



Nummerkungen und Zusätze
zur
practischen Geometrie.

Wer kein ander Mittel weiß, was
durch die Länge der Linien, und
der Abstand der Gegenstände
kan gefunden werden, als daß
man darüber gehen, und den angenommenen
Maasstab, so vielmal überschlagen sollte, bis
man die ganze Länge durchgemessen, der macht
ohne Bedenken den Schluß, daß alle Orter,
die unzugänglich sind, unmöglich ausgemessen
werden können, und hält sich desto mehr be-
rechtigt, so dreiste zu urtheilen, je offener es
ist, daß man den Weg nicht machen könne.
Der größte Theil der Menschen bleibt ungläu-
big, wenn man von der Entfernung der Ge-
stirne

2 I. Anmerkungen und Zusätze

stirne spricht, und es gebraucht die ganze Erfüllung der astronomischen Weissagungen von dem Laufe der Sterne und den Finsternissen, um die Astronomie bey ihrem Credit zu erhalten.

§. 2.

Allerdings würden solche Schlüsse richtig seyn, wenn man nicht andere Mittel hätte, wodurch diese scheinbare Unmöglichkeit gehoben wird, die uns die edle Messkunst, die gewisste unter den menschlichen Wissenschaften angiebt. Diese zeigt uns, wie das Maas unzugänglicher Linien auf andere reducirt wird, die man ausmessen kann, und daß eben die Winkel, welche dienen die Figur zu bestimmen, zu Bestimmung und Berechnung aller ihrer Theile können gebraucht werden.

§. 3.

Thut die Messkunst hierinn ein Werk, welches in den Augen der Unwissenden mehr als recht scheint, so bedient sie sich auf der andern Seite des gefundenen Vortheils, uns auch in denen Fällen, wo man die Linien geradehin wirklich ausmessen könnte, diese Mühe zu sparen. Man kann unzählige Winkel messen, ohne sich von der Stelle zu bewegen. Die Bequemlichkeit dabey ist viel zu groß, als daß man sie nicht brauchen sollte, da durch die Ausmessung der Winkel die Ausmessung unzähliger

Zähliger Linien auf eine einzige gebracht wird. Ueberdies wird ja nicht mehr wirklich ausgemessen, als zu Bestimmung des übrigen erfordert wird, und die Geometrie lehrt uns, wie man es auf die geringste Anzahl bringen, und sich bloß mit dem begnügen könne, was zureichend ist, die ganze Figur auf dem Papier zu entwerfen. Hat man dieses, so kann man bequem und ruhig in seinem Zimmer finden, wozu man sonst Jahre hätte gebrauchen müssen, oder vollends nicht hätte erreichen können.

§. 4.

In dieser Absicht kann man die Geometrie, und nach derselben auch die übrigen mathematischen Wissenschaften, eine Wissenschaft der Trägheit, oder wenn dieser Scherz zu hart ist, eine Wissenschaft der Bequemlichkeit nennen. In der That, was gab sich Newton für Mühe, um die wahre Figur der Erde zu bestimmen? Er bliebe ruhig in seinem Cabinette, und die Meskunst gab ihm Gründe, worauf er seine Schlüsse baute, und seine Rechnung zum Ende brachte. Hingegen gebrauchte es Jahre, um eben diese Figur der Erde durch wirkliche Ausmessung zu bestimmen. Wer giebt sich die Mühe, den dritten Winkel eines geradlinichten Triangels auszumessen, wenn er die zween ersten weiß? Und wer durchläuft noch seine zwö andern Seiten, wenn er zu diesen beyden Winkeln die dritte Seite

4 I. Anmerkungen und Zusätze

gemessen hat? Diese Mühe läßt man wohl bleiben, weil uns die Geometrie lehrt, daß sie so gut als schon ausgemessen sind.

§. 5.

Man sieht leicht, daß diese gedoppelte Absicht der Messkunst ebenfalls die Absicht aller allgemeinen Wissenschaften seyn solle. Sie sollen uns in Stand setzen, aus einer geringen Anzahl allgemeiner Wahrheiten, dasjenige durch Schlüsse heraus zu bringen, was wir entweder gar nicht, oder doch nur durch mühsamere Erfahrungen finden könnten. In der Geometrie fallen diese beyden Absichten mehr in die Augen, und in der Ausübung derselben wird es als ein Fehler angesehen, wenn man, ohne besondere Gründe zu haben, auch nur den geringsten Umweg zuläßt, und mehrere Stücke ausmisst, als es zu Bestimmung der übrigen gebraucht.

§. 6.

So wesentlich diese Absicht bey der Ausübung der Messkunst ist, so scheint sie mir noch nicht genug entwickelt, und es wird sich der Mühe lohnen, sie deutlicher aus einander zu setzen, und die Mittel, die dazu dienen, in gewisse Classen zu vertheilen. Allerdings giebt es darinn, wie in den übrigen Wissenschaften, noch Lücken, und diese werden nie ehender entdeckt, als wenn man die ganze Sache und ihre

ihre Theile in behörige Ordnung bringt. Man kann dabey sehen, ob noch ganze Classen, und in jeder Classe noch besondere Stücke fehlen.

§. 7.

In der theoretischen Geometrie beschäftigt man sich bloß mit den Verhältnissen und Vergleichen der Theile einer Figur, und sucht, auf wie vielerley Arten diese einander bestimmen, wie viele man davon haben müsse, um die übrigen daraus zu finden, und nach welchen Regeln sie in der That können gefunden werden. Man entscheidet darinn, wie ferne die angenommenen Data heysammen seyn können, und wenn sie anfangen unmöglich zu werden, wie ferne folglich bey einer angenommenen Figur etwas willkührlich bleibt, was aus einigen angenommenen Stücken der Figur, für andere zugleich müssen angenommen oder als schon bestimmt angesehen werden, und wo das willkührliche dabey noch statt hat.

§. 8.

Die practische Geometrie hingegen beschäftigt sich mit Figuren, die wirklich vorhanden sind, und an welchen sich folglich nichts ändern läßt. Man kann dabey nichts als gegeben annehmen, als die allgemeinen Verhältnisse, welche die Theorie bestimmt hat, und aus diesen läßt sich schließen, welche Theile der Figur müssen bekannt seyn, um die übrigen daraus

6 I. Anmerkungen und Zusätze

zu finden. Da man nun hiebey die wirkliche Größe der Theile sucht, so müssen auch wirkliche Größen dabey als bekannt angenommen, und daher in der That ausgemessen werden. Das Willkührliche, so dabey bleibt, besteht bloß in der Auswahl der Stücke, aus welchen man die übrigen finden kann. So z. E. wenn die Figur ein Triangel ist, dessen Seiten und Winkel sollen gemessen werden, so erweist die Theorie, daß man dabey die Wahl behält, entweder 3 Seiten, oder 2 Seiten und einen Winkel, oder eine Seite und zween Winkel zu messen, und daß aus jeden dieser drey Stücke die übrigen können gefunden werden. Eine ähnliche Auswahl findet sich bey allen übrigen Figuren, und die Theorie bestimmt, wie weit sich dieselbe jedesmal erstreckt.

§. 9.

In der Ausübung giebt es dreyerley Umstände, welche das Willkührliche, so die Theorie zuläßt, auf viele Arten näher einschränken. Erstlich die Unmöglichkeit gewisse Linien und Winkel in der That zu messen. Dahin gehören die meisten Linien und Winkel in der Astronomie und Geographie, und auch in kleinern Figuren, diejenigen, da man von einem Orte zu den übrigen weder gehen noch sehen kann. Diese Umstände machen, daß man viele theoretische Data in der Ausübung nicht gebrauchen kann, und daher wird die Auswahl auf

auf die eingeschränkt, die in unserer Gewalt sind, zu glücklich, wenn zuweilen noch ein einiges Mittel übrig bleibt.

§. 10.

Da man aber zu jeder Figur noch neue Linien und Winkel hinzusetzen, und selbige damit verbinden kann, daß wenn diese neue gefunden sind, auch die ganze Figur dadurch bestimmt wird, so erweitert sich dadurch das Willkührliche, weil man in vielen Fällen eine freye Wahl behält, diesen Zusatz nach Belieben anzunehmen. So z. E. ist bey Ausmessung eines Feldes die Standlinie und alle Linien und Winkel an derselben sehr willkührlich, und gewöhnlich machen sie keinen Theil der Figur aus.

§. 11.

Wenn aber bey der Figur selbst, oder bey dem angenommenen Zusatze nach der Theorie alles willkührlich bleibt, so hat die Ausübung noch eine andere Einschränkung, die dabey einen merklichen Abbruch thut. Diese ist die Genauigkeit in der wirklichen Ausmessung und in den Folgen, die daraus entstehen. Die Instrumente, so man dazu gebraucht, lassen die vollkommene Schärfe nicht zu, welche die Theorie annimmt, und es ist mehr ein Stück, als ein Vorsatz, wenn das genommene Maas mit der wirklichen Größe übereinstimt. Da man ferner von der Größe der Abwei-

8 I. Anmerkungen und Zusätze

chung nicht allemal versichert ist, so muß man die Sache gleichsam auf der schlimmern Seite betrachten, und wenigstens die Möglichkeit eines Fehlers zugeben, dafür man nicht sicher kann. Alles was man thun kann, ist, daß man denselben so geringe mache als möglich ist. Die Güte der Instrumente, und die Sorgfalt im observiren ist dabey unentbehrlich. Man kann bey den verschiedenen Ausmessungen, welche die französischen Akademiker zu Bestimmung der Größe eines Grades auf den Erdcirculn vorgenommen, als Proben ansehen, wie weit man es hierin gebracht, und auf wie viele kleine und unbeträchtliche Umstände man zu sehen hat, wenn man einen Fehler vermeiden will, der nicht einen tausendsten Theil des Ganzen betrage.

§. 12.

Was aber dabey einen vorzüglichen Einfluß hat, ist die Auswahl der Stücke der Figur oder ihres Zusages, wodurch man dieselbe bestimmen, und die übrigen Theile finden will. Die Folgen, die ein Fehler in Absicht auf die ganze Figur hat, sind sehr ungleich, und hängen nicht bloß von dem Fehler selbst, sondern von seinem Verhältnisse zu den übrigen Linien ab. Diese Folgen lassen sich durch die Theorie auf Regeln bringen, von welchen *Marinoni* in seinem weitläufigen Werke *de re ichnographica* bereits verschiedene angegeben, und durch

zur practischen Geometrie. 9

durch ausführliche Beispiele erläutert hat. Wir werden sie in dem folgenden in die Kürze ziehen, und mit Zusätzen, die *Marinoni* nicht mitgenommen, vollständiger zu machen suchen.

§ 13.

Die Genauigkeit, die man bey Ausmessung der Figuren zu erhalten sucht, hat verschiedene Stufen, und man muß jedesmal aus der Absicht, die man dabey hat, bestimmen, wie weit man darinn gehen solle. Es wäre überflüssig eine Sache, die man nur beyläufig zu wissen verlangt, mit eben der Schärfe zu suchen, die man bey Ausmessung der Grade der Erde gebraucht hat. Wiederum giebt es Umstände, die nothwendig keine scharfe Bestimmung zulassen, und überhaupt muß entwedder alles genau seyn, was Folgen nach sich ziehen kann, oder wenn diß nicht angeht, so ist das *proxime* zureichend. Man findet nicht wenige Beispiele, wo hiß auf einen Umstand, der aber alles wieder verderbt, die größte Sorgfalt gebraucht worden. Und dies ist eben so viel, als wenn man sie nicht gebraucht hätte.

§ 14.

Das dritte Stück, welches das willkürliche in der Ausübung der Meskunst, näher einschränket, ist die Bequemlichkeit, und die Ersparung unnöthiger Arbeit. Wir

10 I. Anmerkungen und Zusätze

haben schon angemerket, daß die ganze Geometrie dahin ziele, daß man aus der geringsten Anzahl wirklich ausgemessener Stücke einer Figur die übrigen alle wie von sich selbst finden könne. Da man aber dabey doch wirklich etwas ausmessen muß, so kommt es auf die Stücke an, welche nicht nur am leichtesten und bequemsten gemessen, sondern aus welchen auch die übrigen am bequemsten und sichersten gefunden werden können.

§ 15.

Diese beyden Absichten stimmen selten mit einander überein, wenn man sie beyde erhalten will. Die Bequemlichkeit fordert die geringste Anzahl und die leichtesten Ausmessungen, und die nächsten, so man haben kann, sind die besten. Wenn man aber alles genau wissen, und den Fehler, den man etwa in der Ausführung begangen, schätzen will, so muß man mehr Winkel und Linien wirklich ausmessen, als vonnöthen wäre, und überdiß solche Seiten und Winkel wählen, welche dem geringsten Fehler unterworfen sind. Dieses macht überhaupt die ganze Arbeit richtiger, und jenes dienet dieselbe zu prüfen, und die Größe des Fehlers aus seinen Folgen zu schätzen, und die erträglichste Verbesserung dabey vorzunehmen. Wird aber die Genauigkeit so strenge nicht gefordert, so kann man

auch

auch die Mittel wählen, welche in der Ausübung leichter sind. Ueberhaupt hat man schon längstens die Ausmessung der Winkel der Ausmessung der Seiten vorgezogen, und die ganze Arbeit dahin gebracht, daß man nur eine Linie ausmessen dürfe, und das übrige alles durch Winkel finde. Die Anzahl der auszumessenden Winkel vermindert sich ohne dem, weil man aus zween Winkeln eines jeden Triangels den dritten zugleich bestimmt hat, und ohne Mühe finden kann.

§ 16.

Aus diesen vorläufigen Betrachtungen läßt sich die Ordnung unserer Abhandlung bestimmen. Da die Genauigkeit der Bequemlichkeit mehrentheils entgegen steht, so werden wir Anfangs der letztern, nachgehends der erstern alles einräumen, und stufenweise von dem ungenauen und bey nahe zu der größten Schärfe gehen. Man sieht, daß die Leichtigkeit der Ausübung mit dieser Ordnung fast eben so abnimmt, wie die Genauigkeit zunimmt. Was man nur beyläufig zu wissen verlangt, muß eben nicht erst mühsam gesucht werden, und wo man hingegen die größte Richtigkeit fordert, da muß man sich auch unbequemere Mittel gefallen lassen. Ich habe versprochen die ganze Sache in gewisse Classen zu bringen, und werde sie nun der Ordnung nach durchgehen. Man kann
dabey

Dabey sehen, wo ich noch Lücken lasse, und wo noch einzelne Stücke oder auch ganze Classen fehlen.

I. Vom Augenmaasse.

§ 17.

Wir machen hiervon den Anfang, weil die Schätzung der Größe und Entfernung der Gegenstände durch das bloße Anschauen zugleich am wenigsten mühsam ist, und im eigentlichsten Verstande nur ein Umgekehr geben kann. Die Fälle, wo man etwas nur dem Auge nach schätzt, sind so häufig, daß nicht leicht jemand seyn wird, dem sie nicht mehrmahlen vorgekommen wären. Es giebt überdieß ganze Lebensarten und viele besondere Anlässe, wobey fast alles auf ein gutes Augenmaas ankommt. Daher es sich der Mühe lohnt, dasselbe in seinem weitläufigsten Umfange zu betrachten, und den mannigfaltigen Gebrauchs, den man davon machen kann, in allen seinen Theilen zu zeigen.

§ 18.

Insgemein versteht man durch das Augenmaas eine Fertigkeit aus dem scheinbaren Bilde der Sache auf ihre wahre Größe zu schliessen, und bey den Malern besteht es bloß in der Fertigkeit, dieses scheinbare Bild

nachzu-

nachzeichnen, damit das entworfenẽ Bild dem Urbilde in allem ähnlich werde. Wir werden im folgenden sehen, daß man auch dadurch zu der Schätzung der wahren Größe der Sache in vielen Fällen gelangen kann. Allein dieser gedoppelte Verstand des Augenmaasses ist zu unserer Absicht noch viel zu enge. Wir müssen denselben so erweitern, daß wir alle Mittel, durch das Auge auf die Größe der Gegenstände zu schließen, darunter begreifen, es mag nun durch eine bloße Schätzung aus dem Anscheine, oder durch Constructionen, die man mit dem Auge macht, um die Lage und Größe der Sachen daraus vermittelst geometrischer Lehrsätze zu schließen, oder endlich durch die optischen Lehrsätze von dem Orte des Bildes geschehen, so wird es immer zum Augenmaasse können gerechnet werden, wenn man dadurch ohne sich von der Stelle zu bewegen, den Schluß auf die Größe, Lage und Abstand der Sache machen kann.

und nicht nur die Größe, sondern auch die Lage und Abstand der Sache zu bestimmen.

Indem ich diese Sache so weit ausdehne, so geschieht es allerdings nicht, um die Abhandlung darüber eben so vollständig zu machen. Was ich darüber sagen werde, kann man als abgebrochene Stücke davon ansehen, und aus ihrer Vergleichung mit dem Ganzen wird man die Lücken finden, die noch auszu-

14 I. Anmerkungen und Zusätze

auszufüllen sind. Unter allem, was man bisher in der Optic abgehandelt hat, ist der Ort des scheinbaren Bildes der Sache noch den meisten Schwierigkeiten unterworfen. Es sey, daß die Theorie desselben in der That auf vielerley Gründen beruhet, die man noch nicht alle gefunden, noch gehörig unter einander verbunden hat, oder daß noch ein allgemeiner Grund darunter verborgen liege, den man noch nicht entdeckt hat, so geht es noch nur in wenigern Fällen an, daß man diesen Ort bestimmen kann. Hr. Smith hat sich darinn die meiste Mühe gegeben, und seine Gedanken kann man in seinem und Hrn. Prof. Kästners Lehrgebäude der Optic nachsehen. Ich werde hier nur so viel anführen, als sich zu gegenwärtigem Vorhaben, wenigstens meines Erachtens, genauer bestimmen läßt.

§. 20.

Aus der Beschreibung, die uns Hr. Cheselden von einem Blinden, dem er zu Gesichte geholfen, und von den ersten Eindrücken giebt, die die sichtbaren Gegenstände bey ihm gemacht, hat man geschlossen, daß wir von Kindheit an auf eine ähnliche Art sehen lernen, wie gehen, und daß der Begriff, den wir von dem Abstände der Sachen durch das bloße Anschauen haben, erst durch eine Uebung und mit Hülfe des Gefühls erlangt werde.

werde. Entlegene Sachen machen allerdings einen andern Eindruck in das Auge als nahe. Aber damit wir aus dem Unterschiede dieses Eindrucks erkennen können, daß jene weiter weg sind, als diese, daß liegt nicht in dem Eindrucke, sondern wir müssen die Unterscheidungsstücke durch ein ander Mittel kennen lernen, und diese sind Zeit, Geschwindigkeit und Bewegung.

§. 21.

Laßt uns von diesen Unterscheidungsstücken die drey bekanntesten zur Erläuterung näher betrachten. Man weiß daß entfernte Sachen blasser, kleiner und undeutlicher aussehen als nähere. Alle diese drey Merkmale, woraus man auf die Entfernung schließt, enthalten den Begriff einer Vergleichung. Man muß gelernt haben, daß eben diese Sache in der Nähe eine stärkere Farbe, eine ansehnlichere Größe, und eine merklichere Deutlichkeit und Entwicklung der kleineren Theile dem Auge vorstelle, und wenn wir nicht mit diesen sondern mit jenen den Begriff der größern Entfernung verbinden sollen, so müssen wir denselben aus der Veränderung des Ortes lernen. Den Abstand messen wir durch die Zeit, die wir aufwenden, um uns von dem Gegenstande wegzubegeben, und diesen Begriff des Abstandes lernen wir allgemach mit dem Eindrucke verbinden,

16 I. Anmerkungen und Zusätze

binden, den das scheinbare Bild der Sache im Auge macht. Ist uns das Bild der Sache, von nahe betrachtet, bekannt, so wird der Schluß, den wir von seiner Entfernung machen, wenn wir diese dreysache Abänderung in ihrem Bilde bemerken, desto richtiger, je mehr wir Gelegenheit gehabt haben, solche Sachen in einer wirklich abgemessenen Entfernung zu sehen, die Entfernung mag nun in Stunden Weges oder in Schritten angegeben seyn. Es ist leicht zu erachten, daß man in solcher Schätzung durch öftere und genauere Uebungen ein richtigeres Ausmaß erlangen kann.

§. 22.

Bei nähern Sachen mag der Winkel, den beyde Augenaxen mit einander machen, ebenfalls etwas dazu beitragen, und sieht man dieselbe hinter einer Reyhe von bekannten Gegenständen, so macht man auch auf ihre Entfernung einen richtigern Schluß, weil man sie dadurch gleichsam abmisst.

§. 23.

So lernen wir von Kindheit an die Entfernung der Sachen aus dem Eindrucke schätzen, den ihr scheinbares Bild in den Augen macht. Es erstrecket sich aber diese Schätzung nicht weiter als die Erfahrungen, die wir gehabt haben. Die übrigen erreichen

wir

wir durch Schlüsse, die wir ohne daran zu gedenken, aus der Aehnlichkeit des Eindruckes auf die Aehnlichkeit des Abstandes machen, und wo der Abstand der Sache selbst nicht kann bestimmt werden, da schließen wir bloß auf den Abstand ihres Bildes, welches in vielen Fällen ungleich näher ist als die Sache selbst. So setzen wir dem Augenschein nach alle Sterne in die Luft, und auf eben die Art stellt sich uns der Himmel unter dem Bilde eines Gewölbes vor, dessen Höhe über dem Boden umgekehrt der 6te oder 7te Theil seines Diameters ist, wie solches in vorangezogenen optischen Lehrgebäuden durch sumreiche Observaciones bestimmt wird.

§. 24.

So richtig der Grundsatz ist, den wir hier annehmen, daß wir nemlich aus der Aehnlichkeit des Eindruckes auf die Aehnlichkeit der Entfernung der Sache, oder wenigstens ihres Bildes schließen; so schwer ist es, die verschiedene Stücke aus einander zu sehen, aus welchen dieser Eindruck besteht, und zu bestimmen, was jedes davon zu dem Schlusse, den wir machen, beiträgt. Es ist gewiß, daß nicht allemal alle beisammen sind, und wenn einige fehlen, so ist auch gemeiniglich unser Urtheil über die Entfernung der Sache unrichtig, ungeacht es in Ansehung der Entfernung ihres Bildes auch dann noch zutrifft.

§. 25.

Die Art, wie wir nach und nach zu diesen Urtheilen gelangen, muß sehr allgemein seyn. Sie gründet sich allerdings auf die Structur des Auges, und scheint bey allen Menschen auf eine ganz ähnliche Weise zugleich mit den Vorurtheilen die damit verknüpft sind, zu entstehen. In den meisten Fällen täuscht uns das Auge auf eine ähnliche Art, und man kann die scheinbare Wölbung des Himmels als einen Beweis davon ansehen. Das Bild des Mondes wird uns, in gleichen Umständen betrachtet, über einem und eben demselben Orte der Erde zu sehen scheinen. Hr. Smith führt besondere Observationen an, wie er nebst vielen andern gefunden, daß ein gewisser Punkt am Himmel über einem gewissen Punkte der Erde von allen einmüthig zu sehen geschienen habe.

§. 26.

Wir gebrauchen eben diesen Grundsatz bey gebrochenem und reflectirtem Lichte. Wir sehen das Bild der Sache hinter den flachen Spiegeln, und in den übrigen Fällen überhaupt an den Ort, aus welchem die Strahlen in das Auge kommen müßten, um eben den Eindruck zu machen, den das Bild macht. Die Zurückwerfung und Brechung des Lichtes ändert den Ort des Bildes, und allem Ansehen nach geschieht dieses auch in der Luft,

so geringe die Strahlenbrechung darinn seyn mag. Man kann sich durch folgende Observation versichern, daß die Gegenstände, die in der höhern Luft sind, viel näher scheinen, als gleich entfernte Gegenstände auf dem Horizonte.

§. 27.

Es ist bekannt, daß die Sonnenstrahlen öfters zwischen den Wolken durchscheinen, und sich dem Auge als helle Striemen vorstellen, bey deren Erblickung man sagt, daß die Sonne Wasser ziehe. Diese Streifen sind in der That unter sich parallel, weil alle Sonnenstrahlen in einer parallelen Richtung durch die Luft fahren. Allein so kommen sie dem Auge nicht vor, sondern scheinen alle wie Radii eines Circuls in dem Bilde der Sonne sich zu vereinigen. Der Grund hiervon wird aus der Perspective genommen, wo man zeigt, daß ein langer paralleler Gang sich eben so in die Ferne zusammen zu ziehen schein.

§. 28.

Es sey nun AB die Erdsfläche, S das Fig. 1. Bild der Sonne, C das Bild zweier Wolken, zwischen welchen die Sonnenstrahlen auf erstbefagte Art auf den Ort B zu fallen scheinen. Der Zuschauer sey in A , so ist SAB die Höhe der Sonne, und alle Strahlen derselben sind der Linie SA parallel. Daher müs-

20 I. Anmerkungen und Zusätze

sen die Stralen, die auf B fallen, nicht die scheinbare Lage SCB haben, sondern sie fallen nach der parallelen Richtung DB darauf. Und die beyden Wolken, die in C zu seyn scheinen, müssen gleichfalls in D seyn, wo die Linien ACD und DB einander durchschneiden. Es ist also offenbar, daß das Bild C dem Zuschauer in A viel näher ist, als die Wolken selbst, und dieses wird noch augenscheinlicher, wenn man bedenket, daß nach dieser Construction B nur das Bild des Ortes ist, wie es in A scheint, und daß der wahre Ort weiter muß hinaus gerückt werden. Sehen wir demnach, er sey in b, so ist wieder klar, daß die beyden Wolken noch weiter hinweg in d seyn müssen. So groß man also den Unterscheid Bb macht, so wird der Unterscheid Cd immer grösser seyn. Es müssen uns derowegen die Wolken immer näher scheinen, als gleich entfernte Gegenstände auf dem Boden. Daß aber AB entfernter scheinen könne als AS, kann man fast in allen Fällen sehen, wenn die Sonne Wasser zieht.

§. 29.

Aus gleichem Grunde scheinen die Gipfel der Berge und besonders der Alpen ungleich viel näher zu seyn, als sie wirklich sind. Man kann es augenscheinlich sehen, wenn man dieselbe gerade vor sich und sodann seitwärts im Profil ansieht. Im ersten Fall scheint seine Fläche unter einem Winkel von 50 bis 60 Gr. auf-

aufwärts zu gehen, da es sich im andern Falle zeigt, daß es kaum 20 Gr. sind. Wenn sie, wie eine Wand gerade aufstünden, so könnte es, zumal wenn man sie nahe bey dem Fusse anschaute, geschehen, daß sie vorwärts zu hangen schienen.

§. 30.

In so ferne also das Bild entfernter Sachen in der Luft, näher scheint als die Sachen selbst sind, so ist nothwendig, daß sie auch kleiner scheinen müssen, weil wir nach dem Augenmaasse die Grösse der Sachen nicht bloß nach dem Winkel schätzen, den sie im Auge machen, sondern auch aus ihrer Entfernung.

§. 31.

Da die Sachen die in der Luft erhoben sind, so merklich näher scheinen, so ist vermuthlich, daß wir vielmehr daraus als aus perspectivischen Gründen herleiten müssen, warum ein hoher Thurm vorwärts zu hangen scheint, wenn man ihn vom Fusse herauf betrachtet, und warum, wenn man von oben herunter auf die Gasse schaut, die Leute, so darauf sind, viel kleiner scheinen, als sie sonst in gleicher Entfernung dem Auge vorkommen. Es sey der Thurm AB, dessen Spitze Fig. 2.
B man aus C betrachte. Ist nun ihr Bild näher in D, so wird die ganze Seite AB die Lage AB zu haben, und folglich um den Win-

22 I. Anmerkungen und Zusätze

fel BAD vorwärts zu liegen scheinen. Wiederum wenn der Zuschauer in B ist, und Leute auf dem Boden AB sieht, so scheint der ganze Boden ungleich viel höher zu seyn, als vorhin die Spitze B niedriger schiene. Dessen Bild ist also in EF, und es ist offenbar, daß die Leute und andere Gegenstände auf demselben kleiner scheinen müssen. Denn da sich der Winkel, aus welchem man sie sieht, durch diese Verkürzung des scheinbaren Abstandes nicht ändert, so schätzt man die wahre Größe bloß aus dem Abstände, und folglich um desto kleiner, je mehr derselbe geringer scheint.

§. 32.

Aus gleichem Grunde scheinen auch die obere Theile des Thurmes von unten herauf betrachtet, kleiner, als sie in einer gleichen horizontalen Entfernung scheinen würden. So z. E. werden die Zifferblätter an den Uhren, die man an den meisten Glockenthürmen sieht, von unten herauf betrachtet, viel kleiner geschätzt, als sie wirklich sind, und man verwundert sich über ihre Größe, wenn man sie oben auf dem Thurme vor sich sieht. Eben dieses findet sich bey den Bergen, wie wir oben schon erwähnt haben.

§. 33.

Aus diesen Betrachtungen erhellet, daß wir nicht die Sachen selbst sondern ihr Bild sehen,

sehen, und daß dieses Bild bey gleichem Abstände der Sache, um desto näher bey dem Zuschauer ist, je grösser der Unterschied ihrer Erhöhung in der Luft ist. Die Schätzung des wirklichen Abstandes wird daher überhaupt richtiger seyn, wenn der Gegenstand auf einer horizontalen Ebene liegt, und wenn mehrere Gegenstände unter einander zu vergleichen sind, so werden wir in folgendem sehen, daß die Vergleichung unter eben dieser Bedingung besser angehe. In den übrigen Fällen schätzen wir nur den Abstand des Bildes, und der Schluß den wir daraus auf den wahren Abstand der Sache machen müssen, gründet sich auf die allgemeine Theorie vom Orte des Bildes, welcher aber noch lange nicht ins reine gebracht ist.

§. 34.

Wir wenden uns demnach zu dem andern Gebrauch des Augenmaasses, und werden untersuchen, wie ferne man mit dem Auge geometrische Constructionen nachahmen, und dadurch, wo nicht auf die Grösse der Sache, doch wenigstens auf die Verhältniß ihrer Theile schliessen kann.

§. 35.

Die geometrischen Constructionen gründen sich alle auf das Linial und den Zirkel, und die übrigen Instrumente, die man dazu

24 I. Anmerkungen und Zusätze

gebraucht, sind nur Abkürzungen von diesen beyden. Das Lineal dient schlechthin gerade Linien zu ziehen, und der Zirkel dient, um sie zu fassen und abzutragen; desgleichen auch um Winkel zu ziehen, und den Linien ihre gehörige Lage zu geben.

§. 36.

Um nun zu sehen, wie ferne das Auge eben dieses thun kann, wollen wir bey dem leichtern Falle anfangen, und sehen, die Fläche, auf welcher die Gegenstände liegen, sey eine horizontale Ebene, welche sich bis an den äußersten Horizont erstrecket, und das Auge sey über derselben so weit erhaben, als zureichend ist, um die ganze Figur, die man sich entwerfen will, zu übersehen.

§. 37.

Sodann nehmen wir auch hier den geometrischen Heischsag an, daß man auf dieser Fläche von jedem Punkte zu jedem andern mit dem Auge eine gerade Linie ziehen, und dieselbe, wo es nöthig ist, auf jeder Seite bis an den Horizont hinaus verlängern könne. Der leichteste und richtigste Fall, wo dieses angeht, ist wenn der Observator selbst auf dieser Linie steht. Denn es ist klar, daß man von seinem Fußweg gegen alle Ende des Horizonts mit dem bloßen Auge eine gerade Linie ziehen kann. In den übrigen Fällen habe

habe ich gefunden, daß man unter der Voraus-
setzung erst angeführter Bedingnisse (§. 36.)
selten merklich fehlt. Ich habe nemlich auf
einer Ebene durch zween Gegenstände, z. E.
durch zween Bäume, die mehr oder minder von
mir weg waren, die Linie bis an den Horizont
verlängert, und am Horizonte bemerkt, wo sie
hintrifft. Sodann bin ich zu dem einen Baum
gegangen und habe gesehen, ob derselbe den
andern und zugleich das am Horizonte bemerk-
te Zeichen bedeckte. Es hat immer näher zu-
getroffen, als ich es vermuthet hätte. Wie-
derum habe ich bey einem Spaziergange einem
meiner Freunde, der ein Maler war, eben dies-
se Frage vorgelegt, und bey angestelltem Versu-
che haben wir jede vorgegebene Linie an den Ho-
rizont hinausgezogen, und das Augenmaß traf
bey beyden ordentlich zusammen, als jedes
zween Stäbe gegen den bemerkten Ort des
Horizonts gerichtet.

§. 38.

Dieser Heischfaß ist der einige, den wir zu
unserer Construction gebrauchen werden. Dies-
se wird folglich desto richtiger seyn, je mehr
das Auge in Verlängerung der Linien bis an
den Horizont geübt ist. Das übrige, so dazu
gehört, beruhet auf folgenden Lehrsätzen.

§. 39.

Wenn man parallele Linien bis an den
Horizont verlängert, so scheinen sie daselbst

26 I. Anmerkungen und Zusätze

in einen Punkt zusammen zu treffen. Dieser Satz wird eben so wie in der Perspective bewiesen. Denn die ganze Aussicht bildet auf dem Augennetze einen perspectivischen Abriß der Figur. Der scheinbare Abstand der Parallellinien wird mit der Entfernung geringer, und verschwindet vor dem Auge, wenn man die Parallellinien bis an den Horizont hinauszieht. Es ist für sich klar, daß die Entfernung des Horizontes in Absicht auf den Abstand der Parallellinien so groß angenommen werde, daß dieser Abstand auch an dem Horizonte betrachtet, keine merkliche scheinbare Größe behält. So viel von dieser Voraussetzung abgeht, so viel wird auch an der Richtigkeit des Satzes fehlen. Man sieht leicht, daß ein sehr entfernter Horizont, und ein kleinerer Abstand der Parallellinien den Satz richtiger machen. Wir nehmen ihn hier in aller Schärfe an.

§. 40.

Sinwiederum wenn zwei bis an den Horizont verlängerte Linien daselbsten zusammentreffen, so sind sie einander parallel. Denn da sie sich nirgends durchschneiden als an dem Horizonte, so machen sie einen unendlich kleinen Winkel, folglich können sie als parallel angesehen werden.

§. 41.

Man kann also mit jeder fürgegebene-
nen Linie aus jedem Punkte eine Parallel-
Linie ziehen. Man verlängere die fürgege-
bene Linie bis an den Horizont, und bemer-
ke daselbst den Punkt wo sie hintrifft. Aus
diesem ziehe man eine Linie durch den fürge-
gebenen Punkt, so ist diese mit der ersten pa-
rallel.

§. 42.

Hieraus ergiebt sich ferner ein Mittel,
die mit dem Auge gezogene Linien zu prü-
fen, ob sie gerade gezogen worden. Man
verlängere die fürgegebene Linie auf beyden
Seiten bis an den Horizont, und bemerke da-
selbst die Punkte, wo sie hintreffen. Diese
beyden Punkte müssen einander gegen über
stehen, oder an dem Himmel 180. Grad von
einander entfernt seyn. Ziehet ihr demnach
von eurem Fusse eine gerade Linie bis in ei-
nen dieser Punkte, so muß eben diese Linie
auf der andern Seite verlängert in den an-
dern Punkt treffen. Findet sich dieses nicht,
wie es denn sich zutragen kann, wenn die vor-
hin angeführte Voraussetzung (§. 39.) nicht
vollkommen statt hat, so muß man beyden
Punkten am Horizonte gleich viel zugeben,
bis die corrigirten Punkte mit dem Observir-
orte in gerader Linie liegen, und diese wird
sodann mit der fürgegebenen verlängerten
Linie

28 I. Anmerkungen und Zusätze

Linie parallel seyn. Und dieses ist das erste Mittel die mit dem Auge gemachte Construction zu verbessern.

