungen des Cometen von 1825. Ueber die ungleiche Lichtstärke eines Cometen nach seinen verschiedenen Stellungen. Ueber das Aufsuchen der Cometen. — Große Ungleichheit der Bahnen der Cometen. Große Wechsel der Erleuchtung, denen fast jeder Comet unterworfen ist. S. 150 — 160.

Neun und dreißigste Vorlesung. Von den Schweifen der Cometen. Bewegung der einzelnen Schweiftheilchen; Bestimmung der gleichzeitigen Lage mehrerer Theilchen und der Form des Schweifes. Wie die Theorie in Hinsicht auf Form und Größe des Schweifes mit der Beobachtung übereinstimmt. S. 161 — 169.

Vierzigste Vorlesung. Nachrichten von allen besser beobachteten großen Cometen. — Ob der Kern des Cometen ein fester Körper ist? Größe der beobachteten Cometenkerne. S. 170 — 181.

Ein und vierzigste Vorlesung. Ueber die Erscheinungen in der den Cometen zunächst umgebenden Atmosphäre. Ueber die Ursachen der bald mehr bald minder starken Krümmung des Schweifes. Cometen mit zwei Schweifen. Gegen die Sonne gekehrter Schweif. Hohle Schweifconoide. S. 181 — 194.

Zwei und vierzigste Vorlesung. Laplace's und Herschel's Meinungen über die Bildung der Cometen-Atmosphären, und über die allmähliche Ausbildung dieser Körper selbst. Von den vier Cometen, deren Umlaufzeit man kennt. — Widerstand im

Aether. Geringer Abstand der einen Cometenbahn von der Erdbahn. S. 194 — 201.

Drei und vierzigste Vorlesung. Die Fixsterne sind Sonnen. Ihre große Entfernung photometrisch bestimmt. Parallaxe der Fixsterne. Wie man sie an zwei in derselben Richtung stehenden, ungleich entfernten Sternen beobachten könnte. Beobachtung der Parallaxe mit feststehenden Instrumenten. Bradley's, Brinkley's und Ponds Beobachtungen. S. 201 — 209.

Vier und vierzigste Vorlesung. Wie man die Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtungen gefunden hat. Aberration oder Abirrung des Lichtes. S. 210 — 218.

Fünf und vierzigste Vorlesung. Eigene Bewegungen der Fixsterne. Wie man in ihnen die eigene Bewegung unsrer Sonne erkennen könnte. — Verschiedener Glanz der Sterne. Veränderliche Sterne. Neue Sterne. S. 219 — 228.

Sechs und vierzigste Vorlesung. Doppelsterne. Ihre gemeinschaftliche eigene Bewegung; ihre Bewegung um einander, und ihre Umlaufzeiten. Drei Sterne zu einem Systeme vereinigt. — Ueber die Anordnung des ganzen, uns umgebenden Sternenheers. Sternzählungen. Bestimmung der Lichtstärke einzelner Sterne. — Als Anhang ein Brief von Olbers. S. 229 — 243.

Sieben und vierzigste Vorlesung. Bestimmung der Entfernung der Sterne nach ihrem Glanze. Größe des im Perseus liegenden Sternhaufens. Bestimmung der Größe unsers Sternsystems durch Abzählung. Herschels Darstellung eines

Querschnitts unserß Systems. Anzahl aller Sterne in diesem großen Sternsysteme. S. 244 — 258.

Acht und vierzigste Vorlesung. Beobachtungen über die Lichtnebel. Vermuthungen und Beobachtungen über ihre Ausbildung zu Weltkörpern. Verbindung der Sterne mit Nebeln. Nebelflecke, die sich als Sternenheere zeigen. Wahrscheinliche Verbindung derselben zu noch ausgedehntern Systemen. Grenze, wo selbst diese Sternsysteme unsern stärksten Fernröhren unkenntlich werden. Unermeßlichkeit der sichtbaren Schöpfung. Schlußbetrachtungen. S. 258 — 273.

Sechs und zwanzigste Vorlesung.

Wenn wir unser Auge zum Sternenhimmel erheben, so ist wohl niemand unter uns, in dem nicht der lebhafteste Wunsch entstände, jene zahllosen Weltkörper näher kennen zu lernen, zu sehen, wie dort die Naturkräfte wirken, zu wissen, ob auch dort so zahlreiche, wundervolle Erscheinungen, wie auf unsrer Erde, die Aufmerksamkeit des Forschers auf sich ziehen, ja endlich, ob es auch dort Wesen gebe, die diese Erscheinungen beobachten, die sich in der für sie eingerichteten Welt glücklich fühlen, und die dieses Glück dankbar empfinden. — Alle diese Fragen zu beantworten, fehlen uns nun freilich die Mittel, und nie wird es dem irdischen Auge gelingen, ganz die Belehrung über sie zu erhalten, die unser, im Wissen nie befriedigter, Geist verlangt; aber dennoch ist auch in Beziehung auf diese Fragen, in Beziehung auf die natürliche Beschaffenheit der entfernten Weltkörper, dem Fleiße und Scharfsinne unsrer Zeitgenossen so manche Beobachtung gelungen, daß ich wohl hoffen darf, Sie werden, m. h. H., gern bei dem verweilen, was die Beobachter uns über diese Gegenstände mittheilen.

Unsre frühern Untersuchungen betrafen einzig die Gesetze der Bewegung, nach welchen in unserm Sonnensysteme die Himmelskörper ihren Lauf vollenden; und diese Gesetze ließen sich, theils deswegen, weil sie aus zahlreichen Beobachtungen abgeleitet werden konnten, theils weil die nothwendigen Grundregeln aller Bewegung auch hier gelten mußten, sicher entwickeln, so daß wir in Beziehung auf sie ein Lehrgebäude der Astronomie besitzen, wie es wohl keine andre Wissenschaft zu besitzen sich rühmen kann. Die jetzt aufgeworfenen Fragen dagegen, deren einige offenbar ganz außer dem Kreise dessen liegen, was durch Beobachtung entschieden werden kann, for-

bern etwas viel Schwierigers; — wir wollen Gegenstände sehen, die unser Auge nicht erreicht, wir wollen Gegenstände beurtheilen, die vielleicht denen auf der Erde ganz unähnlich sind; und wir sind daher hier weit mehr in Gefahr, sowohl durch unser Auge, welches die Gegenstände nur unvollkommen erkennt, als durch unsre Phantasie, die auch auf andern Weltkörpern irdische Gegenstände uns vorbildet, getäuscht zu werden. Zu hoch dürfen Sie daher die Hoffnungen nicht spannen, wenn es darauf ankömmt, jene entfernte Welten näher kennen zu lernen; aber überzeugen werden Sie Sich doch, daß unsre Wißbegierde auch hier mannigfaltige Befriedigung erhält, und daß künftige Zeiten wohl manche Frage werden beantworten können, die wir jetzt noch unbeantwortet lassen müssen.

Den kühnen Gedanken, zu sehen, was dort, in einer Entfernung von Tausenden, ja von Millionen Meilen, die Natur auf den einzelnen Weltkörpern bewirke, welche Veränderungen sich dort zutragen, konnte der Mensch nicht eher fassen, bis das Fernrohr ihm ein Mittel, das natürliche Sehen zu verstärken, dargeboten hatte. Jetzt schien es, thue sich selbst die entlegenste Ferne seinem Blicke auf, und eine stets wachsende Vervollkommenung der Kunst, Fernrohre zu verfertigen, werde selbst das bis dahin Unglaubliche möglich machen. — Wir wollen überlegen, wie weit diese Hoffnungen gegründet sind, und dann die Beobachtungen fragen, wie weit sie erfüllt sind.