§. 43.

Da diese Construction mit dem Augenmaasse geschehen kann, ohne daß man sich von der Stelle bewegen darf, so wollen wir Kürze halber ein Meßtischgen dabey gebrauchen, sonst müßte man nach Art der ersten Geometer die Figur auf dem Sande zeichnen. Sodann werden wir das ganze Verfahren perspectivisch vorstellen, weil nicht nur die Beweise eine Aehnlichkeit mit den perspectivischen Aufrissen haben, sondern auch, weil wir dadurch die Verlängerung der Linien bis an den Horizont bequemer vorstellen können.

§. 44.

Fig. 3. Es sey demnach EG der Horizont, A, B, C drey Objecte, und diese sollen in a auf dem Meßtischgen nach dem Augenmaasse so entworfen werden, daß die Figur im kleinen der Großen ähnlich sey. Verlängert die beyden Seiten AB, AC mit dem Auge bis an den Horizont in F und G, und wählet auf dem Meßtischgen einen Punkt a, aus welchem ihr gleichfalls Linien aF, aG in die Punkte F und G ziehet, so sind diese den Linien AF, AG parallel. Nehmet ferner auf aG den Punkt c an,

c an, so daß ac die Seite AC vorstelle. Verlängert sodann die dritte Seite CB bis an den Horizont in E, und in eben diesen Punkt E ziehet die Linie ebE, so ist der Δabc der Abriß des Triangels ABC.

§. 45.

Alle Seiten dieses Abrißes sind mit den Seiten des Urbildes die sie vorstellen parallel, weil sie in gleiche Punkte des Horizonts laufen, daher muß der Δabc dem ΔABC ähnlich, und in beyden die gleichnamige Winkel von gleicher Größe seyn. Ueberdies haben sie auch in Absicht auf die Weltgegenden einerley Lage, und in beyden Δ weichen die gleichnamige Seiten gleich viel von der Mittagslinie ab.

§. 46.

Ferner sieht man, daß die Linie AC und ihr Abriß ac als eine Standlinie angesehen werden könne, auf welche man einen jeden andern Punkt B reducirt. Wenn also außer B noch viele andere Punkte auf dem Felde herum liegen, und auf das Messtischgen sollen gebracht werden, so ist offenbar, daß es vermittelst der angenommenen Linien AB, ab auf eben die Art geschehen kann, wie wir es in Ansehung des Punkts B gewiesen haben.

30 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 47. Könnte man sich demnach auf die Verlängerung jeder Linie bis an den Horizont vollkommen verlassen, so wäre dieses unstreitig das leichteste Mittel aus einer einzigen Station die weitläufigste Figur in Grund zu legen. Wir haben aber schon bemerkt, daß das Augenmaaß nur ein bey nahe geben kann, es wird daher auch nur in denen Fällen dienen, wo eine heyläufige Entwerfung der Figur zu unsern Absichten zureichend ist. Solcher Fälle aber giebt es viele, und wir werden unten einige derselben anführen, wobei uns diese umgekehrte Bestimmung zu der größten Schärfe sehr dienlich seyn wird.

§. 48.

Was übrigens diese Methode vorzügliches an sich hat, ist, daß man sie durch sich selbst prüfen, und daher die Abweichungen denen das Augenmaaß unterworfen ist, so viel man will, verbessern kann. Wir haben eines dieser Mittel bereits angeführt (§. 42.) und werden nun das andere, welches von allgemeinerem Gebrauche ist, folgendermaßen vorstellen.

§. 49.

Fig. 4. Es sey wiederum EG der Horizont, A, C zwey Objecte, und das Meßtischgen in D. Zieheth aus dem Punkte D, welcher den Stand-

Standpunkt vorstellt, Linien in A und C, so habt ihr die Lage dieser beyden Linien so scharf ihr sie verlanget, weil diese nicht von dem Horizonte abhängen, und daher auch keine Correction nöthig haben. Wählet auf der Linie DA den Punkt a, welcher den Punkt A vorstelle. Sodann verlängert mit dem Auge die Linie AC bis an den Horizont in G, und in eben diesen Punkt ziehet auch die Linie acG, so ist der ΔacD der Abriß des ΔACD , und es ist klar, daß in demselben nichts als die Ecke c, welche aber dennoch auf DC liegen muß, zweifelhaft seyn kann.

§. 50.

Dieser Zweifel kann vermindert werden, wenn ihr euch von der Lage des Punkts G nach der vorhin gegebenen Methode (§. 42.) mehr versichert, welche bey allen Verlängerungen der Linien nützlich gebraucht wird. Um aber dieses noch auf eine andere Art zu thun, und zugleich noch einen andern Punkt B auf das Meßtischgen zu bringen, so ziehet erstlich die Linie DB, und es ist offenbar, daß ihre Lage keiner Verbesserung bedarf, und der Abriß des Punkts B auf dem Meßtischgen nothwendig auf DB liegen muß. Verlängert sodann mit dem Auge die beyden Seiten AB, CB bis an den Horizont in F und E, und in eben diese Punkte F, E ziehet aus a und c die Linien af, cE. Sind nun die Verlängerungen
der

32 I. Anmerkungen und Zusätze

der drey Seiten des ΔABC richtig gemacht worden, so müssen die beyden Linien cE , aF sich auf der Linie DB in b durchschneiden, und Dabey wird der Abriss des Viereckes $DABC$ seyn. Treffen aber die Linien cE , aF , DB nicht zusammen, so könnet ihr die Lage der Punkte E , F , G nochmals untersuchen, um zu sehen, ob der eine schwerer zu finden wäre, als der andere, welches wegen zwischenliegender Gegenstände und wenn die Fläche nicht sehr eben und frey offen ist, leicht geschehen kann. Wäre aber der Fehler nicht zu erkennen, so könnet ihr folgendes Mittel nehmen.

§. 51.

Es seyen DA , DB , DC , Aa , cb , die auf dem Dreieckigen gezogenen Linien, so daß die 3 Punkte b , d , f in B sollten zusammentreffen.

- 1) Setzet der Fehler liege ganz auf der Linie Aa , so ziehet dg mit bc parallel, und da ist klar, daß d und g die beyden Objecte B , C wären, weil Ab bleibt, und cb ihre parallele Lage behalten muß, zieht also Aa .
- 2) Setzet, der Fehler sey allein an der Linie Ab , so liegt Aa und cb recht, und folglich muß b auf f fallen, ziehet demnach Aa .
- 3) Endlich werfet den ganzen Fehler auf die Linie cb , so ist klar, daß man dafür cd ziehen müsse.

Es sind demnach die Fehler daf , deb , gAE , die unter diesen drey Voraussetzungen jedesmal wären begangen worden, weil die Linien Af , ed , Ag um so viel von den anfangs gezogenen Ad , eb , Ae abweichen. Verringert diese Abweichungen auf ihren dritten Theil, und ziehet die Linien AB , AC so, daß $bAB = \frac{1}{3} bAF$, $CAc = \frac{1}{3} gAC$ sey. Endlich macht auch $ecb = \frac{1}{3} deb$, und zieht CB mit ce parallel, so wird A, B, C die corrigirte Lage der gesuchten 3 Objecte seyn.

§. 52.

Man sieht aus dieser Verbesserung, daß man sie kürzer erreichen kann, wenn man $dB = \frac{1}{3} df$, und $Cc = \frac{1}{3} cg$ macht, und sodann die Linien AC , CB , BA zieht. Denn die Punkte d und e sind in zweyen Fällen, die Punkte g und f aber nur in einem Fall richtig.

§. 53.

Hat man außer den drey Punkten A, B, C Fig. 4. noch mehrere auf das Meßtischgen zu bringen, so ist offenbar, daß es auf eben die Art geschehen kann, weil die Standlinien DA und Da bey allen können beygehalten werden. Da man hiebey noch mehrere Diagonalen bekommt, so kann auch die Figur, die man auf dem Meßtischgen entworfen, auf mehrerley Arten untersucht, und aus den Abweichungen ein genaueres Mittel genommen werden.

E

§. 54.

34 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 54. *Das TAB ist die Fig. 54.*
 Bey dieser Construction haben wir angenommen, daß man sich nicht vom Orte bewegen dürfe, und daher die ganze Figur aus einem einigen Stande entwerfe. Man kann aber leicht sehen, daß man dadurch noch keine Linie in einem bekannten Maasse weiß, oder daß zu der auf dem Messischgen entworfenen Figur noch der Maasstab fehle. Um diesen Dabey zu haben, muß allerdings eine von den gezogenen Linien auf dem Felde wirklich gemessen werden, damit man, die auf dem Papiere in eben so viele Theile eintheilen, und dadurch den Maasstab verfertigen könne.

§. 55. *Das Tab ist die Fig. 55.*

Wenn man sich aber an einen Stand nicht binden will, so giebt es noch andere Mittel, das Augenmaas zu gebrauchen, um den Abstand der Orter auszumessen, von welchen mir folgende vorgekommen sind. Es sey EF der Horizont, und A, B zwey Orter, deren Abstand man finden will, ohne sich dahin zu begeben, oder wenn man in der That nicht hinkommen kann. Befindet ihr euch nun in C, so verlängert mit dem Auge die Linie AB bis an den Horizont, und bemerket den Punkt F, wo sie hinstrißt. Schauet auch gerade nach A, und bemerket den Punkt des Horizonts E, den der Ort A bedecket. Gehet sodann gegen F zu, bis ihr mit B und E in einer geraden Linie stehet,

stehet, welches in D geschieht. Nun sind AF und CF desgleichen CE und DE parallel, und daher auch $CD = AB$. Wenn ihr demnach im Hingehen die Linie CD in Schritten oder sonsten ausmisset, so habt ihr eben dadurch auch die gesuchte Länge von AB.

§. 56.

Man kann diese Methode auf folgende Art genauer machen. Es sey die Breite des Flusses AB zu messen. Der Horizont sey EF. Zielet in A nach B bis an den Horizont, und bemerket daselbst den Punkt E, wo die Linie hintreißt, oder welcher von dem Objecte in B bedeckt wird. Gehet sodann seitwärts in D, zielet wieder nach B, und bemerket am Horizonte den Punkt F, welchen das Object B bedeckt. Gehet endlich von D in gerader Linie mit E so weit zurücke, bis ihr in C das Zeichen A und den Punkt F in gerader Linie sehet. Messet hierauf die Linie CD aus, so habt ihr die Breite des Flusses AB. Denn die ganze Figur ABCD ist ein Parallelogramm, und daher $AB = CD$.

Fig. 7.

§. 57.

Auf gleiche Art wenn ihr die beyden Seiten DB und AB finden wollet, würdet ihr aus A über B in E, aus D über B in F zielen, und auf der Linie DE so weit zurücke gehen, bis ihr A und F in einer Linie sehet. Messet ihr

C 2

sodann

36 I. Anmerkungen und Zusätze

sodann CD und CA aus, so habt ihr $CA = BD$ und $CD = AB$. Wenn ihr noch DA ausmisset, so läßt sich die ganze Figur construiren.

§. 58.

Man sieht leicht, daß diese Ausmessung alle Schärfe hat, so bald man den Abstand des Horizonts oder der beyden Objecte E, F in Vergleichung mit den Linien der Figur als unendlich entfernt annehmen kann. Sind es Gebürge, die 10, 20 und mehr Meilen wegliegen, so hat die Hypothese alle erforderliche Richtigkeit, und die Linien AB, DC können dabey eine ansehnliche Größe haben.

§. 59.

Da aber hiebey das Augenmaaß wenig zu thun hat, so werden wir die übrigen Fälle im folgenden betrachten, und nun nur diejenigen vornehmen, wobey fast alles auf das Auge ankommt. Wir haben bisher angenommen, daß die ganze Figur horizontal liege, und daß man auch nur horizontale Linien verlängere, welches mit ziemlicher Richtigkeit geschehen kann. Die Verlängerung solcher Linien, die auf dem Horizonte einen Winkel machen, oder die sich in die Höhe ziehen, scheinen diese Richtigkeit nicht zu haben, weil wir schon oben gesehen haben, daß ihr Bild eine merklich geänderte Lage hat (§. 28. seqq.)
Und

Und da die Wolken oder auch das scheinbare Gewölbe des Himmels, daran sich diese Linien endigen würden, in denen Punkten, die näher bey dem Scheitel sind, keinen so merklichen Abstand haben, als die äussersten Ende des Horizontes, so kann man sie auch nicht so gut als parallellinien gebrauchen.

§. 60.

Sie haben aber einen andern Nutzen, von welchem wir hier nur die ersten Anfänge zeigen können, weil dessen Vollständigkeit von der Theorie des Bildes der Objecte in der Luft abhängt, die aber noch ganz fehlet. Vielleicht mögen die Erfahrungen so ich darüber gemacht habe, und hier anführen werde, denen dienlich seyn, die diese Theorie ausforschen wollen. Was ich darüber gefunden, ist noch zu unreif, als daß es hier sollte eingerückt werden. Es ist aber leicht zu zeigen, wie wichtig diese Theorie in unzähligen Fällen in der practischen Geometrie wäre, weil man dadurch in Stand gesetzt würde, den Abstand aller Orter, die man auf der Erde vor sich liegen sieht, in einem bekannten Maaße, und noch ziemlich genau an dem Himmel abzumessen, ohne sich von der Stelle zu bewegen.

§. 61.

Den Heischsatz, der zu dieser Aufgabe gehört, habe ich aus Smiths Optic genom-

38 I. Anmerkungen und Zusätze

men, und bereits oben schon angeführt (§. 25.) Nach Euclids Art vorgetragen, lautet er also: Aus jedem fürgegebenen Punkte des Himmels mit dem Auge eine senkrechte Linie auf die Erdsfläche zu ziehen, und hinwiederum: Aus jedem fürgegebenen Punkte der Erdsfläche eine verticallinie mit dem Auge bis an den Himmel zu ziehen. Euclid trägt nemlich seine Postulata als Aufgaben vor, von welchen er keine Auflösung giebt, eben so wie er die Axiomata ohne Beweis vorträgt. Von diesen setzt er, daß man sie zugebe so bald man sie versteht, und von jenen fordert er, daß man sie auflösen könne, und wo er davon abgeht, da sind auch seine Postulata von anderer Art, daß er sich mit der bloßen Möglichkeit der Auflösung begnügt, wie z. E. im 7. Buche, da er die Ausziehung der Wurzeln unter die Postulata setzt.

§. 62.

Die Möglichkeit unseres Heischsahes gründet sich schlechterdings auf die Einrichtung des menschlichen Auges, und auf die Art, wie wir von den ersten Jahren an sehen lernen. Man kann sie mit Hrn. Smich als eine Erfahrung ansehen, und wenn man, wie er es gethan, den Versuch anstellt, so werden alle einerley Punkte am Himmel über einerley Punkten auf der Erde liegen sehen.

Sährt

Fährt man mit dem Auge von dem letztern gerade aufwärts, so scheint es als wenn das Auge an den Punkt des Himmels, der gerade über jenem zu liegen scheint, anstieße, und das Auge weigert sich gleichsam, die Linie noch mehr zu verlängern, weil es über dem Gewölbe des Himmels keinen Gegenstand mehr hat. Die Sache ist also möglich, aber wie sie geschehen solle, das muß jeder für sich wissen. Und dieses macht den Satz zum Zeihsatz. Wir werden ihn nun so gebrauchen.

§. 63.

Je weiter der Punkt auf der Erdsfläche entfernt ist, desto entfernter und niedriger scheint auch der über ihm liegende Punkt am Himmel. Das erste erhellet daraus, daß die Linien, durch welche man sie bestimmt vertical scheinen, und das andere folgt aus der scheinbaren Gestalt des Himmels, welche ein niedergedrücktes Gewölbe vorstellt. Wir reden hier nur von dem Scheine, denn ob die Linien in der That auch vertical sind, ist eine andere Frage, die ihre Erörterung von der Theorie erwartet. Zu unserer Absicht ist genug, daß sie es zu seyn scheinen, und daß dieser Schein mit dem Auge richtig kann bestimmt werden.

40 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 64.

Es entspricht also jedem Abstände auf der Erdoberfläche ein ihm eigener Punkt und eine ihm zugehörige Erhöhung desselben am Himmel. Es sey AC die scheinbare Erdoberfläche, AB die scheinbare Höhe des Himmels BMNC die Wölbung des Himmels. P und Q das Bild zweyer Punkte auf der Erde, PM und QN zwey scheinbare Verticalinien, so sind M, N die entsprechende Punkte am Himmel. Man ziehe AM, AN so sieht der Zuschauer in A die beyden Punkte M, N unter den Winkeln MAC, NAC, ihre scheinbare Entfernung ist AM, und AN, und $AN > AM$, $NAC < MAC$. So viele Punkte auf AC hinter einander liegen, so viele liegen auch auf BC hinter einander, die denselben entsprechen.

§. 65.

Wenn sich die scheinbare Entfernung dieser Punkte mit der Luft nicht, oder wenigstens nicht merklich änderte, so ließe sich ein für allemal eine Tafel verfertigen, welche zu Ausmessung des Abstandes jeder Orter diene. Denn man dürfte sich nur die Mühe geben, die Winkel MAC für jede ausgemessene Entfernungen der Orter P durch Versuche zu bestimmen, und diese Tafel würde in jeden andern Fällen dienen. Denn wollte man z. E. den Abstand des Ortes Q finden,

finden, so könnte dieses geschehen, ohne daß man sich von A wegbegebe. Man würde mit dem Auge aus Q eine Verticallinie in N ziehen, und den Winkel NAC messen. Diesen würde man in der Tafel aussuchen, und neben demselben hätte man den verlangten Abstand des Ortes C. Diese Methode hätte in unzähligen Fällen einen erwünschten Nutzen, wenn sich die Verhältniß zwischen dem Abstände und dem Winkel zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten nicht merklich, aber doch wenigstens nur auf eine gleichförmige Art änderte. Die Tabelle wäre allgemein, oder sie könnte durch eine leichte Veränderung auf jeden Fall gezogen werden. Es ist wahr, daß sie nur ein bey nahe giebt, allein wie viele Anlässe sind nicht, wo man weiter nichts verlangt.

§. 66.

Ich habe schon erinnert, daß eine solche Tabelle ihre letzte Vollkommenheit von der Theorie des Bildes der Sache in der Luft erwartet. Von dieser sollten wir statt der Tabelle eine allgemeine Formel erhalten, woraus sich jene für jede Umstände berechnen ließe. Allein die Sache ist mehrentheils umgekehrt, und die Versuche müssen uns in der Naturlehre fast allemal die Spur zeigen, wie wir zur Theorie gelangen sollen, und wie die Grundsätze, die wir annehmen, beschaffen

C 5 seyn

42 I. Anmerkungen und Zusätze

seyn müssen. In dieser Absicht werde ich nun die Versuche hersehen, die ich im November 1758. mit einem meiner Freunde darüber gemacht. Aus Ermanglung der Theorie habe ich keine andere Umstände auswählen können, als diesen, welcher auch vermuthlich der beträchtlichste ist, daß nemlich der Himmel zu der Zeit, da wir die Winkel maassen, gleichförmig helle wäre, und die Winkel alle innerhalb einer oder zwey Stunden, und daher bey einerley Zustande der Luft gemessen wurden. Man sieht leicht, daß eine Gleichförmigkeit daraus entstehen muß, welche, wo nicht zur Errichtung, doch wenigstens zur Prüfung der Theorie dienen kann. Man hat in der Naturlehre sehr viele Versuche, welche eben deswegen zu nichts dienen, weil man sie ohne Auswahl der Umstände und auf ein bloßes Gerathewohl hingemacht hat. Anstatt daß sie zur Errichtung der Theorie dienen könnten und sollten, so stehet ihr Ansehen derselben vielmehr im Wege, weil man doch überhaupt ehender die Theorie als die Versuche verwirft.

§. 67.

Nachdem wir in der Ebene von Chur eine Standlinie von 2460 Churerschuhen angenommen, so maassen wir vermittelst eines Nektischgens den Abstand verschiedener Gebäude und Zeichen von dem ersten Stande aus,

aus, welche sämtlich gegen Nord, Nordost und Nordwest lagen, und die ich A, B, C, D, E, F, G nennen will. A ist die Kirche zu Saldenstein, B die Kirche zu Masanz, und C der 2te Standpunkt. An dem Namen der übrigen ist nichts gelegen, weil man aus diesen den Observirort wieder finden kann. Sodann maassen wir die Winkel, so die Punkte am Himmel, welche über diesen Oertern vertical zu stehen schienen mit dem Horizonte machten. Wir gebrauchten dazu eine Wasserwaage, deren Regel in 40 Theile getheilt war. An dem hintern Ende war ein Liniäl in gleiche Theile getheilt senkrecht befestigt, und an dem andern Ende eine bewegliche Regel mit Dioptren angemacht. Hiedurch erhielten wir die Tangenten der Winkel in solchen Theilen, davon der Radius 40. hatte. Ungeacht der Mühe, die wir hatten, an dem blauen Gewölbe des Himmels die Punkte so im Sinne zu behalten, daß wir die bewegliche Regel darnach richten konnten, so traf doch unser Augenmaass ziemlich genau zu, und wir waren höchstens nur in decimaltheilen von einander unterschieden. Die Maasse selbstien, aus dem Unterschiede das Mittel genommen waren folgende:

44 I. Anmerkungen und Zusätze

Ort	Abstand	Tangente der Erhöhung.
G	50 Sch.	78, 0
E	770	23, 1
F	2350	18, 0
C	2460	18, 0 -
B	6258	10, 9
D	6965	9, 85
A	9226	8, 3.

§ 68.

Der Ort A lag etwas tiefer als der Observirort, C, E, G waren ungefehr in gleicher Ebene, hingegen B und F höher, und D um ein merkliches höher. A und D lagen am Fusse zweyer sehr hoher Gebürge, welche den Himmel am Horizonte bedecketen, hingegen lagen hinter den übrigen Orten entferntere Berge, welche den Himmel mehr offen ließen, doch hatte C noch am wenigsten offenen Himmel. Man sieht leicht, daß man diese Umstände merken müsse, weil sie einigen Einfluß in das Urtheil des Auges haben können, ungeacht derselbe dennoch nicht merklich ist, wie es aus der Vergleichung dieser Observationen erhellet. Bey der Observation C habe ich das Zeichen - gesetzt, um anzudeuten, daß uns die Observation F, welche mit C einerley Tangente hatte, richtiger schien, und folglich, wenn der Abstand des Ortes F richtig gemessen worden, die Tangente von C etwas vermindert werden müsse. Die

Churer

Churerschuhe verhalten sich zu den Pariser-
Schuhen wie 25 zu 27.

§. 69.

Diese Observationen habe ich nun so un-
ter einander verglichen: Auf einer geraden
Linie habe ich alle Distanzen nach einem ange-
nommenen Maassstabe als Abscissen aufgetra-
gen, und aus den Punkten Perpendicularen
aufgerichtet, welche als Ordinaten dienen soll-
ten. Die Länge dieser Ordinaten habe ich
vermittelst der observirten Tangente durch die
Winkel bestimmt. Es sey AB eine dieser
Abscissen, PM ihre Ordinate, so findet sich
diese durch den observirten Winkel MAC .
Durch die Ende aller Ordinaten habe ich eine
krumme Linie gezogen, und man sieht leicht,
daß sie die scheinbare Wölbung des Himmels
hätte vorstellen sollen, wenn die mit dem Au-
ge gezogenen Verticallinien in der That ver-
tical wären, und das Bild der Gegenstände
 A, B, C &c. nicht merklich näher wäre als
sie selbst.

§ 70.

Ungeacht aber diese krumme Linie nicht
nur dem scheinbaren Bogen des Himmels
nicht ähnlich, sondern im Gegentheile in A
am niedrigsten und mit der Abscisse parallel
war, sich von da an in die Höhe zog, und
bald darauf einen Wendungspunkt hatte,
endlich

endlich sich der parallelen Lage wieder näherte, so sahe ich doch, daß sie sich selbst sehr ähnlich war, ihre Krümmung durch die Enden der Ordinaten in einem ordentlich fortgieng, und die Ordinaten keine Unrichtigkeit machten, welche von merklichen Fehlern in der Observation herrühren müßten, die einige Ordinate D schien um etwas zu kurz, weil sie nicht ganz bis an die natürliche Wendung der krummen Linie reichte.

§. 71.

Fig. 9. Die neunte Figur stellt in kleinem vor, was ich auf einer größern gethan. Der Observirort ist O, die observirte Distanzen OG, OE, OF, OC, OB, OD, OA. Die Ordinaten Gg, Ee, Ff, &c. sind durch die Winkel bestimmt, weil sich jede zu ihrer Abscisse, wie die observirte Tangente zum Radius verhalten muß. Man sieht leicht, daß wenn die krumme Linie die scheinbare Wölbung des Himmels vorstellen sollte, alle Punkte, A, D, B, C, F, E, G merklich müssen näher zu O gerückt werden, und OA vielleicht kaum die Größe OG behalten würde.

§. 72.

Nachdem ich die Linie gfa gezogen, so theilte ich die Abscissen von 1000 zu 1000 Schuhen ein, und richtete aus den Theilungspunkten Ordinaten auf. Diese sind in der
 Figur

Figur punctirt, z. E. OP ist 5000. Schuhe, so dann zog ich aus O die Linien OQ an die Durchschnittspunkte der Ordinaten, und maas die Erhöhungswinkel QOP aus, welche ich, so viel möglich war, vermittelst ihrer Differenzen gleichförmig machte. Hieraus erwuchs folgende Tabelle.

Abstand des Ortes	Erhöhung des Punkts am Himmel.
1000	28
2000	25
3000	22
4000	19
5000	17
6000	15
7000	14
8000	12
9000	11
10000	10
11000	9
12000	8

§. 73.

Diese Tabelle, welche durch Einschaltung der Proportionaltheile leicht könnte auf jede 100 Schuhe ausgedehnet werden, würde also diejenige seyn, die zum allgemeinen Maasstabe der Entfernung diene, wenn die scheinbare Lage des Bildes sich nicht mit dem abwechselnden Zustande der Luft änderte. Man sieht aber

48 I. Anmerkungen und Zusätze

aber leicht, daß eine geringe Veränderung in den scheinbaren Erhöhungen einen beträchtlichen Unterschied in der Entfernung macht. Jene gehet bey Abänderung des Wetters wirklich vor, wie wir es durch wiederholte Versuche gefunden haben, und besonders haben wir bemerkt, daß wenn der Himmel mit Wolken umhängt ist, alsdenn unter den verschiedenen Erhöhungen gar keine Gleichförmigkeit wäre, welches von der verschiedenen Höhe der Wolken abzuhängen scheint.

§. 74.

Was in dieser Tabelle in Absicht auf die Theorie merkwürdig ist, ist die sehr geringe Höhe der Punkte des Himmels, und ihre ebenfalls geringe Abnahme. Ueber einem Gegenstande, der nur 1000 Schuhe entfernt ist, scheint ein Punkt am Himmel zu stehen, dessen Erhöhung kaum $28\frac{1}{2}$ Gr. über den Horizont ist. Das Gewölbe des hellen Himmels ist unstreitig höher als das Gewölbe, so die Wolken zu machen scheinen. Wenn wir es demnach auch nur eine Stunde hoch schätzen, so müßte der Punkt, so über diesem Objecte ist, doch bey einer deutschen Meile entfernt seyn, ungeacht das Object selbst nur 1000 Schuhe weg ist. Man sieht also hieraus, was wir oben schon aus andern Erfahrungen hergeleitet haben, wie viel das Bild der Gegenstände, die in der obern Luft sind, dem Auge

Auge näher seyn muß, als die Gegenstände selbst.

§ 75.

Diese grössere Annäherung ist aber nur bey denen Punkten des Himmels merklicher, die näher bey dem Scheitel sind. So z. E. dem Objecte G, welches nur 50 Schuhe entfernt war, entspricht ein Punkt am Himmel, dessen Erhöhung 62 Gr. 51 M. ist. Setzt man die wahre Höhe dieses Punkts wiederum eine Stunde, so wird dessen Abstand vom Scheitel dennoch über eine halbe Stunde seyn, welches in Vergleichung von den 50 Schuhen viel beträchtlicher ist, als die vorhin gefundene 2 Stunden für 1000 Schuhe. Das widersinnische, so in diesen Sätzen ist, muß seine völlige Aufklärung von der Theorie erwarten, und es scheint, als wenn die Gründe der Perspective einigen Einfluß darin hätten.

§ 76.

Unter die unzähligen Fälle, wobey man sich mit der blossen Schätzung und Construction durch das Augenmaass begnügen kann, dienet dasselbige auch da, wo man ein Feld, zumal wenn es weitläufig ist, in Grund legen will. Denn auffer dem, daß man gewöhnlich sich einen vorläufigen Entwurf des Feldes macht, welches durch obige Construction an dem ersten Standpunkte sehr leicht geschehen kann,

D

so

50 I. Anmerkungen und Zusätze

so kommt bey einer genauen Grundlegung sehr viel auf die Lage und Länge der Standlinie an. Je mehr die Triangel, die die Enden der Figur mit der Standlinie machen, dem gleichseitigen näher kommen, desto geringer werden die fast unvermeidlichen Abweichungen, und desto gleicher werden sie durch die ganze Figur vertheilt. Hat man aber nach der vorhin beschriebenen Methode dieselbe nach dem Augenmaasse construirt, so wird die Lage und Länge der Standlinie ohne große Mühe so bestimmt werden können, daß sie die bequemste und sicherste sey. Wer öfters Gelegenheit hat, Felder in Grund zu legen, dem ist an einem geübten Augenmaasse viel gelegen, und er wird die bisher beschriebenen Mittel nicht ohne Vortheil mit Vergnügen ausüben können, weil er dadurch vorläufig finden kann, was für Winkel in seinem Risse vorkommen werden, und wie die Standlinie liegen müsse, damit der geringste Fehler daraus entstehe.

§. 77.

So z. E. wenn man auf dem Felde einen Triangel haben will, dessen eine Seite gegeben, und der beyläufig gleichseitig sey, so kann es auf folgende Art geschehen, ohne daß man nöthig habe von der Stelle zu weichen. Es soll auf der Linie AB ein Triangel ABC aufgestellt oder der Ort des Eckes C gefunden werden, welcher beyläufig gleichseitig sey. Bes
findet

findet ihr euch in A, so machet den Winkel BAC von 60° , und es ist klar, daß C auf der Linie AC liegen müsse. Ferner machet den Winkel EAB gleichfalls von 60° , und bemerket den Punkt des Horizontes E, wo die Linie AE hintrifft. Aus diesem Punkte ziehet mit dem Auge eine gerade Linie durch B und sehet, wo dieselbe die Linie AC durchschneidet, welches in C geschieht, so habt ihr das gesuchte Eck C des $\triangle ABC$, welcher beyläufig gleichseitig seyn wird. Denn da AE und CE parallel sind, und der Winkel EAC = 120° ist, so ist auch ECG = 120° , und folglich BCA = 60° . Da nun BAC = 60° , so ist auch ABC = 60° , daher ist der Triangel gleichseitig.

§. 78.

Kann man den Horizont in E nicht sehen, so macht den Winkel BAC dennoch = 60° . Schauet sodann, welcher Punkt am Himmel über B stehet, und messet seine Erhöhung über den Horizont. Nehmet über der Linie AC den Punkt am Himmel, der eben diese Erhöhung hat, und fället aus demselben eine Verticallinie herunter, so wird sie in den gesuchten Punkt C treffen, und AC = AB, daher auch = BC seyn.

II. Was man in der Figur oder in ihrem Zusätze als bekannt annehmen kann.

§. 79.

Wenn man die Figur, die man ausmessen soll, schlechterdings nach den Grundsätzen der Geometrie betrachtet, so muß man dabey wenigstens eine Linie, und über diß so viele Winkel messen, bis sich dadurch die übrigen durch Constructionen oder durch Rechnung bestimmen lassen. Wir haben schon oben angemerkt, daß das Willkührliche, so die Geometrie hierinn läßt, nicht in Bestimmung der wirklichen Größe der Linien und Winkel, sondern nur in der Auswahl derjenigen Stücke bestehe, durch welche die übrigen bestimmt werden können, und daß endlich auch diese Auswahl selbst, theils durch unvermeidliche Hindernisse, theils durch die zu besorgende Unrichtigkeit, theils auch durch eine zu große Unbequemlichkeit noch merklich eingeschränkt werde. Weiter bestimmt die Geometrie nichts, und wenn von den Stücken, die nach ihren Forderungen ausgemessen werden müssen, eins oder das andere, ohne daß es wirklich gemessen worden, gleichsam wie zum Voraus bekannt ist, so geschieht dieses nicht durch die Geometrie, sondern es kömmt daher, weil die Figur wirklich in der Welt oder in rerum natura ist. Die Natur leidet

leidet das unbestimmte nicht, sondern sie schränkt alle ihre Linien und Winkel so ein, daß sie eben diese und keine andre sind. Und wo der Grund zu dieser Einschränkung allgemein ist, da folgt sie auch einem allgemeinen Gesetze, und wenn man diese Gesetze kenne, so kann man sich allemal, wo sie vorkommen, die Mühe der Ausmessung ersparen. Die Bequemlichkeit, welche eine der Hauptabsichten der practischen Geometrie ist, fordert also, daß man sich dieser Gesetze bediene, und sie gehören unstreitig unter ihre Data.

§ 80.

Ich habe noch nicht gefunden, daß man diese Sache in ihrem wahren Lichte betrachtet, und ihren weitläufigen Umfang bezeichnet hätte, ungeacht man viele dieser Stücke von den ältesten Zeiten an gebraucht hat. Man hätte sie zusammen nehmen, und in ihre Classen bringen sollen, um den Reichthum dessen, was man in der practischen Geometrie als gegeben annehmen kann, auf einmal zu übersehen, den Vortheil, den ein jedes giebt, und das worinn er besteht, auf das allgemeinste zu bestimmen, sodann zu sehen, ob noch mehrere Sachen diesen Vortheil geben, ob man denselben nicht auf mehrere Fälle ausdehnen könne, und endlich, ob es nicht noch andere Gesetze in der Natur gebe, wodurch in der Geometrie gewisse Stücke bestimmt werden können.

§. 81.

Nach dieser Vorschrift werde ich gegenwärtige Abhandlung von den Datis der practischen Geometrie einrichten. Ich werde sie anfangs wie in einer Tabelle auf das allgemeynste vorstellen, damit man sehen könne ob ich einige davon vergessen, oder ob noch Lücken übrig bleiben, die man ausfüllen kann. Nachher werde ich jedes besonders betrachten, und untersuchen, wie weit es reicht, worinn das Hauptwerk davon besteht, und wo man es gebrauchen könne, ohne mich jedoch mit demjenigen Gebrauch, den man schon davon gemacht hat, lange aufzuhalten. Besonders werde ich diejenigen Stücke, die eine Aehnlichkeit haben, und in der Ausübung gleiche Dienste thun, zusammen nehmen, und untersuchen, wie weit man jedes gebrauchen kann. Da endlich hiebey die Bequemlichkeit in der Ausübung eine Hauptabsicht ist, so sieht man leicht, daß man in jedem Falle besonders bestimmen müsse, wie ferne man dabey auch die andere Absicht der practischen Geometrie, oder die Genauigkeit der Ausmessung erhalten kann.