* * *

Das Fernrohr zeigt uns entfernte Gegenstände vergrößert, oder so, als ob sie uns viel näher gerückt wären. Dieß geschieht dadurch, daß wir vermittelst eines convexen Glases, welches das Objectivglas heißt, ein Bild des Gegenstandes darstellen, und dieses durch ein Vergrößerungsglas betrachten. Um dieß genauer zu verstehen, müssen Sie von dem Versuche ausgehen, wo ein gewöhnliches Brennglas, ein an beiden Seiten erhabenes geschliffenes Glas, AB, (Tab. I. Fig. I.) von dem Gegenstande MP ein umgekehrtes Bild NO darstellt, und dieses Experiment können Sie leicht Abends mit einer Lichtflamme

in MP, am Tage durch die hell erleuchteten Fenster und andre Gegenstände anstellen, wenn Sie in ON eine weiße Tafel aufstellen, um das Bild aufzufangen. Das Bild entsteht hier aus der Vereinigung aller von einem Punkte des Gegenstandes ausgehenden Strahlen in einem einzigen Punkte. In unserm Auge, wo ein dem convexen Glase ähnlicher Körper, der Crystall im Auge, eine eben solche Brechung der Strahlen bewirkt, bildet sich eben so der Gegenstand auf dem Netzhäutchen ab, und wir sehen den Gegenstand, wenn das dort dargestellte Bild vollkommen deutlich, wenn es hell genug, und wenn es nicht allzu klein ist. Ein Gegenstand, den wir sehr nahe an das Auge bringen, erscheint uns unter einem sehr großen Sehwinkel, aber er erscheint uns nicht deutlich, weil das auf der Netzhaut im Auge dargestellte Bild grade auf dieselbe Weise undeutlich wird, wie Sie es mit einem Converglase beobachten können, wenn Sie die weiße Fläche, auf welcher Sie das Bild deutlich sahen, dem Glase mehr nähern oder sie weiter von demselben entfernen; und darum nützt es uns, wenn wir sehr kleine Gegenstände erkennen wollen, nicht, wenn wir sie zu nahe an das Auge bringen. Wie man diese Undeutlichkeit aufheben, und dennoch den Gegenstand so groß sehen kann, als ob er sehr nahe gerückt wäre, will ich sogleich angeben, und zuvor nur noch bemerken, daß ein gewisser Grad der Erleuchtung des Bildes im Auge nöthig ist, und daß eine gewisse Größe des Bildes nöthig ist, wenn wir den Gegenstand deutlich erkennen sollen. Unser Auge ist so eingerichtet, daß die farbige Haut, welche den Crystall zum Theil bedeckt, um bei starkem Lichte den zu starken Eindruck zu mäßigen, sich zurückzieht, und die Oeffnung, die Pupille des Auges, vergrößert, wenn das auffallende Licht schwach ist; wegen dieser größern Oeffnung fallen alsdann mehr Lichtstrahlen auf den Crystall, und wir sehen daher, wenn wir lange im Dunkeln gewesen sind, vorzüglich aus diesem Grunde, (theils freilich auch, weil die von stärkerm Lichte zu sehr gereizte Netzhaut erst nach längerem Verweilen im Dunkeln für schwaches Licht empfänglicher wird,) die Gegenstände nach und nach immer heller; — wir würden noch besser im Dunkeln

sehen, wenn wir künstliche Mittel auffänden, um das, unser Auge treffende, Licht auf eine angemessene Weise zu vermehren, und dadurch die Erleuchtung des Bildes im Auge zu verstärken. Daß das Bild im Auge auch eine gewisse Größe haben muß, um uns eine deutliche Empfindung zu gewähren, ist bekannt; denn kleine oder entfernte Gegenstände werden uns ja nur wegen des zu kleinen Sehewinkels, weil das Bild im Auge allzu klein wird, endlich unkenntlich.

Wenn Sie den Versuch mit dem durch das convexe Glas dargestellten Bilde wiederholt anstellen, so werden Sie sich leicht überzeugen, daß das Bild auf der weissen Fläche undeutlich wird, sobald sie den Gegenstand näher oder wieder nahe an das Glas bringen, indem sehr entfernte Gegenstände in geringerer Entfernung vom Glase ein deutliches Bild geben, nähere Gegenstände in größerer Entfernung vom Glase; und hieraus werden Sie leicht begreifen, daß bei der geringen Veränderlichkeit, welche in unserm Auge die Stellung des Crystals und der Netzhaut gegen einander: allenfalls nur gestattet, das Bild auf der Netzhaut undeutlich werden muß, wenn die Gegenstände sehr nahe rücken, da es deutlich ist für mittlere und große Entfernungen. Ein gesundes Auge sieht deutlich, wenn die Gegenstände mehr als 8 Zoll vom Auge entfernt sind, und besitzt die Fähigkeit, bei größerer Entfernung des Gegenstandes, die kleinen Aenderungen anzunehmen, die nöthig sind, um auch da ein deutliches Bild auf der Netzhaut zu erhalten; wollen wir aber sehr nahe Gegenstände deutlich sehen, so müssen wir künstliche Hülfsmittel anwenden, damit die Lichtstrahlen unser Auge so treffen, als ob sie von einem ziemlich entfernten Punkte herkämen, das heist, die auf verschiedene Punkte des Auges fallenden, von einerlei Punkte ausgehenden Strahlen, müssen das Auge fast in paralleler Richtung treffen. Dieß bewirkt das einfache Vergrößerungsglas; denn, wenn (Tab. II. Fig. 1.) a der Punkt ist, wo Lichtstrahlen, die von einem sehr entfernten Punkte herkommen, also auf das Glas CD parallel auffallen, sich sammeln, mit andern Worten, wenn a der Brennpunkt des Glases ist, so werden umgekehrt auch die von a ausgehenden Strahlen im

Glas CD so gebrochen, daß sie parallel ausfallen, und ein Auge in E sieht den Punkt a durch das Glas deutlich, weil es von parallelen Strahlen ein deutliches Bild auf der Netzhaut empfängt. Aber das Auge in E sieht auch den Gegenstand vergrößert oder unter einem größern Sehwinkel; denn die von b ausgehenden Lichtstrahlen werden so gebrochen, daß sie mit PR parallel ausfallen, die von c ausgehenden, so daß sie mit PS parallel ausfallen, und die Richtung dieser Strahlen, welche das Auge E treffen, ist also so verschieden, wie es der Winkel bPc angiebt, wenn P in der Mitte des Glases liegt, das heißt, wir sehen den Gegenstand so groß, wie ein Auge an der Stelle des Glases ihn sehen würde, und dennoch sehen wir ihn deutlich, weil die von einerlei Punkte b ausgehenden Strahlen unser Auge so treffen, wie es ohne Hilfe des Glases nur bei entfernten Gegenständen der Fall ist. Doch es ist vielleicht unnöthig, dieß umständlich zu erklären, da der Versuch am besten zeigt, daß der Gegenstand bc desto stärker vergrößert erscheint, je kleiner die Brennweite des Glases ist, oder je näher wir ihn an das Glas bringen müssen, um ein deutliches und vergrößertes Bild von ihm zu sehen.

Nach dieser Vorbereitung kann ich nun wohl auf das Fernrohr zurückkommen. Wenn (Tab. I. Fig. 2.) Lichtstrahlen von sehr entfernten Gegenständen auf die Glaslinse AB auffallen, so müssen wir im Brennpunkte D die Tafel, die das Bild empfangen soll, aufstellen, und es entsteht auch hier ein umgekehrtes Bild DH des Gegenstandes. Stellt nämlich GO einen vom obern Sonnenrande, CO einen vom untern Sonnenrande kommenden Lichtstrahl vor, die beide durch die Mitte des Glases gehen, so bildet sich der obere Sonnenrand in H , der untere Sonnenrand in D ab, und da GO der Sehwinkel ist, unter welchem uns die Sonne erscheint, so ist das Bild DH so groß, wie es dem Sehwinkel, der eben so groß als DOH ist, und der Brennweite OD angemessen ist. Je größer also die Brennweite ist, desto größer wird auch das Bild desselben Gegenstandes; aber desto schwächer ist auch die Erleuchtung dieses Bildes, oder desto minder hell erscheint

uns dieses Bild. Denn wenn die Größe des Glases dieselbe bleibt, so ist die gesammte Erleuchtung, welche das Sonnenbild DH empfängt, der Lichtmenge angemessen, welche von der Sonne auf das Glas AB fällt, und jeder Theil des Bildes ist also desto minder glänzend, je mehr sich das Licht über ein großes Bild austheilen muß. Hieraus erhellt, daß es da, wo wir ein sehr großes Bild verlangen, nothwendig ist, auch dem Glase AB eine bedeutende Größe zu geben, und daß die Lichtstärke in jedem Falle zunimmt, je größer man das Glas nimmt, welches die Strahlen zu dem Bilde sammelt.