§. 82.

Sodann muß ich noch vorläufig eine Redensart erklären, die ich im folgenden öfters gebrauchen werde, und daran sich viele Leser aufhalten könnten. Ich mache nemlich zwischen dem Austriffe einer Figur, und dem Maaß der

der Linien folgenden Unterscheid. Man erweist in der Geometrie: daß man vermittelst einer einigen Seite, und der Winkel, den die übrigen Seiten theils unter sich, theils mit den Diagonalen machen, die ganze Figur zeichnen, und alle ihre Seiten ausmessen kann. Auf dem Papier wählt man sich einen Maasstab, trägt die gegebene Seite davon ab, und bestimmt alle übrigen durch die Winkel. Je nachdem man einen grössern oder kleinern Maasstab dazu nimmt, wird die Figur grösser oder kleiner, sie bleibt aber sich selbst ähnlich, und bey der kleinern Figur thut der kleinere Maasstab eben die Dienste, wie der grössere bey der grössern.

§. 83.

Indem man so verfähret, so bindet man sich an eine gewisse Seite, und diese muß nach dem angenommenen Maasstabe zuerst gezogen werden. Es ist aber nicht allemal diejenige, aus welcher die Figur am leichtesten construirt wird, und in allen diesen Fällen ist es besser, den Maasstab nach der Figur zu richten, und folglich diese ohne Maasstab ganz zu entwerfen. Denn da man jeder Seite, die man in der Construction zum Grunde legt, eine beliebige Länge auf dem Papier geben, und die übrigen daraus, vermittelst der Winkel, bestimmen kann, so wird die ganze Figur ohne Maasstab ausgebildet, und um

56 I. Anmerkungen und Zusätze

diesen zu finden, wird die bekannte Seite in so viele Theile getheilet, als sie wirklich haben solle. Und diesen Vortheil kann man auch auf dem Meßtischgen gebrauchen, wenn man die Länge der Standlinien nicht nach einem willkürlichen Maasstabe darauf trägt, sondern sie so bestimmt, daß der äußerste Punkt der Figur auch zu äußerst auf dem Meßtischgen zu liegen komme, und folglich die Figur weder grösser noch kleiner werde, als das Meßtischgen selbst ist. Genes verhütet man dadurch, daß man nicht genöthigt werde, Stücke anzusetzen, und dieses muß der Genauigkeit halber verhütet werden, weil es ein Fehler ist, wenn man der Figur auf dem Meßtischgen einen kleinern Raum giebt, als sie hätte haben können. Kleinere Figuren lassen sich nicht so genau ausmessen, als grössere.

§. 84.

Es ist hieraus klar, daß man eine Figur auf das Papier bringen könne, ohne eine einzige Linie derselben wirklich auszumessen. Man findet dadurch die Lage und das Verhältniß aller ihrer Theile, aber noch weiß man die Länge der Seiten in einem bekannten Maasse nicht, weil noch der Maasstab dazu fehlt. Denn da das bekannt angenommene Maas vollkommen willkürlich ist, so kann man das selbe aus der Figur nicht finden, sondern es muß nothwendig eine Seite ausgemessen wer-

den,

den, damit man die übrigen auch in Ruthen, Schuhen zc. bestimmen könne.

§. 85.

Man sieht leicht, daß man dabey nicht an eine gewisse Seite gebunden ist, sondern man mißt diejenige aus, die am bequemsten ist, und wenn man vorzüglich auf die Genauigkeit des Maaßes sehen will, so muß diejenige Seite gemessen werden, von welcher man versichert ist, daß sie durch die Winkel am genauesten bestimmt worden. Disß gehört aber mit zur Berechnung der Fehler, die wir erst im folgenden vornehmen werden.

§. 86.

Wenn demnach, wie es in vielen folgenden Fällen vorkommen wird, die ganze Figur so weit bestimmt ist, daß man nur noch eine Seite wirklich ausmessen darf, um die Größe der übrigen in einem bekannten Maaße zu finden, so werde ich mich des Ausdrucks bedienen, daß man die ganze Figur bestimmt habe, daß sie ganz gegeben sey, daß man alles daran wisse. Denn hat man eine Linie dabey schon wirklich ausgemessen, so ist dieser Ausdruck im engsten Verstande richtig. In den übrigen Fällen muß man immer darunter verstehen, daß man noch den Maaßstab dazu verfertigen, und zu diesem Ende eine Linie wirklich ausmessen müsse. Ich werde

mich daher auch des Ausdruckes bedienen: daß nun nichts mehr als der Maasstab fehle. Denn um diesen zu finden, muß man sich nach den beyden Absichten richten, die wir erst angeführt haben. (§. 85.)

§. 87.

Die Data in der practischen Geometrie fließen aus einer dreysachen Quelle. Es sind

I. Gesetze der Natur, dahin gehören

1. Die Bewegung der Erde, und diese giebt uns die Mittagelinie, nebst den Verkürzungen des Penduls in verschiedenen Höhen.
2. Die Figur der Erde, und diese giebt uns die Winkel, den die Objecte in ihrem Mittelpunkte machen, nebst den verschiedenen Circuln auf ihrer Oberfläche.
3. Die Schwere der Körper und ihre Richtung im Fallen. Hievon haben wir verticale und horizontale Linien und Flächen, nebst der Geschwindigkeit der fallenden Körper.
4. Die Richtung des Magnetens, diese giebt uns die Lage einer Linie, so statt der Mittagelinie dienen kann.
5. Der Weg des Lichtes, giebt uns überhaupt gerade Linien, insbesondere aber

6. Das

6. Das Licht der Sonne und der Sterne, davon haben wir Linien und Flächen von einer parallelen Lage, und den Schatten der Körper.
7. Die Reflexion des Lichtes giebt uns gleiche Winkel.
8. Die Refraction des Lichtes in der Luft dienet in größern Entfernungen, und so bald sie merkbar wird.
9. Die Refraction des Lichtes durch erhabene geschliffene Gläser, die *Camera obscura* und die perspectivischen Zeichnungen, nebst den Micrometern bey Fernröhren können zu Bestimmung der Winkel und zu Entwerfung der Figur gebraucht werden.
10. Objecte, die so gut als unendlich entfernt sind, geben parallele Linien.
11. Die Schwere der Luft durch das Barometer gemessen, mag die Höhe des Ortes geben.
12. Der Schall mißt den Abstand des Ortes, von dem er kömmt, durch die Geschwindigkeit und Zeit.
13. Die Bewegung überhaupt, in so fern sie gleichförmig ist, giebt den durchlaufenen Raum durch die Zeit und Geschwindigkeit, und proportionale Theile durch die Zeit allein.

60 I. Anmerkungen und Zusätze

II. Werke der Kunst, und besonders

1. Gebäude, geben verticale und horizontale Linien und Flächen, die mehrentheils rectangular sind.
2. Andere Figuren, die eine kennliche Regularität haben, als runde Thürme, Wasserbecken &c.

III. Die Geometrie. Hieher kann man als Data rechnen

1. Alles was man ausmessen kann, ohne sich von der Stelle zu bewegen, besonders aber
2. Punkte, die man als unendlich entfernt ansehen kann, die wir aber schon bey der ersten Classe mitgenommen.

§. 88.

Dieses sind die Stücke, die mir beygefallen. Es wäre zu wünschen, daß noch mehrere dergleichen vorhanden wären, weil sie sämtlich bey der Ausübung viele Mühe ersparen. Es sind allerdings nicht alle von gleicher Wichtigkeit und Schärfe im Gebrauche. Man muß aber ohne dem jedesmal aus den Umständen und Absichten schließen, welche man gebrauchen kann, und wie ferne sie in Ansehung der Genauigkeit zureichen. Ich werde nun die fürnehmste derselben einzeln betrachten, und besonders deutlicher aus einander

ander setzen, worinn ihr wahrer Vortheil bestehe, und wie weit sich ihr Gebrauch ausdehnen lasse. Es ist mir immer vorgekommen, als wenn man diese Untersuchung nachlässiger angestellt, oder sie noch nicht gemacht habe.

III. Die Mittagslinie.

§. 89.

Die Mittagslinie hat auf der ganzen Erdoberfläche die Eigenschaft, daß sie sich gegen die Pole richtet. Kann man derohalben den Abstand der Pole in Vergleichung mit der Größe der Figur, die man in Grund legen will, als unendlich groß ansehen, so wird die ganze Figur als auf einer horizontalen ebenen Fläche, und alle Mittagslinien, die man auf derselben zieht, als parallel betrachtet. Folgen daraus sind, daß jede Linie der Figur alle Mittagslinien, so man darauf zieht, unter gleichen Winkeln durchschneidet, und daß man folglich vermittlest der Mittagslinien, nicht nur die Lage jeder Linie der Figur bestimmen, und alle Winkel darauf reduciren kann, sondern, daß man auch dadurch die Größe solcher Winkel findet, die man sonst wirklich ausmessen müßte.

§. 90.

Der Vortheil in der Ausübung besteht überhaupt betrachtet darinn, daß an jedem Orte

62 I. Anmerkungen und Zusätze

Orte, wo man sich befindet, und ohne Rücksicht auf andere Dertter eine Mittagslinie kann gezogen werden. Die Mittel, die man gebraucht, um sie auf das genaueste zu ziehen, findet man in der Astronomie. Wenn man sie nicht so genau gebraucht, da hat man Mittel aus der Gnomonic. Eine Sonnenuhr, worauf die Zeichen der Eccliptik sind, eine Horizontal und Azimuthaluhr beysammen, die man umdrehen muß, bis beyde Zeiger auf gleiche Stunde und Minuten weisen, und andere dergleichen Sonnenuhren mehr geben die Mittagslinie noch ziemlich genau. Vielleicht ließen sich Uhren auf schiefstliegende Flächen zeichnen, welche noch bessere Dienste thäten, der Zeiger möchte nun darauf perpendicular oder vertical stehen. Es kömmt hiebey ein Maximum vor, welches verdient aus den Gründen der Gnomonic untersucht zu werden.

§. 91.

Am schlechtesten geht es mit der Magnetnadel, weil man von der Abänderung in ihrer Abweichung von der Mittagslinie weder an verschiedenen Orten noch zu verschiedener Zeit versichert ist. Ueberdies sind sie so klein, daß man die Winkel dadurch nicht gar genau abmessen kann. Kömmt es aber wie bey Verfertigung der Landcharten, wo eine Meilweges kaum einen oder etliche Zoll groß ist,

ist, auf so genaue Winkel nicht an, so läßt sie sich allerdings mit Vortheil gebrauchen, nur daß man im Fortgange Acht habe, daß man die Fehler, die daher entstehen können, wieder zu vergleichen und auszubessern suche.

§. 92.

Wenn wir aber hierbey auf das Hauptwerk sehen, so muß man wohl merken, daß die Dienste, so uns die Mittagslinie in der ausübenden Messkunst thut, nicht daher rühren, weil sie eine Mittagslinie ist, oder sich gegen die Pole richtet, sondern weil die Pole als unendlich entfernt können angesehen werden, und daher so viele Parallellinien entstehen, als man bey Grundlegung der Figur haben will. Man kann dieses leicht daher einsehen, wenn man bedenkt, daß der geometrische Gebrauch der Mittagslinie unter dem Pole völlig aufhört. Und aus gleichem Grunde hört der Gebrauch des Compasses da auf, wo die Richtung der magnetischen Kraft auf den Horizont senkrecht ist. An diesen Orten ist die Nadel gegen alle Richtung gleichgültig.

§. 93.

Da wir also hiedurch deutlicher bestimmt haben, worauf es bey der Mittagslinie in der Hauptsache ankommt, so ist leicht zu achten,

64 I. Anmerkungen und Zusätze

achten, daß man den Nutzen derselben so allgemein machen kann als der Grund ist, auf welchem ihr Gebrauch beruht. Man sieht leicht, daß es unzählige Fälle giebt wo bey man ausser dem Pol noch andere Punkte als unendlich entfernt ansehen kann. In einem offenen Lande, wo man Gebürge sieht, die 10 und mehr Meilen entfernt sind, muß die Figur ziemlich groß seyn, wenn man ihre Breite, oder auch nur die Abweichung der Dertter, wo man observirt, mit dieser Entfernung in Vergleichung setzen soll. Es giebt auch dabey eine Auswahl von Umständen, wo noch viel nähere Dertter eben den Dienst thun können, und wenn auch ein Fehler daher entstehen sollte, so läßt er sich sehr genau bestimmen, wenn man den Abstand eines solchen Ortes auch nur beyläufig weiß.

§. 94.

Hieraus folgt also, daß wo man ein solches Gebürg oder auch einen sehr entfernten Horizont vor sich hat, und auf demselben einen kenntlichen Punkt wählt, alle Linien die man auf der Figur dahin zieht, als parallel können angesehen werden, und daß folglich diese Parallellinien eben die Dienste thun, den wir bey hellem Wetter von den Mittagslinien, und in denen Umständen, wo die Abweichung des Magnets sich nicht ändert, von dem

dem Compasse erwarten können. Wir werden nachher sehen, wie ferne sie allgemeiner gemacht werden können. Inzwischen werden wir den Namen Mittagslinie beibehalten, weil man leicht sieht, daß wir darunter überhaupt solche Parallellinien verstehen, die man an jedem Orte der Figur ziehen kann.

§. 95.

Der Gebrauch der Mittagslinie bey Ausmessung der Figuren ist bisher sehr eingeschränkt gewesen, und ich habe noch nirgend finden können, daß man das Hauptwerk dabey bemerkt habe. Ueberhaupt erspart sie uns die wirkliche Ausmessung eines Winkels an entfernten Orten, dahin wir nicht nöthig haben zu gehen, um denselben auszumessen, und es ist nur die Frage, wie man sich diesen Umstand recht zu Nuße machen solle. Da ich hierüber noch wenig aus einander gesetztes gefunden, so werde ich hier die Sache vom Anfange herholen.

§. 96.

Es sey demnach der Ort A, und man Fig. 20. habe in B und C keine Abweichung von den Mittagslinien BE, CD oder die Winkel ABE, ACD gemessen, so ist der Winkel BAC, den die beyden Orter B und C mit A machen, dadurch gefunden. Ver-
 längert

66 I. Anmerkungen und Zusätze

längert AB in D, so ist $ADC = ABE$, folglich habt ihr in dem Triangel ADC die zweien Winkel in D und C, und daher auch den Winkel in A, als welcher mit denselben zusammen genommen 180 Gr. machen muß.

§. 97.

Man sieht leicht, daß wenn außer A noch mehrere Objecte sind, die Winkel den die zwey Orter B und C daselbst machen, mit gleicher Arbeit können gefunden werden.

§. 98.

Wenn die Länge der Linie AB und ihre Abweichung von der Mittagslinie CD gegeben, und ihr observirt an einem jeden Orte, so nicht auf eben der Linie ist, z. E. in E die Abweichung der Linien AE, BF von der Mittagslinie EF, so habt ihr in dem $\triangle ABE$ alle Winkel und alle Seiten. Da ihr die Winkel DCB, AEF, BEF habt, und CD mit EF parallel ist, so traget den Winkel DCB in FEG, und ziehet die Linie GEH, so ist diese mit AB parallel, folglich $BEG = ABE = BEF + DCB$ und $HEA = EAB = IEA - DCB$. Hieraus läßt sich folglich die Figur construiren.

Anderst.

Sehet AB als eine Chorde eines Bogens an, der doppelt so viele Grade hat als der gemessene

gemessene Winkel AEB , und beschreibt das durch den Circul AEB , so muß E auf dessen Umkreise liegen. Zähleret von H in F doppelt so viele Grade als der gleichfalls gemessene Winkel FEB hat, und ziehet FE mit DC parallel, so ist der Durchschnitt E der gesuchte Ort der Observation. Der Beweis ist für sich klar, weil die Bögen AB , BF doppelt so groß sind, als die Winkel am Umkreise AEB , BEF , und weil EF mit DC parallel seyn muß.

§. 99.

Wenn man demnach in einer Stadt den Abstand und die Abweichung zweener Thürme weiß, so kann man vermittelst dieses Lehresafes auf dem Felde finden, wie weit man von beyden weg ist, die Oerter ausgenommen, die mit beyden Thürmen in gerader Linie liegen. Wenn man sich überdiß darauf verlassen könnte, daß alle Kirchen die längere Seiten genau gegen Mittag kehren, so wäre ihre Abweichung so gut als ausgemessen, und man würde in jeder Entfernung, wo sie noch einen ausmeßbaren Winkel macht, die Verhältniß des Abstandes zu der Länge der Seiten finden.

§. 100.

Noch allgemeiner ist der Nutzen dieses Lehresafes bey Entwerfung ganzer Landschaften.

68 I. Anmerkungen und Zusätze

Es seyen A, B zwey Dörfer, Schlösser, Kirchthürme &c. Man reise zwischen denselben in E vorbei, so kann man in E die Abweichung DCE messen. Kommt man sodann in jeden Ort E, und mißt daselbst die Abweichungen AEF, BEF, so hat man die ganze Figur (§. 86.) an welche man im Fortgange noch unzählige andere anhängen kann, weil man immer die Neubestimmten Linien, wegen ihrer bekannten Abweichung zum Grunde der folgenden legen kann.

§. 101.

Hat man auf diese Art die Abweichung etlicher entfernter Gebürge, die man in einem ganzen Lande sehen kann, so ist klar, daß man dasselbe in Grund legen könne, wenn man nur dadurch reiset. Das Mittel selbst wird auf folgende Art noch allgemeiner gemacht.

§. 102.

Fig. 12. Sehet ihr reiset in C zwischen den Dörtern A, B vorbei und observirt die Abweichung DCB von der Mittagslinie CD. Wenn ihr nun in E und G die Dörfer A, B sehet, so könnet ihr ihre Abweichung messen, und folglich G und E auf dem Papiere entwerfen. Nun sage ich, daß, wenn man in E den Ort G, und hinwiederum in G den Ort E nicht sieht, man dennoch alle übrigen Dörter, die man in E und G zugleich sieht,

3. L.

3. *Z.* J und K zu Papiere bringen könne. Denn da ihr A, B, E, G auf dem Papiere habt, so könnet ihr auch die Mittagslinien CD, EF, GH darauf ziehen. Wenn ihr nun in E und G die Abweichung der Linien EK, EJ, GK, GJ observirt, so habt ihr die Winkel KEF, JEF, KGH, JGH, welche ihr auf dem Papiere auftragen, und dadurch die Lage der Derter J, K, desgleichen auch ihre Abweichung von der Mittagslinie bestimmen könnet. Es ist klar, daß wenn dieses solche Derter sind, die ihr im Fortgange auf eurem Wege noch in der Ferne, und auch da, wo ihr A und B aus dem Gesichte verlieret, noch sehen könnet, dieselbe zu Bestimmung der folgenden Derter aufs neue dienen werden. Setzet setznet, E und G seyn keine solche Derter, die in eurem Plan erscheinen sollen, so sehet ihr klar, daß sie dennoch zur Zeichnung der Derter J, K, und wenn ihr wollet, noch unzähliger anderer gedient haben, und daß jeder bequeme Ort auf dem Felde euch diese Dienste thun kann. GE ist eine Standlinie von besonderer Art, und vollkommen willkührlich. An dem einen Stande habt ihr nicht nöthig, euch um den andern umzusehen, und ihr wählet jeden, wo er euch am bequemsten fällt. Genug daß ihr daraus die zwey Derter A, B sehet, um seine Lage dadurch zu bestimmen.

70 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 103. Kämet ihr an einen dritten Ort L, der entweder in dem Risse müßte gezeichnet werden, oder auch nur zu Bestimmung anderer Oerter dienen könnte, und ihr würdet daselbst nur die beiden Oerter J, A sehen, so ziehet auf eurem Risse die Linie J A, und es ist klar, daß ihre Abweichung von der Mittagslinie gegeben ist, weil ihr diese auf dem Papiere habt. Observirt ihr nun in L die Abweichung der Oerter J, A von der Mittagslinie, so könnet ihr den Ort L ebenfalls auf den Riß bringen, und ihn, wie die übrigen Oerter gebrauchen.

§. 104. Hieraus sehet ihr leicht, daß jemehr Oerter schon auf dem Risse sind, desto vielfältiger die Mittel werden, jeden folgenden Ort darauf zu bringen. Es ist auch klar, daß sich die Höhen, die von der Mittagslinie herrühren können, dadurch entdecken lassen, wenn man mehrere Oerter zur Bestimmung des Orts gebraucht, wo man sich befindet.

§. 105. Ferner ist leicht einzusehen, daß man hiebey viele Linien und Abweichungen im Vortheil observiren kann. Sehet, ihr hättet bey L angefangen, und daselbst die Abweichung der Oerter I, A, in G und E aber die Abweichung der Oerter J, K, A, B observirt, so ist klar, daß diese

diese Observationen nur vorrätzig gewesen wägen, und daß ihr noch in C die Abweichung der Linie ACB, oder im Fortgange die Abweichung der Linien JK oder JA hätten observiren müssen.

§. 106.

Man kann hieraus sehen, was die Mittagslinie in der Entwerfung der weitläufigsten Figuren und ganzer Landschaften zu sagen habe, und wie sehr es zu wünschen wäre, daß man sie an jedem Orte auf eine leichte und ganne Art ziehen könnte. Doch so allgemein dieser Gebrauch ist, so schränkt er sich dabey noch nicht ein. Wir haben bey diesen Verfahren angenommen, daß man um jeden folgenden Orte, wo man sich befindet, wenigstens zwey Objecte noch sehen müsse, deren Abweichung von der Mittagslinie bekannt sey, und daher gesetzt, daß man, wenn man auch an keines von den Orten J, K, A, B kömmt, dennoch zwischen zweyen, z. E. A, B durchreise, udd in C die Abweichung DCB observire. Es kann aber geschehen, daß man entweder nicht dadurch reiset, oder daß man in C die Orter A, B nicht sieht. In diesem Falle muß man ein ander Mittel ergreifen, und dieses kann statt haben, ohne daß man sich an eine Standlinie binde.

§. 107.

Fig. 13. **S**etzt, es seyn drey Orte A, B, C, und ihr reiset durch D, E, F. **O**bserviret in D ihre Abweichung von der Mittagslinie DG. **G**eht sodann weiter, bis ihr die drey Orte wieder sehet wenn ihr sie auch aus dem Gesichte verlohren hättet, z. E. in E, und observiret daselbst wiederum die Abweichung derselben von der Mittagslinie EH. **E**ben dieses thut auch in F. **I**hr habt an jedem der drey Stände D, E, F nicht nöthig, auf die andern beyden zu sehen, und könnet jeden wählen, wo er euch am bequemsten fällt. **G**enug daß ihr an jedem die drey Orte A, B, C sehet. **I**ch sage durch die observirten Winkel in D, E, F, lassen sich alle sechs Orte A, B, C, D, E, F in Grund legen, und daher auch die Abweichung der drey Orte A, B, C von der Mittagslinie unter sich vergleichen, bestimmen.

§. 108.

Um diese Aufgabe, welche eine der schwersten und zugleich eine der schönsten aus der practischen Geometrie ist, durch eine leichte Construction aufzulösen, werde ich eine andere vorausschieben, welche man zwar in vielen geometrischen Schriften aufgelöst findet. **D**a ich aber eine andere Auflösung davon gebrauche, so werde ich nun den Unterschied zu zeigen beyde hersehen, und ihnen noch trigonometrische beysügen.

§. 109.

Es seyn demnach drey Verter A, B, C Fig. 14. von gegebener Lage, und man observire in D die beyden Winkel ADB, BDE, die Lage des Ortes D zu finden.

Auflösung.

Setzet die Seiten AB, BC als Chorden von Circulbögen an, die doppelt so groß sind, als die beobachteten Winkel ADB, BDC, und beschreibet diese Circul, so ist klar, daß der Observirort D auf dem Umkreise eines jeden derselben, und folglich in dem Punkt ihres Durchschnittes liegen muß. Denn der Winkel ADB ist die Helfte des Bogens AB, und der Winkel BDC die Helfte des Bogens BC.

Anderß und kürzer.

Es seyn wiederum die drey Verter A, B, C, und die observirten Winkel ADB, BDC. Beschreibet wie vorhin auf der Seite AC einen Circul, so daß der Bogen AEC, den sie abschneidet, doppelt so groß sey, als der Winkel ADC, welcher auf dieser Seite steht. Zähler von A gegen E doppelt so viele Grade als der Winkel ADE hat, und zeichnet den Punkt E. Durch B und E ziehet eine gerade Linie BE bis in D, so ist D der Observirort. Denn da vermöge der Construction D nothwendig auf dem Circul AEC liegen muß, so muß auch die Diagonal DB nothwendig

74 I. Anmerkungen und Zusätze

wendig durch E gehen, weil der Bogen AE immer = 2. ADB ist, der Punkt D mag liegen wo er will. Nun habt ihr die zween Punkte B und E, durch welche die Diagonal BD gehen muß, und daher auch gezogen werden kann.

Anders, trigonometrisch.

Fig. 16. Zieheth durch AB und BC die zween Circul ABD, BCD wie in der ersten Auflösung, ihre Mittelpunkte seyn F, H, ziehet D und B mit denselben zusammen, und fällt die Perpendicularen FE, HG auf die Chorden AB, BC, so habt ihr die Winkel

$$\begin{aligned} \text{HBG} &= \text{BDC} \text{ folglich } \text{HBG} = 90^\circ - \text{BDC} \\ \text{FBE} &= \text{BDA} \quad \text{FBE} = 90^\circ - \text{BDA} \end{aligned}$$

Zieheth ferner durch H, F die Linie HJ, welche auf der Chorde DB senkrecht stehen, und DJ = JB machen wird. Nun ist

$$\text{FBH} = \text{ABC} - \text{HBG} - \text{FBE}$$

folglich

$$\text{FBH} = \text{ABC} + \text{ADC} - 180$$

Da ihr nun aus den Chorden AB, BC und ihren Bögen die Halbmesser der Circul BF und BH findet, so habt ihr in dem \triangle FBH die beyden Seiten BF, BH und den Winkel FBH, woraus ihr den Winkel BFH, folgendes BFJ, und aus diesem und der Hypothenuse

thenuse BF den Cathetum BJ = $\frac{1}{2}$ BD und den Winkel FJB finden können. Die übrigen Seiten und Winkel finden sich hieraus ohne Mühe.

Anderß und kürzer.

Machet die Winkel ADB = a, BDC = b, Fig. 17.

ABC = c, DAB = x, so habt ihr BCD = (360 - a - b - c - x). Setzt ferner AB = A, BC = B, BD = z, so ist

$$\sin a : A = \sin x : z$$

$$\sin b : B = \sin (360 - a - b - c - x) : z$$

Schaffet aus diesen zweoen Gleichungen das z weg, so habt ihr

$$\frac{\sin (360 - a - b - c - x) : \sin x = A}{\sin b : B \sin a.}$$

folglich durch eine bekannte Verwandlung

$$\text{tang.} \left(\frac{360 - a - b - c}{2} \right) :$$

$$\text{tang.} \left(\frac{360 - a - b - c - 2x}{2} \right) =$$

$$(A \sin b + B \sin a) : (A \sin b - B \sin a)$$

Zieht die gegenüberstehenden Winkel ABC + ADC von 360 Gr. ab, und nehmet von dem Ueberrest die Helfte, diese sey = d, so ist

$$(A \sin b + B \sin a) : (A \sin b - B \sin a) = \text{tang } d : \text{tang } (d - x)$$

Hieraus

76 I. Anmerkungen und Zusätze

Hieraus findet ihr den Winkel DAB, folgendes auch BCD, und CAD und ACD, und aus diesen jede Seite AD, BD, CD.

§ 110.

Wir haben diese Auflösungen hier zusammengehäuft, weil die Aufgabe in der practischen Geometrie, und besonders bey Grundlegung ganzer Landschaften von weitläufigem Nutzen ist. Man kann sich nach der 1sten Figur ein Instrument dazu machen, welches aus dem Circul ADC, und den drey Linialen AB, CB und BD besteht, und wodurch man vermittelst der Winkel BAC, BCA, ADB, DBC die Gestalt des Viereckes ABCD erhält. Der Maßstab muß hernach dazu gemacht werden. Man schraubt nemlich das Linial DB an dem Umkreise des Circuls z. E. in D an, und giebt ihm eine beliebige Lage z. E. DA, sodann lehret man das Instrument gegen den Ort A, und bemerkt den Punkt A auf dem Circul. Sodann drehet man das Linial gegen die Orter C und B, und bemerkt die Punkte CE auf dem Umkreise des Circuls. In A und C werden die andern Liniale angeschraubt, und so gelegt, daß die Punkte A, B, C den Triangel, so die drey Orter A B C, die man vor sich hat, vorstellen, welches dadurch geschehen kann, wenn man von A gegen F doppelt so viele Grade zählt, als der Winkel BCA hat, und hinwiederum von C gegen G doppelt

doppelt so viel als der Winkel BAC hat. Endlich wird das Linial in D ab und in B angeschraubt. Man drehet es sodann auf den Punkt E, und es wird in D den Observirort abschneiden. Uebrigens müssen wir noch anmerken, daß wenn alle vier Oerter in einer geraden Linie oder in einem gleichen Circul liegen, z. E. wenn B auf E fällt, diese Aufgabe aus den Winkeln ADB, BDC alleine nicht aufgelöst werden kann. Man muß in diesem Fall einen andern Observirort annehmen. Der Fall ist aber sehr selten.

§. III.

Laßt uns nun nach dieser Vorbereitung die Auflösung der vorgelegten Aufgabe Fig. 13. (§. 107.) vornehmen. Vermöge des Lehrsatzes (§. 96.) könnet ihr aus den in D, E, und F observirten Abweichungswinkeln, die Winkel in C, B, E finden, den die drey Strände D, E, F daselbst machen. Wir werden sie demnach als bekannt annehmen. Und da die Mittagslinie weiter zu nichts als zu Bestimmung dieser Winkel diene, so werden wir sie nun weglassen, um dadurch die Aufgabe allgemeiner zu machen. Sie lautet demnach also:

Wenn an 6 Oertern A, B, C, D, E, F die Winkel DAF, DAE, DBF, DBE, DCF, DCE, desgleichen die Winkel ADB, ADC, AEB, AEC, AFB, AFC gegeben, die Lage aller

aller sechs Winkel zu Pappire zu bringen. Ja da wir in der Auflösung noch vier von diesen Winkeln nicht gebrauchen; so wird die Aufgabe noch allgemeiner: Nämlich

Man solle die Lage der sechs Orter A, B, C, D, E, F aus den Winkeln ADB, ADC, AEB, AEC, AFB, AFC und DBE, DBF finden. Man sieht leicht, daß zu Bestimmung dieser Winkel die Mittagslinie den Dienst thut, daß man nur drey Stände gebraucht. Es können aber die Winkel, die wir hier als bekannt ansehen, besonders bey Grundlegung weitläufiger Felder und Landschaften, wo man mehrere Stände gebraucht, aus andern Umständen gegeben seyn. Laßt uns nun zur Auflösung schreiten.

Auflösung.

§. 112.

Nehmet die beyden Orter A, C auf dem Pappire an, so könnet ihr die Linie, so sie zusammenhängt als eine Chorde dreyer Circul ansehen, deren Bögen doppelt so groß sind als die drey observirte Winkel CDA, CEA, CFA, ziehet diese drey Circul, und es ist offenbar, daß die drey Orter D, E, F auf ihrem Umkreys liegen müssen. Diese drey Circul seyen ADC, AEC, AFC. Zählet von A in d, e, f doppelt so viele Grade als die observirten Winkel ADB, AEB, AFB haben, und

Eig. 17.

und zeichnet die Punkte d, e, f , so ist vermöge der zweyten Auflösung der vorigen Aufgabe (§. 109.) klar, daß die Linien, die aus D, E, F in B gezogen werden durch diese drey Punkte gehen müssen, und daß folglich die in B gemessene Winkel DBE, EBF eben diejenigen seyn würden, wenn die drey Verter D, E, F in d, e, f gelegen hätten. Verlasset demnach die Verter D, E, F , weil ihre Lage noch nicht gegeben ist, und haltet euch an die drey Punkte d, e, f , deren Lage ihr wirklich auf dem Pappire habt, so wird die völlige Auflösung auf die von der vorhergehenden Aufgabe reducirt. Sehet nemlich die Linie df als eine Chorde an, deren Bogen doppelt so viele Grade hat, als der gemessene oder gegebene Winkel DBF , und beschreib diesen Circul, welches Bdf sey, so ist klar, daß B auf dem Umkreise dieses Circuls liegen müsse. Zählet ferner von d in g doppelt so viele Grade als der Winkel DBE hat, und ziehet durch g und e eine gerade Linie, welche ihr auf beyden Seiten in B und E verlängert, so ist wiederum aus der vorhergehenden Aufgabe klar, daß die beyden Verter B, E auf dieser Linie, und zwar auf den Durchschnittspuncten B und E liegen müssen. Endlich ziehet aus B durch d und f gerade Linien in D und F , so habt ihr in den Durchschnittspuncten der dazu gehörigen Circul die Lage der Verter D und F , und daher alle sechs Verter auf dem Pappire. Wenn

80 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 113.

Wenn die Oerter A, B, C in einer geraden Linie liegen, oder wie bey Gebäuden rechte Winkel mit einander machen, so gebraucht man nur zween Stände D, F, um die Punkte d, f zu bestimmen, durch welche man vermittelst des Winkels DBF den Circul dgt ziehet, und dieser wird im ersten Falle die Linie AC, im andern aber die aus A oder B aufgerichtete Perpendicularlinien durchschneiden. Da aber fast immer zween Durchschnittpunkte sind, so muß aus andern Umständen ausgemacht werden, auf welchem derselben der Ort B liege. Eben dieses gilt auch, wenn einer der Winkel BAC, BCAGEgeben ist.

§. 114.

Sind in DEF ausser den drey Oertern A, B, C die Abweichungen von mehrern andern ausgemessen worden, so können dieselbe, nachdem diese sechs construirt sind, mit leichtester Mühe in den Riß gebracht werden. Es ist für sich klar, daß man hiezu nur zwe Abweichungen gebraucht, und daß folglich, wenn man auch die dritte dabey hat, dieselbe zu Untersuchung der Fehler dienen kann.

§. 115.

Fig. 13. Diese Aufgabe wird noch dadurch allgemeiner, daß unter den 12 Winkeln in A, B, C, D, E

zur practischen Geometrie. 81

C, D, E, F vier durch die übrigen achte können gefunden werden, welches vermittelst folgender 4 Gleichungen geschieht

$$ADB + DAE = EBD + BEA$$

$$AEB + FAE = AFB + FBE$$

$$BDC + EBD = BEC + ECD$$

$$BEC + FBE = ECF + CFB$$

Doch giebt es hiebey einige Ausnahmen. Denn in diesen Gleichungen kommen die vier mittlern Winkel so an E und B liegen jeder zweymal, hingegen die acht, so an den äußern Punkten A, C, D, F liegen, nur einmal vor. Wenn also jene vier, oder aus diesen solche mangeln, die in eben derselben Gleichung beyammen sind, so können sie durch diese Gleichungen nicht gefunden werden.

§. 116.

Laßt uns noch die analytische Auflösung anbringen. Es seyen die sechs Orter A, B, Fig. 12. C, D, E, F. Nennet die Winkel und Seiten wie sie in der Figur mit den Buchstaben a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, x, y, z und L, M, N, P, Q angezeigt sind; so entstehen folgende sechs Gleichungen

$$\sin a : P = \sin (x + g) : L$$

$$\sin b : Q = \sin (y - k) : L$$

$$\sin c : P = \sin x : M$$

$$\sin d : Q = \sin y : M$$

$$\sin e : P = \sin (x - h) : N$$

$$\sin f : Q = \sin (y + l) : N$$

§

Aus

82 I. Anmerkungen und Zusätze

Aus zwei und zweien die Seiten L, M, N, weggeschafft, bleibt

$$\frac{P}{\sin a} \sin (x + g) = \frac{Q}{\sin b} \sin (y - k)$$

$$P \sin x : \sin c = Q \sin y : \sin d$$

$$P \sin (x - h) : \sin e = Q \sin (y + l) : \sin f$$

folglich

$$Q : P = \frac{\sin b \cdot \sin (x + g)}{\sin a \cdot \sin (y - k)} = \frac{\sin d \cdot \sin x}{\sin c \cdot \sin y}$$

$$= \frac{\sin f \cdot \sin (x - h)}{\sin e \cdot \sin (y + l)}$$

Und hieraus

$$\sin c \cdot \sin y : \sin a \cdot \sin (y - k)$$

$$= \sin d \cdot \sin x : \sin b \cdot \sin (x + g)$$

$$\sin c \cdot \sin y : \sin e \cdot \sin (y + l)$$

$$= \sin d \cdot \sin x : \sin f \cdot \sin (x - h)$$

Daher durch eine leichte Verwandlung

$$\sin a \cdot \sin d \cdot \sin k (\cot k - \cot y)$$

$$= \sin b \cdot \sin c \cdot \sin g (\cot g + \cot x)$$

$$\sin d \cdot \sin e \cdot \sin l (\cot l + \cot y)$$

$$= \sin c \cdot \sin f \cdot \sin h (\cot h - \cot x)$$

Hieraus sieht man, daß die Aufgabe vom ersten Grade ist. Werden nun in jedem Fall die sinus und Cotangenten in Zahlen gerechnet, so läßt sich y oder x aus diesen beyden Gleichungen weggeschaffen. Oder man findet allgemein

$$\cot x = \frac{\sin d \sin k \cot k + \sin b \sin c \cot l - \sin b \sin g \cot g - \sin c \sin f \cot h}{\sin b \sin g - \sin c \sin h}$$

Ist aber der Winkel $x = EAB$ gefunden, so findet man alle übrige durch bloßes addiren und subtrahiren, und folgendes auch die Lage und Verhältnisse aller Seiten. Nach der gemeinen Trigonometrie habe ich keine bequeme Auflösung finden können. Es fällt sehr weitläufig, wenn man in der 17 Figur die Lage der Punkte d, e, f in Absicht auf die Seite AC sucht, und aus denselben die Lage des Ortes B bestimmt.

IV. Entfernte Gegenstände.

§. 117.

Wir haben im vorhergehenden Abschnitte den Gebrauch der Mittagslinie deutlicher aus einander gesetzt, und denselben durch verschiedene merkwürdige Beispiele erläutert, nach deren Anleitung noch mehrere können ausgedacht werden. Das wesentliche davon gründet sich auf die Eigenschaft, daß die Mittagslinie an jedem Orte kann gezogen werden, und daß man alle auf dem Felde gezogene Mittagslinien als parallel ansehen kann, so lange die Größe des Feldes in Vergleichung mit dem Abstände des Poles der Erde als unmerklich klein kann angesehen werden. Und in so ferne haben wir erinnert, daß auch entfernte Gegenstände unter eben dieser Bedingung statt einer Mittagslinie dienen können. Dieses werden wir nun besonders untersuchen,

tersuchen, und zu dem Ende bestimmen, worinn der Vorzug wirklicher Parallelen vor andern Linien, die nicht parallel sind bestehe, und was zu diesen noch hinzukommen müsse, damit man sie eben so wie jene gebrauchen könne.

§. 118.

Parallellinien bleiben immer gleichweit von einander entfernt, und da sie folglich nirgends zusammen laufen, so machen sie auch keinen Winkel, und daher ersparen sie uns die Mühe einen Winkel auszumessen, so bald man sie an jedem beliebigen Orte ziehen kann, wie wir dieses bey der Mittagslinie angenommen haben.

§. 119.

Ferner wenn Parallellinien von einer andern Linie durchschnitten werden, so ist diese gegen jene unter gleichen Winkeln inclinirt, und weiß man die Winkel an der einen, so sind auch die, so sie an den übrigen macht bekannt. Dadurch findet man sich im Stande mit jeden Linien auf dem Felde Parallelen zu ziehen, so bald man ihre Abweichung von einer Linie weiß, deren Lage man an jedem Orte bestimmen kann.

§. 120.

Laßt uns nun setzen man habe in A den Winkel BAD und in C die beyden Winkel BCA,

BCA, BCD gemessen, so ist aus obigem (§. 98) klar, daß die ganze Figur könnte zu Pappire gebracht werden, wenn AD mit CD parallel oder der Ort D unendlich entfernt wäre. Denn AD würde auf Ad fallen und der gemessene Winkel BAD wäre = BAd folglich hätte man auch $BAE + BCF = CBA$, und $BAC = ACD - EAB$. Da wir aber sehen D sey nicht unendlich entfernt, so bleibt die Figur unbestimmt, und es muß noch ein Datum hinzukommen, wenn man sie bestimmt haben will. Dis kann nun auf verschiedene Weise geschehen.

1. Wenn man den Winkel in D oder ADC mißt. Denn dadurch findet man

$$CBA = 360^\circ - BAC - BCD - ADC.$$

$$BAC = 180^\circ - BCA - CBA.$$

$$CAD = 180^\circ - ADC - ACD;$$

2. Wenn man das Verhältniß zwischen zweo Linien weiß, und in diesem Falle ist das Verhältniß zwischen einer der längern Linien AD, CD und einer Seite des $\triangle CBA$ bequemer, weil es uns sürnemlich um die Bestimmung dieses \triangle zu thun ist.

86 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 121.

Aus gleichem Grunde lassen wir auch die übrigen Data, z. E. die Winkel CBA, CAB weg. Denn wenn diese gemessen würden, so könnte man die Seiten BC oder AC als Standlinien ansehen, welches aber wider unsere Absicht wäre, weil wir untersuchen wollen, wie weit man sich entfernter Gegenstände bedienen könne, eine Figur in Grund zu legen, ohne sich an die Standlinie zu binden, oder an jedem folgenden Stande gegen die vorhergehenden, oder jeden andern sich umzusehen. Bey Entwerfung weitläufiger Felder und ganzer Landschaften verursachen die Standlinien die meiste Beschwerlichkeit.

§. 122.

Wenn der Ort D so weit weg ist, daß der Winkel ADC nur wenige Minuten beträgt, und man sieht die Linien AD, CD als parallel an, so bestimmt der Winkel BAD die Lage bAd, und statt des wahren Triangels ABC erhält man den Δ bAC, daher werden die beyden Seiten CB, AB um etwas kürzer, als sie seyn sollten. In vielen Fällen kann man sich damit begnügen, wenn es bey Bestimmung dieser Linien auf einen kleinen Unterschied nicht ankommt. Soll aber der Fehler geringer gemacht werden, so muß man den Abstand des Puncts D wissen. Und es kömmt hiebey die Frage vor, wie ferne man denselben
nur

nur umgekehrt wissen dürfe. Dahin dienen folgende Betrachtungen.

§ 123.

Alle Instrumente lassen in der Observation der Winkel einen grössern oder kleinern Fehler zu. Die genauen verringern denselben bis auf wenige Secunden, die gemeinen aber, dahin wir vorzüglich das Meßtischgen rechnen, bleiben bey etlichen Minuten. Bey dem Compasse und den Azimuthaluhren ist er leicht noch grösser. Nach der Genauigkeit der Instrumente richtet sich auch die von der Figur, die man entwerfen will, und es ist schon lange eingeführt, daß man in jedem Falle einen Fehler setzet, den man nach Verschiedenheit der Absicht grösser oder kleiner als unmerkbar oder als zulässig ansieht.

§. 124.

Dieses vorausgesetzt wollen wir den gegenwärtigen Fall umkehren. Es sey demnach AC eine Standlinie, an deren beyden Enden man die Winkel DAC, DCA ausmisst, um dadurch den Δ ACD zu bestimmen. Es ist für sich klar, daß die beyden Seiten desto weniger genau seyn werden, je kleiner die Standlinie AC, je ungleicher die beyden Winkel CAD und ACD, und je ungewisser das Instrument ist, dessen man sich zu Ausmessung der Winkel in A und C bedient hat. Neh-

met demnach den Fehler an, dem das Instrument unterworfen seyn kann. Z. E. 2 Minuten. Machet jeden der Winkel DAC, DCA um diesen Fehler grösser, und wiederum jeden um denselben kleiner, und berechne die Länge CD oder AD, und nehme den Unterschied der beyden Producte, so wird dieser Unterschied anzeigen, wie ferne die Länge CD ungewiß ist. Es wird sich nemlich der grössere Abstand zum kleinern verhalten, wie die Tangente des Winkels in D, wenn ihr ihn um den Dopp-sten Fehler vergrössert zu seiner Tangente, wenn ihr ihn um eben so viel verkleinert, und daher weil der Winkel sehr klein ist, wie die Winkel selbst. Setzet z. E. den Winkel in D, der durch die Ausmessung in A und C herauströmmt, sey ein Grad, und der Fehler bey dem Instrumente könne sich auf 2 Minuten belaufen, so kann der Winkel D bis auf 64 Minuten grösser, oder bis auf 56 Minuten kleiner seyn, folglich ist die Länge der Seiten CD, CA um den 7ten Theil ungewiß. Wäre der Winkel D nur 20 Minuten berechnet worden, so wäre die Ungewißheit wie 24 zu 16 folglich wie 3 zu 2.

§. 125.

Wir haben hier die gröste Ungewißheit berechnet, und müssen daher zu unserer Absicht nur die Helfte davon als das Mittel annehmen. Wenn wir demnach den Fall wieder

der

der umkehren, so können wir zu Bestimmung des $\triangle ABC$ die Länge CD oder CA als zureichend genau ansehen, wenn wir sie so groß annehmen, daß ihre Länge zwischen die erst angegebenen Schranken fällt.

§. 126.

Ueberdies hängt die Größe des Winkels D , wenn wir die Linie AD zum Grunde legen, nicht von der Seite AC , sondern von der Perpendicularlinie AE ab. Je kleiner also der Winkel ACE ist, desto unbestimmter kann die Länge CD bey gleichem Fehler seyn. Hat man demnach die Wahl, entweder den Ort D , oder die Linie AC , oder beyde nach Belieben anzunehmen, so ist klar, daß man den Fehler völlig verhüten wird, wenn man die Punkte A, C, D in gerader Linie annimmt. Dadurch erhält man wieder alle Vortheile der Parallellinien, weil eine jede Linie sich selbst parallel ist. Wir werden nun diese vorläufige Betrachtungen auf verschiedene besondere Fälle anwenden, und dabey von dem leichtern zu den schwerern fortgehen.

I. Fall.

§. 127.

Wenn zwey entfernte Objecte so liegen, daß die Linie, die durch dieselbe gezogen wird, durch das Feld geht, so man ausmessen

und in Grund legen will, und beyde Können auf dem Felde gesehen werden. Dieser Fall kömmt sehr häufig vor, und es giebt nicht leicht ein offenes Feld, wo man nicht dergleichen Objecte finden sollte. Die Eigenschaft, die wir hier gebrauchen, ist diese: daß wenn man sich auf dem Felde in gerader Linie mit diesen Objecten befindet, dieselbe einander bedecken, und hinwiederum, wenn sie vor einander stehen, so befindet man sich mit ihnen in gerader Linie. Sind beyde aufrechtstehend, so ist es sehr leicht jeden Punct zu finden, wo die Ecken derselben einander zu bedecken scheinen. In den übrigen Fällen mag ein Senkbley, so man vor sich herunter hängen läßt, zur Bestimmung dieser Puncte dienen. Das eine Object mag nahe bey dem Felde seyn, das andere aber ist desto besser, je weiter es entfernt ist. Die Spitze eines entfernten Gebürges oder die Ecke eines Meilenweit entlegenen Thurms sind dazu die dienlichsten.

§. 128.

Da wir sehen, daß man diese Objecte auf dem Felde sehen könne, so nehmen wir auch den Vortheil an, der daraus herfließt: Daß man nemlich durch dieses Mittel eine durch das ganze Feld gehende gerade Linie, so gut als gezogen habe, und sich auf jeden Punct derselben stellen könne.

Diesen

Diesen Vortheil werden wir nun zu gebrauchen suchen: Es seyen demnach die beyden Objecte A, B, und die Linie ABG Fig. 21. gehe zugleich durch dieselbe und durch das auszumessende Feld. Nehmet auf demselben zween Punkte oder ausgesteckte Zeichen D, C, welche die bequemsten scheinen, und diese seyen DC, und suchet den Punct E, welcher in dem Durchschnitte der Linien AB, CD ist. An dergleichen Puncten kann es euch nicht fehlen, wenn das Feld viele Ecken oder kenntliche Zeichen hat, und wenn es auch hieran fehlte, so dürftet ihr solche selbst wählen, und gerade auf der Linie AB anfangen, ein Zeichen auszustechen. Observiret in E den Winkel DEA, oder bringet die Linien DE, EA auf das Meßtißgen, und überdiß so viele andere, als ihr in E Ecken oder Dertter des Feldes sehet, die in den Grundriß eingetragen werden müssen. Gehet sodann auf der Linie AB weiter in das Feld, z. E. in F. Stellet daselbst euer Meßtißgen auf diese Linie, und richtet die auf demselben gezogene Linie EA wieder nach dem entferntesten Objecte A, damit das Meßtißgen seine behörige Lage bekomme.

§. 129.

Da ihr die Linie DE auf demselben gezogen habt, so ziehet auf dieser den Punct D, weil ihr eine Linie nothwendig annehmen müßet. Leget das Linal mit den Dioptren an

92 I. Anmerkungen und Zusätze

an diesen Punct und zielet nach D, so wird es euch auf der Linie AG den Standpunct F abschneiden. An diesen leget das Linial an, und zielet nach den übrigen Ecken der Figur, gegen die ihr in E gezelet habt, so werdet ihr diese Ecken 3. E. C durch die Durchschnittspuncte der Linien FC, EC auf dem Meßtischgen bekommen.

§. 130.

Kommen in F noch solche Ecken zum Vorschein, die ihr in E nicht gesehen, so ziehet Linien nach denselben, und verfüget euch auf der Linie AE weiter, 3. E. in G. Richtet daselbst das Meßtischgen wiederum nach dem Object A, um nach denen Eckenlinien zu ziehen, deren Lage noch nicht bestimmt ist, 3. E. die Linie GH in das Eck H, in welches ihr aus E die Linie EH gezogen.

§. 131.

Zieht sich euer Feld gegen L herunter, so daß ihr die Linie AB wegen der allzuspitzen Winkel nicht mehr wohl gebrauchen könnet, so wählet zwey andere entfernte Objecte K, J von eben der Eigenschaft wie A, B. Suchet den Punct M, wo beyde Linien AB, KJ einander durchschneiden. Richtet daselbst euer Meßtischgen nach A, um ihm seine Stellung zu geben. Wenn ihr nun in M eine der schon gezeichneten Ecken des Feldes 3. E. H sehet, so

so legt das Liniel auf dem Meßtischen an diesen Punct, und zieleet nach eben demselben auf dem Felde, so könnet ihr die Linie HK ziehen, und folgendes der Ort M bestimmen, wo ihr euch befindet. Legt an denselben das Liniel an, und zieleet nach dem entferntern Objecte K, so könnet ihr die Linie MK ziehen und sie gegen L verlängern. Diese wird auch im Fortgange eben die Dienste thun, welchen die Linie AB gethan. Die Bedingung, die in der ganzen Arbeit vorausgesetzt wird, ist, daß ihr auf jedem angenommenen Puncte der Linie AB, oder KJ noch eine Ecke oder Gegenstand des Feldes sehet, welchen ihr schon auf dem Meßtischen habt. Wenn ihr das Feld nicht genug kennet, so ist es nützlich dergleichen Objecte in Vorrath auf den Tisch zu bringen, wenn sie auch schon nicht dazu gehören. Sie dienen nicht nur, wenn etwa eins fehlen sollte, sondern auch zur Entdeckung der Fehler die sich bey so vielen Winkeln eräugnen und häuffen könnten.

§. 132.

Es ist leicht zu erachten, daß wenn das Feld noch weitläufiger ist, und sich noch mehr in die Krümme zieht, die Linie JK wieder verlassen, und andere dafür angenommen werden können. Die Auswechslung geschieht auf eben die Art, wie wir es in Ansehung der Linie JK gezeigt haben. Ich habe nicht nöthig

94 I. Anmerkungen und Zusätze

zu erinnern, daß man auf diese Art, um eine Figur, z. E. um eine Höhe oder Wald herum messen kann, wo nicht alle Ecken auf einmal in das Gesicht fallen. Man muß aber die Stände so wählen, daß man jede Ecke an zweyen Ständen, und an jedem Stande eine schon im Risse gezeichnete Ecke sieht. Jenes ist nothwendig, weil man sonst Umwege gebrauchen müßte, um die Ecke in Riß zu bringen. Dieses aber kann wegbleiben, wenn man nach der vorigen Anmerkung (§. 131.) andere Objecte die zur Seite liegen im Vorrathe auf den Riß bringt.

II. Fall.

§. 133.

Wir haben bisher angenommen, daß man genau auf den Linien AB, JK bleibe, welches auch, so lange keine Hinderniß vorfällt, allerdings leicht geschehen kann. Weicht man nur so wenig davon ab, daß der Unterschied auf dem Meßtischgen nicht kann bemerkt werden, welches öfters von der Stellung des Meßtischgens herrühren kann, so ist für sich klar, daß der Fehler nichts zu achten ist, und sich unter die übrigen kleinen Fehler vermengt, die man auf eine andere Art zusammen genommen untersuchen kann. Die übrige Abweichungen zerfallen sich in zwei Classen. Es sey AD die Linie, auf welcher man das

das Meßtischgen stellen sollte, und E der Punct, wo es wirklich gestellt wird, so ist die Abweichung AE, und diese sollte auf dem Riße sichtbar und folglich beträchtlich seyn.

§. 134.

Man ziehe ED, und D sey der entferntere Gegenstand. Nun ist die Abweichung AE entweder so groß, daß der Winkel ADE beträchtlich wird, und auf dem Meßtischgen kann gezeichnet werden, oder sie ist kleiner und der Winkel ADE bleibt unmerklich, und kleiner als daß ihn das Meßtischgen angeben könnte, wenn man ihn in D observirte. In diesem letztern Falle kann man noch immer die Linien AD, ED als parallel ansehen. Aber die Bestimmung des Punctes, wo das Meßtischgen steht, wird geändert.

§. 135.

Sehet der Punct sey g. Da bey dieser Voraussetzung die aus G und g in das entferntere Object A gezogenen Linien noch so gut als parallel bleiben, so könnet ihr die auf dem Meßtischgen gezogene Linie nach A richten. Sehet sodann nach zwei Ecken, die ihr schon auf dem Riße habt, z. E. D, C. Leget auf dem Meßtischgen an die ihnen entsprechenden Puncte das Linial an, und zielet nach den Ecken D, C, so könnet ihr die Linien Dg, Cg ziehen, und folglich die Lage
des

Fig. 21.

des Orts g wo ihr observiret, bestimmen. Ist diese gefunden, so gebraucht sie, wie vorhin den Punct G , statt dessen wir setzen, daß ihr euch aufferhalb der Linie AB in g befindet. Ueberhaupt so lange ihr euch von der Linie AB nicht so weit entfernt, daß die Abweichung der Winkel in A merklich wird, so bleiben euch alle Vortheile, die wir im vorhergehenden Abschnitte von der Mittagelinie gewiesen haben, und die wir hier nicht wiederholen wollen. Es ist leicht zu erachten, daß die Abweichung sehr merklich seyn kann, wenn der Ort A ein 10 und mehr Meilen weit entferntes Gebürge ist. Auf 10 Meilen betragen 60 Schuh Abweichung kaum eine Minute in dem Winkel bey A .

III. Fall.

§. 136.

Wenn die Abweichung den Winkel bey dem entferntern Objecte merklich machet. Es sey die Abweichung wiederum gG . Hier ist klar, daß das Meßtischgen eine merklich falsche Lage haben würde, wenn ihr die auf demselben gezogene Linie FE in g nach A richtetet, und die Lage würde um den Winkel gAG fehlen, den wir hier zwar merklich aber doch nicht über etliche Grade groß setzen.

§. 137.

Wenn in diesem Falle drey Ecken $z. E. D, C, H$ schon wirklich auf dem Meßtischgen stehen. Die man in g sehen kann, so ist das Mittel allgemein, und von der Größe des Winkels gAG unabhängig. Denn es ist klar daß man durch die Aufgabe (§. 109.) die Lage des Puncts g durch die Winkel finden kann, welche die drey Ecken D, C, H in G machen. Ist hiedurch der Punct g auf dem Risse, so ziehet man die Linie gD , und richtet sie nach der Ecke D , und das Meßtischgen hat seine behörige Lage.

§. 138.

Siehet man in g nur 2 Orter D, C , so kann man den Winkel DgC messen und daher durch D und C einen Circul ziehen, in dessen Umkreysse der Punct g liegen muß. Kann man nun dessen Abstand von der Linie AB wirklich ausmessen, so ziehet man auf dem Risse mit AB eine Parallele, welche den gezogenen Circul durchschneidet, und in dem einen Durchschnitte wird g liegen. Man kann aber aus den übrigen Umständen leicht bestimmen, auf welchem von beyden er wirklich liegt. Der schwerere Fall ist, wenn der Circul die Linie AG an zwey sehr nahen Orten durchschneidet. Uebrigens sieht man auch hier, daß es nützlich ist, wenn man Objecte in Vorrath auf das Meßtischgen gebracht hat.

G

§. 139.

§. 139.

Das Meßtischgen muß in allen Ständen diejenige Lage haben, daß alle darauf gezogene Linien, mit denselben parallel bleiben, die sie vorstellen, daher bleibt auch die Linie FE auf demselben der Linie AB parallel, wenn man gleich von derselben abweicht. Hieraus ergiebt sich noch ein Mittel das Meßtischgen in g in seine wahre Lage zu bringen, wenn man weiß, wie vielmal weiter der Ort A von g weg ist als der Ort B, zum voraus gesetzt, daß man A und B in g sehe. Hier nehmen wir nun an, daß der Winkel gAG nur ein oder zween Grade sey.

§. 140.

Fig. 22. Es seyen A, B die zwey entfernten Objecte, ABG die Linie, so dadurch geht, g der Stand, wo man observirt, gG seine Abweichung. Zieht gN mit GA parallel, so stellt gN die Lage des Meßtischgens vor, und gA wäre die falsche Lage. In g sehet ihr B und A nach den Linien gB , gA , und könnt den Winkel BgA ausmessen. Nun ist der Winkel $AgN = gAG$, und um diesen muß der Winkel BgA vergrößert werden, wenn das Meßtischgen seine wahre Lage haben soll. Da beyde sehr klein sind, so verhalten sie sich wie ihre Tangenten BP, PN. Da nun $BN = gG$, so ist

BP.

BP : BN = BP : gG = AB : AG,

und BP : PN = BA : BG = BgP : PgN.

folglich findet ihr aus der bekannten Ver-

hältnis zwischen BA, BG und dem gemessenen

Winkel BgP den Winkel PgN, welcher der

Unterschied zwischen der falschen und wahren

Lage des Meßtischgens in g ist. Daher könn-

et ihr ihn dadurch seine wahre Lage in g

geben, und vermittelst zweyer Ecken D, C die

Lage des Puncts g eben so wie (§. 135.) durch

die Linien Dg, Cg bestimmen.

§. 141.

Sind die Winkel BgA, gAG sehr klein,

und nur von wenigen Minuten, so ist genug,

wenn man nur beyläufig weiß, wie vielmal

A von g weiter weg ist als B.

IV. Fall.

§. 142.

Wenn man auf der Linie AB alle Ecken

des Feldes und über dem Felde hinaus

einen sehr entferneten Horizont siehet. In

diesem Falle kann man das Feld vermittelst

einer bloßen Meßkette in Grund legen. Es

sey die Linie AB, auf welcher man vermit-

telt der beyden Objecte A und B immer gra-

de fortgehen kann. Die Ecken des Feldes

seyen C, D, E, F, G &c. Wählet auf dem

Fig. 23.

Q 2

Horiz



100 I. Anmerkungen und Zusätze

Horizonte, so über dem Felde hinaus liegt, zwey andere Objecte, welche von der Linie BA ungesehr 60 und 120 Grade absehen, damit ihr solche Δ bekommen möget, die bey nahe oder vollkommen gleichseitig sind, und wobey solglich die Fehler am sichersten vermieden werden. Gegen diese Objecte richten sich die punctirten Linien der Figur, welche parallel seyn werden, sobald die Objecte als unendlich entfernt angesehen werden können.

§. 143.

Indem ihr nun auf der Linie AB gegen H, I, K &c. gehet, so bemerket jeden Punkt, wo ihr jedes der Ecken C, D, E &c. in gerader Linie mit den beyden gewählten Objecten sehet. Der Anfang sey in H, wo ihr das erste Eck C vor dem hintern Objecte nach der Linie HC liegen sehet. Schlaget die Messkette an H an, und strecket sie in P, und steckt in P einen Stab ein. Gehet in P, wo ihr den Stab P vor dem andern Objecte nach der Linie pP sehet. Messet sodann die drey Seiten HP, pP, pH genau aus, so habt ihr auch die Winkel PHp, PpH, und wisset wie viel die beyden Objecte am Horizonte von der Linie AB, auf welcher ihr fortgehet. Sind diese Objecte so gut als unendlich entfernt, so wird diese Abweichung auf der ganzen Linie HM einerley seyn, wie wir es hier annehmen. Die

Die Prüfung und Verbesserung werden wir nachher angeben.

§. 144.

Lasset nun die Kette von H angefangen, in einem fort umschlagen, und zählen, wie vielmal sie umgeschlagen worden, damit ihr den Abstand eines jeden der Puncte J, h, K, i, k, L, M, l, m &c. von dem ersten Punct H finden könnet, welches geschieht, wenn man jedesmal, wenn die Kette über einem dieser Puncte liegt, die Zahl der ganzen Umschläge, und den Ueberschuß an Ruthen, Schühen und Zollen abzählt.

§. 145.

Hiedurch erlanget ihr die Lage zweor Ecken der Triangel Hch, JDi, KEk, LFl, MGm &c. und könnet, wenn ihr über den Abstand der zusammen gehörenden Puncte H, h, i, j, K, k, L, l, M, m von dem ersten Puncte H Register haltet, zu Hause nach einem beliebigen Maasstabe austragen. Da ferner alle diese Δ dem ausgemessenen HPh ähnlich sind, so köest ihr nur aus jeden dieser Puncte mit den beyden Seiten pP, PH Parallellinien ziehen, und ihr Durchschnitt wird euch die Lage der Ecken C, D, E, F, G angeben.

§. 146.

Um nun zu finden, ob diese Linien wirklich parallel angenommen werden können, so

setzet der Punct m sey der letzte. Schlaget daselbsten die Messlette auf die Linie mG , so gegen das vordere Object geht, z , E bis in Q , und stecket daselbst einen Stab ein. Gehet von m gegen g zurücke, bis ihr den Stab Q mit dem hintern Objecte in gerader Linie sehet. Diese sey qQ . Messet die drey Seiten mQ , mq , Qq genau aus, so habt ihr wiederum die Abweichungswinkel Qmq und Qqm . Findet ihr nun daß Qmq von PpH und Qqm von PHp so wenig verschieden ist, daß der Unterschied als unmerklich kann angesehen werden, so können ihr beyden Parallellinien bleiben, weil in diesem Falle die beyden gewählten Objecte in der That als unendlich entfernt können angesehen werden.

§. 147.

Sind aber diese Winkel merklich verschieden, so hat die ganze Länge Hm zu dem Abstände des einen oder beyder dieser Objecte eine merkliche Verhältniß, und die Linien können nicht mehr als parallel angesehen werden. Die Arbeit aber ist deswegen nicht vergebens, sondern nur um etwas weitläufiger. Denn da muß durch die Winkel Qmq , PpH und Qqm , PHp der Abstand und die Lage beyder Objecte gefunden werden, und dadurch erlangt ihr zween Punkte, in welche die Linien, so wir vorhin als parallel setzten, zusammenlaufen. Die Winkel in h , I , i , K , k , L , l ,
M,

M, welche wir gleich gesetzt haben, werden nun nach und nach geändert, und ihre Größe wird am süglichsten durch Rechnung gefunden, wenn ihr nicht die Figur, wegen des großen Abstandes der Objecte sehr ins kleine ziehen wollet.

§. 148.

Da man diese Rechnung von selbst einsehen, und mittelst der Trigonometrie zum Ende bringen kann, so werden wir uns hier dabey nicht aufhalten. Man sieht übrigens, daß man an statt so entfernter Objecte auch nähere annehmen kann. Allein die entferntere sind in allerwege vorzüglicher, weil die Linien CFI , ch , DJ , Di &c. dabey immer eine solche Lage behalten, daß die Durchschnittspuncte C, D, E, F, G genauer bestimmt werden. Bey nähern Objecten würden sich die blinden Linien je länger je schiefer und daher auch desto unsicherer durchschneiden, oder man müßte im Fortgange andere Objecte wählen.

§. 149.

Geht die Linie AB mitten durch die Figur, so habt ihr Ecken, welche auf beyden Seiten derselben liegen. Ungeacht ihr in diesem Falle einerley Objecte behalten könntet, so ist es doch ungleich mühsamer, die Puncte auf einer Linie zu bestimmen, welche mit den Ecken und den Objecten in gerader Linie sind, wenn

die Ecken auf der einen und die Objecte auf der andern Seite liegen. Daher ist es bequemer, wenn ihr auch auf der andern Seite der Linie AB, zwey Objecte am Horizonte wählet, und damit auf erst beschriebene Weise verfähret. Endlich ist leicht einzusehen, daß die Bedingung, daß ihr immer genau auf der Linie AB bleibt, eine der nothwendigsten ist, weil die blinden Linien alle eine schiefe Lage gegen dieselbe haben.

§. 150.

Ferner ist klar, daß die ganze Figur genauer bestimmt wird, je näher die Linie AB an den Ecken C, D, E, F, G vorbeigeht. Alle Δ werden dadurch kleiner, und daher auch schärfer bestimmt, und die Fehler, so von den Winkeln herrühren, desto unmerklicher.

§. 151.

Zöge sich das Feld in die Krümme herunter, so kann die Linie AB, nebst den beyden
 Fig. 21. Objecten abgeändert werden. Es ist klar, daß man hiebey den Punct M wissen muß, wo sich beyde Linien durchschneiden, und daß man den Winkel, den sie mit einander machen, eben so finden kann, wie wir die Winkel in den Δ HPP, mQq gefunden haben.
 Fig. 23. Ist die Neigung beyder Linien schief, so verfähret man sicherer, wenn man den spizen Winkel mißt. Endlich haben wir hier angenommen,

nehmen, daß man die beyden Objecte auf der ganzen Linie Hm sehen könne. Ist dieses nicht, so muß man Hülfspuncte annehmen. So kann man gleich in H anfangen, an dem Horizonte noch mehrere Objecte zu wählen, und die Winkel, so sie in H und m mit der Linie AB machen, auf gleiche Art ausmessen. Sind diese Winkel von 60 Gr. merklicher unterschieden, so sind sie auch in Ansehung der Genauigkeit nicht so gut, weil schiefere Δ dadurch entstehen. Sie müssen also nur zur Noth gebraucht werden. Die andern Hülfsmittel verschieben wir hier in folgendenen.

V. Fall.

§. 152.

Es sey wiederum die Linie AB, auf welcher man die Objecte B, A und die Ecken C, D, E, F, G, H &c. aber über denselben hinaus keinen Horizont oder keine entfernte Gegenstände sehe, so kann man wiederum die Figur mittels der Linie AF und der Messkette, wie wohl auf eine weitläufigere Art in Grund legen, davon ich nur die Möglichkeit anzeigen werde.

Fig. 24.

§. 153.

Wählet euch demnach zwischen der Linie AF und den Ecken CH, die Gegenstände c, d, e, f,

G 5

106 I. Anmerkungen und Zusätze

e, f, g &c. so daß jedes derselben ungefehr halb so weit als die Ecken von der Linie AF entfernt sey, und daß sie eben so von einander zerstreut liegen wie die Ecken selbst. Finden sich keine Gegenstände, so lasset daselbst Zeichen ausstecken.

§. 154.

Von diesen Zeichen muß nun die Lage der beyden ersten e, d bestimmt werden. Macht mit (E c) den Anfang, wo ihr die dritte Ecke E mit e in gerader Linie sehet, und von da an lasset wie vorhin die Nesselte gegen F umschlagen. Im Fortgange bemerket auf AF alle Punkte, wo die aus den Ecken der Figur durch die Zeichen e, d, e, f, g gezogenen Linien, die Linie AF durchschneiden unter folgenden Bedingungen:

1. Die erste Ecke C hat nur zwey, die zweyte drey, und die folgenden vier Linien.
2. Durch das erste Zeichen e gehen 3, durch die folgenden aber 4 Linien.
3. Von diesen 4 Linien haben wir 2 in der Figur blind gelassen, und diese dienen um die Lage des Zeichens, die übrigen beyden um die Lage einer folgenden Ecke zu bestimmen.

§. 155.

Aus diesen Bedingungen erklärt sich die Figur selbst.

1. Die

- 1.^o Die Lage der beyden Zeichen c, d, wird durch Ausmessung der Seiten von zweyen Δ bestimmt; davon die Basis auf AF liegt und die beyden andern Seiten in c und d zusammen laufen.
- 2.^o Durch diese Lage habt ihr die Ecken C, D, und E, und die punctirten Linien, so aus D und E gezogen sind, vermittelst der Punete De, Ee, Ek, und daher auch die Lage des Punets e.
- 3.^o Durch die Punete d, e, habt ihr die Lage des Punets F durch die Linien Fd, Fe, und die punctirten Linien so in F zusammen kommen, könnet ihr gleichfalls ziehen. Eine davon giebt euch der Durchschmitt f, daher habt ihr auch die Lage dieses Zeichens.

S. 156.

Auf gleiche Art lassen sich die übrigen Ecken der Zeichen eines um das andere bestimmen, wenn alle Punete auf der Linie AF durch die wirkliche Ausmessung ihres Abstandes von Ee gegeben sind. Bey der Ausmessung selbst muß man darauf sehen, daß man keinen dieser Punete weglasse. Dis geschieht am füglichsten, wenn man die Zeichen und Ecken numerirt, und Register darüber hält. So z. E. gehören

Zum Zeichen c die Ecken C, D, E
 d C, D, E, F
 e D, E, F, G
 f E, F, G, H
 &c. &c.