Das Fernrohr (Fig. 3.) besteht nun aus diesem Objectivglase AB , welches das Sonnenbild oder das Bild eines andern hellen Gegenstandes in DH darstellt, und aus dem Ocular oder Augenglase P . Das letztere ist so gestellt, daß es als einfaches Vergrößerungsglas zur Betrachtung des Bildes DH dient, und da dieses Bild uns unter dem Sehwinkel DPH erscheint, der offenbar eben so vielmal größer wie DOH ist, als DO größer wie DP , so sieht ein jenseits P stehendes, das Bild durch das Glas P betrachtendes Auge den Gegenstand vergrößert. Ein solches Instrument dient also, die kleinen Theile entfernter Gegenstände deutlicher zu sehen, indem es bewirkt, daß ihr Bild auf der Netzhaut im Auge größer wird.

Sie werden nun auch leicht übersehen, daß Vergrößerung und Lichtstärke eines Fernrohres zwei ganz verschiedene Dinge sind. Die Vergrößerung des Instruments (Fig. 3.) würde dieselbe bleiben, wenn ich auch einen Theil des Glases AB verdeckte und nur durch einen kleinen Theil desselben Licht einfallen ließe; denn immer noch würden diese wenigen Strahlen ein Bild DH , eben so groß, als vorhin, darstellen; aber die Erleuchtung des Bildes DH , und eben deshalb auch die Erleuchtung des in unserm Auge selbst dargestellten Bildes ist geringer geworden, und dadurch kann sogar der Nutzen, den die Vergrößerung gewährte, ganz aufgehoben werden. Soll dieser Nutzen ganz statt finden, so muß das Fernrohr ein vollkommen deutliches und ein hinreichend erleuchtetes Bild geben, um eine starke Vergrößerung zu ertragen.

Käme es auf die Vergrößerung allein an, so müßte man dem Objectiv AB eine recht große Brennweite und dem Ocular P eine möglichst kleine Brennweite geben; denn wenn des Objectivs Brennweite OD 20 Fuß oder 2880 Linien betrüge, die Brennweite DP nur eine Linie, so hätte man eine 2880 malige Vergrößerung; und so könnte man glauben, daß sich die Vergrößerung bis ins Unglaubliche steigern lasse. Aber dieser starken Vergrößerung stehen unübersteigliche Hindernisse entgegen. Ich will zuerst nur von dem geringeren Hindernisse, weil dieses mit den eben erläuterten Betrachtungen zusammenhängt, reden, nämlich davon, daß bei so starker Vergrößerung die Lichtstärke allzu geringe wird. Die bestimmte Lichtmenge, welche zu Erleuchtung des Bildes DH dient, geht durch das Glas P auf das Auge über, und bewirkt dort die Erleuchtung des Bildes im Auge; je stärker nun die Vergrößerung ist, auf einen desto größern Theil der Netzhaut wird diese Lichtmenge ausgebreitet, und es erhellt leicht, daß eine Lichtmenge, die bei hundertmaliger Vergrößerung zureicht hätte, um das Auge noch lebhaft zu rühren, hiezu lange nicht mehr zureichen wird, wenn man eine 2800 malige Vergrößerung angebracht hätte, oder dieselbe Lichtmenge auf einen so sehr vielmal größern Theil der Netzhaut wirken ließe. Man bemerkt diese Abnahme des Glanzes der Gegenstände, wenn man bei einerlei Objectiv den Mond oder einen Planeten mit immer stärkern Vergrößerungen beobachtet, und wird da leicht gewahr, daß man die Grenzen der Vergrößerung, die einem bestimmten Fernrohre angemessen ist, gar wohl überschreiten könnte; — bei irdischen Gegenständen kann man eben die Bemerkung machen. Um also starke Vergrößerung gebrauchen zu können, muß auch das Objectiv groß seyn und das Bild recht viel Licht erhalten. So große Objective aber, wenn sie auch sonst ohne Fehler zu erhalten wären, kann man schon wegen der Schwierigkeit ungemein große Gläser zu erhalten, nicht gut anwenden, und hierin lag ein Grund, warum Herschel die Spiegelteleskope vorzog. Ein Hohlspiegel AB, (Tab. I. Fig. 5.) stellt, eben so wie das convexe Linsenglas, im Brennpunkte des Spiegels ein Bild EH des Gegenstandes dar; denn die Lichtstrahlen CD, IG,

die mit einander parallel auffallen, kommen nach der Zurückwerfung am Spiegel in E zusammen, und da ebenso alle mit IG parallel einfallenden Strahlen sich in E sammeln, so stellen sie dort ein stark erleuchtetes Bild des Punktes dar, von welchem sie ausgingen; ebenso ist H das Bild des Punktes, von welchem der Lichtstrahl FG herkömmt, und EH folglich das umgekehrte Bild des ganzen Gegenstandes, der zwischen IG, FG seine Strahlen zum Spiegel sendet. Außer dem bald näher zu erklärenden Vortheile, daß der Spiegel die Lichtstrahlen nicht in Farbenstrahlen zerlegt, gewährt das Spiegeltelescop, welches aus einem solchen Spiegel und einem zum Betrachten des Bildes dienenden Augenglase besteht, zwei Vortheile, die das dioptrische Fernrohr nicht besitzt, nämlich den, daß man mit minderer Schwierigkeit Metallspiegel von großem Durchmesser, als eben so große Gläser, erhalten kann, und daß es beim Schleifen der Spiegel eine Gestalt giebt, die im strengsten Sinne die Strahlen, die parallel mit der Axe des Fernrohres einfallen, in einem einzigen Punkte vereinigt. Den ersten Vortheil hat Herschel in vollem Maße zu benutzen gewußt, indem er Spiegel besaß, die über 2 Fuß, ja die 4 Fuß Durchmesser hatten. Spiegel von 2 Fuß Durchmesser geben eine Lichtstärke, die fast 10000 mal so groß ist, als beim natürlichen Sehen, und selbst Spiegel von 12 Zoll Durchmesser gewähren schon eine so ungemeine Lichtstärke, daß Herschel mit einem Spiegeltelescop, dessen Spiegel 12 Zoll Durchmesser hatte, die Ziffern an einer Thurmuhr erkennen konnte, als es schon zu dunkel war, um mit bloßem Auge den Thurm selbst zu sehen; denn die ungemein schwache Erleuchtung, die der letzte Dämmerungsschimmer noch auf die Ziffern der Uhr warf, war viel zu schwach, um im bloßen Auge ein Bild des so erleuchteten Gegenstandes hervorzubringen, aber als der Reflector etwa 2000 mal so viel Licht, als die kleine Oeffnung des Augenkerns für sich allein erhalten würde, vereinigte, und dem Auge zusendete, da wurde der schwach erhellte Gegenstand sichtbar. Mit solchen Instrumenten konnte Herschel also auch die schwächsten Sterne noch sehen, und es ist nicht zu verwundern, daß schon Sterne der dritten Größe ein

zu starkes Licht gaben, Sirius aber und andre Sterne erster Größe, schon wenn sie nur dem Gesichtsfelde nahe kamen, ein Licht, als ob die Morgenröthe anbräche, verbreiteten.

Bei so starker Erleuchtung des Bildes ließe sich nun allerdings wohl hoffen, daß auch eine sehr starke Vergrößerung wohl anwendbar sei, zumal da nach der Theorie dem Spiegel eine Form gegeben werden kann, durch welche die Strahlen, die mit seiner Axe (mit der auf seine Mitte senkrechten Linie) parallel einfallen, genau in einem Punkte vereinigt werden; aber hier tritt ein in der Unvollkommenheit menschlicher Werke liegendes Hinderniß ein, indem selbst die schönste Politur des Metallspiegels nicht von allen Ungleichheiten und feinen Rißchen frei ist, die bei sehr starker Vergrößerung sich als helle Strahlen, die nämlich das Licht unregelmäßig zurückwerfen, zeigen; denn offenbar werden diese kleinen Rißchen, die wir bei schlechter Politur schon mit bloßem Auge sehen, durch die starke Vergrößerung auch da sichtbar, wo die vollendetste Kunst sie zu dem möglichsten Grade von Feinheit herabgebracht hat.

Aber nicht bloß von dieser Seite stehen den starken Vergrößerungen Hindernisse entgegen, sondern bei Fernröhren mit Gläsern, bei Refractoren, wo die Brechung der Lichtstrahlen allein zur Vergrößerung beiträgt, kam noch ein sehr wesentlicher Umstand hinzu, nämlich daß es unmöglich scheint, im strengsten Sinne alle Strahlen, die von einem Punkte herkommen, wieder in einem Punkte zu vereinigen. Bei den Fernröhren, wie man sie zuerst verfertigte, fand dieß besonders statt wegen der ungleichen Brechbarkeit der Farben, und deswegen, weil das Licht der Sonne, des Mondes und der Sterne sich so verhält, als wäre es aus allen Farben gemischt. Bei dem Bilde, mit dessen Betrachtung ich anfang, ist es nicht ganz einerlei, ob der Gegenstand MP (Fig. 1.) blau oder roth ist, sondern das Bild NO liegt dem Glase etwas näher, wenn der Gegenstand blau, entfernter, wenn er roth ist, und eben deßhalb wird das Bild eines Sternes undeutlich, weil die blauen Strahlen sich in einem andern Punkte, als die gelben, diese in einem andern Punkte, als die rothen, vereinigen. — Denn daß das Sonnenlicht alle diese verschiedenen Farben ent-

hält, zeigt das Prisma. — Diese Undeutlichkeit vermöge der ungleichen Brechbarkeit der Farbenstrahlen haben wir freilich durch die Zusammensetzung des Objectivs aus Gläsern von ungleicher Beschaffenheit, (so wie Tab. I. Fig. 4. zeigt,) aufgehoben gelernt, indem das die Farben stark zerstreuernde Hohlglas das blaue Bild grade um so viel mehr als das rothe Bild von dem Platze, den sie bei den convexen Gläsern einnehmen, verrückt, daß sie nun fast vollkommen zusammenfallen; aber dennoch bleiben kleine Unvollkommenheiten übrig, die auch hier der Vergrößerung Grenzen setzen. Man hat indeß in der neuesten Zeit, vorzüglich durch Fraunhofer's Kunst, Gläser erhalten, die so rein und schön sind, daß sie bei 9 Zoll Durchmesser eine Lichtstärke und eine Schärfe der Bilder geben, wie man sie bis dahin nicht kannte, und die daher Veranlassung geben, die Spiegeltelescope, die selbst bei der besten Politur nur kaum die Hälfte des auffallenden Lichtes zurückwerfen, und in einigen Jahren immer sehr an Reinheit der Oberfläche verlieren, nicht mehr so häufig anzuwenden.

Zum Schlusse dieser Betrachtungen über die Grenzen, welche uns beim Gebrauch der Fernröhre in Rücksicht auf Vergrößerung gesteckt sind, muß ich auch noch das erwähnen, daß man bei sehr starken Vergrößerungen immer nur einen kleinen Raum übersehen, und daß daher die unaufhörlich fortrückenden Sterne zu schnell vor dem Fernrohr vorbeigehen, um genau beobachtet zu werden. Fraunhofer's größere Fernröhre begegnen diesem Nachtheil dadurch, daß sie durch ein Uhrwerk das Fernrohr so schnell fortführen, als nöthig ist, um der täglichen Bewegung der Sterne zu folgen, und gewähren daher die große Annehmlichkeit, den Gegenstand lange Zeit, als ob er vor dem Fernrohr fest stände, zu beobachten.

Diese ganz der Optik angehörenden Betrachtungen sollten vorzüglich dazu dienen, einige Grundkenntnisse festzustellen, die bei der Beurtheilung der Beobachtungen durch Fernröhre vollkommen, und zugleich zu zeigen, warum unsre Bestrebungen doch auch hier in gewisse Grenzen eingeschränkt sind. Daß das Bild im Fernrohre umgekehrt ist, hat bei astronomischen Beobachtungen, wo man nicht hierauf Rücksicht nimmt, keinen

Nachtheil; um die Gegenstände aufrecht, in ihrer natürlichen Stellung, zu sehen, muß man dem Fernrohr noch einige Gläser mehr geben, wodurch aber die Lichtstärke etwas herabgesetzt wird.

Ich füge jetzt noch einige Nachrichten über wirklich anwendbare Vergrößerungen hinzu. Herschel hat in der frühesten Zeit seiner Beobachtungen versucht, ungemein starke, selbst über das Sechstausendmalige hinausgehende Vergrößerungen anzuwenden; seine spätern Untersuchungen aber zeigen deutlich, daß er die mit solchen Vergrößerungen erhaltenen Bestimmungen keinesweges für sicher hält, und daß er deßhalb in der Folge selbst Vergrößerungen, die bis auf das Eintausendfache gehen, selten angewandt hat. Fraunhofer hat seinen vollkommensten Fernrohren nur 600malige Vergrößerung gegeben, und damit also die Grenze dessen, was diese schönen Fernrohre noch mit Sicherheit leisten, bestimmt.

Diese Untersuchungen mögen für jetzt hinreichen, um das Werkzeug, durch dessen Hilfe wir entfernte Weltkörper genauer betrachten können, kennen zu lernen; die Anwendung auf das Einzelne wird mir oft Veranlassung geben, an das hier Mitgetheilte noch Mehreres anzuknüpfen.

Sieben und zwanzigste Vorlesung.

Unter allen Himmelskörpern, deren Oberfläche wir näher kennen zu lernen hoffen können, nimmt unstreitig der Mond den ersten Platz ein. Er bietet schon dem bloßen Auge Ungleichheiten dar, die ganz gewiß im Fernrohre sich noch viel auffallender darstellen müssen, und deren Natur zu erforschen nicht unmöglich scheint. Um aber zu übersehen, was denn etwa unsre Fernrohre uns dort zeigen können, wollen wir zuerst die Frage umkehren, und untersuchen, was für Gegenstände auf der Erde wohl noch für uns kenntlich seyn würden, wenn wir

mit unsern Fernröhren, vom Monde aus, die Erde beobachteten.

Herschel bemerkt, daß eine sehr kleine Kugel, von Sterngellack, die so entfernt war, daß sie dem bloßen Auge $\frac{2}{3}$ Sec. groß im Durchmesser hätte erscheinen müssen, also mit bloßen Augen und mit schwacher Vergrößerung durchaus nicht wahrgenommen werden konnte, durch das zehnfußige Spiegeltelescop bei 432maliger Vergrößerung als Kugel erschien, statt daß 300malige Vergrößerung noch kein sicheres Urtheil über ihre Gestalt zuließ. Ein Silberkugelnchen erschien bei 432maliger Vergrößerung schon als rund, obgleich es so klein war, daß es dem bloßen Auge nur, als $\frac{1}{8}$ Secunde im Durchmesser haltend, hätte erscheinen können, und wenn dieses Kugelnchen bei dunkeln Himmel, wo die schwach erleuchtete Erde nicht viel zu Erleuchtung desselben beitrug, durchs Fernrohr angesehen wurde, so sah man die obere erleuchtete Seite sich, wie einen halben Mond, von der unerleuchteten unteren Seite unterscheiden. Kugelnchen aus einer wenig Licht zurückwerfenden Materie mußten größer seyn, wenn man mit eben der Vergrößerung ihre Gestalt erkennen sollte; und wir können daher nach diesen Versuchen höchstens annehmen, daß bei 600maliger Vergrößerung ein nicht ganz besonders ausgezeichnetes Gegenstand erkannt werden kann, der sich dem bloßen Auge als $\frac{2}{3}$ Sec. im Durchmesser haltend darstellt, weil Gegenstände, dem Silberkugelnchen gleich, nur selten sich unsrer Beobachtung darbieten. Ein Gegenstand, der $\frac{2}{3}$ Sec. scheinbaren Durchmesser darbietet, ist eine Millionmal so entfernt, als sein wahrer Durchmesser, und hiernach zu urtheilen, müßte eine Kugel von 3 Fuß im Durchmesser noch auf 100 Meilen Entfernung sichtbar seyn, und eine von der Sonne erhellte Kugel, so groß als unser Mond, könnte noch in 9000 mal so großer Entfernung, als die des Mondes, von uns erkannt werden, wenn er nur hinreichend erleuchtet wäre. *)