Woraus man leicht sieht, wie die Ecken nach einander abwechseln. Zu jedem Zeichen gehört ein neues Eck, nebst den drey vorhergehenden.

§. 157.

Ich habe diese Aufgabe hier angebracht, weil sie auf einer andern Seite betrachtet etwas besonderes hat. Die zweyen von den Triangeln, deren Ecken in d und e und deren verlängerten Seiten in C und D zusammen stoßen, haben wir deswegen angenommen, damit die Lage der Punkte d und e dadurch bestimmt würde, und überhaupt sieht man leicht, daß die ganze Figur construirt werden kann, wenn die Lage von vier derer Linien gegeben ist, welche durch die Zeichen oder durch die Ecken der Figur gezogen worden. Dieser Umstand macht, daß man von denen Linien, die in C zusammen laufen nur 2 und von diesen, so in D zusammen treffen nur drey nöthig hat. Und eben so wenig gebraucht man für die letzten Ecken H, G , weil da diejenigen überflüssig werden, so man sonst zur Bestimmung der Zeichen e, f, g &c. gebraucht hatte.

§. 158.

Die Lage von vier Linien, oder die Winkel, welche sie mit AF machen, sind so nothwendig, daß wenn man auch durch c und g noch Linien in F und G, desgleichen aus H, G, D, C noch andere durch e, d, f gezogen hätte, die Figur dennoch nicht hätte können construirt werden. Was aber hiebey merkwürdig scheint, ist dieses, daß wenn man die beyden Punkte d und e nach Gefallen annimmt, und die Figur eben so construirt, als wenn ihre Lage richtig angenommen wäre, alle Durchschnitte ordentlich eintreffen, und daß man dadurch statt des geometrischen Grundrisses einen perspectivischen Aufsatz bekommt der die Linie AF zur Grundlinie hat, dessen Horizont mit derselben parallel ist, aber auf welchem man weder seine Lage, noch den Augenpunct noch die Distanz des Auges weiß, und diese Stücke nur alsdenn finden kann, wenn die Lage von 4 Linien, oder die Winkel so sie unter sich oder mit der Linie AF machen, bekannt sind.

§. 159.

Setzt ABCD sey das Feld oder dessen Grundriß. Verlängert seine Seiten und Diagonalen bis an die Linie EH, Wenn ihr nun von der Figur nichts anders wisset als die Abschnitte H, G, M, F, E so kann dennoch

Fig. 25.

die

110 I. Anmerkungen und Zusätze

die Figur perspectivisch entworfen werden. Nehmet z. E. die Linie MK, und auf derselben die Puncte a, c nach Belieben an, welche das Bild von A, C seyn sollen. Zieheth die Linien He, Fa, Gab, Ebc, welche sich in b und d durchschneiden, und abcd wird der perspectivische Entwurf von ABCD seyn, desgleichen wird die Diagonal ca verlängert, in eben den Punct M treffen, in welchen die Diagonal CA läuft.

§. 160.

Wenn nebst den Puncten A, B, C, D noch unzählige andere auf dem Grundrisse sind, so werden sie sich auf gleiche Art perspectivisch zeichnen, und mit den Puncten a, b, c, d zusammen hängen lassen, aber noch ohne Horizont, ohne Augenspunct, und ohne Abstand des Auges von der Tafel. Setzet ihr nun ABCD sey ein Parallelogrammum, so dürft ihr nur in seinem Bilde die Seiten verlängern, bis sie sich durchschneiden, welches in l und L geschieht, und die Linie ll wird der Horizont und mit HE als der Grundlinie parallel seyn. Den Beweis hievon kann man aus den Grundlagen und Regeln, die ich in der Anweisung jeden perspectivischen Aufriß ohne Grundriß zu verfertigen, vorgetragen, leicht herleiten. HE ist die Grundlinie, weil sie mit der Grundfläche einerley geometrischen Maßstab hat.

hat. Der Horizont ist mit derselben nöthwendig parallel, und muß sich da befinden, wo solche Linien, die auf der Grundfläche parallel sind, auf dem perspectivischen Risse zusammenlaufen. Die übrigen Mittel den Horizont, den Augenpunct und den Abstand des Auges zu bestimmen, finden sich in erstbesagtem Werke in dem Abschnitte von den umgekehrten Aufgaben der Perspective.

§. 161.

Uebrigens achte ich nicht, daß die Aufgabe, die wir hier angebracht haben, in der practischen Geometrie oft vorkomme. Wenn die Strassen in einem Lande in gerader Linie fortgiengen, und man auf denselben, die umliegenden Berge, Dörfer, Schlöffer &c. unverhindert sehen könnte, so ließe sich dadurch ihre Lage mit Hülfe eines Schrittzählers im Durchreisen zureichend genau bestimmen, um eine Land-Charte davon zu machen. Es gieng ebenfalls noch an, wenn man die Wendung des Weges, besonders, wenn er sich lange Stücke durch in die Gräde zöge, bey jedem Ecke ausmessen wollte. In der Ausübung, wo so mancherley Hindernisse vorkommen können, ist es immer nützlich, mehrere Mittel in Vorrath zu haben, und die practische Geometrie hat besonders nöthig durch die Untersuchung derselben bereichert zu werden.

V. Verticale Linien und Flächen.

§. 162.

Verticallinien sind der Erdoberfläche, oder vielmehr auf der Fläche des stehenden Wassers senkrecht. So lange man die Erde vollkommen sphärisch geglaubt hat, hat man auch annehmen können, daß sie im Centro der Erde zusammen laufen. Nachdem man aber dieselbe abgeplattet befunden, so hat man die Verticallinien angefangen für das anzusehen, was sie wirklich sind, nemlich für Halbmesser der Krümmungskreise der Mittagscircul. Der Unterschied beträgt fast in allen Fällen der practischen Geometrie eine Kleinigkeit, die man nur da zu achten hat, wo Verticallinien durch sehr entfernte Puncte der Erdoberfläche gezogen werden. Wir werden demnach bey der ersten Hypothese bleiben, so lange es nicht nöthig ist, auf den Unterschied zu sehen.

§. 163.

Diese Linien haben unstreitig in der ausübenden Messkunst merkliche Vorzüge vor der Mittaglinie, allein ihr Gebrauch ist dagegen viel eingeschränkter. Die Vorzüge, die sie haben, gründen sich auf den Hydrostatischen Satz, daß die mittlere Richtung der Kräfte, die auf eine flüssige Fläche drücken, auf dieser Fläche aller Orten senkrecht seyn. Diese Kräfte sind die Schwere
und

und die Bewegung der Erde, und aus beyden wird die Krümmung der Mittagscircul der Erde bestimmt.

§. 164.

Hiedurch hat man ein gedoppeltes Mittel Vertical- und Horizontallinien zu ziehen, die man aller Orten gebrauchen kann. Das erste ist der wagrechte Stand der Fläche des Wassers, und überhaupt der flüssigen Körper. Diese Fläche ist aller Orten horizontal, und aller Orten sind die Verticallinien auf derselben senkrecht. Das andere ist die Richtung der fallenden und hangenden Körper, und diese ist aller Orten gegen die horizontale Fläche senkrecht.

§. 165.

Da ferner die verticale Linien sämtlich im Mittelpuncte der Erde zusammen treffen, dieser Punct aber bey 860 Meilen von der Erdoberfläche entfernt ist, so kann man sie in den meisten Fällen der practischen Geometrie als parallel ansehen, und wo diß nicht zulässig ist, da kann man den Winkel bestimmen, unter welchem sie sich durchschneiden. Zu so weit haben also die Verticallinien mit den Mittagslinien gemeinsame Vortheile, daß man dieselbe aller Orten ziehen, und dadurch zu Parallellinien gelangen kann, welche uns in jedem Falle einen oder mehrere Winkel ersparen,

114 I. Anmerkungen und Zusätze

sparen, wie wir dieses oben schon gewiesen haben.

§ 166.

Allein die Vortheile der Verticallinien sind in vielen Absichten merklicher. Einmal kann man sie leichter und genauer ziehen als die Mittagslinie, welche man nur mit mehrerer Arbeit, mit Verlust der Zeit und nur bey hellem Wetter genau ziehen kann, und wobey man horizontale Linien und Flächen oder verticale Linien gebrauchen muß. Sodann wird der Gebrauch der Mittagslinie desto eingeschränkter, je mehr man gegen die Pole rückt, und unter den Polen hört er vollends auf, weil alle in diesen Puncten zusammen laufen. Hingegen bleibt der Mittelpunkt der Erde von ihrer Fläche aller Orten fast gleich entfernt, und der Unterschied beträgt eine Kleinigkeit, die sich durch die Halbmesser der Krümmung der Mittagscircul bestimmen läßt, hier aber nicht in Betrachtung gezogen wird. Dieser Umstand macht den Gebrauch der Verticallinien auf der ganzen Erdoberfläche allgemein. Endlich dienen dieselben aller Orten zu Bestimmung der Horizontalfläche, und aus gleichem Grunde zur Bestimmung der Lage einer jeden andern Fläche.

§. 167.

Dieses sind zusammen genommen und überhaupt betrachtet, die Vortheile, die wir von

von den Verticallinien haben, und die man suchen muß recht brauchbar zu machen. Allein ihr Gebrauch ist eingeschränkter, als der von der Mittagslinie. Die Parallellinien, die sie uns so genau geben, sind auf verticalen Flächen, und auf diesen haben wir eben nicht viel auszumessen. Wirkliche Verticalflächen heutzutage die Natur wenige oder gar keine an, und die wir haben, sind die Werke der Baukunst, welche aber aus guten Gründen nicht vollkommen vertical sind.

§ 168.

Man hat daher den Gebrauch der Verticallinien auf die bloße Ausmessung der Höhe der Gegenstände eingeschränkt, und hierin geben sie uns alle Vortheile, die man von einem rechtwinklichten Triangel haben kann, von welchem man die Lage der beyden kürzern Seiten ohne Ausmessung weiß, und daher weiter nichts als die Lage der längsten Seite zu bestimmen hat, welches allemal durch die Ausmessung eines der an ihr liegenden Winkel geschehen kann. Da man den rechten Winkel ohnehin weiß, so hat man durch einen der andern Winkel, und eine Seite die übrigen 3 Stücke desselben. Hierin besteht der ganze Vortheil, den uns die Verticallinien geben.

§ 2

§ 169.

116 I: Anmerkungen und Zusätze

§. 169.

Da in der Ausübung die Ausmessung der Höhen der Dertter, viel seltener vorkommt, als die Ausmessung horizontaler Linien, so ist klar, daß dieser Vortheil gemeinnütziger wird, wenn man ihn auf diese Seite wendet, und in dem erst beschriebenen Triangel die Länge der aufrechtstehenden Linie zum Maße der liegenden gebraucht. Ist aber diese, wie es fast allezeit geschieht, vielmahl länger als jene, so ist leicht zu erachten, daß die beyden spitzen Winkel sehr ungleich werden, und daß sich ein kleiner Fehler, so man in Messung derselben begeht, auf die ganze Länge der Linie ausdehnt, daher fordert der Gebrauch dieses Mittels die größte Schärfe in der Ausmessung der Höhe und der Winkel. Sodann sind die meisten Fälle so beschaffen, daß man sich mit einem einigen Δ nicht aushelfen kann, weil die wirkliche Ausmessung einer Seite desselben, unmöglich wird. Gebraucht man aber zween Stände, so wird gefordert, daß selbige in gleicher Horizontalsfläche liegen, und dieses macht die Arbeit wieder schwerer und ungewisser. Endlich kömmt bey einem allzugroßen Abstände die Refraction des Lichts in der Luft hinzu, welche wiederum besonders muß bestimmt werden.

§. 170.

So wechseln die Umstände ab. Die Mittagslinie läßt sich schwerer genau bestimmen,

men, aber wenn sie einmal gezogen ist, kann man sie trefflich gebrauchen. Die Verticallinie giebt sich leicht und genau, hingegen häufen sich die Hindernisse bey ihrem Gebrauche. Was wir, um dieselben aus dem Wege zu räumen, thun können, ist, daß wir annehmen, die Winkel können so genau gemessen werden, als es die Umstände erfordern. Die Genauigkeit der Instrumente, die man heutiges Tages hat, lassen diese Voraussetzung als die erträglichste zu, und mit Hülfe des Micrometers an Fernröhren, werden auch sehr kleine Winkel noch zureichend genau können ausgemessen werden, und die Schätzung des Fehlers, den sie noch verursachen können, bestimmt sich in vielen Umständen so, daß wir der Wahrheit näher kommen können.

§. 171.

Es sey nun AB ein aufrecht stehendes Object oder eine Verticallinie, und man befinde sich in C , so kann man daselbst nicht nur die Fig. 26. Horizontallinie CA ziehen, auf welcher AB senkrecht steht, sondern da man in C ebenfalls Verticallinien auf AC aufrichten kann, z. E. ab , so hat man dadurch den ganzen $\triangle ABC$ ins kleine gebracht, und was man in abc im kleinen ausmisset, ist so gut als in dem großen ABC ausgemessen. Es ist ferner klar, daß die Redensart, in C die Höhe des Objects B auszumessen, schlechterdings beziehungsweise

§ 118 I. Anmerkungen und Zusätze

se muß genommen werden, weil C höher oder tiefer liegen kann. Wenn man demnach die Höhe AB zum Maasse annähme, um dadurch die Entfernung AC vermittelst des Winkels BCA zu bestimmen, so muß man versichert seyn, daß A und C in gleicher Horizontalschicht liegen, und dieses ist schwer zu bestimmen, so bald man den Punct A in C nicht sieht, wie es gemeiniglich geschieht.

§. 172.

Wenn man hiebei weiter nichts sucht, als die Länge der Linie AC, so ist das Mittel in allen denen Fällen leicht, wo BD eine wirkliche Verticalschicht ist, die über die andern Objecte empor steht. Hohe Thürme in einer Stadt, und Gebäude die auf Anhöhen liegen, haben diese Eigenschaft. Man nehme daher nicht die ganze Höhe BA sondern nur den kennlichen Theil BD an, so lassen sich in C die Linien CA, CD, CB und ab ziehen, und die beyden $\triangle CAD$, CDB werden in Cad, Cdb im Kleinen vorgebildet. Da in A immer ein rechter Winkel ist, so hat man durch die ausgemessenen Winkel ACD, ACB auch die Winkel ADC, ABC und folglich mittelst der Linie BD genug Stücke, um alle 3 Linien AC, DC, BC zu bestimmen.

§. 173.

Wenn in diesem Falle die Winkel ACD, ACB sehr groß sind, so werden nicht nur die

se 3 Linien, sondern auch AD und AB, und folglich die Erhöhung der Punkte B und D genau bestimmt. Wir nennen hier genau, wenn der Fehler, so zu besorgen ist, in Vergleichung mit dem Ganzen sehr geringe wird. Daher, wenn AC vielmal länger ist als AB, so wird ein gleicher Fehler, den man bey Ausmessung der Winkel in C begeht, die Verhältniß der Linien AD, AB merklicher ändern, als die Verhältniß der falsch gemessenen Linie AC zur wahren, zum vorausgesetzt, daß der Winkel BCD, welcher der Unterschied zwischen den gemessenen BCA, DEA ist, richtig sey, wie er dann fast immer richtiger ist. Denn die beyden Winkel ACD, ACB hängen nicht nur von der Eintheilung des Instruments, sondern auch von seiner Stellung, der Winkel BCD aber allein von der Eintheilung des Instruments ab, und dieser kann, zumal wenn er klein ist, mittelst des Micrometers sehr genau gemessen werden, weil wir annehmen, daß man die Linie BD in C sehe. Ferner sind die Winkel DCA, BCA der Strahlenbrechung unterworfen, so bald der Abstand AC merklich groß ist. Ungeacht man aber in C nach einer gleichen Horizontallinie schaut, und folglich immer auf den Punct A trift, wenn die Entfernung und Höhe des Orts C einerley bleibt, so hat man dadurch keinen andern Fehler zu besorgen, als daß man nach den drey Linien CA, CD, CB, die in diesem Fall

120 I. Anmerkungen und Zusätze

eine merkbare Krümmung haben, die ganze Linie AB höher sieht, als sie wirklich ist, und daher ihre Erhöhung über den Ort C nicht anderst genau bestimmen kann, als daß man die nunmehr auch merkbare Krümmung der Erde und die Strahlenbrechung mit in die Rechnung zieht. Hingegen werden die Winkel DCA, BCD durch die Strahlenbrechung nicht geändert, wie ich es in dem Tractate *Les propriétés remarquables de la route de la lumière par les airs* für die irdischen Gegenstände bewiesen habe. Dieser Umstand macht also, daß man den Winkel BCD auch deswegen genauer weiß.

§. 174.

Ist der ganze Winkel BCA nur ein oder etliche Grade, wie dieses bey größern Entfernungen nothwendig statt hat, so ist der Winkel BCD alleine zureichend, um die Entfernung AC durch BD zu bestimmen. Denn da die Linien CD, CB hier als Secanten von sehr kleinen Winkeln können angesehen werden, so ist aus der Trigonometrie klar, daß sie sehr wenig von einander unterschieden sind. So z. E. wenn BCA von 3 Grad ist, so ist BC ungefähr um $\frac{1}{100}$ größer als CA. Es ist klar, daß man damit zufrieden seyn kann, wenn der Winkel BCD nicht mehr als um einen so kleinen Theil fehlet. Ist BCA nur 1 Grad, so ist BC kaum um den 660ten Theil größer als

auch, wenn gleich AC auf AB nicht rechtwinklich ist. Laßt uns demnach diese Aufgabe allgemeiner auflösen, weil sie besondere Umstände hat. Es mache demnach AB mit AC einen beliebigen Winkel. Auf AB sey die Linie BD abgeschnitten. Und es ist die Frage, wo auf der Linie AC der Punct C liege, in welchem der Winkel BCD unter allen der größte sey.

Fig. 27. *S. 177.*

Setzet C sey dieser Punct. Nehmet auf gleicher Linie den Punct c, dem C unendlich nahe, und zieht die Linien Bc, Dc, so muß nach der Natur des größten und kleinsten der Winkel $BCD = BcD$ seyn. Da nun diese beyden Winkel auf gleicher Linie BD stehen, so ist nothwendig, daß die vier Puncte B, D, C, c in dem Umkreise eines Circuls liegen, und weil die Chorde Cc unendlich klein ist, so muß dieser Circul die Linie AC in C berühren. Dieser Circul, welcher durch diese Eigenschaft bereits construirt werden kann, sey BDC. Da nun die beyden Winkel ABC und AC auf gleicher Chorde DC stehen, so sind sie einander gleich, und aus einem ähnlichen Grunde ist auch $ADC = ACB$, folglich sind die beyden Triangel ACD, ABC einander ähnlich, daher

$$AD : AC = AC : AB$$

folglich ist die Distanz AC die mittlere Pro-

Proportional zwischen den beyden gegebenen Linien AD und AB. Und da sie hier durch ohne den Winkel BAC bestimmt wird, so folgt daraus, daß auf jeden Linien, so aus A gezogen werden können, der Punct C, in welchem BD unter dem größten Winkel erscheint, von A gleich entfernt sey, und daß folglich dieselbe sämtlich um A herum in einem Circul liegen, dessen Mittelpunct A, und der Halbmesser die mittlere Proportionalzahl zwischen AD und AB ist.

§. 178.

Dieser Circul sey CE, ziehet die Linie CE, so habt ihr

$$AE = AC$$

folglich

$$AD : AE = AE : AB$$

Daher auch

$$AD : AE = DE : EB$$

Nun ist

$$AD : AE = AD : AC = DC : CE$$

folglich

$$DC : CB = DE : EB$$

Daher wird der Winkel DCB durch CE in zween gleiche Theile getheilt.

§. 179.

Ferner ist der Winkel

$$ACB = ACD + DCB$$

$$DCA = ABC$$

folglich

124 I. Anmerkungen und Zusätze

folglich

$$ACB = ABC + DCB = 180^\circ - ABC - BAC$$

Daher

$$BAC = 180^\circ - 2 ABC - DCB$$

folglich lassen sich aus zween Winkeln die übrigen finden.

§. 180.

Wenn $BAC = 90^\circ$ ist, so ist

$$2 ABC = 90^\circ - DCB$$

und

$$ADC = 90^\circ - ABC.$$

§. 181.

Könnte man demnach ohne Mühe den Ort C finden, wo der Winkel BCD am größten ist, welches mittelst der Camera obscura geschehen kann, so würde man aus dem Winkel BAC und dem größten BCD die Verhältniß zwischen AD, AB AC finden. Die größten Winkel haben die Eigenschaft, daß man sie sehr genau finden kann, wenn man auch den Punct C nicht genau weiß, weil sie sich sehr wenig ändern, wenn auch die Linie AC sich ziemlich stark in ihrer Länge verändert. Um desto leichter können sie genau gemessen werden.

§. 182.

Wenn BD sehr klein ist, so ist AC von AD und AB sehr wenig verschieden, und der

folglich

$$BAC = DCB$$

Unter

Unterschied verschwindet vollends, wenn $BD = 0$ wird. Laßt uns nun diesen Fall umkehren, und den Winkel DCB als einen kleinen Fehler ansehen, den man bey Ausmessung des Winkels DCA oder BCA begehe. Diesen Fehler wollen wir von beständiger Größe setzen. Es entsteht also die Frage, wo man auf der Linie AC seyn müsse, um die Linie AB vermittelst der Winkel BAC und BCA am genauesten auszumessen, wenn der Fehler nur auf den letztern fällt, und von beständiger Größe ist. Da der Winkel BCD bey gleichem Fehler der Linie BD , in C am größten ist, so ist offenbar auch in C der Fehler DB bey gleichem Fehler im Winkel am kleinsten, und folglich wird auf der Standlinie AC der gesuchte zweyte Stand C da seyn, wo AC die mittlere Proportionale zwischen AB und AD ist. Man sieht zugleich hieraus, daß die Standlinie AC eine gleiche Länge behält, der Winkel EAC mag größer oder kleiner seyn, daß aber hingegen der Fehler DB zugleich mit dem Winkel DAC wächst.

§. 183.

Wenn wir annehmen, der Winkel BCD und bey nähern Gegenständen der Winkel DCA werden genau gemessen, so kann man durch die Linie BD den Abstand AC finden, oder durch diesen jene. Denn es ist überhaupt

Fig. 26.
AC:

126 I. Anmerkungen und Zusätze

$$AC:BD = (\cos ACB, \cos DCA) : \sin BCD.$$

Hat man aber nur die Winkel BCD, DCA, so findet man auch nur die Verhältniß zwischen AC und BD, und diese mag in vielen Fällen dienlich seyn, besonders, wenn man vermittelt der Linie BD mehrere Abstände unter sich vergleichen, und dadurch andere Linien und Figuren bestimmen will. So z. E. wenn man näher gegen A in E ist, und mißt die Winkel DEA, BED, so findet man, ohne BD zu wissen, wie sich AE, zu AC verhalte; Mißt man nun eine der Linien AE, AC, EC, BD aus, so hat man auch alle übrige. Und es ist hier nicht nöthig, daß E und C vollkommen auf gleicher Fläche seyn. Die Verhältniß zwischen den Linien BD, AE, AC bleibt einerley, wenn auch ein merklicher Unterschied zwischen der Höhe von E und C ist; Und ebenfalls bleibt sie einerley, wenn auch A, E und C nicht in gerader Linie liegen. Hingegen verändert sich in diesen Umständen die Länge von EC, so bald die drey Punkte A, E, C merklich von einer geraden Linie abweichen, es mag nun seitwärts oder in die Höhe, oder schief hinauf geschehen, so muß man einen der Winkel wissen, den zween derselben in dem dritten machen. Ist aber die Abweichung von der geraden Linie nur einen, oder zween Grade,

so wird sich EC zu den meisten Absichten noch zureichend genau bestimmen lassen, wenn man die Linie AEC als vollkommen gerade ansieht. Hingegen, wenn man nicht nur die Länge EC, sondern auch die wirkliche Lage der Punkte A, E, C suchet, so muß der Winkel gemessen werden, wenn er auch in der ersten Absicht nichts zu achten wäre. Die Genauigkeit muß immer aus den Absichten und Umständen bestimmt werden, die man in jedem Falle vor sich hat.

§. 184.

Da man also vermittelst der Verticalallinien die Verhältnisse zwischen horizontalen Linien finden kann, so entstehen hiebey sehr viele Aufgaben, je nachdem man andere Umstände zusammenpaaret. Von diesen werde ich nun einige hier anbringen.

§. 185.

Befindet man sich mit zweyen verticalen Objecten BD, bd, in gerader Linie in C und c, und mißt die Winkel BCD, BcD, BCA, BcA, bCd, bCa, bcd, bca, so läßt sich die ganze Figur zu Pappire bringen. Nehmet AC an und richtet AB perpendicular auf, so geben euch die Winkel BCA, BCD die beyden Punkte B, D. Verlängert AC gegen a, und durch die Winkel bCa, DcA oder durch ihre Complementary cBA, cDA habt ihr den Punct a.

Aus

Fig. 28.

128 I. Anmerkungen und Zusätze

Aus den beyden Puncten C, c könnet ihr durch die übrigen 4 Winkel die Linien Cb, cb, Cd, cd ziehen, und aus b eine senkrechte Linie auf Aa fallen. Diese soll durch d gehen, und hiedurch läßt sich die Richtigkeit der Observation prüfen. Eben dieses wird durch Rechnung gefunden. Durch die Formel des §. 183. habt ihr die Verhältnisse zwischen AC und Ac, desgleichen zwischen Ca und ca. Setzet $AC=1$, so findet ihr Ac und folglich auch Cc. Nun ist Cc dem Unterschiede der Zahlen proportional, wodurch ihr die Verhältniß zwischen Ca und ca ausdrückt. Folglich verhält sich dieser Unterschied zu Cc, wie die grössere Zahl zu Ca, und wie die kleinere zu ca.

§. 186.

Es ist hiebey nicht nöthig, daß C und c in gleicher Höhe seyn, weil die Linien AC, Ac, Cc, Ca, ca überhaupt nur den horizontalen Abstand der Puncte A, C, c, a vorstellen. Hingegen müssen diese Puncte in einer gleichen Verticalfläche liegen, oder wenigstens davon nur unmerklich abweichen. Endlich wenn man auf Aa ausser C, c noch mehrere Stände annimmt, so werden diese noch zu genauerer Bestimmung der Fehler dienen, weil je zween und zween Stände unter sich können verglichen werden.

§. 187.

§. 187.

Liegen aber die beyden Stände C, c nicht in gleicher Verticalfläche mit A und a , so kann man dennoch durch eben die Winkel die Verhältnisse zwischen AC und Ac , desgleichen zwischen Ca und ca finden. Aber man muß noch andere Data haben, um die Figur zu Papiere zu bringen. Und es ist klar, daß hieraus so viele Aufgaben entstehen, als man diese Data abwechseln kann. Wir wollen hier von nur etliche angeben. Die leichtesten sind wenn man die Verhältniß zwischen BD und $bä$ und überdiß noch einen horizontalen Winkel weiß, welchen zween von den Punkten A, C, c, a in dem dritten machen. Denn aus der Verhältniß zwischen BD und $bä$, und den in C und c gemessenen Verticalwinkeln findet man die Verhältnisse zwischen allen vier Abständen AC, Ac, CA, ca , und der horizontale Winkel giebt ihre Lage durch eine leichte Construction. Wenn von den Punkten A, C, c, a drey in gerader Linie liegen, und man mißt überdiß noch den horizontalen Winkel, welchen der vierte Punct in einem der drey erstern mit dieser Linie macht. Setzet die Lage der vier Punkte sey A, C, c, a . Aus den verticalen Winkeln habt Fig. 29. ihr die Verhältnisse zwischen AC, Ac , und zwischen Ca, ca . Habt ihr nun einen der Winkel in C oder c gemessen, so findet ihr den andern leicht. Denn die Sinus dieser

J Winkel

130 I. Anmerkungen und Zusätze

Winkel verhalten sich wie die gegenüberstehenden Seiten Ca, ca . Da nun die Verhältniß zwischen diesen Seiten bekannt ist, so findet ihr aus dem Sinus des gemessenen Winkels den Sinus des andern, und folgend den Winkel selbst. Beyde geben sodann die Lage des Puncts a .

§. 188.

Ist der Winkel AaC , oder Aac , oder CaC oder aAC gemessen worden, so sind die Auflösungen verschieden.

1.° Für den Winkel CaC . Setzet $Ca = r$, so findet ihr ca durch die gegebene Verhältniß zwischen Ca und ca . Da ihr nun in dem ΔCaC zwei Seiten und den zwischen liegenden Winkel habt, so findet ihr auch die Seite Cc , und einen jeden der Winkel C, c . Diese Winkel geben die Lage des Puncts a . Und die Seite Cc giebt CA vermittelst der Verhältniß zwischen AC und Ac . Denn der Unterschied der Zahlen, wodurch diese Verhältniß ausgedruckt wird, verhält sich zu Cc , wie die kleinere Zahl zu CA , oder wie die grössere zu ca .

2.° Für den Winkel AaC . Setzet denselben $= a$, den Winkel $Aac = x$, $aAa = y$, so habt ihr

$$AC : \sin a = Ca : \sin y$$

$$Ac : \sin x = ac : \sin y$$

folglich

folglich wenn y weggeschafft wird

$$\text{Ca. } \sin a : AC = \text{ca. } \sin x : Ac$$

und daher

$$\frac{AC}{Ac} : \frac{aC}{ac} = \sin a : \sin x$$

Nun aber sind $AC : Ac$ und $aC : ac$ die gegebenen Verhältnisse, daher wird durch diese Proportion der Winkel Aac aus dem Winkel AaC , oder hinwiederum dieser aus jenem gefunden. Da ihr nun hierdurch auch den Winkel Cac findet, so ist die Auflösung auf die vorige gebracht.

3.^o Für den Winkel Aac . Wenn ihr denselben $= x$, und den Winkel $AaC = a$ nennet, so habt ihr die erstgefundene Formel, und das übrige ist wie im zweyten Falle.

4.^o Für den Winkel aAC . Setzet $AC = r$, so habt ihr Ac durch die gegebene Verhältnisse. Es sey demnach $Ac = b$, der gemessene Winkel $aAC = a$, die Linie $Aa = x$ so ist

$$aC^2 = r^2 + x^2 - 2rx \cos a$$

$$ac^2 = b^2 + x^2 - 2bx \cos a$$

folglich

$$aC : ac = (r^2 + x^2 - 2rx \cos a) : (b^2 + x^2 - 2bx \cos a)$$

Da nun die Verhältnisse zwischen aC und ac gegeben ist, so setzet $aC : ac = 1 : n$, und ihr habt

132 I. Anmerkungen und Zusätze

$$n^2 + n^2 x^2 - 2 n x \cos a = b^2 + x^2 - 2 b x \cos a,$$

$$x^2 + \frac{2 \cos a (n - b)}{1 - nn} \cdot x = n^2 - b^2$$

welche Gleichung die Linie Aa giebt, und zugleich zeigt, daß zweien Fälle möglich sind, und daher aus andern Umständen erörtert werden muß, welcher davon der wirklich vorhandene sey.

§. 189.

Alle diese Fälle lassen sich auf eine gleiche Art construiren. Es seyn die vier Verter Fig. 30. A, C, c, a. Nehmet AC an, und durch die gegebene Verhältniß findet ihr Ac, und folgendes Cc. Da ihr auch die Verhältniß Ca : ca wisset, so machet

$$(Ca + ca) : Ca = Cc : CG.$$

oder wie die Summe der Zahlen, dadurch die Verhältniß ausgedruckt wird zu der größern derselben, also Cc zu CG. Hiedurch findet ihr den Punct G. Ferner

$$(Ca - ca) : Ca = Cc : CF$$

oder wie die Differenz eben dieser Zahlen zu der größern, also Cc zu CF. Auf GF als auf einem Diameter beschreibet den halben Circul GaF auf der Seite, auf welcher der Punct a liegt, und dieser wird irgendwo in dem Umkreise dieses halben Circuls liegen.

§. 190.

Um nun den Punct zu finden, wo er liegt, so gebrauchet den ausgemessenen horizontalen Winkel.

- 1.° Ist einer der Winkel in c, C, A gemessen worden, den die Linien ac, aC, aA mit AC machen, so dürft ihr ihn nur an den gegebenen Punct c, C oder A auf AC setzen, und die Linie ca, Ca oder Aa ziehen. Wenn diese Linie den halben Circul an zween Orten durchschneidet, so sind zween Fälle möglich, weil der Punct a in beyden Durchschnitten liegen kann, welches hier bey den Linien Aa und Ca geschieht.
- 2.° Wenn der Winkel Cac gemessen worden, so sehet Cc als eine Chorde eines Circulbogens an, welcher doppelt so viele Grade hat, und construiret denselben. Dieser Circul Cca , wird den halben Circul in den gesuchten Punct a durchschneiden.
- 3.° Eben so werdet ihr den Punct a finden, wenn einer der Winkel AaC, Aac gemessen worden, nur daß in dem ersten Falle zween Durchschnitte möglich sind, und daher der wahre aus andern Umständen bestimmt werden muß.

§. 191.

Wenn von den vier Puncten A, C, c, a drey nicht in gerader Linie liegen, so muß man zween Winkel messen, und diese können wieder auf sehr viele Arten combinirt werden. Es seyen die vier Puncte A, C, c, a Fig. 31. und die Verhältnisse zwischen AC, Ac und zwischen aC, ac werden als gegeben angenommen.

men. Da wir uns mit den zween Ständen in C, c begnügen wollen, so werden wir hier drey allgemeine Fälle haben, weil man die beyden Stände mit einander verwechseln kann. Und diese Fälle lassen sich noch auf zweene bringen, weil man bey dem dritten die Verhältnisse nicht nöthig hat.

§. 192.

Denn da wir sehen, daß man in C und c die beyden Orter A, a sehen müsse, so kann man 1.° in C und c die Winkel ACa, Aca messen, ohne daß man an dem einen Stande nöthig habe, nach dem andern zu sehen, welches in der Ausübung allemal ein Vortheil ist, weil man sich dabey an die Stände nicht binden darf. 2.° Ist C ein solcher Ort, den man in jedem andern Stande sehen kann, so kann man sich begnügen das Nestischgen, oder das Instrument, womit man horizontale Winkel mißt in c mitzunehmen, und da mißt man die beyden Winkel CcA, Aca, und diese sind zu reichend. Endlich wenn man an jedem der beyden Stände C, c den andern sehen kann, und hat in beyden das Instrument zu Ausmessung der horizontalen Winkel, so hindert nichts, das man nicht alle 4 Winkel ACc, aCc, AcC, acC sollte messen können, dadurch aber wird die Linie Cc in aller Form zur Standlinie, und die Verhältnisse werden überflüssig. Wir bleiben demnach bey den beyden

zur practischen Geometrie. 135

beyden ersten Fällen, und werden sie nun auf
lösen.

§. 193.