*) Nach Schröters Angabe können Fernröhre noch mehr leisten; denn mit 93maliger Vergrößerung las er unbekannte Schrift, wo die Buchstaben 1 Linie groß waren, in 1500 Fuß Entfernung; daraus und

Daß die Erfahrung diese auf entfernte Gegenstände auf der Erde angewandte Behauptung nicht bestätigt, darf uns nicht befremden; denn da wir jeden irdischen Gegenstand durch die Luft sehen, die nur den geringsten Theil der Lichtstrahlen durchläßt, so ist es ganz einleuchtend, daß ein sehr entfernter Gegenstand uns bei so kleinem Sehewinkel nicht sichtbar werden kann, als der nähere, der uns sein Licht fast ganz ungeschwächt zusendet. Eben das findet auch in etwas vermindertem Grade bei den Gestirnen statt, und auch da ist es also nicht mehr möglich, einen Körper, unserm Monde gleich, selbst wenn er gut erleuchtet ist, in 9000 mal so großer Entfernung, das ist etwas jenseits des Uranus, noch deutlich als Kugel zu erkennen, sondern die Grenze der Sichtbarkeit mit jenem Fernrohre möchte wohl bedeutend geringer seyn.

Könnte ein Mondbewohner wirklich Gegenstände auf der Erde noch erkennen, wenn sie einen Sehewinkel von $\frac{1}{2}$ Sec. darböten, so würden, da der Mond ungefähr 50000 Meilen, oder 50000 mal 24000 Fuß entfernt ist, Gegenstände von 1200 Fuß im Durchmesser doch ungefähr die kleinsten seyn, die er vollkommen deutlich erkennen könnte. Aber diese Gegenstände müßten zugleich sich durch ihr Licht oder durch ihre Dunkelheit so von den sie umgebenden Gegenständen unterscheiden, daß dieser Unterschied das Auge recht lebhaft rührte, und da dieß wohl nur bei wenigen Gegenständen hinreichend der Fall ist, so würde eine Stadt auch von 12000 Fuß Durchmesser vielleicht noch nicht von der umgebenden Ebne, auf welcher Waldungen und Anhöhen mannigfaltige Schattirungen bewirken, zu unterscheiden seyn.

Wenn wir auf der Erde in eine Entfernung von 20 Meilen hinaus sehen, so scheint es uns schon viel, wenn wir an

aus ähnlichen Bestimmungen berechnet er, daß 210malige Vergrößerung zureiche, um auf dem Monde Gegenstände von 900 Fuß Durchmesser zu sehen, und Gegenstände von 4000 Fuß Durchmesser deutlich zu erkennen; aber bei stärkern Vergrößerungen darf man nicht geradezu schließen, daß eine doppelt so starke Vergrößerung einen halb so großen Gegenstand noch deutlich zeige, sondern die Wirkung ist immer etwas geringer als das Maasß der Vergrößerung hoffen ließ.

einem auf einem hohen Berge stehenden Gebäude die einzelnen Theile, vielleicht Fenster und Thüren mit einem starken Fernrohr wahrnehmen; diese Gegenstände aber, wenn ich sie auch nur 4 Fuß breit rechne, haben doch schon auf 1 Meile Entfernung einen Sehewinkel von 30 Sec., auf 20 Meilen einen Sehewinkel von $1\frac{1}{2}$ Secunden, und wenn ein Gegenstand im Monde so groß erscheinen muß, um noch gut erkannt zu werden, so fände das bei Gegenständen, die eine halbe Meile im Durchmesser halten, statt, so daß eine Stadt von 12000 Fuß Durchmesser im Monde und ihrer Größe nach sichtbar seyn könnte, wenn nur ihr Glanz oder ihre Dunkelheit sich gegen die umliegenden Gegenstände zureichend auszeichnete.

Der Mondbewohner, welcher unsre Erde mit starken Fernrohren, und mit Augen, den unsrigen gleich, beobachtet, wird also wohl auch die kleineren Inseln im dunkleren Ocean, die mit Schnee bedeckten Verggipfel der Alpen und Pyrenäen, den Bodensee, und ähnliche, ja selbst die an ihren Mündungen Meilen breiten Ströme, wie die Elbe, Donau, und andre sehen können; er wird die dunkel beschatteten Thäler Abends von den noch im Sonnenstrahle glänzenden Verggipfeln unterscheiden; aber ob er von allen großen Werken der Menschen eine Spur wahrnehmen wird, ob er bemerken wird, daß das prächtige Petersburg einen Platz einnimmt, der sonst öde war, — das ist wohl ziemlich zweifelhaft. So große Veränderungen, wie Nordamerika sie seit einem Jahrhundert erlitten hat, könnten ihm noch am ehesten sichtbar werden, da die unermesslichen Wälder, welche ehemals die jetzt fruchtbaren Ebenen bedeckten, wohl ein andres Licht zeigen konnten, als die jetzt freie oder mit Dörfern und Städten behaute Erde, und so könnte freilich der nach und nach erfolgende Wechsel in der Beschaffenheit der Erde einen scharfsinnigen Mondbewohner auf den Gedanken bringen, daß unsre Erde bewohnt sei, wenn er sich aus dem, ihm unbegreiflichen Wechsel von Erscheinungen, welche die bald mit Schnee bedeckte, bald von Wolken verhüllte Erde ihm darbietet, erst heraus gefunden hat.

Diese Ueberlegungen zeigen uns ungefähr, wie weit allenfals unsre Kenntniß der Mondfläche gehen kann; wir wollen

nun sehen, was die Beobachter uns über den Mond mitgetheilt haben.

Wenn man den Mond auch nur mit einem mittelmäßigen Fernrohre beobachtet, so zeigt er sich voll kleiner Flecken, die, wenn wir die Beobachtung um die Zeit der Viertel anstellen, größtentheils einen dunkeln Rand neben einer heller erleuchteten Fläche darbieten; der dunkle Rand ist allemal gegen die unerleuchtete Hälfte des Mondes gekehrt, und ist breiter bei den Gegenständen, die der Grenze der Erleuchtung näher liegen. Bedient man sich eines größern Fernrohres, so sieht man, daß diese schwarzen Ränder Veränderungen leiden, daß sie, wenn die Beobachtung beim ersten Viertel angestellt wird, nach und nach schmaler werden, indem der Gegenstand, an welchem wir sie sehen, seine Entfernung von der Lichtgrenze vermehrt. Sahen wir vorhin einzelne aus diesem dunkeln Rande weiter voraus gegen die Lichtgrenze zu vorspringende dunkle Spitzen, so kürzen diese sich nach und nach merklich ab, und obgleich der helle Fleck, wenn er einmal mitten auf der Mondscheibe ist, auch mitten auf derselben bleibt, so verliert sich doch sein dunkler Rand immer mehr, je mehr, von einem Tage zum andern, sich der Mond der völligen Erleuchtung nähert.

Es bedarf keiner langen Beobachtung, um uns zu belehren, daß diese dunkeln Ränder Schatten sind, und daß also die glänzenden Flecke, mit denen sie verbunden sind, hohe Gegenstände, Berge seyn müssen. Wenn die Lichtgrenze nahe an einem solchen Berge vorbeigeht, so ist für diesen die Sonne erst kürzlich aufgegangen, wenn die Beobachtung vor dem Vollmonde angestellt wird, und dagegen ist die Sonne dort dem Untergange nahe, wenn wir den Gegenstand nach dem Vollmonde, nahe an der Grenze des erleuchteten und dunkeln Theiles, sehen. Um diese Zeit sind die Schatten sehr lang, wie wir es ja schon aus Erfahrungen auf der Erde wissen; und da die Sonne sich immer mehr dem Zenith des Berges nähert, je mehr die Lichtgrenze sich von ihm entfernt, so müssen zugleich die Schatten sich abkürzen, und endlich ganz verschwinden. Die regelmäßige Erscheinung dieser Schatten überzeugt uns also, daß der Mond Berge auf seiner Oberfläche

hat, und da zwei nahe bei einander liegende Berge durch die ungleiche Länge ihrer Schatten sich uns als ungleich hoch kenntlich machen, so läßt sich leicht übersehen, daß wir darauf denken dürfen, die Höhen der Berge auszumessen; und wir finden uns dazu um so mehr aufgefodert, da die oft weit vorspringenden Spitzen der Schatten uns die hohen Gipfel kenntlich machen, die sich an manchen Stellen, auf einer Reihe niedriger Berge aufgethürmt, erheben. Die auf Tab. III. mitgetheilte Zeichnung einer Mondgegend, wie sie, nach Schröters Beobachtungen, bei verschiedener Beleuchtung erscheint, giebt hiezu ein schönes Beispiel.

Diese Messung der Mondberge ist so einfach, daß sie nur wenig Erläuterung bedarf. Daß wir Mittel besitzen, um die scheinbare Länge des Bergschattens abzumessen, wissen Sie im Allgemeinen; indeß muß ich doch darüber noch etwas Genaueres sagen. Wenn man mit beiden Augen gleich gut sieht, so kann man sich gewöhnen, mit dem einen bloßen Auge zu sehen, während man mit dem andern durch das Fernrohr blickt; man steht dann die im Fernrohr vergrößert erscheinenden Gegenstände vor denen schwebend, die man mit bloßem Auge gewahr wird, und wenn man, wie Schröter, in bestimmter Entfernung eine Tafel, worauf gleiche Theilungen aufgetragen sind, aufstellt, so kann man angeben, wie viele solche Theile die Länge des Schattens, den man messen will, bedeckt, folglich wie groß diese Länge uns erscheint.

Sobald wir die Länge des Schattens auf der Mondoberfläche kennen, so müssen wir nur noch wissen, wie hoch die Sonne in jenem Punkt des Mondes zu der Zeit über dem Horizonte stand, und dieß ergibt sich aus dem Abstände des beobachteten Punktes von der Lichtgrenze. Liegt der Punkt, auf welchen wir unsre Beobachtung richten, in der Lichtgrenze selbst, so steht ihm die Sonne im Horizonte; finden wir, durch richtig in Betrachtung gezogene Messungen, daß der beobachtete Punkt um $\frac{1}{320}$ des Mond-Umfangs von der Lichtgrenze absteht, so sieht ein in diesem Punkte des Mondes stehender Beobachter die Sonne einen Grad hoch über dem Horizonte, und so ferner. Und diese Sonnenhöhe giebt

uns, ganz wie auf der Erde, das Verhältniß der Berghöhe zur Länge des Schattens an; denn wenn CBA (Tab. I. Fig. 6.) der Winkel ist, den die Sonnenstrahlen mit dem Horizonte AB machen, oder CBA der Höhe der Sonne gleich ist, so giebt die Zeichnung an, wie vielmal so groß die Schattenlänge AB ist, als die Berghöhe AC .

Hierin liegt deutlich die Anleitung zu Messung der Berghöhen im Monde, indem sich aus der scheinbaren Länge des Schattens, wegen der bekannten Entfernung des Mondes von uns, die wahre Länge des Schattens, und daraus die wahre Höhe des Berges finden läßt. Indes ist diese Bestimmung in dem Falle, wo der Berg weit von der Mitte der uns sichtbaren Seite des Mondes entfernt liegt, nicht ganz so leicht. In der Mitte der Mondscheibe trifft unsre Gesichtslinie die Oberfläche des Mondes senkrecht, und wenn (Tab. I. Fig. 6.) AB der wahre Schatten ist, so sind CA , DB , unsre Gesichtslinien, deren Lage sogleich zeigt, daß wir den Schatten auf eine vollkommen richtige Weise sehen. Dieses ist nicht mehr so gänzlich der Fall, wenn wir gegen den Rand des Mondes hin sehen, sondern da ist unsre Gesichtslinie GB (Tab. I. Fig. 7.) schief gegen des Mondes Oberfläche geneigt; und obgleich wir, aus der bekannten Lage der Gesichtslinie gegen die Oberfläche des Mondes, leicht die wahre Länge des Schattens AB herleiten könnten, wenn er uns auch nur so groß als BI erscheint, so wird dieß doch dadurch sehr erschwert, daß wir den Punkt A , den Fuß des Berges, oder eigentlich den Fußpunkt der Verticallinie CA , nicht sehen können, sondern den ganzen, uns dunkel erscheinenden Raum CB als Schatten sehen und abmessen. Die Berechnung der Höhe muß daher hierauf Rücksicht nehmen, und die Höhen lassen sich auch in diesem Falle bestimmen.

Eine besondre Erörterung verdient nun noch die Frage, wie genau denn diese Messung wohl seyn kann.

Die sehr schwarzen Schatten zeichnen sich so auffallend gegen die erleuchtete Mondfläche aus, daß man sie unstreitig als Gegenstände, die eine recht scharfe Beobachtung gestatten, ansehen darf.

Obgleich nun dennoch eine Unsicherheit von wenigstens 500 Fuß über die Länge des Schattens übrig bleibt, so ist doch diese Unsicherheit darum nicht so sehr nachtheilig für die Bestimmung der Berghöhen, weil wir Zeitpunkte zur Abmessung wählen können, wo der Schatten 10 mal und 20 mal so lang ist, als die Berghöhe, und wo also ein Fehler von 1000 Fuß in der Schattenlänge nur 100 Fuß Fehler, und selbst noch weniger, in die Bestimmung der Berghöhe bringt.

Diese Höhen sind nun freilich nur so bestimmt, daß sie von den zunächst am Fuße der Berge liegenden Ebenen an gerechnet werden, und sie geben uns daher keine so gleichförmige Bestimmung für alle Berge, wie wir sie auf der Erde, wo wir die Höhen über der Meeresfläche angeben, erhalten; aber wenigstens reichen sie doch hin, um uns im Allgemeinen deutliche Begriffe von der Oberfläche des Mondes zu geben. Eine etwas nähere Kenntniß der mehr oder minder hohen Lage der größeren Ebenen im Monde können wir aber auch wohl noch zu erlangen hoffen, und dann würde, wenigstens für die Berge, deren Schatten in diese Ebenen fallen, die Höhenbestimmung immer mehr auf eine solche bestimmte Oberfläche, wie es bei uns die Meeresfläche ist, zurückgeführt werden. Der nicht unausführbare Vorschlag von Drobisch, wie man über die ungleiche Höhe der einzelnen großen Ebenen Beobachtungen anstellen könne, besteht in Folgendem. Wäre der Mond eine Kugel, auf welcher keine Berge sich über die Oberfläche erheben, so würde die Linie, welche den erleuchteten Theil von dem dunkeln Theile trennt, in der Wirklichkeit ein Kreis, in der scheinbaren Mondscheibe, so wie wir sie sehen, eine ovale Linie, eine halbe Ellipse, seyn. Diese Grenzlinie des Lichtes sehen wir nun oft durch Gegenden des Mondes gehend, wo keine erhebliche Berge sie unterbrechen, und die Beobachtung könnte dann wohl, indem sie den genauen Lauf dieser Linie bestimmte, entscheiden, ob diese eine wahre Ellipse ist. — Sie wird es offenbar nicht seyn, wenn jene Ebenen einen Abhang haben; denn wenn diese, viele Meilen breiten Flächen am einen Ende 500 Fuß höher als am andern lägen, so könnten sie uns immer als Ebenen erscheinen, aber sie wären dann nicht

mehr Theile einer Kugelfläche, sondern die Lichtgrenze würde uns ihre Abweichung von der Kugelfläche verrathen.

Ehe ich Sie aber mit der Erzählung, was für Berge und Ebenen denn die Beobachtung des Mondes uns kennen lehrt, unterhalte, muß ich noch eine andre Methode, die Höhen der Berge auf dem Monde zu bestimmen, erwähnen; eine Methode, die früher als die schon angeführte, schon von Galiläi angegeben, und von Hevelius in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts angewandt worden ist.