Sind demnach die beyden Winkel ACa ,
 Aca gemessen worden, so nennet $ACa = a$,
 $Aca = b$, und $Aa = z$. und es ist

$$zz = AC^2 + Ca^2 - 2 AC. aC. \cos a$$

$$zz = Ac^2 + ac^2 - 2 Ac. ac. \cos b$$

Hiedurch wird z abgeschafft. Setzet ferner
wegen der gegebenen Verhältnisse

$$Ac = n. AC$$

$$ac = m. aC$$

so habt ihr

$AC^2 + aC^2 - 2AC.aC. \cos a = n^2.AC^2 + m^2.aC^2 - 2n.m.aC.AC \cos b$
Da ihr nun AC annehmen könnet, so setzet

$AC = 1$, $aC = x$, so ist

$$1 + x^2 - 2x \cos a = n^2 + m^2 x^2 - 2nm x \cos b.$$

Diese Gleichung giebt die Linie aC , und zeigt
zugleich, daß wiederum zween Fälle möglich
sind, von welchen der wahre aus andern Um-
ständen erkannt werden muß.

§. 194.

Wenn die beyden Winkel ACe , aCe
gemessen worden. Die Sinus der Winkel
 ACe , AcC verhalten sich wie die gegenüber
stehenden Seiten Ac , AC , folgendes sind sie in
gegebener Verhältniß, und der Winkel AcC
wird durch den Winkel ACe gefunden. Auf

136 I. Anmerkungen und Zusätze

gleiche Art findet ihr den Winkel acC . durch den Winkel aCc . weil die Verhältniß zwischen ihren gegenüberstehenden Seiten aC , ac gegeben ist. Hiedurch habt ihr alle Winkel, und wenn eine Seite $z. E. Cc$ angenommen wird, alle übrigen Seiten.

§ 195.

Fig. 28. Bey allen diesen Auflösungen sieht man, daß noch der Maasstab fehlet, und daher, um diesen zu haben, jedesmal eine Linie wirklich ausgemessen seyn muß. Da wir ferner alle angenommene Verhältnisse auf die Winkel BCD , BCA &c. gründen, so ist klar, daß selbige desto genauere gemessen werden müssen, je kleiner sie sind. Wir haben dieses gleich Anfangs zum Grunde gelegt, und wegen der Genauigkeit der Instrumente, und besonders der Fernröhren so mit Micrometern versehen, lassen sich diese Aufgaben und die folgenden weit ausdehnen, und besonders bey Grundlegung ganzer Provinzen, mit Vortheile gebrauchen, wo man fast immer zween und mehrere Thürme sieht, und dadurch jeden Stand, wo andere Winkel auszumessen sind, bestimmen kann. Man kann auch dergleichen verticale Objecte selbstens sich verschaffen, wenn man auf Anhöhen Stämme von Bäumen aufrichten läßt, und an denselben kenntliche Zeichen B , D befestiget. Ueberdies sind alle diese Aufgaben so beschaffen, daß man dadurch die

die horizontalen Entfernungen der Dertter und Stände findet, wenn sie auch nicht in gleicher Horizontalfläche liegen, welches man sonst in ähnlichen Aufgaben annimmt.

§. 196.

Wie man in diesen letztern Fällen, die wir betrachtet haben, in zween Ständen C, c, die Lage aller 4 Dertter A, C, c, a, findet, so ist klar, daß wenn man noch mehrere Stände annimmt, in welchen man die verticalen Objecte A, a siehet, durch diese Aufgaben immer zween und zween Stände mit einem male zu Papire gebracht werden. Eben so, wenn man im Fortgange zu den Objecten A, a noch andere nimmt, und sie nach und nach abändert, so kann man durch dieses Mittel dieselben sämtlich zu Papire bringen, und mittelst der observirten horizontalen Winkel, welche jede andere Dertter in zween Ständen C, c mit den Linien CA, cA oder ca, Ca machen, dieselbigen gleichfalls in den Riß eintragen. Der Hauptvorthail besteht darinn, daß man sich in keinem Stande um die andere umsehen darf, wenn man nur in zween und zween, zwey gleiche verticale Objecte siehet.

§. 197.

Wenn man auf einer Verticalfläche die Höhe DC und die horizontale Breite CB oder wenigstens die Verhältniß zwischen beyden

138 I. Anmerkungen und Zusätze

weiß, und sodann in A den horizontalen Winkel CAB und die Winkel mißt, den die Linien AE, AD mit dem Horizonte machen, so findet man in beyden Fällen die Lage des Standes A, in Absicht auf die Grundlinie CB, und die Verhältniß zwischen allen Linien, im ersten Fall aber das wirkliche Maaß derselben. Nehmet ED nach dem wirklichen Maaße oder willkürlich an, so findet ihr den horizontalen Abstand AC durch die Formel des §. 183. Durch die Verhältniß zwischen ED und CB findet ihr auch CB, folglich habt ihr in dem horizontalen Triangel ABC die zwei Seiten AC, CB und den Winkel CAB. Nun ist

$$CB : \sin CAB = AC : \sin CBA$$

Hiedurch wird folglich auch der Winkel in B, und hieraus der in C, folgend die Lage des Standes A in Absicht auf die Grundlinie CB gefunden. Die übrigen Linien lassen sich hieraus im wahren oder im angenommenen Maaße bestimmen.

§. 198.

Da wir annehmen, daß man auch sehr kleine Winkel genau messen könne, und überdies die horizontalen Winkel einerley gefunden werden, der Observirstand A mag höher oder niedriger seyn, als CB, so wird die Aufgabe hiedurch sehr allgemein. Uebrigens müssen allemal die Linien ED, CB so genau gemessen werden als die Winkel, und besonders bey kleinen

kleinen Winkeln bis auf sehr kleine Theile, weil der Fehler mit dem Abstände AC sich vergrößert.

§. 199.

Die Lage des Standes A läßt sich schwerer genau bestimmen, wenn der Winkel CAB klein, und die beyden Winkel ACB, ABC sehr wenig von einander unterschieden sind. Kann man demnach den Stand A nach Belieben annehmen, so ist es besser, wenn derselbe nicht gerade vor der Seite CB gewählt wird, sondern daß die Winkel in C und B merklich ungleich werden.

§ 200.

Ist der Stand so nahe, daß wenn man auch die Winkel FAB, GAB mißt, dieselben merklich kleiner oder größer sind, als die Winkel EAC, DAC, und man setzt $ED = FG$, so hat man den horizontalen Winkel CAB nicht nöthig, und die Linien CB, ED sind zu reichend, um die Lage des Standes A zu bestimmen. Denn man findet dadurch die beyden Seiten AC, AB, (§. 183.) und da man die dritte CB schon weiß, so ist der ganze Triangel ABC und daher das übrige alles gegeben. Mißt man den Winkel CAB dennoch, so wird er zur Prüfung der Fehler dienen.

§. 201.

§. 201.

Fig. 33. In DE befinde sich ein aufrechtstehendes Object, vermittlest dessen man, wie in den vorhergehenden Fällen die Verhältniß zwischen den Linien DB, DC, DA, welche der Abstand der drey Stationen A, B, C sind, findet. Wenn nun die Seiten des $\triangle ABC$ ausgemessen werden, so kann man die Lage des Orts D in Absicht auf den $\triangle ABC$ finden.

§. 202.

Fig. 34. Verlängert die eine Seite AB des $\triangle ABC$, wenn es nöthig ist, und fällt die Perpendicular CF aus der Ecke C darauf. Es sey der gesuchte Ort in D, und die Linien DA, DB, DC gezogen, deren Verhältniß gegeben ist. Fället gleichfalls die Perpendicular DEG und ziehet CG mit FE parallel. Da die Linien AB, BF, FC, EG bekannt sind, so nennet $FC = EG = 2a$, $BF = b$, $AF = c$, $DE = y - a$, $DG = y + a$, $FE = CG = x$, so ist

$$CD^2 = x^2 + (y + a)^2$$

$$BD^2 = (x + b)^2 + (y - a)^2$$

$$AD^2 = (x + c)^2 + (y - a)^2$$

Da ferner die Verhältniß zwischen CD, BD, AD gegeben ist, so setzet

$$CD^2 = BD^2 \cdot m$$

$$CD^2 = AD^2 \cdot n$$

Hieraus

Hieraus wird

$$x^2 + (y \mp a)^2 = m(x+b)^2 + n(y-a)^2 = n(x+c)^2 + u(y-a)^2$$

folglich

$$0 = \frac{2mbx + mbb - 2ay(m+1)}{m-1} + x^2 + y^2 - a^2$$

$$0 = \frac{2nec + ncc - 2ay(n+1)}{n-1} + x^2 + y^2 - a^2$$

Hieraus ferner

$$x \left(\frac{2mb}{m-1} - \frac{2nc}{n-1} \right) = \frac{ncc}{n-1} - \frac{mbb}{m-1} + 2ay \left(\frac{m+1}{m-1} - \frac{n+1}{n-1} \right)$$

oder

$$y = \frac{mbb(n-1) - ncc(m-1)}{4a(n-m)}$$

$$+ \frac{mb(n-1) - nc(m-1)}{2a(n-m)} x$$

Wird der Werth von y , den diese Gleichung giebt, in einer der beyden vorhergehenden gesetzt, so kömmt man auf eine Quadratische Gleichung, in welcher nur noch x ist, und folglich gefunden werden kann. Man sieht zugleich hieraus, daß diese Aufgabe einen doppelten Werth giebt, und dabey folglich zweyen Fälle möglich sind, davon der wahre aus andern Umständen jedesmal bestimmt werden muß.

§. 203.

Man kann die Auflösung auf eine leichte Art construiren. Verlängertzwo Seiten des Fig. 35.

$\triangle ABC$,

142 I. Anmerkungen und Zusätze

ΔABC , §. E. AB und CB gegen die Ecke
welche dem Punct D näher liegt. Machet
sodann

$$(AD + DB) : DB = AB : BF$$

$$(AD - DB) : DB = AB : EG$$

und

$$(CD + DB) : DB = CB : BH$$

$$(CD - DB) : DB = CB : BI$$

welches geschehen kann, weil AD, BD, CD
hier nur die Zahlen vorstellen, durch welche
die Verhältnisse zwischen diesen Linien ausge-
druckt werden. Da nun hiedurch die Punc-
te F, G, H, I gefunden werden, so beschreibt
auf FG und HI als auf Diametern die zweien
Circul FDG, HDI, welche sich in D' und d
durchschneiden, und einer dieser Durchschnitte
wird der gesuchte Ort seyn, welches aber aus
den übrigen Umständen muß ausgemacht
werden.

§. 204.

Nach der Methode, die wir oben angege-
ben haben, findet man die Verhältniß zwischen
dem horizontalen Abstände der Ecken A, B, C,
von dem verticalen Objecte D. Wird dem-
nach auch der horizontale Abstand dieser Ecken
unter einander gemessen, so ist nicht vorhan-
den, daß sie weder unter sich noch mit dem
Orte D in gleicher Horizontalfläche liegen,
und hiedurch wird der Gebrauch dieser Auf-
gabe allgemeiner.

§. 205.

§. 205.

Die Objecte, welche über der Erdsfläche erhoben sind, sind fast alle so niedrig, daß man sie in einer mäßigen Entfernung unter einem sehr kleinen Winkel sieht, und die meisten Berge fordern dazu höchstens einige Meilen Weges. Wir können uns dieses Umstandes in sehr vielen Fällen bedienen, um die verschiedenen Höhen der darauf befindlichen Objecte unter einander zu vergleichen. So z. E. wenn man den Berg AB in der Entfernung D sieht, und der Winkel BDA nur von etlichen Graden ist, so werden die Höhen BE, CF den Winkeln BDA, CDA desto genauer proportional seyn, je stärker sich die vordere Fläche des Berges AB in die Höhe zieht, oder je grösser der Winkel BAE ist. Der Fehler, den man hiebey zuläßt, besteht darinn, daß man die Linien BD, CD, AD einander gleich setzt. Diesen Fehler kann man noch überdies vermindern, wenn man auch den Winkel BAE nur beyläufig weiß. Doch muß man, wenn man ihn nur nach dem Augenmaasse schätzen will, dasjenige dabey beobachten, was wir oben von dem Bilde der in der Luft erhobenen Objecte und besonders von den Gipfeln der Berge gesagt haben,

Fig. 36.

§. 206.

Wenn man sich aber so weit von dem Berge entfernt, so ist natürlich, daß man auch
die

144 I. Anmerkungen und Zusätze

die Winkel in D sehr genau messen müsse. Ein Fernglas mit dem Micrometer thut hierinn die sichersten Dienste. Setzt, daß man damit noch eine Secunde messen könne, so läßt sich ein Grad in 3600. Theile theilen. Es ist klar, daß dadurch die Winkel in D so genau gemessen werden können, als man es verlangen kann, und daß folglich die Fehler allein von dem angenommenen Winkel BAE herrühren. Diese aber lassen sich in jedem Falle so weit schätzen, daß man dabey sehen kann, ob sie in den daraus geschlossenen Höhen BE, CF auf eine beträchtliche Art fehle. Man findet zwar dadurch nur die Verhältnisse zwischen den verschiedenen Höhen, und eine davon muß sodann wirklich gemessen werden. So ist auch klar, daß D ungeteilt in gleicher Höhe mit dem Berge BA seyn müsse, welches aber bey sehr großen Entfernungen ohne hin statt hat, weil diese machen, daß die Linien BD, AD keine merkliche Neigung gegen den Horizont haben.

VI. Die Sonne und ihr Schatten.

§. 107.

In so ferne uns die Sonne zur Ziehung der Mittagslinie dienet, haben wir sie bereits betrachtet, und werden nun sehen, was ihr Schatten in der practischen Geometrie dienen

dienen kann, um dessen Gebrauch allgemeiner zu machen.

§. 208.

Die Gründe, worauf wir hier bauen werden, um die Hauptsache zu entwickeln, sind diese: daß die Sonne als unendlich entfernt angesehen werden könne, und ihre Stralen in gerader Linie fortgehen. Hiedurch gelangen wir wieder zu Parallellinien, von welchen wir bey jedem Schatten zween Punkte haben, nemlich den Punct an dem Objecte welches den Schatten wirft, und den auf dem Objecte, auf welches derselbe fällt: An jedem Orte, wo die Sonne zu gleicher Zeit scheint, kann man mit diesen Linien Parallelen ziehen, und dadurch ihre Lage bestimmen. Wenn man also noch andere Linien oder Winkel dazu nimmt, so fällt man auf verschiedene Aufgaben, wie dadurch die Lage der Objecte bestimmt wird. Die bekannteste derselben, und die wir hier übergehen werden, ist die, wo man aus der horizontalen Länge des Schattens eines aufrechtstehenden Objectes, und aus dem Schatten eines angenommenen Maasses die Höhe bey jenem findet.

§. 209.

Ueberhaupt giebt der Gebrauch des Schattens bey geometrischen Ausmessungen keine

sehr große Schärfe, und daher dient derselbe, wo man etwas nur beyläufig bestimmen will. Die erste und fürnehmste Hinderniß ist der Halbschatten, welcher mit der Entfernung zunimmt und ungewisser wird. Sodann macht die Bewegung der Sonne, daß man wo mehrere Schatten zu observiren sind, dieselben auf einmal bemerken, oder die Zeit der Observation mit in die Rechnung ziehen muß.

§. 210.

Dieses vorausgesetzt, daß man nicht die größte Schärfe suche, werden wir nun verschiedene Aufgaben vortragen, und dabey sehen, wie ferne die Sonne die Ausmessung verschiedener Winkel ersparen, und statt eines zweyten Standes dienen könne.

§. 211.

Es sey demnach AB ein erhabenes Ob-
 Fig. 37. jeet, und B werfe seinen Schatten in C, so ist BC die Richtung der Lichtstralen, und AC die horizontale Richtung des Schattens, und der Winkel BCA ist die Höhe der Sonne, welche ihr zu gleicher Zeit ausmessen können. Befindet ihr euch nun in D, so messet den Winkel ADC, und indem ihr auf dem Meßtischen oder auf jeder horizontalen Fläche einen Stab DE aufrichtet, so zeichnet zu gleicher Zeit wenn der Schatten von B in C fällt,

C fällt, die Strecke des Schattens DF, welchen der Stab von sich wirft, so ist EF wiederum die Richtung der Lichtstralen, und folglich in BC parallel, in gleichem ist DF mit AC parallel. Daher ist auch $CDF = DCA$. Wenn ihr demnach die beyden Winkel ADC, CDF und die Höhe der Sonne oder den Winkel EFD ausmisset, so wird sich die ganze Figur construiren lassen.

§. 212.

Denn in der Pyramide BADC, habt ihr auf der Grundfläche ACD die zweyen Winkel in D und C. Wenn ihr derohalben DC annehmet, so läßt sich AC und AD finden. Auf diesen beyden Linien ist AB senkrecht aufgerichtet, folglich $BAC = BAD = 90^\circ$. Da ihr nun AC gefunden habt, und der Winkel BCA der Sonnenhöhe gleich ist, so findet ihr auch AB, und durch AB und AC den Winkel ADB.

§. 213.

Wenn ihr die Höhe der Sonne nicht gemessen hättet, sondern den Winkel ADB, und die Direction des Schattens DF nebst den Winkeln ADC, DCF, so würdet ihr wiederum aus der angenommenen Seite DC die Seiten AD, AC, und durch AD und ADB die Höhe AB, aus dieser und AC den Winkel BCA und folgendts die Höhe der Sonne finden.

§. 214.

Wiederum wenn ihr nur die Höhe der Sonne, und die Winkel BDA , ADC messet, so gebraucht ihr die Strecke des Schattens nicht. Nehmet AB an, so findet ihr AC durch die Höhe der Sonne oder den Winkel BCA , ingleichen AD durch den Winkel BDA . In dem ΔADC habt ihr nun zwei Seiten AC , AD und den Winkel ADC , hieraus findet ihr die beyden andern Winkel und die dritte Seite DC . Das sicherste ist alle Stücke zu messen, weil sie zur Untersuchung der Fehler dienen. Und da übrigens noch der Maassstab fehlet, so muß eine Seite wirklich ausgemessen werden. Die bequemste und öfters die einzige, welche sich in der That ausmessen läßt, ist DC , und diese kann man hier als eine Standlinie ansehen.

§. 215.

Wir haben hiebey angenommen, daß A , C , D in gleicher Horizontalfäche liegen, welches eben nicht allezeit geschieht. Ist B die Spitze eines Thurmes, so kann ihr Schatten an ein gegenüberstehendes Haus oder auf ein Dach fallen, und wenn B der Gipfel eines Berges ist, so fällt sein Schatten fast immer auf gegenüberliegende Berge oder unebene Flächen. Da man D und A allezeit horizontal machen kann, so kommt die Schwürigkeit
nur

nur bey C vor, und diese kann auf eine ge-
doppelte Art gehoben werden.

§. 216.

Einmal, wenn man nur die Höhe des
Puncts B über A oder D suchet. Setzt E
C sey höher als D, und die aus D gezogene
Horizontallinie Dc falle in c, ziehet eb mit CB
parallel und aus A in c eine gerade Linie, so
ist nun A c D der horizontalliegende Triangel,
und der Schatten, welcher in c fallen würde,
käme von dem Punct b her. Wenn ihr dem-
nach wiederum die Winkel ADc, cDF nebst
dem ADB messet, so nehmet Dc als den hori-
zontalen Abstand des Orts C an, und ihr
findet wie vorhin die Seite AD durch Dc, cDA
und $A c D = c D F$. Ferner findet ihr aus
AD und ADB die Höhe AB, welche muste
gefunden werden. Der horizontale Abstand
Dc muß endlich ausgemessen werden, um alle
Linien in einem bekänten Maasse zu haben.

§. 217.

Wollet ihr auch die Höhe Ce finden, so
dürft ihr nur die Höhe der Sonne dazu neh-
men. Denn da ihr AC bereits gefunden,
so werdet ihr dadurch und durch den Winkel
heA die Höhe Ah finden. Ziehet diese von
AB ab, so bleibt bB = cC, welches zu finden
war.

K 3 §. 218.

§. 218.

Wenn ihr überdies die Winkel EDc und BDC ausmisset, so werden selbige zu Untersuchung der Fehler dienen, welche hier fürnehmlich von dem Halbschatten herrühren. Ist die Höhe BA einmal bekannt, so kann man den Schatten C , wo er auch hinfällt, und so lange er in A gesehen wird, zur Bestimmung der Lage dieser Orter, und ihrer Höhe gebrauchen, ohne sich von A wegzubegeben. Es ist für sich klar, daß diese Aufgabe in bergichten Ländern, zumal wenn es hohe und steile Gebürge sind, vorzüglich brauchbar ist. Wie man die Höhe der Sonne und die Strecke des Schattens aus der Zeit finden, und daher alles auf die Winkel ADC oder ADc und BDA reduciren könne, ist aus der Astronomie bekannt.

§. 219.

Wirkliche Verticalflächen, z. E. die Wände der Gebäude geben uns noch ein ander Mittel das Licht und den Schatten der Sonne zu gebrauchen, wenn wir annehmen, daß man die Zeit genau bestimmen könne, wenn das Sonnenlicht anfängt oder aufhört diese Flächen zu bescheinen. Denn in diesem Fall ist die Sonne in denselben in gerader Linie, und wo ihr euch befindet, könnet ihr zu gleicher Zeit einen Stab aufrecht stellen, und die

Strecke

Strecke des Schattens wird mit diesen Flächen eine parallele Lage haben.

§. 220.

Es stehe demnach auf AB eine verticale Fläche, und in eben der Zeit, wenn die Sonne anfängt oder aufhört diese Fläche zu beschneiden, zeigt ihr in C die Strecke des Schattens, CD oder CE, so ist ED mit AB parallel. Fig. 30.
Messe sodann die Winkel ACB, BCD, so habt ihr $ABC = BCD$ und $BAC = ACB$, folglich die Lage des $\triangle ACB$. Ist demnach AB bekannt oder ausgemessen, so findet ihr auch AC und BC. Der Winkel ACB muß desto genauer gemessen werden, je kleiner er ist, und in eben diesem Falle muß man auch die Länge AB sehr genau wissen, weil man daraus die längern Linien AC, BC bestimmen soll.

§. 221.

Will man auf diese Art einen Tag auf einem hohen Thurme in einer Stadt zubringen, auf welchem man die Seiten der Häuser sieht, so wird man durch dieses Mittel einen großen Theil der Stadt noch ziemlich genau in Grund legen können, weil sich immer ein \triangle an den andern anhängen läßt. Die Höhe des Thurms giebt die Standlinie. Das schwierigste dabey ist die genaue Bestimmung der Zeit, wenn die Seiten anfangen oder aufhören im Schatten zu seyn.

§. 222.

Die tägliche Bewegung der Sonne macht, daß man sich, ohne vom Orte zu weichen, alle Tage mit der Sonne und mit den Objecten die gegen Morgen, Mittag und Abend liegen, in gerader Linie befinden kann. Ein Faden, den man mit einem Gewicht beschwert vor sich herunter hängen läßt, mag zur genauesten Bestimmung dienen. Observirt man die Zeit eben so genau, wenn dieses geschieht, oder man zeichnet auf einer horizontalen Fläche die Strecke des Schattens vom Faden, so weiß man alle Azimuthalwinkel dieser Objecte. Und ist der Observirtort ein Fenster, durch welches man das umliegende Feld sieht, so kann man nach Bequemlichkeit diese Winkel bestimmen. Thut man dieses ebenfalls an einem der observirten Orter, so ergiebt sich dadurch die Lage aller dieser Objecte sehr genau.

§. 223.

Will man die Arbeit kürzer machen, so kann man des Nachts, besonders beym Mondscheine, die Zeit observiren, wenn bekannte Sterne über jedem Objecte stehen oder beyde von dem hangenden Faden bedeckt werden. Nimmt man mehrere Sterne zu Hülfe, so wird wenig Zeit von einer Observation zur andern verfließen. Aus der Zeit werden die Azimuthalwinkel der observirten Objecte bestimmt.

VII. Das reflectirte Licht.

§. 224.

Die Reflexion des Lichtes giebt uns zween gleiche Winkel, weil dasselbe unter eben dem Winkel zurück geworfen wird, unter dem es einfällt. Diese Eigenschaft hat zu einer bekannten Aufgabe Anlaß gegeben, da man ohne einen Winkel zu messen, die Höhe eines Objectes finden kann. Es sey in C eine hor-
 rizontalliegende Fläche, welche das Licht zurückwirft, dergleichen die Fläche des stille stehenden Wassers von Natur ist. Das Auge sey in B und sehe in C das erhabene Object E durch den reflectirten Strahl ECB. ACD sey die Horizontallinie, so ist der Winkel $\angle BCA = \angle ECD$. Aus B und E ziehe man BA und ED senkrecht auf AD, so sind die Δ ABC, CDE einander ähnlich. Man mißt AB, AC, CD, und schließt

Fig. 39.

$AC : AB = CD : DE$.
 und dadurch findet man ED.

§. 225.

Es scheint daß zween Umstände verhindert haben, diese Aufgabe abzukürzen, und die Ausmessung der 3 Linien BA, AC, CD auf eine einzige zu bringen. Einmal, weil man dabey die Ausmessung der Winkel ersparen wollte, sodann, weil man gemeiniglich AC, CB

154 I. Anmerkungen und Zusätze

sehr klein, und nur deswegen annimmt, damit man die Verhältniß zwischen diesen beyden Linien finden, und daraus die Verhältniß zwischen CD und DE schliessen könne. Fallen diese beyde Umstände weg, so ist auch nicht nöthig, die Aufgabe so enge einzuschränken.

§ 226.

Verlängert BA und EC bis in b, so ist $Ab = AB$, und $AbC = ABC$. Werden demnach die beyden Winkel ABC und CBE gemessen, so ist es eben so viel als wenn bBE und BbE gemessen worden wären. $Bb = 2BA$ wird demnach zur Standlinie, und desto vortheilhafter, weil sie doppelt so lang ist als BA. Hat also bb zu AD eine beträchtliche Verhältniß, daß der Winkel BEb von etlichen Graden wird, so läßt sich die ganze Figur sehr genau construiren, weil man die Winkel in B genau ausmessen kann, und die ganze Schwürigkeit kömmt auf die Wasserfläche C an, weil diese sehr stille und breit seyn muß. Das erste wird erfordert, damit man das Bild deutlich und genau sehe, und das letztere ist nothwendig, weil sich das Wasser in einem engern Gefäße entweder in der Mitte oder am Rande in die Höhe zieht, und daher seine Fläche unebener macht.

§ 227.

Nimmt man demnach Bb an, so hat man in dem $\triangle BEb$, die Winkel bBE, $bBE = BCA$,
und

und die zwischen liegende Seite. Hieraus findet man den Winkel EEb , und folgendes auch bE . Mitteltst bE und dem Winkel BbE hat man die Perpendicular, welche aus E auf die Linie bB gezogen wird, und welche $= AD$ ist, desgleichen den Abstand dieser Perpendicular von b , welcher $= DE + bA$ ist. Da man nun $bA = \frac{1}{2} bB$ weiß, so findet man die gesuchte Höhe DE in eben dem Maasse, in welchem Bb angenommen worden. Daher ist die Verhältniß zwischen allen Linien der Figur gegeben, und wird eine derselben wirklich ausgemessen, so lassen sich alle übrige bestimmen. Ein stehend Wasser, so zwischen Bergen oder andern erhabenen Objecten liegt, dienet auf diese Art zu Ausmessung ihrer Höhen, und man darf hiezu nur ihr Bild im Wasser von einer emigen Höhe herunter sehen.

§. 228.

Aus dieser Aufgabe sehen wir, daß die Reflexion des Lichtes die Ausmessung der Winkel an einem zweyten Stande erspart, und diesen zweyten Stand doppelt weiter entfernt. Die Bequemlichkeit, die man hievon hat, wäre groß genug, daß man sie auch bey Ausmessung horizontaler Winkel wünschen sollte. Es sind mir hierüber folgende Mittel eingefallen, welche ich kurz angeben werde, um die Möglichkeit davon zu zeigen, weil ich nicht glaube, daß

156 I. Anmerkungen und Zusätze

daß man sie anders als zur Belustigung gebrauchen werde.

§. 229.

So lange der Spiegel in C horizontal liegt, darf man nicht besorgt seyn, aus jedem Stande B eine Perpendicularlinie auf die Fläche AC zu ziehen, weil diese zugleich vertical ist, und daher genau gezogen werden kann. Setzt man aber die Figur stelle ein ebenliegendes Feld vor, so muß der Spiegel in C aufrecht stehen, und da wird es schwerer die Perpendicular BA aus dem Stande B auf die verlängerte Fläche des Spiegels in C zu ziehen. Das leichteste Mittel hierzu giebt der Spiegel selbst. Wenn ihr in B seyd, so laßt den Spiegel umdrehen, bis ihr euch selbst darinn sehet, und die Linie BC wird auf der Fläche desselben perpendicular seyn. Diese Lage des Spiegels sey Cc, die Lage desselben, wenn ihr nach eben der Linie BC das Object A sehet, sey wie vorhin Cd, so ist leicht zu beweisen, daß der Winkel cCd, um den sich der Spiegel gewendet dem Winkel CBA, welchen ihr hättet messen sollen, gleich ist. Denn ihr habt

$$BCA + BCc + cCd = 180^\circ$$

$$BCc = 90^\circ$$

folglich

$$BCA + cCd = 90^\circ$$

nun ist

$$BCA + ABC = 90^\circ \quad \text{folg}$$

folglich)

$$ABC = cCd.$$

§. 230.

Um also den Winkel cCd , statt des Winkels ABC auszumessen, ist klar, daß man auf einem Weistischgen einen großen Circul beschreiben, denselben in seine Grade eintheilen, in dessen Mittelpunkt eine Aze perpendicular aufrichten, und den Spiegel an dieser Aze so anmachen müsse, daß man ihn daran herum drehen kann. An dem Spiegel selbst wird ein Zeiger angemacht, welcher im herum drehen an dem Circul die Grade anzeige.

§. 231.

Der Anfang im Zählen wird immer in c gemacht, weil die Winkel cCd müssen gemessen werden, indem ihr die Winkel EBC messet, denn es ist klar, daß ihr in B bleiben, und den Spiegel C könnet umdrehen lassen, bis ihr alle Objecte, welche ihr in den R bringen wollet, in demselben sehet.

§. 232.

Die Linie BC bleibt hiebey von beständiger Größe, allein die Standlinie, welche Bb ist, ist veränderlich. Doch kann man auch BC als die Standlinie ansehen, dieselbe auf Papier bringen, um C einen Circul ziehen, und auf diesem alle Lagen des Spiegels zeichnen.

158 I. Anmerkungen und Zusätze

nen. Die Reflexionswinkel werden den Einfallswinkeln, die sich hiedurch auf dem Vasire bestimmen, und die Winkel EBC der observirten gleich gemacht, so werden sich alle Durchschnitte ergeben. Man sieht auch, daß diese Durchschnitte in eben denen Fällen ungewisser werden, in welchen sie bey zween wirklichen Ständen sind, wean nemlich der Stand B, der Spiegel und das Object bey nahe in gerader Linie liegen.

§. 233.

Das andere Mittel kann die Mühe des Um-drehens ersparen, in der That aber wie das erste für nichts anders als eine bloße Curiosität gelten. Es sey Cc ein aufrechtstehender cylindrischer oder ein größter horizontaler Circul eines sphärischen erhabenen Spiegels, der in seine Grade eingetheilt sey. Der Stand sey in B, und das Object in E. Wenn ihr euch nun selbst in auf dem Punct C, das Object E aber auf e sehet, welches bey größern Entfernungen mit einem Fernrohr geschehen muß, so zählet die Grade auf Cc, und messet den Winkel EBC, und die Lage der Punkte B, C, E kann dadurch bestimmt werden. Es ist für sich klar, daß der Spiegel Cc eine ansehnliche Größe haben müsse. Uebrigens wenn das Object E nicht sehr kenntlich ist, so wird es sich schwer auf dem Spiegel in der Entfernung BC finden lassen. Die übrigen Schwierigkeiten übergehen wir bey diesen beyden Mitteln, weil sie niemals im Ernst

Ernstie werden gebraucht werden. In der Geometrie thut man vieles aus bloßer Lust, und dazu mag das gesagte genug seyn. Es würde sich übrigens dennoch der Mühe lohnen, brauchbare Mittel zu suchen, oder auch diese brauchbarer zu machen, damit man die zween gleiche Winkel, welche die Reflexion des Lichtes so genau giebt, in der practischen Geometrie vortheilhafter und allgemeiner nutzen könne.

VIII. Die Brechung des Lichtes.

§. 234.

Die Brechung des Lichtes in durchsichtigen Mitteln hat eben so wie die Zurückwerfung desselben ihre genaue Geseze, ich habe aber nicht finden können, daß sie zur Zeit noch in der ausübenden Messkunst von großem Nutzen wäre, in so ferne man schlechterdings durch dieselbe den Abstand der Körper bestimmen solle. Sonsten dienen allerdings die Fernröhren zu genaueter Ausmessung der Winkel, es sey, daß man sie an Quadranten und andern Instrumenten gebraucht, oder sich mit dem Micrometer begnügt, und eben so muß die Brechung des Lichtes in der Luft gebraucht werden, um die Höhe sehr entfernter Objecte, und wenn man die größte Schärfe sucht, auch ihre horizontale Lage genau zu bestimmen.

§. 235.

§. 235.

Man hat zwar schon längst die Camera obscura und die Fernröhre gebrauchen wollen, um den Abstand näherer Objecte zu bestimmen, weil man wußte, daß das Bild, so vom Objectivglase gemacht wird, weiter von demselben hinweg ist, je näher das Object liegt. Was dieser Einfall vorzügliches an sich hat ist die Umkehrung einer der ersten Aufgaben aus der *Dioptric*. Ungeacht aber diese Umkehrung hier von keinem großen Gebrauche ist, so hat sie, wie fast alle umgekehrte Aufgaben etwas schönes und unerwartetes, und ich erinnere dieses hier nur deswegen, weil in der gesammten Mathematic noch ungenügend viele Aufgaben zurück bleiben, die mit großem Vortheile umgekehrt werden könnten. Diese Umkehrung, welche in der Verwechslung der gegebenen und gesuchten Stücke besteht, kann bey allen algebraischen Gleichungen, und überhaupt bey allen denen Stücken statt haben, welche eine bestimmte Verhältniß unter einander haben, und überhaupt ist sie eine der reichsten Quellen zu neuen und unerwarteten Einfällen und Entdeckungen, wie ich es an einem andern Orte ausführlich zeigen werde.

§. 236.

Die gegenwärtige umgekehrte Aufgabe ist vielmehr sinnreich als brauchbar. Ich werde dabey

Dabey einen einigen Satz beweisen, welcher ihre Aehnlichkeit mit einer bekannten geometrischen Aufgabe zeigt. Es sey die Focaldistanz der Linse $=f$, die Distanz des Objectes $=d$, die Distanz des Bildes $=b$, so ist nach dioptrischen Gründen

$$b = fd : (d - f)$$

und

$$d = bf : (b - f)$$

§. 237.

Zieh AC auf AF senkrecht, und machet Fig. 41.

$AE = AF = f$. Erfüllet das Quadrat ABDE, und machet $AF = b$, ziehet aus F durch D eine Linie in C, so habt ihr

$$FE : ED = FA : BC$$

$$(b - f) : f = b : d$$

folglich ist

$$BC = d.$$

§. 238.