Wenn wir uns auf einem hohen Berge befinden, so erscheint uns die aufgehende Sonne etwas früher, als die Bewohner der benachbarten Thäler, selbst derjenigen Thäler, welche nicht im Schatten des Berges liegen, sie erblicken. Stellt nämlich D die Spitze dieses Berges (Tab. I. Fig. 8.) vor, und BC ist eine tiefer liegende Ebne, so gelangen die Strahlen der in der Richtung BA stehenden Sonne schon nach D, während die Ebne BC noch beschattet ist. Auf der Erde, die sich schnell um ihre Ase dreht, ist diese längere Beschattung des Thales von kurzer Dauer und überdas weniger auffallend, weil die Dämmerung doch auch die Thäler schon erhellt, ehe die Sonne aufgeht; auf dem Monde aber zeigt sich uns eben die Erscheinung auffallender. Wenn Sie den Mond, vorzüglich wenn er dem Viertel nahe ist, auch nur mit einem mittelmäßigen Fernrohre beobachten, so sehen Sie nicht bloß seine Lichtgrenze unregelmäßig ausgezackt, sondern es zeigen sich Ihnen auch einzelne, mitten im Dunkel liegende Lichtpunkte. Setzen Sie die Beobachtung länger, mehrere Stunden lang, fort, so nehmen, bei wachsendem Monde, oder um die Zeit des ersten Viertels, diese Lichtpunkte an Umfang zu, die ihnen nach und nach näher rückende Lichtgrenze erreicht sie endlich, und sie zeigen sich nun durch ihre langen Schatten, als das, wofür wir sie wohl gleich erkannten, als Bergspitzen. Offenbar kann die Zeit ihres ersten Erscheinens, oder die Zeit, da sie vom ersten Sonnenstrahle getroffen werden, uns zur Bestimmung ihrer Höhe dienen; denn da der Astronom so gut für jeden bekannten Punkt des Mondes, wie für jeden Punkt der Erde, die Zeit des Sonnen-Aufgangs berechnen kann, wenn der Ort in der

regelmäßigen Oberfläche des Mondes liegt, so ergiebt diese Rechnung, daß die Sonne in B (Tab. I. Fig. 8.) in der Ebene aufging, in dem Augenblicke, da die Spitze D den ersten Sonnenstrahl empfing, und da hiedurch der Abstand BC gefunden wird, so läßt sich die Höhe CD des Berges bestimmen. Statt diese Rechnung über den Sonnen-Aufgang zu führen, könnte man auch den Abstand des hellen Punktes von der Lichtgrenze beobachten und abmessen, um BC kennen zu lernen; aber diese Abmessung ist darum nicht immer so leicht, weil die Lichtgrenze selten so regelmäßig ist, daß man sie durch die vorspringenden schon erleuchteten Bergspitzen und die dazwischen liegenden dunkeln Thäler mit völliger Sicherheit ziehen könnte.

Um dieses Hervortreten der erleuchteten Berggipfel in der dunkeln Seite des Mondes Ihnen im Wilde zu zeigen, theile ich Ihnen (Tab. III. Fig. 1. 2. und Tab. V. Fig. 1. 2.) einige in Schröters Beobachtungen vorkommende Fälle mit, wo das eine Mal viele einzelne Spitzen eines 11000 Fuß hohen Gebirges, weit in die Nachtseite hinein zerstreut, sichtbar waren (Tab. V. Fig. 1.); das andre Mal (Tab. V. Fig. 2.) schon eine ganze Kette hoher Berge, die eine weite mit Schatten bedeckte Vertiefung umschließen, völlig erleuchtet sichtbar ward, obgleich sie noch weit außer der eigentlichen Erleuchtungsgrenze lag. In den beiden andern Zeichnungen sind einzelne erleuchtete Bergspitzen in der Nachtseite zu sehen, und es sollte hier der ganze, nur der Schrift wegen weiß gelassene Raum, als mit Nacht bedeckt, gezeichnet seyn. Sie sehen hier zugleich, wie die ganz beschatteten runden Thäler, und die in eine offene Ebene fallenden spitzen Bergschatten sich annehmen, wenn diese Gegenstände der Lichtgrenze nahe sind, und auf Tab. III. wie ganz anders sie erscheinen, wenn die Lichtgrenze an der einen oder andern Seite, wenn sie näher oder entfernter liegt.

Um aber alles hier zusammen zu fassen, was die Bestimmung der Berghöhen betrifft, muß ich doch auch noch das erwähnen, daß man zuweilen Berge über den kreisförmigen Rand der Mondscheibe hervortreten sieht, so wie C (Tab. I. Fig. 9.).

Die Höhe dieser Berge läßt sich leicht berechnen, wenn sie gerade in dem Punkte sich befinden, der uns im Mondrande, im Umfange der sichtbaren Seite des Mondes, erscheint. — Solche Berge hat man auch mehrmals bei Sonnenfinsternissen, als über den Rand des dunkeln Mondes, wenn er die Sonne verdeckte, hervorragend wahrgenommen, und grade die höchsten Berge auf dem Monde hat man in diesen Gegenden des Mondes kennen gelernt.

Schröter, dessen anhaltende Beobachtungen und sorgfältige Messungen uns den Mond viel genauer kennen gelehrt haben, als man es früher je gehofft hatte, hat auch auf die Bestimmungen der Berghöhen im Monde großen Fleiß gewandt. Seinen Bemühungen verdanken wir die Kenntniß, daß es im Monde Berge giebt, welche die Höhe der Berge auf der Erde übertreffen, oder wenigstens ihnen gleich kommen. Unter diesen zeichnet Schröter vorzüglich die Randgebirge aus, denen er die Namen Dürfel und Leibnitz beilegte, indem er, nach Riccioli's Beispiel, die Namen berühmter Mathematiker und Astronomen zu Bezeichnung der Mondberge wählte. Die Gipfel des erstern sind gegen 30000 Fuß, die des letztern 24000 Fuß hoch, und man müßte sie sogar noch höher annehmen, wenn sie zur Zeit der Beobachtung nicht ganz genau auf dem Rande lagen, sondern etwas jenseits oder diesseits des Randes, aus der von uns abgewandten, oder aus der uns zugekehrten Halbkugel, über den Rand hervorragten. Diese große Höhe ist für den Mond um so auffällender, da der Durchmesser des Mondes nur ungefähr ein Viertel des Erddurchmessers ist, und jene Berge daher, in Vergleichung gegen den Monddurchmesser, viermal so hoch sind, als die höchsten Gipfel der Indischen Gebirge gegen den Durchmesser der Erde.

Diesen am nächsten an Höhe kommen die eine ganze Bergkette bildenden Gebirge, die in der Mitte der uns zugewandten Seite des Mondes liegen. Ihre Gipfel haben 15000 bis 19000 Fuß Höhe, und da sie gegen die Mitte der uns sichtbaren Mondscheibe zu liegen, so bieten sie um die Zeit der Viertel, wenn die Lichtgrenze nahe an ihnen vorbeigeht, theils weit in die Nacht hinausliegende erleuchtete Spitzen, ehe die

Sonne an ihrem Fuße aufgeht, theils sehr lange Schatten dar, wenn die Sonne auch die sie umgebenden Ebenen schon erleuchtet. Diese Gebirgskette ist die, welche Hevel mit dem Namen der Appenninen bezeichnete, und sie ist auch in unsrer Mondcharte (Tab. IV.) als eine Bergreihe zwischen den beiden oberwärts liegenden großen dunkeln Flecken kenntlich. Schröter macht über diese Bergkette, welche die beträchtlichste Gebirgsgegend auf der uns zugewandten Seite des Mondes ist, noch die Bemerkung, daß ihre Gipfel nicht in der Mitte des ganzen Bergzuges liegen, sondern daß die Berge von der links liegenden grauen Fläche des Regenmeeres (mare imbrium) steller aufsteigen, so daß die höchsten Gipfel sich alle nach dieser Seite zu finden.

Die übrigen Gebirge im Monde sind von geringerer Höhe, und zeigen sich als Bergrücken, als Ringgebirge und als einzelne Berge. Die Bergrücken, oder Bergadern, wie Schröter sie nennt, sind besonders zahlreich und weit fortlaufend in den grauen Flächen, die man Meere genannt hat, und die nichts anders als ausgedehnte Ebenen zu seyn scheinen. Nach Schröters Beobachtungen sind diese Bergadern meistens niedrig, und zum Theil so unbedeutend, daß sie bei ziemlich hohem Stande der Sonne sich von der umgebenden Ebne gar nicht auszeichnen; erst wenn die Sonne sie unter einem sehr kleinen Winkel, bei niedrigem Stande über ihrem Horizonte erleuchtet, unterscheidet man ihre Schattenseite von der Lichtseite, und unter solchen günstigen Umständen hat Schröter zuweilen Gelegenheit gefunden, ihre Höhe zu messen. Bei einigen ist der Abhang ungemein flach, so daß diese niedrigen Hügelreihen von 400 bis 500 Fuß Höhe sich über einer anderthalb Meilen breiten Grundfläche erheben, und daher erst eine beschattete Seite zu zeigen anfangen, wenn die Sonne nicht viel über einen Grad hoch steht. Die einzelnen Berge bieten am wenigsten merkwürdiges dar, obgleich unter ihnen manche, mit steilem Abhange bis zu 9000 Fuß Höhe aufgethürmt, und die Festigkeit dieser zuckerhutförmigen Massen verrathen; aber desto merkwürdiger sind die Ringgebirge, mit welchen der ganze Mond gleichsam bedeckt ist. Unsr Mondcharte (Tab. IV.)

zeigt ihr Ansehen so auffallend, und zeigt ihrer so viele, daß ich Sie nur auf diese hinzuweisen brauche, um Ihnen sogleich die richtige Vorstellung zu geben, wie sie sich uns darstellen. Wenn Sie den Mond selbst mit einem Fernrohre ansehen, so müssen Sie vorzüglich die Gegenden, die der Erleuchtungsgrenze nahe liegen, ins Auge fassen, und werden da ganz gewiß immer, kleinere und größere schwarze Flecken mit einem hellen Ringe umgeben, den Ring an seiner Schattenseite mit einem schwarzen Rande bezeichnet, gewahr werden, in denen Sie leicht das, was wir Ringgebirge nennen, erkennen. In den aus Schröter entlehnten Zeichnungen (Tab. V. Fig. 2. und 4. und Tab. VI. Fig. 1.) sind mehrere von diesen Ringgebirgen dargestellt. Diese Zeichnungen sind nach einem ziemlich großen Maaßstabe ausgeführt, so daß eine ganze nach eben dem Maaßstabe gezeichnete Mondkarte beinahe 4 Fuß im Durchmesser haben würde. Bei schwächerer Vergrößerung treten die Ringgebirge zwar nicht so auffallend hervor, aber wenn man lange und wiederholt dieselben Gegenden genau beobachtet, so erkennt man, selbst mit mäßig starken Instrumenten, alle wesentlichen Umstände, worauf es hier ankommt. Man findet zum Beispiel oft Gelegenheit, sich von der Richtigkeit der Behauptung zu überzeugen, daß auf diesen Wallgebirgen sich an manchen Orten sehr hohe einzelne Bergspitzen erheben, deren lange Schatten, weit vorspringend über den Schattenrand des Ringgebirges, sich wie schwarze feine Streifen in der hellen Umgebung fort erstrecken; und daß an manchen Orten solche Bergspitzen zahlreich an einander aufgethürmt seyn müssen, indem viele scharfe Spitzen dem ganzen Schattenrande ein zackiges Ansehen geben.

Diese Ringgebirge haben keine so ungemeine Höhe, wie die vorhin erwähnten Berge, indem sie nicht über 7000 Fuß hoch zu seyn scheinen, wenn man nämlich jene einzelnen auf ihnen vorragenden Spitzen nicht in Betrachtung zieht. Sie umschließen entweder ebne Flächen, die ziemlich gleich hoch mit den Ebenen, in welchen sich diese Ringgebirge befinden, zu seyn scheinen, oder es sind tiefe Einsenkungen, oder Crater, die von diesen Ringbergen eingeschlossen sind. Einige der umschlossenen

Vertiefungen haben in der Mitte noch einen bedeutenden Berg, und diese Centralberge scheinen meistens sich sehr steil aus der Tiefe der weiten Abgründe, denen die meisten Ringgebirge zur Umwallung dienen, zu erheben. Doch ich muß auf diese merkwürdigen Gegenstände noch umständlicher zurück kommen.

Acht und zwanzigste Vorlesung.

Wenn wir die natürliche Beschaffenheit der Mond-Oberfläche mit der Oberfläche der Erde zu vergleichen suchen, so bietet sich uns zwar manche Uebereinstimmung dar, aber doch auch die mannigfaltigste Verschiedenheit. Da wir uns so leicht veranlaßt finden, das, was auf der Erde vorhanden ist, auch in andern Weltkörpern eben so zu vermuthen, so glaubten die Beobachter, welche zuerst den Mond mit Fernröhren betrachteten, in den grauen, schon dem bloßen Auge sichtbaren Flecken, Meere zu sehen. Sie fanden nämlich, daß diese grauen Flächen, in welchen sich zwar hie und da ein Berg, gleichsam eine Insel, hervorhebt, doch im Ganzen als völlig eben erschienen, durch keine Ungleichheit der Schattierung, noch weniger durch dunkle Schatten irgend eine Anhöhe oder ungleichen Abhang verriethen, und aus diesem Grunde gaben Hevel sowohl als Riccioli diesen Gegenden den Namen der Meere; und die Namen des Riccioli sind noch im Gebrauch, obgleich wir diese Flächen nicht mehr für Meere halten. Beobachtungen mit stärkern Instrumenten, und vorzüglich genaue Aufmerksamkeit auf die Erscheinungen bei niedrigem Stande der Sonne, haben nämlich gezeigt, daß diese Flächen zwar große Ebenen, aber daß sie doch keine Wasserflächen sind; sie sind mit niedrigen Anhöhen nach allen Richtungen durchzogen, bieten flache Abhänge an manchen Stellen dar, und scheinen den großen Ebenen des nördlichen Deutschlands zu gleichen, in denen sich auch Anhöhen und tiefer liegende Gegenden mit einander

gemischt finden. Nur einige wenige mit Ringbergen umgebene Ebenen boten der Beobachtung Schröters keinen Anschein von Unebenheit dar, und könnten allenfalls für Wasserflächen gelten; aber auch sie sind vermuthlich nicht ganz vollkommene Ebenen, denn theils muß man bedenken, daß ganz unbedeutende Anhöhen in den mit Gebirgen umgebenen kleinen Ebenen, wo bei niedrigem Stande der Sonne die ganze Ebne im Schatten des Ringgebirgs liegt, nicht kenntlich werden können, theils hat doch auch Lohrmann, selbst in der Ebne Archimedes, die Schröter für am meisten eben hielt, Ungleichheiten wahrgenommen. Wasser scheint also der Mond nicht zu besitzen, *) und diese Behauptung wird auch dadurch noch aufs Neue unterstützt, daß wir in der Oberfläche des Mondes tiefe Abgründe finden, die auf der Erde ohne Zweifel mit Wasser angefüllt wären, und die dort völlig frei von Wasser sind. Die Ringgebirge nämlich umfassen in den meisten Fällen nicht Ebenen, sondern große Vertiefungen, die wir mit den Cratern unsrer feuerspeyenden Berge vergleichen können, obgleich sie an Größe diese weit übertreffen. Von ihrer großen Tiefe zeugt der, selbst noch bei hohem Stande der Sonne sichtbare, Schatten auf ihrem Boden, und er dient auch hier zur Bestimmung der Tiefe des Bodens unter dem obern Rande des Berges, und eben dadurch zu Bestimmung dieser Tiefe unter der das Ringgebirge umgebenden Ebne. Die Messung dieser Tiefen ist indeß weniger sicher, als die Messung der Höhen, besonders deswegen, weil wir hier in dem engen Raume nicht das allmähliche Abnehmen oder Zunehmen der Schattenlänge beobachten, und uns dadurch überzeugen können, daß der dunkle Raum ein wahrer, mit der wachsenden Sonnenhöhe in gehörigem Maasse abnehmender Schatten sei. Schröter führt mehrere von ihm selbst angestellte Beobachtungen an, die diese Crater noch ganz beschattet zeigten, bei großer Sonnenhöhe, statt daß zu andrer Zeit bei gleicher Sonnenhöhe kein Schatten mehr zu sehen war; und diese Ungleich-

*) Gruithuisen behauptet zwar, er sei nicht ohne Wasser, aber mit Sicherheit läßt sich dieß nicht nachweisen.