Wenn man demnach in der Camera obscura das Bild da auffängt, wo man es am deutlichsten sieht, und man misst dessen Abstand von der Linse, und nimmt an, daß man diesen Abstand vollkommen genau finden könne, so wird man daraus, und aus der Focaldistanz der Linse den Abstand des Objectes nicht genauer finden, als wenn man die Entfernung AC aus der Höhe AF, welche dem Abstände des Bildes gleich ist, und dem Winkel AFC

oder

oder BDC suchen wollte. Denn ED ist der Focaldistanz und FE dem Unterschied zwischen derselben und dem Abstände des Bildes AF gleich. Da nun AE mehrertheils nur von etlichen Schuhen ist, so ist leicht zu erachten, wie wenig eine so kleine Standlinie zu Bestimmung der entferntern Objecte C dienen könne. Da noch überdiß hier angenommen wird, daß man den Abstand des Bildes aus bloßer Betrachtung seiner größten Deutlichkeit genau finden könne, und dazu fehlt noch sehr viel. Uebrigens kann der hier erwiesene Lehrsatz von der Ähnlichkeit beyder Ausmessungen als eine leicht in die Augen fallende Construction der dioptrischen Formeln

$$b = fd : (d - f)$$

$$d = fb : (b - f)$$

angesehen werden.

§. 239.

Die Camera obscura zeigt uns den perspectivischen Aufriß der Objecte, die sich in derselben abmahlen, und in so ferne mag sie uns bessere Dienste thun, wenn man diesen Aufriß genau nachzeichnet. Es kömmt hiebey auf die umgekehrten Aufgaben der Perspective an, die ich oben schon angeführt habe (§. 160.) weil man aus dem perspectivischen Aufrisse den Grundriß heraus bringen soll. Diese Aufgabe habe ich in ange-

zogenem

zogenem Tractate abgehandelt, und die Auflösungen in den vornehmsten möglichen Fällen gegeben, zu welchen man noch leicht andere finden kann, wenn man aus dem Perspectivischen Aufrisse andere und andere *Data* combinirt. Ich werde mich also damit nicht aufhalten, sondern nur dieses erinnern, daß man hier den Augenpunct, den Abstand des Auges, die Horizontallinie und den Winkelmesser wie von selbst hat, und folglich diese Stücke nicht erst aus dem müssen gesucht werden, was man in dem Perspectivischen Aufrisse als gegeben annehmen kann. Wir setzen nemlich die Aze der Linse sey horizontal, und stehe auf der Tafel perpendicular welche das Bild auffängt. So wird der Punct, wo sie aufsteht, der Augenpunct, und die horizontale Linie, die dadurch gezogen wird, der Horizont des Gemähldes, und endlich der Abstand der Linse von der Tafel der Abstand des Auges seyn. Und hiedurch werden die Mittel, den Grundriß heraus zu bringen, leichter.

§. 240.

Noch einen Dienst kann uns die *Camera obscura* thun, welcher wegen seiner Bequemlichkeit vorzüglich ist. Man lasse sich eine machen, die man zusammen legen, und bey sich führen kann. Die Tafel sey auf der Aze der Linse senkrecht, und durch den Punct

wo sie hinfällt, ziehe man eine gerade Linie. Der Abstand der Linse wird als ein Halbmesser angesehen, und auf die gezogene Linie der Tafel trage man die Tangenten der Winkel auf. Den Abstand der Objecte setzen wir hier als unendlich entfernt. Für die, so beträchtlich nahe sind, muß man eine Correction vornehmen. Wenn ihr nun einen Winkel oder mehrere messen wollet, so lehret die Camera obscura dergestalt gegen die beyden Objecte, welche den Winkel machen, daß sie beyde auf die eingetheilte Linie zu liegen kommen. Zählet wie viel Grade zwischen beyden liegen, so werdet ihr den gesuchten Winkel haben. Es ist klar, daß der Winkel nicht leicht über 40 Grad seyn darf. Und ist er grösser, so muß er vorher in zween andere zerfällt werden, welches vermittelst eines zwischenliegenden Objectes geschieht. Die Winkel sind die, so die Objecte mitten in der Linse machen. Sie werden desto genauer, je grösser die Focaldistanz der Linse ist, weil diese hier als ein Halbmesser des Circuls angesehen wird. Muß die Linse wegen der Nähe der Objecte weiter ausgezogen werden, so wird der Halbmesser grösser, und hieraus ergiebt sich die Correction der Winkel, von welcher wir eben gesagt haben. Man hätte auch die Linie auf der Tafel in gleiche Theile theilen können, von welchen die Focaldistanz der Linse 2000 hat, und diese Theile wären bey entfer-

ten Objecten Tangenten der Winkel gewesen. Für nähere Objecte hätte man sie durch den vergrößerten Abstand der Linse dividiren müssen, um sie zu Tangenten zu machen. Da aber diese Fälle seltener sind, so ist das Auftragen der wirklichen Winkel, davon jeder an die Stelle seiner Tangente gesetzt wird, viel bequemer, weil die Fälle häufiger sind, und keine Reduction oder Nachschlagen in den Tabellen gebrauchen. Es ist für sich klar, daß man auch beydes thun kann.

§. 241.

Die Betrachtung der Strahlenbrechung in der Luft, übergehe ich hier ganz, weil ich sie an einem andern Orte bereits umständlich abgehandelt habe. (§. 173.) Und aus gleichem Grunde findet der Gebrauch des Barometers bey Ausmessung der Höhen der Oerter hier auch nicht statt.

VIII. Die Bewegung.

§. 242.

Wenn es an dem ist, daß unsere Begriffe vom Abstände der Objecte nicht vom Auge, sondern vom Gefühl und von der Bewegung ihren Ursprung haben (§. 20. seq.), so sollte man vermuthen, daß die Bewegung uns bey der Ausmessung der Entfernung und Lage der Gegenstände noch mehrere Dienste thun könn-

ne. Allein sie sind zur Zeit noch sehr eingeschränkt, wenn wir sie bey irdischen Objecten gebrauchen wollen, und man kann sagen, daß man dabey am Himmel glücklicher gewesen, als auf der Erde. In der That hat die ganze Astronomie bey dem angefangen, was wir am Himmel sehen, und daher bloß bey der scheinbaren Bewegung der Sterne, und dadurch hat man es endlich dahin gebracht, daß man ihre wahre Bewegung und daraus ihre Lage für jede Zeit zum voraus bestimmen kann, und diese Bestimmung nunmehr nach und nach auf die Cometen, und in spätern Weltaltern auch auf die sogenannten Fixsterne erstrecken wird, weil kein Zweifel ist, daß diese nicht auch ihren Ort unter einander ändern sollten.

§. 243.

Wenn wir hierinn bey irdischen Gegenständen nicht so glücklich sind, so fehlt es nicht an den allgemeinen Gesetzen der Bewegung, die in der Mechanik zureichend entwickelt sind, sondern an genugsamen Anlässen und an der Anwendung derselben auf besondere Fälle. Wir können dieses durch leichte Betrachtungen erweisen. Denn erstlich, wenn wir die Bewegung geradlinicht, und ihre Geschwindigkeit einformig setzen, so ist nichts leichter als aus der Zeit und der Geschwindigkeit auf den durchlaufenen Raum zu schließen, weil die

die

die Zeit mit der Geschwindigkeit multiplicirt den Raum giebt. Und weiß man von der Geschwindigkeit nur dieses, daß sie gleichförmig sey, so kann man dennoch den Raum mit der Zeit proportioniren, und die Verhältniß zwischen jeden Theilen des Raumes finden.

§. 244.

Allein wenn wir die Anlässe ansuchen, wo dieser einfache Fall vorkommt, so werden wir sehr wenige finden, die zur Ausmessung einer Länge oder eines Abstandes dienen könnten. Der einzige Fall, wo die Geschwindigkeit wirklich sehr gleichförmig ist, ist die Bewegung des Schalles in der Luft. Da derselbe in Zeit von einer Secunde ungefehr 1140 Pariserfuhre durchläuft, so wird er bey 20 Secunden gebrauchen, um eine deutsche Meile zu durchlaufen. Man kann ihn also da gebrauchen, wo es auf 1000 Fuhre mehr oder minder nicht ankommt, und wo man den Anfang weiß, wenn er entsteht, damit man mittelst eines Penduls das Secunden schlägt, die verfllossene Zeit bemerken könne. Folglich

1.° Bey dem Echo, wenn man selbst einen Schall erregt, und die Zeit mißt, in welcher das Echo antwortet. Die Zeit in Secunden und auf 20 Secunden eine Meile gerechnet, giebt den doppelten Abstand des Ortes, welches den Schall zurück schlägt. In diesem Falle wird der

168 I. Anmerkungen und Zusätze

Fehler, welcher von der Abzählung der Secunden herrührt, um die Hälfte geringer, hingegen bleibt der, so von der Veränderlichkeit in der Geschwindigkeit des Schalles entsteht.

- 2.^o Bey Ungewittern. Da der Blitz und der Knall des Donners zu gleicher Zeit entstehen, das Licht aber sich hier so gut als unendlich geschwinde bewegt, so zählt man die Secunden, die inzwischen verfließen, bis man den Schall hört, und man findet dadurch den Abstand des Ungewitters, wenn man wie vorhin 20 Secunden auf eine Meile rechnet.
- 3.^o Bey Lösung des Geschützes. Da hat es eben die Bewandniß, weil man das Feuer in gleichem Augenblick sieht, wenn das Stück gelodet wird, so zählt man wieder die Secunden, die verfließen, bis man den Knall hört, und findet dadurch den Abstand. Dieses Mittels können sich die Schiffe bedienen, um ihren Abstand von einander zu finden, da sie ohnedem einander Zeichen geben.

§. 245.

Die Bewegung der Erde, da sie sich in 24 Stunden um ihre Axe drehet, giebt die meisten Mittel an, deren man sich bedient, um den Unterschied der geographischen Länge der Städte, und überhaupt jeder Puncte von der

der Erdsfläche zu finden, weil sie den Unterschied der Zeit verursacht, wenn an Orten, die verschiedene Länge haben, Mittag ist. An jedem Orte wird die Uhr nach dem Mittage desselben gerichtet, und wenn zween Observatoren ein Phänomenon in einem Augenblicke, und diesen Augenblick auf ihrer Uhr bemerken, so giebt der Unterschied der Uhren den Unterschied der geographischen Länge. Solche Phänomena hat man bisher nur am Himmel gesucht, und erst seit kurzen haben die französischen Akademiker angefangen, das Licht von entzündetem Pulver hiezu zu gebrauchen, weil man es des Nachts in sehr grossen Entfernungen sehen kann, wenn es auf einem hohen Berge angezündet wird.

§. 246.

Vielleicht lieffen sich zumal in ebenen Ländern die Angewitter dazu gebrauchen. Da hiebei ein einiger beträchtlicher Zweifel vorkömmt, so werde ich denselben in sein Licht setzen, und sodann auch die Bequemlichkeit dieser Methode und die Umstände anführen, bey welchen man sie gebrauchen könnte. Allenfalls ist es leicht Proben davon zu machen, und die Vortheile, so die Geographie davon hätte, sind groß genug, dazu aufzumuntern.

§. 247.

Einmal lassen sich fast alle Sommerblitze am äussersten Horizont sehen, wo man keinen

Knall mehr hört, und es ist vermuthlich, daß man in diesen Fällen nur das reflectirte Licht des Blizes sieht. Laßt uns setzen die Höhe des Orts, wo der Blitz entsteht, sey eine halbe Stunde oder 5000 Schuhe. Es ist klar, daß er höher und niedriger seyn kann. Sieht man denselben nun in der Horizontallinie, so läßt sich hiedurch der Abstand desselben nach einer Regel finden, die ich in den *Routes de la lumiere par les airs* gegeben habe. Die Quadratwurzel von 5000 ist bey nahe 70. Sieht man diese Zahl als Minuten eines Grades an, so drückt sie die scheinbare Vertiefung des Meerhorizontes aus, wenn er in einer Höhe von 5000 Schuhen gesehen wird. (§. 120. L. cit.) Daher ist sie hier = 70. Sie verhält sich aber zum Abstände des Horizontes wie 6 zu 7 (§. 119. loc. cit.) folglich ist dieser Abstand bey nahe 82 Minuten, oder bey 20½ Meilen. Und so weit würde man in einem ebenen Lande den Blitz zu Nacht noch sehen, wenn er in einer Höhe von 5000 Schuhen erzeugt wird. Ist sein Erzeugungsort höher oder niedriger, so wird diese Weite in Verhältniß der Quadratwurzel seiner Höhe größer oder kleiner. Es ist nicht zu vermuthen, daß man das reflectirte Licht noch um vielmal weiter sehe.

§. 248.

Hieraus folgt, daß zwey Observatoria, welche einen gleichen Blitz in der Höhe von

5000

5000 Schuhen noch sehen, bey 40 Meilen von einander entfernt seyn können. Liegt demnach das eine gegen Osten das andere gegen Westen, so beträgt der Unterschied der Zeit, wenn beyde unter dem Aequator liegen $5^{\circ} 20''$ in Europa unter der Polhöhe von $48^{\circ} 12'$, wo ein Grad des Paralleltreucs nur $\frac{2}{3}$ von einem Grade des Aequators hat, wird dieser Unterschied um die Helfte grösser, und wächst folglich auf 8 Minuten. Da man aber auf beyden Observatoris den Blitz in gleichem Augenblicke sieht, so ist klar, daß sich dieser Unterschied mittelst wohlgerichteter Penduluhren sehr genau bestimmen liesse. Eben dieses gienge noch an, wenn auch die beyden Observatoria einander viel näher wären. Wir haben hier unter den größten Entfernungen die Mittlere bestimmt. Es ist aber immer besser, wenn sie einander Ost- und westwärts liegen.

§. 249.

Es hat hingegen hiebey nichts zu sagen, wo das Ungewitter entsteht, oder ob es sich von einem Orte an den andern zieht. Denn da wir den entstandenen Blitz nur als ein Zeichen ansehen, das an beyden Orten in einem Augenblicke observirt wird, so dienet uns dieser Augenblick allein, um auf den Uhren die Zeit zu bemerken, und den Unterschied davon zu bestimmen. Da es ferner in einer Nacht

172 I. Anmerkungen und Zusätze

Nacht unzähligemal blißen kann, so lassen sich eben so viele Observationen machen, und unter einander vergleichen.

§. 250.

Diese Vergleichung bestimmt ferner die Zeiten, welche mit einander verglichen werden, weil die Blitze sehr ungleich, und bald geschwinder bald langsamer auf einander folgen. Wenn daher jeder Observator die Minuten und Secunden aufzeichnet, die er bey jedem Blitze an seiner Uhr bemerkt, und man hält die beyden Columnen gegen einander, so müssen die Zeiten mit einander verglichen werden, die einen gleichen Unterschied geben, und es ist fast unmöglich, daß diese Vergleichung auf mehr als einerley Art geschehen könnte, weil es zum voraus setzte, daß von jedem Blitze zum folgenden genau eben so viele Secunden verfließen sollten, und dieses wird sich wohl niemals zutragen.

§. 251.

Um hieyon ein leichtes Beyspiel zu geben, so setzet, der eine Observator habe auf seiner Uhr folgende Minuten gefunden, 8, 10, 13, 17, 20, 21, 22, 25, 29. Und der andere in gleicher Stunde folgende 13, 14, 16, 18, 21, 25, 28, 29, 31. Wir geben diese Zahlen Kürze halber nur in Minuten. Nehmet die Unterschiede zwischen jeden zwey auf einander

ander folgenden Zahlen, so habt ihr von der ersten Reyhe 2, 3, 4, 3, 1, 2, 3, 4. von der andern Reyhe 1, 2, 2, 3, 4, 3, 1, 2. Diese beyden Reyhen von Unterschieden müßten einander gleich seyn, wenn beyde Observatoren bey gleichem Blitze angefangen hätten. Da dieses aber nicht ist, so muß man sie so verschieben, daß die ähnliche Zahlen über einander zu stehn kommen, und es ist klar, daß es nur auf folgende Art angeht:

2 3 4 3 1 2 3 4
1 2 2 3 4 3 1 2

Woraus man sieht, daß der andere Observator um zween Blitze zu früh angefangen, und folglich die observirten Minuten selbst so stehen müssen:

8 10 13 17 20 21 22 25 29
13 14 16 18 21 25 28 29 31

Zieht man nun die obern von den untern ab, so giebt der Unterschied bey allen 8 Minuten, und so groß muß nothwendig der Unterschied der Zeit seyn.

§. 252.

Wenn man diesen Unterschied ohne dem schon beyläufig, 3. E. aus den Landcharten weiß, so ist offenbar, daß diese Vergleichung dadurch noch merklich abgekürzt wird.

Da es sich zutragen kann, daß zwey und mehrere Ungewitter zugleich am Himmel sind, so giebt es dabey folgende Fälle:

1° Wenn die Observatoria sehr entlegen sind, so kann es geschehen, daß der eine Observator das eine, der andere aber das andere observirt. In diesem Fall ist es physikalisch unmöglich, daß die erst beschriebene Vergleichung angehen sollte, weil man sehen müßte, daß die Blitze am ersten Orte denjenigen, so am andern beobachtet werden, sämtlich und der Ordnung nach um gleich viel Minuten und Secunden vorgehen oder folgen. Man kann zweifeln, ob dieses in der Natur möglich sey. Ueberdiz müssen die Ungewitter dem westlichen Observator ostwärts, und dem östlichen westwärts, oder in gleicher Linie mit ihnen liegen. Denn weichen sie auf verschiedenen Seiten ab, so läßt sich der Unterschied bald erkennen.

2°. Wenn beyde Observatoren beyde Ungewitter sehen. Liegen dieselben in verschiedenen Gegenden, so lassen sie sich unterscheiden, und folglich kommt es auf den vorigen Fall an. Liegen sie aber zwischen den Observatoren, und in gleicher Linie mit ihnen, so wird das eine höher über den Horizont gehen, als das andere, und
das

Das höhere ist dem Observator näher, welches ebenfalls statt hat, wenn er von dem einen den Donner hört, vom andern aber nicht, oder viel schwächer und später. Denn man kann auch dieses Mittel zu Hülfe nehmen. Das schwerste ist, wenn man keinen Unterschied finden sollte, welches aber nicht glaublich, oder wenigstens seltener ist. Doch auch in diesem Fall hat es nichts zu sagen, und die Zeit kann unter einander observirt werden. Denn da es, wie wir schon erinnert haben, auf den Ort des Ungewitters nicht ankömmt, so wird jeder Blitz, den beyde Observatoren sehen, ihnen den Augenblick bestimmen, wenn sie auf ihrer Uhr die Zeit bemerken sollen, und die Vergleichung wird wie vorhin angestellt.

- 3°. Sieht der eine Observator beyde, der andere aber nur ein Ungewitter, die sich nicht sollten unterscheiden lassen, so wird jener ungleich mehr Observationen haben, als dieser, wenn beyde keinen Blitz unbenutzt vorbeylessen. In diesem Fall geht die Vergleichung nicht wohl anders an, als wenn man den Unterschied der Länge beyder Oerter ohnedem schon bepläufig weiß. Denn dadurch lassen sich aus des erstern Observationen sehr viele wegchaffen, und man behält nur die wahren und zweifelhaften. Hiedurch wird die Vergleichung

176 I. Anmerkungen und Zusätze

gleichung erleichtert, ungeacht sie noch allezeit mühsam bleibt.

§. 254.

Man sieht hieraus, daß man bey solchen Observationen jede Umstände mitnehmen muß, und wo es am schlimmsten geht, da ist das einige Uebel dabey, daß man vergebens observirt hat, und die Observation zu einer andern Zeit wiederholen muß, die dazu bequemer ist. Da ich die Gelegenheit nicht habe, hievon wirkliche Proben zu machen, so kann ich auch die Vorsichtigkeiten, so die Erfahrung noch lehren würde, nicht vorsehen, und lasse es also bey dem Angeben bewenden, wobey ich eben noch keine Unmöglichkeit einsehe. So viel ist gewiß, daß wenn man die Probe machte, und dadurch diese Methode wenigstens zur Verbesserung der Landcharten zureichend richtig fände, dieselbe um desto allgemeiner werden könnte, da nicht leicht eine Stadt ist, wo nicht jemand wäre, der die Observation anstellen, und sie mit denen aus den nahe gelegenen Städten vergleichen könnte. Die Probe würde auch zugleich zeigen, ob der Bliz in der That in einem Augenblicke sich über den Himmel ausbreitet, oder ob eine oder mehr Secunden dabey verfließen.

§. 255.

Da man bey Bestimmung der geographischen Länge der Orter, die Erscheinungen
am

am Himmel, das Licht des entzündeten Pulvers (§. 246.) und nach dieser letzten Methode das Licht des Blitzes nur deswegen gebraucht, damit man an beyden Orten in einem gleichen Augenblicke die Zeit auf der Uhr, und dadurch ihren Unterschied finden könne, so läßt sich ein Mittel gedenken, welches besonders in den Nordländern eben diese Dienste thun kann, und noch allgemeiner zu gebrauchen wäre. Die Frage kömmt darauf an, ob bey dem Nordlichte sich solche plötzliche Veränderungen, wo nicht allemal, doch zuweilen äussern, die man an sehr entlegenen Orten als eben dieselben erkennen kann? Wenn dieses ist, so leistet dasselbe zur Bestimmung der Länge viel allgemeinere Dienste. Denn da dieses Licht nach Hrn. von Mairan Berechnung gemeiniglich 120 Meilen hoch ist, so ist unstreitig, daß man dasselbe weit herum sehen könne. Und hat es kennbare Phänomena, besonders solche, die in einem Augenblick entstehen, so läßt sich, wie vorhin, der Unterschied der Zeit, und daraus der Unterschied der Länge der Orter bestimmen. Folgen mehrere solche Erscheinungen auf einander, so kommen bey der Vergleichung, wenn sie auch nicht anders zu unterscheiden wären, eben die Fälle vor, die wir vorhin bey dem Ungewittern aus einander gesetzt haben.

§. 256.

Die übrigen Bewegungen, die wir auf der Erde sehen, sind so ordentlich nicht, daß wir Zeit, Raum und Geschwindigkeit mit einander auf eine leichte und sichere Art vergleichen, und daraus die grössern den Abstand und die Lage des durchlaufenen Raumes bestimmen könnten. Zu einer beklüftigen Ausmessung des Weges, den wir selbst durchwandeln, gebrauchen wir die Abzählung der Schritte, und man hat Instrumente oder Schrittzähler ausgedacht, wodurch wir der Mühe des Zählens überhoben werden; Und eben so ist man auf Räder, Schubkären &c. gefallen, um den durchlaufenen Weg durch den Umlauf der Räder zu messen. Sie reichen aber zur genauen Bestimmung nicht zu, und sind zu weitläufig, wenn man die aufzumessende Länge nur umgekehrt wissen will.

§. 257.

Zur Belustigung giebt es Anlässe folgendes Mittel zu gebrauchen. Man befinde sich in A, wo man auf dem Felde eine StraÙe BCD und auf derselben einen Menschen gehen oder fahren sieht. Am bequemsten ist es, wenn man ihn zu seinem Fenster hinaus sehen kann. Indem er von B nach D geht, zähle man seine Schritte, und wenn er von B in C, und von C in D eine gewisse Anzahl gemacht,

macht, so messe man die beyden Winkel BAC , BAD , welches am süglichsten geschieht, wenn in B , C , D oder auf den Linien BA , CA , DA kennbare Objecte sind, weil man dadurch im Zählen nicht gehindert wird. Da man nun die Linien BC , CD in Schritten weiß, so wird die Lage des Puncts A , und die Länge der Linien BA , CA , DA durch die Aufgabe des §. 109. construirt und gefunden. Man setzt hiebey der Weg von B bis in D gehe gerade fort. Die Winkel in A müssen eine ziemliche Größe haben. Beym Fahren zählt man den Umkreis der Räder, und es ist klar, daß man bey grössern Entfernungen Ferngläser zu Hülfe nehmen, oder den Weg durch die Zeit bestimmen müsse.

§. 258.

Ist BD der Weg eines Schiffes, und man befindet sich in A am Ufer, so müßten die Theile BC , CD der Zeit proportional gemacht werden. Da man aber die Geschwindigkeit des Schiffes nicht weiß, so wird man hiedurch die Figur zeichnen können, aber noch keinen Maßstab dazu haben.

§. 259.

Wenn aber auf dem Meere zwey Schiffe, das eine nach der Richtung AD , das andere nach einer andern Richtung ad fährt, und auf A mißt man die Winkel aAD , bBD , bCD ,

$M 2$

aDA ,

180 I. Anmerkungen und Zusätze

ada, welche das andere Schiff in 4 Zeiten mit der Richtungslinie AD macht, und die Zeit wenn man in A, B, C, D ist, wird bey jeder Observation bestimmt, so läßt sich aus der Zeit und der Geschwindigkeit des Schiffes die Linie AD eintheilen, und aus den observirten Winkeln können die Linien Aa, Bb, Cc, Dd gezogen werden. Da man nun hier annimmt, daß die Theile ac, bc, cd eben die Verhältnisse wie AB, BC, CD haben, so läßt sich ad construiren, und daher wird auf dem Schiffe A der Weg und der Abstand des andern Schiffes a bestimmt.

§. 260.

Es kömmt diese Aufgabe bey Bestimmung des Laufes und des Abstandes der Cometen vor, wenn man die durchlaufenen Bögen so klein nimmt, daß man sie als gerade Linien ansehen kann. Man muß nemlich vier Linien von gegebener Lage so durchschneiden, daß die abgeschnittene Theile der Linie, die man durch selbige zieht, eine gegebene Verhältnisse haben. Die Auflösung und Construction dieser Aufgabe hat Newton gegeben.

IX. Viereckichte Figuren.

§. 261.

Wir haben bereits angemerkt, daß es ein Vortheil ist, wenn man in Ausmessung und

und Grundlegung der Felder an dem einen Stande nicht nöthig hat, sich um den andern umzusehen, und zugleich gezeigt, was die Mittagelinie, entfernte Gegenstände, erhabene Objecte, und die Reflexion des Lichtes dabey thun können. Die Aufgabe des §. 109. die wir schon hin und wieder gebraucht haben, gehöret auch dahin, weil man vermittelst derselben, die Lage eines jeden Standes in Absicht auf einen gegebenen Triangel findet, dessen drey Ecken man in dem angenommenen Stande sehen kann. Wenn man die Aufgabe des §. 201. noch dazu nimmt, so sind es die einzigen, oder wenigstens die zwey brauchbarsten, die in Absicht auf einen Δ vorkommen können. Und die, so man aus den Stücken, so in beyden als gegeben, angenommen werden, combinirt, kommen nicht leicht vor, als wo man die eine oder die andere von den beyden angezogenen Aufgaben selbst anwenden kann.

§. 262.

Gingegen giebt es weit mehrere Fälle, wenn man viereckichte Figuren, oder überhaupt vier Objecte, und ihre verschiedene Verhältnisse zu einem und mehrern Ständen, in der Absicht betrachtet, daß jeder Stand für sich allein bestehe, und man bey keinem an den andern gebunden sey, immer vorausgesetzt, daß man eben die vier Objecte an jedem Stande sehen könne.

182 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 263.

Es ist leicht zu erachten, daß man desto mehr Stände annehmen müsse, je weniger von der Lage dieser vier Objecte bekannt ist. Denn ist diese Lage völlig bekannt, so gebraucht man eines dieser Objecte nicht, und die Lage eines jeden angenommenen Standes kann vermittelst der drey übrigen gefunden werden. (§. 109.)

§. 264.

Sodann ist klar, daß wir hier die Sache umkehren, und da man sonst die Stände nur gebraucht, um eine Figur in Grund zu legen, so sehen wir sie hier so gut als die Objecte selbst, und ihre Bestimmung als eine Hauptabsicht an. Bey Grundlegung weitläufiger Felder und ganzer Länder ist sie es in der That, weil man dabey immer andere Stände gebraucht, und die Sache es öfters nicht zuläßt, diese an solchen Orten zu nehmen, die man bey den vorigen hätte sehen, oder wie zum voraus wählen können. Ueberdies kann auch der Stand ein solcher Ort seyn, welcher in den Riß muß eingetragen werden. In der Ausübung muß man auf alle Fälle ausgerüstet seyn.

§. 265.

Es sey nun ABCD ein Rectangel, und
 Fig. 44. man messe in einem beliebigen Stande E die
 Winkel

Winkel AEB, BEC, CED welchen seine vier Ecken daselbst machen, so läßt sich die Verhältniß und Lage aller Linien gegen einander bestimmen. Ziehet aus E die Perpendicular EF, so habe ihr

$$FH : BG = FI : CG$$

folglich

$$FH : AF = FI : FD.$$

Und wenn ihr EF als einen Halbmesser ansehet, so ist

$$\text{tang HEF} : \text{tang AEF} = \text{tang FEI} : \text{tang FED}$$

Nennet daher

$$\begin{aligned} FEH &= x & AEH &= a \\ HEI &= c \\ IED &= b \end{aligned}$$

so ist

$$\text{tang}(a+x) : \text{tang } x = \text{tang}(b+c-x) : \text{tang}(c-x)$$

folglich durch eine leichte Verwandlung

$$\sin(a+2x) : \sin a = \sin(b+2c-2x) : \sin b$$

oder

$$\sin(a+2x) : \sin(b+2c-2x) = \sin a : \sin b$$

Daher durch eine andere Verwandlung

$$\text{tang} \frac{a+b+2c}{2} : \text{tang} \frac{a-b-2c+4x}{2}$$

$$= \text{tang} \frac{a+b}{2} : \text{tang} \frac{a-b}{2}$$

W 4

und

184 I. Anmerkungen und Zusätze

und

$$\text{tang} \frac{a-b-2c+4x}{2}$$

$$= \frac{\text{tang} \frac{1}{2}(a-b) \cdot \text{tang} \frac{1}{2}(a+b+2c)}{\text{tang} \frac{1}{2}(a+b)}$$

Diese Proportion, welche durch Logarithmen in jedem Falle aufgelöst wird, giebt also einen Bogen $=\frac{1}{2}(a-b-2c-4x)$ von welchem $\frac{1}{2}(a-b-2c)$ muß abgezogen, und der Ueberrest halbiert werden, um den Winkel $x=FEH$ daraus zu finden. Ist dieser bekannt, so findet man alles andere ohne Mühe. Es muß aber dabey eine Linie gemessen werden, wenn man die übrigen in einem bekannten Maasse finden will.

§. 266.

Wenn der Stand innerhalb dem Rectangel ist, so nennet immer den Winkel BEC , durch welchen die Perpendicular geht $=c$, den Theil $BEC=x$, den anliegenden $BEA=a$, und den gegenüberliegenden $CED=b$, und die Formel bleibt, wie wir sie gefunden haben.

§. 267.

Fällt aber die Perpendicular EF ausserhalb dem Rectangel, so haben die Winkel $FEB=x$, und $BEA=a$, eine umgekehrte Lage, und werden daher in voriger Formel negativ. Will man

man sie aber positiv lassen, so wird die Formel geändert, und

$$\text{tang} \frac{4x - 2c - b - a}{2} \\ \frac{\text{tang} \frac{1}{2}(b+a) \cdot \text{tang} \frac{1}{2}(2c+b-a)}{\text{tang} \frac{1}{2}(b-a)}$$

§. 268.

Fällt die Perpendicularar mitten auf eine Seite, so ist $a=b$, und daher $x=\frac{1}{2}c$, welches für sich klar ist.

§. 269.

Man sieht hieraus, daß wir von dem Rectangel nichts anders gebrauchen, als den Satz, daß jeder Rectangel 4 rechte Winkel habe, und dieser Umstand macht die Auflösung leichter. Will man sie allgemeiner machen, so muß das Viereck irregulair angenommen werden. Dieses macht seine Winkel ungleich, und jeder muß daher besonders gegeben seyn. Ohne uns aber an solchen besondern Auflösungen aufzuhalten, wollen wir die Aufgabe am allgemeinsten vortragen, und sehen, daß von dem Viereck nichts gegeben sey. Hierzu werden nun andere Data und mehrere Stände erfordert, und sollen die Stände von einander unabhängig seyn, so muß man derselben vier haben, wenn man sich mit den an jedem

186 I. Anmerkungen und Zusätze

Stände gemessenen Winkel begnügen will.
Die Aufgabe selbst ist demnach folgende.

§. 270.

Es seyen 4 Objecte, A, B, C, D, welche
Fig. 45. man sämtlich an den 4 Ständen E, F, G, H sieht, und an denselben die Winkel mißt den die 4 Objecte an jedem Stande machen. Die Frage ist nun, die Lage aller 8 Punkte A, B, C, D, E, F, G, H zu bestimmen. Man sieht leicht, daß diese Aufgabe mit derjenigen, so wir oben (§. 107. seqq.) angebracht, in Absicht auf den Gebrauch der Mittagslinie eine Aehnlichkeit hat, und in dieselbe verwandelt wird, so bald man setzt, daß eines der vier Objecte A, B, C, D unendlich entfernt sey. Sie kann auf eben die Art gebraucht werden, und hat den Vortheil, daß man an keinem der 4 Stände nöthig hat, sich um den andern umzusehen. Daher dient sie besonders bey Grundlegung ganzer Provinzen. Die Stände E, F, G, H können so gar zu Schiffe seyn, und man wird die am Gestade liegende Objecte und Vorgebürge in Grund legen können. Es ist fürnehmlich nur um eine schickliche Auflösung zu thun. Ich habe deren verschiedene versucht, die mehrentheils auf eine Gleichung vom 8ten oder 16ten Grad führten. Diese werde ich eben nicht hersetzen, sondern diejenige, wodurch man auf eine Gleichung kömmt, die nur vom 2ten Grade ist

ist, und woraus zugleich erhellen wird, wie die Gleichungen vom 10ten Grade dabey möglich sind, ohne daß sie einem unschicklichen Calcul zugeschrieben werden können.

§. 271.

Um nicht gleich Anfangs alle 4 Stände in die Rechnung zu ziehen, sondern die Gleichung zu finden, auf welche jeder besonders führt, so seyen die vier Objecte A, B, C, D, Fig. 46. der eine Stand E. Man lege die Linie BC zum Grunde, und ziehe durch ABC, desgleichen auch durch BCD zween Circul, und sodann die Linien AC, BD, ac, ab, δδ, δγ: so hat man nach einer sehr bekann- ten Eigenschaft des Circuls folgende Ana- logien:

$$Ea : ab = EB : BA$$

$$Ea : ac = EC : CA$$

$$Ed : δγ = EC : CD$$

$$Ed : δδ = EB : BD.$$

Daher

$$Ea = \frac{ab \cdot EB}{AB} = \frac{ac \cdot EC}{AC}$$

$$Ed = \frac{δγ \cdot EC}{CD} = \frac{δδ \cdot EB}{BD}$$

Und aus diesen

$$\frac{EB}{EC} = \frac{ac \cdot AB}{ab \cdot AC} = \frac{δγ \cdot BD}{δδ \cdot CD}$$

§. 272.

188 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 272.

Man nenne nun die Winkel

$$\begin{aligned} AEB &= f & ABF &= \omega & DCG &= \phi \\ BEC &= g & ACB &= v & DBC &= \mu \\ CED &= h \end{aligned}$$

so ist

$$\begin{aligned} AB : AC &= \sin v : f \omega \\ ac : ab &= f(\omega - f - g) : \sin(v - f) \\ BD : CD &= f \phi : f \mu \\ \delta\gamma : \delta\beta &= f(\mu - h) : f(\phi - h - g) \end{aligned}$$

Werden diese Werthe in der letzten Gleichung des vorhergehenden § gesetzt, so ist

$$\frac{f v \cdot f(\omega - f - g)}{f(1 - f) \cdot f \omega} = \frac{f \phi \cdot f(\mu - h)}{f(\phi - h - g) \cdot f \mu}$$

Diese Gleichung wird nun durch bekannte trigonometrische Verwandlungen leicht in folgende aufgelöst.

$$\begin{aligned} & \frac{\operatorname{col}(f+g) - f(f+g) \cot \omega}{\operatorname{col} f - ff \cdot \cot v} \\ & \frac{\operatorname{col} h - fh \cdot \cot \mu}{\operatorname{col}(h+g) - f(h+g) \cot \phi} \end{aligned}$$

§. 273.

Man nenne nun

$$\begin{aligned} BC &= i, & AF &= p, & DG &= r \\ FB &= q, & CG &= s \end{aligned}$$

fo

so ist

$$\cot \omega = Q : P \quad \text{oder } \phi = S : R$$

$$\cot r = (Q+r) : P \quad \cot u = (S+r) : R$$

Diese Werthe in der letzten Gleichung des §. 272. substituirt, geben

$$\frac{P \cdot \cot(f+g) - Q \cdot \sin(f+g)}{P \cot f - (Q+r) \sin f}$$

$$= \frac{R \cot h - (S+r) \sin h}{R \cot(h+g) - (S) \sin(h+g)}$$

$$\frac{R \cot(h+g) - (S) \sin(h+g)}{R \cot(h+g) - (S) \sin(h+g)}$$

§ 274.

Hieraus erhält man nun

$$0 = +QS f(f+g) f(g+h)$$

$$-QR f(f+g) \cot(g+h)$$

$$-PS \cot(f+g) f(g+h)$$

$$+PR \cot(f+g) \cot(g+h)$$

$$-QS \cdot f f \cdot f h \quad +QR f f \cdot \cot h$$

$$+PS \cot f \cdot f h \quad -PR \cot f \cdot \cot h$$

$$-Q f f \cdot f h \quad -S f f \cdot f h$$

$$+P \cot f f h \quad +R f f \cdot \cot h$$

$$-f f \cdot f h$$

Diese Gleichung läßt sich nun in folgende zusammen ziehen

$$0 = (QS - PR) f g \cdot f(f+g+h) - (PS + QR) f g \cdot \cot(f+g+h) + R f f \cdot \cot h + P \cot f \cdot f h - (Q + S + r) f f \cdot f h$$

Da nun jeder Stand eine solche Gleichung gibt, so lassen sich aus 4 solchen Gleichungen die Werthe $QS - PR$, $PS + QR$, R , P ,

190 I. Anmerkungen und Zusätze

P, (Q+S+I) und daraus P, QR, S bestimmen.

§. 275.

Fig. 47. Dieses läßt sich nun aber süglicher in einem Beispiele zeigen. Es seyen demnach die 4 Objecte A, B, C, D, die 4 Strände E, F, G, H, welche wir hier mit Vorbedacht andersst als in der 45 Figur nehmen, damit man sehe, wie die Winkel genommen werden müssen. Diese seyen

Erster	Zweyter
f+AEB = 22° 30'	AFB = + 63° 48'
g=BEC = + 60. 44	BFC = + 107. 38
h=CED = - 18. 40	CFD = - 42. 20
<hr/>	
f+g h=AED = + 64. 34	AFD = + 129. 6
<hr/>	
Dritter	Vierter Stand.
AGB = + 66° 20'	AHB = + 31° 30'
BGC = + 205° 58	BHC = + 277° 52
CGD = - 70° 38	CHD = - 32° 56
<hr/>	
AGD = + 201° 40	AHD = + 275° 26.

Nun ist §. (274.)

$$Q + S + I = P \cdot \frac{\text{cof } f \cdot f h}{f f \cdot f h} + R \cdot \frac{f f \cdot \text{cof } h}{f f f h}$$

(PS+QR)

$$-(PS + QR) \frac{f g \cdot \cos(f + g + h)}{f f \cdot f h}$$

$$+(QS - PR) \frac{f g \cdot f (f + g + h)}{f f \cdot f h}$$

Hieraus erhält man für alle 4 Stände

$$Q+S+1 = 2,4142 P - 2,9600 R + 3,0587 (PS+QR) - 6,4120 (QS-PR)$$

$$0,4921 P - 1,0977 R - 0,9947 \dots - 1,2240 \dots$$

$$0,4383 P - 0,3515 R + 0,4709 \dots - 0,1371 \dots$$

$$1,6318 P - 1,5438 R - 0,3907 \dots - 3,4653 \dots$$

Werden diese Gleichungen von der ersten abgezogen, so ist

$$0 = 1,9221 P - 1,8623 R + 4,0534 (PS+QR) - 5,2080 (QS-PR)$$

$$= 1,9759 R - 2,6085 R + 2,5878 \dots - 6,2449 \dots$$

$$= 0,7824 R - 1,4162 R + 3,4494 \dots - 2,9557 \dots$$

Werden hier die Coefficienten durch den von dem letzten Gliede jeder Gleichung getheilt, so erhält man

$$0 = 0,3691 P - 0,3576 R + 0,7783 (PS+QR) - (QS-PR)$$

$$= 0,3164 R - 0,4177 R + 0,4144 \dots - \dots$$

$$= 0,2637 R - 0,4774 R + 1,1627 \dots - \dots$$

Zieht man hier wiederum von der ersten Gleichung ab, so bleibt

$$0 = 0,0527 P + 0,0601 R + 0,3639 (PS+QR)$$

$$0 = 0,1054 R + 0,1198 R - 0,3844 \dots - \dots$$

und hieraus

$$0 = 0,1448 P + 0,1652 R + (PS+QR)$$

$$= 0,2742 R + 0,3117 R - \dots - \dots$$

Werden diese zwei Gleichungen addirt, so ist

$$0 = 0,4190 P + 0,4769 R$$

Demnach

192 I. Anmerkungen und Zusätze

Demnach erhält man, wenn man stufenweise zurück geht, folgende 4 Gleichungen

$$\begin{aligned}
 1^\circ. & \quad R = -0,8786. P. \\
 2^\circ. & \quad PS + QR = -0,0003. P. \\
 3^\circ. & \quad QS - RP = +0,6831. P. \\
 4^\circ. & \quad Q + S + 1 = +0,6202. P.
 \end{aligned}$$

§. 276.

Auf solche 4 Gleichungen verfällt man in jeden Verspielen. Man sieht daraus, daß (Fig. 46.) sowohl DG als GF in Verhältnis von AE ist, und folglich die Linie AD mit BC einen Winkel macht, welcher eben derselbe bleibt, ungeachtet, wie wir bald sehen werden, AF zweyerley Werthe hat. Um aber diese zu finden, so erhalten wir aus den letzten vier Gleichungen folgende

$$\begin{aligned}
 5^\circ. & \quad S - 0,8786Q = -0,0003 && \text{(No. 1. 2.)} \\
 6^\circ. & \quad S + Q = -1 + 0,6202P && \text{(No. 4.)} \\
 \hline
 7^\circ. & \quad 1,8786Q = -0,9997 + 0,6202P && \text{(No. 5. 6.)} \\
 8^\circ. & \quad Q = -0,5321 + 0,3301P && \text{(No. 7.)} \\
 9^\circ. & \quad S = -0,4679 + 0,2901P && \text{(No. 6. 8.)} \\
 \hline
 10^\circ. & \quad QS = +0,2490 - 0,3088P + 0,0957P^2 && \text{(No. 2. 9.)} \\
 11^\circ. & \quad QS = +0,6831P - 0,8786P^2 && \text{(No. 1. 3.)} \\
 \hline
 12^\circ. & \quad 0 = +0,2490 - 0,9919P + 0,9743P^2 && \text{(No. 10. 11.)} \\
 \hline
 13^\circ. & \quad P^2 - 1,0180P = -0,2555 && \text{(No. 12.)}
 \end{aligned}$$

Hieraus

Hieraus endlich

$$P = +0, 5690.$$

und $P = +0, 4490.$

Woraus man sieht, daß in diesem Beispiele beyde Werthe von P positiv sind. Die Figur, welche nach diesen Zahlen gezeichnet ist, hat den ersten. Sehen wir demnach

$$P = +0, 5690.$$

so ist $R = -0, 4998.$

$$Q = -0, 3543.$$

$$S = -0, 3028.$$

Hieraus erhält man nun die Lage der 4 Objecte A, B, C, D. Man gebraucht deren nur drey um die Lage jeder 4 Stände E, F, G, H vermittelst der oben (§. 109, seqq.) vorgetragenen Aufgabe zu finden.

§. 277.

Ungeachtet demnach jeder der Buchstaben P, Q, R, S zween Werthe hat, so sieht man doch aus den 4 letzten Gleichungen des §. 275. daß in beyden Fällen einerley Verhältniß zwischen denselben statt habe, und daß folglich die 4 Coefficienten, so in diesen 4 Gleichungen vorkommen, von den 4 Ständen unabhängig sind, ungeachtet sie daraus sind gefunden worden. Denn nimmt man (Fig. 46) die Linie CB an, so erhält man zu den zween Puncten A, D noch zween andere M, N, so daß alle vier Puncte A, M, D, N da liegen,

gen, wo die Linie AD die beyden Circul ABC, BCD durchschneidet. Da man nun anstatt der Linie BC, eine der Linien AB, AD, CD, AC, BD zum Grunde legen kann, und in Ansehung einer jeden zu den zwey andern Objecten noch zweyen Punkte findet, so findet man zu den 4 wirklichen Objecten A, B, C, D noch 12 andere Punkte, und folglich in allem 16. Hieraus läßt sich erklären, warum man bey Auflösung dieser Aufgabe sehr leicht auf eine Gleichung vom 16ten Grade fallen kann. Es ist aber merkwürdig, daß sie sich auf eine Gleichung vom zweyten Grade herunter setzen läßt, und daß die übrigen 12 Punkte schlechthin durch die Lage der 4 Objecte A, B, C, D bestimmt werden, und von der Lage der Stände unabhängig sind. Es lassen sich auch die 4 Punkte A, B, C, D welches die wirklich beobachteten Objecte sind, dadurch erkennen, daß man bey den übrigen 12 Punkten fast immer statt der observirten Winkel ihre Complementary zu 180 Graden nehmen müßte.

§. 278.

Folgende Aufgabe werde ich noch beyfügen, weil sie theils wegen ihrer Construction etwas einfaches hat, theils auch bey Bestimmung der Laufbahn eines Cometen gebraucht werden kann. Wenn vier Linien AE, AC, BF, BD von gerader Lage sind, ein gegebenes Viereck DCFE auf denselben zu beschrei-

Schreiben, so daß jedes der Ecken E, F, C, D auf einer der vier Linien zu liegen komme. Man sieht leicht, daß diese Aufgabe allgemeiner ist, als die, wobey alle vier Punkte E, F, C, D auf einer geraden Linie liegen müssen (§. 260) welches nur ein besonderer Fall von der gegenwärtigen Aufgabe ist. Die Auflösung ist folgende.

§. 279.

Die Durchschnittspuncte A, B, sind diejenigen, so die Linien machen, welche in zwey gegenüberstehende Ecken C, E und F, D laufen sollen. Ziehet demnach B, A zusammen, und messet die Winkel EAC, EAB, FBD, fBA, so läßt sich die Aufgabe folgendergestalt umkehren. Beschreibet erstlich das Viereck EFCD, und ziehet die Diagonalen EC, FD. Diese sind Chorden von Bögen, welche doppelt so viele Grade haben, als die gemessenen Winkel EAC, FBD. Daher könnet ihr die beyden Circul ECA und FDB, welche Bögen von so vielen Graden geben, ziehen, und es ist klar, daß die Puncte A und B auf ihrem Umfreyse liegen müssen.

§. 280.

Machet ferner den Bogen Eb von doppelt so vielen Graden als den gemessenen Winkel BAE, und wiederum den Bogen Fa = 2. fBA, so ist nothwendig, daß die ver-

längerte Linie AB durch die beyden Punkte b und a gehen müsse. Zieheth demnach durch b und a eine gerade Linie. so wird sie die Punkte B und A in dem Umkreise der behörigen Circul bestimmen. Wenn ihr sodann BF, BD, AE, AC zusammen ziehet, so werden diese Linien die gegebene Lage unter sich und mit dem Vierecke haben, und die Figur wird derjenigen, so ihr habt construiren wollen, in allem ähnlich seyn.

§. 281.

Will man diese Aufgabe bey den Cometen gebrauchen, so nimmt man vier Observationen, und setzt, der Comet habe eine gerade Linie durchlaufen. Hiedurch bestimmt man seinen Abstand von der Erde und von der Sonne. Und wenn man die beyden äußersten Observationen beybehält, so läßt sich die Parabel, und daher auch die beyden mittlern Derter construiren. Man hat also dadurch ein Viereck, welches demjenigen, so der Comet in seiner wahren Bahn in den 4 Observationen gemacht hat, ungleich ähnlicher seyn wird, als die angenommene gerade Linie. Dieses Viereck wird auf die Fläche der Eccipticæ reducirt, und nach gegenwärtiger Aufgabe gebraucht, um den Abstand des Cometen noch näher zu bestimmen. Dadurch gelangt man zu einem noch ähnlichem Viereck, und kömmt durch die Wiederholung zu so genauer Bestimmung

stimmung der Laufbahn, als man sie ver-
langt.

§. 282.

Es ist hier anzumerken, daß man nicht
nöthig hat die Seiten des Viereckes EFCE
in eben dem Maasstabe zu wissen, nach wel-
chem die Linien AE, AB, BF &c. gemessen wer-
den, sondern es ist genug, wenn die Winkel
und die Verhältniß zwischen den Seiten be-
kannt sind. Wenn man aber das wirkliche
Maas der Seiten weiß, so ist ein Triangel
genug, und die Aufgabe wird sich folgender-
gestalt construiren lassen.

§. 283.

Es seyen die Linien von gegebener Lage
BD, BF, AE, und der gegebene $\triangle DFE$, wel-
cher darauf soll construirt werden. Con-
struirt erstlich den $\triangle DFE$, und da ihr die
Winkel DAE, FCE wisset, so beschreibet auf
DE, FE Circul, deren Bögen doppelt so viele
Grade haben, als diese Winkel, so müssen
die beyden Punkte A und C nothwendig auf
dem Umkreise dieser Circul liegen. Machet
ferner den Bogen Dc von doppelt so vielen
Graden, als der Winkel DBF hat, oder wel-
ches gleich viel ist, den Bogen Ec von so vie-
len Graden als der Bogen EF hat, und ziehet
die Chorde Fc. Auf dieser Chorde beschrei-
bet einen andern Circul, dessen Bogen cF so

Fig. 49.

N 3 viele

198 I. Anmerkungen und Zusätze

viele Grade habe als FE, oder doppelt so viel als der Winkel FCE. Traget endlich die Linie AC aus F auf diesen Circul in a, und ziehet durch c und a eine Linie in A, so habet ihr den ersten Punct. Ziehet ferner ACE, so ist C der zweyte Punct, und endlich DAB, FCB, so ist B der dritte Punct, und die Linien DB, AE, FB haben gegen den Δ DFE die gegebene Lage und Größe.

§. 284.

Denn weil der Bogen $DE = 2 \cdot DBF$, so ist $DAc = D \cdot F$, folglich Ac mit BF und aus ähnlichem Grunde aF mit AE parallel, weil ihr $caF = FCE = cAE$ und $Fa = AC$ habet. Man kann diese Auflösung auch zu der Aufgabe gebrauchen, wenn aus dem Durchschnittspuncte E zweyer Circul DAE, CEF eine Linie EA zu ziehen, daß das abgeschnittene Stück AC von gegebener Länge sey. Denn diese Linie AE mag hinfallen wo sie will, so ist der Winkel FCE halb so groß, als der Bogen FE des Circuls FEC. Und so viele Grade dieser Bogen hat, so viel müssen auch die Bögen Ec und Fc der beyden andern Circul DFE u. acF haben, damit die Winkel caF, cAE und FCE einander gleich werden können. Sodann muß der verlangte Abschnitt AC aus F in a getragen werden, damit man die Lage der Linie ca finde, welche verlängert durch A gehet. Es sind dabey zweyen mögliche Fälle. §. 285.

niß sind, man sie §. 285.

Die erste dieser Aufgaben (§. 277.) ist noch auflösbar, wenn man von dem Vierecke EFCD nichts als die Winkel weiß. Die Auflösung selbst ist derjenigen ähnlich, die wir oben für den besondern Fall gegeben haben, wenn die vier Linien EA, CA, FB, DB alle in einem Puncte sich durchschneiden (§. 269) man kann aber leicht sehen, daß sie hier noch weitläufiger wird, und mehrere mögliche Fälle hat. Ich werde sie daher eben so wie die Aufgaben, die ich (§. 274.) oben angegeben, und die auch auf diesen Fall bezogen werden können, hier weglassen. Die Auflösung ist leichter, und wird auf einen einzigen Fall gebracht, wenn man das ganze Viereck als gegeben, oder die Winkel und die Verhältnisse zwischen den Seiten annimmt, und diß läßt sich in dem Fall, wo sie auf die Bahn eines Cometen angewandt wird, allezeit thun.

XI. Gerade Linien.

§. 286.

Wir haben vorhin (§. 271. 272) angemerkt, daß viele Auflösungen fruchtlos werden, wenn die Objecte in gerader Linie liegen, und dieses scheint denselben, so einförmig sie auch immer sind, einen Theil

der Vortheile zu benehmen, die man sonst in der ganzen Messkunst von ihnen hat. So z. E. wenn auch die Aufgabe des §. 276. auf eine sehr brauchbare Art aufgelöst werden könnte, so würde die Auflösung fruchtlos werden, wenn alle vier Objecte in gerader Linie liegen, welches doch sonst immer der leichteste Fall ist. Ich habe demnach untersucht, ob der Abbruch, der ihnen dadurch geschieht, durch keinen andern Vortheil wieder ersetzt wird, und ob drey oder mehrere Objecte, die in gerader Linie liegen, wegen eben dieser Eigenschaft, von den Mitteln, die man hat, überquer liegende Objecte in Riß zu bringen, so ausgeschlossen seyn, daß man ihre Lage nicht einmal so leicht, geschweige dann noch leichter sollte bestimmen können. Es giebt doch endlich noch genug gerade Linien in der Welt, auf denen man drey und mehrere Punkte annehmen kann, und überdiß ist ja nichts leichters, als mit zweyen Objecten das dritte, wo man will, in gerade Linie zu setzen, solange man jene beyde noch sehen kann.

§. 287.

Die hierüber angestellte Untersuchung hat mich gelehrt, daß die geraden Linien ein gewisses Mittel halten, welches ich folgendermaßen vorstellen will. Wenn man ein Feld ausmessen oder in Grund legen will, so nimmt man eine Standlinie DE an, an deren

beyden

beyden Enden D und E mißt man die Winkel ADE, CDE, BDE und AED, BED, CED, und es ist nothwendig, daß dadurch die drey Objecte A, C, B und auf gleiche Art noch mehrere auf dem Meßtischgen bestimmt und aufgerissen werden. Es wird folglich dabey erfordert, daß man in D nach E, und in E nach D sehe, und in jedem Stande das Meßtischgen nach dem andern Stande richte.

§. 288.

Diese zur Genüge bekannte Nothwendigkeit hat ihre Beschwerlichkeiten, und wir haben in dieser Abhandlung verschiedene Mittel vorgeschlagen, sie in vielen Fällen entbehrlich zu machen. Der äußerste dieser Fälle, wobey man weder ein Gesetz der Natur gebraucht, noch etwas von der Lage der Objecte und der Stände weiß, noch an dem einen Stande sich um die übrigen umsieht, ist der, den wir §. 276. berührt haben. Und da muß man vier Stände haben, und an jedem vier gleiche Objecte sehen können. Dieser Fall giebt vollends keine Auflösung, wenn alle 4 Objecte in gerader Linie liegen.

§. 289.

Die Objecte, so in gerader Linie liegen, begnügen sich mit zweyen Ständen, und das Mittel, so sie hierinn treffen, ist dieses, daß die beyden Stände weder völlig noch gar

nicht von einander abhängen dürfen. Es ist zugleich nothwendig und zureichend, daß man an dem einen sich um den andern umsehe. Wenn A, C, B in gerader Linie liegen, so kann man an dem ersten Stande D die Winkel ADC, ADB messen, ohne sich um den zweyten Stand E zu bekümmern. Ist man damit fertig, so setzt man in D ein Zeichen, und geht sodann auf dem Felde herum, wohin man will, genug daß man noch das Zeichen in D und die Objecte A, C, B sehe. D mag ein Gebäude, ein Thurm, ein Berg &c. seyn, so wird das Zeichen dadurch öfters noch unnöthig, weil alsdann diese Derter statt des Zeichens dienen.

§. 290.

Befindet man sich nun an einem Orte, welcher zum zweyten Stande bequem liegt, oder ohnehin auch in den Riß muß eingetragen werden, z. E in E, so mißt man daselbst die Winkel AED, CED, BED, und diese sind zureichend, die ganze Figur zu entwerfen.

291.

Um dieses zu beweisen, so seyen die Objecte A, C, B die Stände D, E. Durch die Punkte ADB gehe der Circul AdBD, und durch AEB der Circul AeBE. Verlängert DC in d, und EC in e, und ziehet ed zusammen, so ist der Triangel edC dem Δ DCE ähnlich. Denn weil

weil AB die gemeinsame Chorde beyder Circul ist, so ist auch durch die Natur des Circuls

$$AC. CB = DC. Cd = EC. Ce$$

folglich

$$eC : Cd = DC : CE$$

und die Winkel DCE und eCd sind einander gleich, folglich ist auch

$$DEC = Cde.$$

292.

Hieraus fließt nun folgende Construction: Da die Bögen AeB , AdB doppelt so viele Grade haben, als die gemessenen Winkel AEB , ADB , so ist klar, daß ihr die Linie AB annehmen und beyde Circul darauf construiren könnet. Ferner müssen gleichfalls die Bögen Ae , Ad doppelt so viel Grade haben, als die gemessenen Winkel AEC , ADC und daher könnet ihr die beyden Puncte e und d finden, und die Linie de ziehen. Machet endlich den Winkel edC dem ebenfalls gemessenen Winkel CED gleich, und ziehet die Linie dCd . Diese giebt auf einmal den Ort des mittlern Objectes C, und des Standes D. Ziehet endlich eCE , so habt ihr auch den andern Stand E.

§. 293.

Dieser Vorthail hat etwas ähnliches mit demjenigen, den die Mittagslinie giebt, welche

che uns eben den Winkel erspart. Allein, er reicht in Absicht auf die Allgemeinheit nicht so weit, und wenn man die Mittagslinie in dem gegenwärtigen Falle gebraucht, so werden beyde Stände von einander vollkommen unabhängig. Man observire in D die Abweichung der Linien DA, DC, DB, und in E die Abweichung der Linie EA, EC, EB von der Mittagslinie, so wird sich die ganze Figur ohne die Standlinie DE construiren lassen. Denn die beyden Circul, und auf denselben die Punkte e, d werden wie vorhin aus den Winkeln ADB, AEB, AEC, ADC gefunden und gezeichnet. Ferner aus der Abweichung der beyden Linien DC, EE, von der Mittagslinie, findet man den Winkel DCE durch den §. 96. Wenn man derowegen die gezogene Linie de als eine Chorde eines Circuls ansieht, dessen Bogen doppelt so viele Grade als der Winkel $DCE = dCe$ hat, so läßt sich der Circul ziehen, und wo dieser die Linie AB in C durchschneidet, da ist der gesuchte Punct C. Man sieht aber, daß hier wiederum zweyen Fälle möglich sind, und folglich der wahre Ort des C aus andern Umständen muß bestimmt werden. Denn der Circul, der durch d, e, C geht, durchschneidet die Linie AB an zweyen Orten. Sind die Durchschnitte weit von einander, so läßt sich der wahre leicht erkennen. Widrigen Falles ist das rathsamste noch einen dritten Stand anzunehmen.

§ 294.

Wir werden nun dieses ohne Absicht auf die Mittagslinie thun. Es seyen demnach Fig. 52.
 A, C, B in gerader Linie, die drey Stände seyen D, E, F. Durch jeden derselben und durch die beyden Objecte A, B gehen die Circul ADBd, AEBc, AFBf und die Linien DC, EC, FC werden bis in d, e, f verlängert, und zu Diametern gemacht, so ist wiederum AB eine gemeinsame Chorde der drey Circul und

$$AC \cdot CB = DC \cdot Cd = EC \cdot Ce = FC \cdot Cf$$

folglich

$$DC : Cf = CF : Cd = DF : fd$$

und

$$DC : Ce = CE : Cd = DE : de$$

und

$$CE : Cf = CF : Ce = EF : ef$$

Daher die Triangel

$$CDE \simeq Ccd$$

$$CDF \simeq Cfd$$

$$CEF \simeq Cfe$$

§. 295.

Wenn man demnach in dem Triangel DEF einen einigen Winkel weiß, so läßt sich die Figur construiren. Wir sehen nemlich, daß man an jedem Stande nur die Winkel observirt, welche die drey Objecte A, C, B das selbst

206 I. Anmerkungen und Zusätze

selbst machen. Denn durch diese Winkel können wie vorhin die 3 Circul gezogen, und auf denselben die Punkte d, e, f gezeichnet werden. Setzen wir nun, daß man noch überdies den Winkel DEF wisse, so ist

$$DEC = edC$$

$$FEC = Cfe$$

daher

$$DEF = edC + efc$$

und wenn auf beyden Seiten $fed + fCd$ addirt wird,

$$DEF + fed + fCd = edC + efc + fed + fCd = 360.$$

folglich

$$fCd = 360^\circ - DEF - fed.$$

Da nun DEF, fed bekannt sind, so ist hiedurch auch fCd bekannt, und auf der Linie fd läßt sich ein Circul beschreiben, der durch den Punct C geht, und denselben folglich bestimmt. Es sind aber auch hier wieder zween Fälle möglich, weil dieser Circul die Linie AB an zweyen Orten durchschneidet. Der wahre Fall muß folglich aus andern Umständen bestimmt werden. Das beste ist, wenn man in dem Δ DEF noch einen Winkel weiß.

§. 296.

Wir können hier noch beyläufig anmerken, daß auch die vier Punkte E, F, f, e, desgleichen D, F, f, d, und D, E, e, d in dem Umfreyße

freyse dreyer Circul liegen, weil CD , CE , CF in umgekehrter Verhältniß von Cd , Ce , Cf sind

§. 297.

Sodann haben wir hier keine andere Objecte in Betrachtung gezogen, als die drey, die auf der geraden Linie ACB sind. Und wenn auf einer geraden Linie unzählige Objecte lägen, so ließen sie sich nicht bestimmen, so lange man an jedem Stande nichts anders observirt, als die Winkel so diese Objecte das selbst unter einander machen. Man sieht aber aus bisher gesagtem, daß nur noch ein einiger Winkel hinzukommen darf, um die Lage der Objecte zu finden, und hiezu sind drey Objecte zureichend. Den einigen Fall ausgenommen, den wir hier anführen wollen.

§. 298.

Es seyen die 4 Objecte A , B , C , D in gerader Linie, und der Abstand AB , CD , gegeben, hingegen der mittlere Theil BC unbekannt. AD mag z. E. eine Standlinie seyn, die zu lang ist, als daß man sie ganz messen wollte. Man mißt daher nur von A bis in B und von D in C , so viele Ruthen man will, und stecket in B und C Zeichen, die mit A , D in gerader Linie seyn müssen. Um nun die Länge des ungemessenen Theiles BC zu finden, geht man in E , und mißt die Winkel AEB , AEC , AED , so ist die Auflösung folgende.

Fig. 35.

§. 299.

208 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 299.

Es sey EP die aus E auf AD fallende Perpendicularlinie. Setzet die Winkel

$$AEB = a \quad AEP = x$$

$$AEC = b$$

$$AED = c$$

Nehmet EP als den Halbmesser an, so ist

$$AP = \text{tang } x, \quad PD = \text{tang}(c - x)$$

$$BP = \text{tang}(x - a), \quad PC = \text{tang}(b - x)$$

folglich

$$AB = \text{tang } x - \text{tang}(x - a)$$

$$CD = \text{tang}(c - x) - \text{tang}(b - x)$$

Da nun die Verhältniß zwischen AB und CD gegeben, so machet

$$AB : CD = m : n$$

so ist

$$m : n = (\text{tang } x - \text{tang}(x - a)) : (\text{tang}(c - x) - \text{tang}(b - x))$$

Es ist aber

$$\text{tang } x - \text{tang}(x - a) = \text{ta. sec } x^2 : (1 + \text{tx. ta})$$

$$\text{tang}(c - x) - \text{tang}(b - x) = (\text{tc} - \text{tb}) \text{sec } x^2 : ((1 + \text{tx. tc}) \cdot (1 + \text{tx. tb}))$$

folglich

$$m : n = (1 + \text{tx. tc}) \cdot (1 + \text{tx. tb}) : (1 + \text{tx. ta}) (\text{tc} - \text{tb})$$

und

$$(\text{tc} - \text{tb}) (m + \text{mex. ta}) = n + n \text{txc} + n \text{tx. tb} + n \text{tb. tc. tx.}$$

folglich

$$\text{tx.} + \text{tx} \left[\text{cot } b + \text{cot } c - \frac{m \text{ ta} (\text{tc} - \text{tb})}{n} \right] = \frac{m (\text{tc} - \text{tb})}{n} - \text{cot } c. \text{cot } b.$$

Voraus

Woraus man sieht, daß wiederum zween Fälle möglich sind, und der wahre aus andern Umständen muß bestimmt werden, wenn man ihn nicht sonst leicht erkennen kann. Man kann auch auf AB oder auf DC im Ausmessen noch ein Zeichen aufstecken, oder einen zweyten Stand annehmen, welcher von dem ersten wiederum ganz independent ist. Es ist aber dieses nicht nöthig, weil der andere Fall allezeit derjenige ist, wo die Linie AD zwö von den Linien AE, EB oder CE, ED auf der andern Seite durchschneidet, wenn sie aufferhalb B verlängert werden.

§. 300.

Nimmt man auffer den 3 Objecten, so in einer geraden Linie liegen, noch ein anderes an, welches nicht auf derselben ist, so werden die Stände vollends von einander unabhängig, und es ist klar, daß hiebey vielerley Fälle vorkommen können, von welchen wir etliche betrachten wollen.

§. 301.

Es seyen die drey Objecte A, B, C auf der Linie AC, und DA mache mit derselben einen rechten Winkel. DA, AC mögen zwö Mauern seyn, so kann man darauf die Punkte D, A, B, C nehmen. Observirt man nun in E und F die Winkel DEA, DEB, DEC und DFA, DFB, DFC, so läßt sich die

D

Verhält

Fig. 54.

Verhältniß zwischen allen Linien der Figur
folgender maassen berechnen.

§. 302.

Verlängert die Linie CA, und fälltet aus
E. und F die Perpendicularen EP, FQ dare
auf. Nennet sodann

$$AD = r \quad PEA = x \quad QFA = y$$

$$EP = P \quad DEA = a \quad DFA = A$$

$$FQ = Q \quad AEB = b \quad AFB = B$$

$$AEC = c \quad AFC = C$$

so habt ihr auf gleiche Art wie vorhin, in
dem ihr EP und FQ als Halbmesser ansetzt,

$$\left\{ \begin{array}{l} AB = P. \text{tang}(x+b) - P. \text{tang} x \\ AB = Q. \text{tang}(y+B) - Q. \text{tang} y \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} AC = P. \text{tang}(x+c) - P. \text{tang} x \\ AC = Q. \text{tang}(y+C) - Q. \text{tang} y \end{array} \right.$$

$$PA = P. \text{tang} x = (P+1). \text{tang}(x-a)$$

$$QA = Q. \text{tang} y = (Q+1). \text{tang}(y-A)$$

Aus den beyden letztern Gleichungen folgt

$$P = \frac{\text{tang}(x-a)}{\text{tang} x - \text{tang}(x-a)}$$

$$Q = \frac{\text{tang}(y-A)}{\text{tang} y - \text{tang}(y-A)}$$

daher

daher und aus den beyden erstern Gleichungen

$$P:Q = \frac{\text{tang}(x-a) \cdot [\text{tang} y - \text{tang}(y-A)]}{[\text{tang} x - \text{tang}(x-a)] \cdot \text{tang}(y-A)}$$

$$P:Q = \frac{\text{tang}(y+B) - \text{tang} y}{\text{tang}(x+b) - \text{tang} x}$$

$$P:Q = \frac{\text{tang}(y+C) - \text{tang} y}{\text{tang}(x+c) - \text{tang} x}$$

Werden nun die Tangenten der zusammen
gesetzten Bögen in ihre einfache aufgelöst,
z. E.

$$r(x-a) = \frac{rx - ra}{1 + tx \cdot ra}$$

und daher

$$\frac{r(x-a)}{rx - r(x-a)} = \frac{\text{tang} x - \text{tang} a}{\text{tang} a \cdot \sec x^2}$$

und eben so

$$\text{tang}(x+b) - \text{tang} x = \text{tang} b \cdot \sec x^2 : (1 - tb \cdot tx)$$

so werden diese Gleichungen in folgende ver-
wandelt

$$\frac{(rx - ra) \cdot rA}{ra \cdot (rx - rA)} = \frac{rB \cdot (1 + tb \cdot tx)}{r b \cdot (1 + rB \cdot ty)}$$

$$\frac{rC \cdot (1 + rC \cdot tx)}{r c \cdot (1 + rC \cdot ty)}$$

Weiter wollen wir diese Gleichung nicht verfolgen, weil sie in einzelnen Fällen von hier an kürzer in Zahlen aufgelöst wird. Man sieht übrigens, daß sie vom zweyten Grade ist, und daher wiederum eine doppelte Auflösung hat, von welchen die wahre aus andern Umständen erkannt werden muß. Man kann auch hier wiederum auf der Linie AC oder AD noch einen Punct wählen, oder noch einen dritten Stand nehmen.

§. 303.

Das erste dieser Mittel, wenn man nemlich auf AD in G noch einen Punct annimmt, ist vorzüglicher, weil man dadurch zu einer Gleichung vom ersten Grade kommt. Und überhaupt ist es besser, mehrere Data anzunehmen, als die Aufgabe erforderte, weil dadurch nicht nur die Zweydeutigkeit der Auflösung gehoben wird, sondern dieselben zugleich zur Entdeckung der Fehler dienen.

§. 304.

Wenn der eine Stand z. E. F in gerader Linie mit AD ist, so wird die Rechnung kürzer, weil die Winkel QFA und DFA oder y und A = 0 werden. Daher hat man

$$tB (\cot b + \tan x) = tC (\cot c + \tan x)$$

eine Gleichung vom ersten Grade.

§. 305.

§. 305.

Trägt es sich zu, daß die Winkel DEA, DFA einander gleich werden, so giebt die Rechnung gar keinen Werth, denn weil in diesem Falle $A = a$, so ist

$$\frac{tx - ta}{ty - ta} = \frac{\cot b + tx}{\cot B + ty} = \frac{(\cot c + tx)}{(\cot C + ty)}$$

folglich

$$(\cot b + ta) : (tx - ta) = \cot(B + ta) : (ty - ta)$$

$$(\cot c + ta) : (tx - ta) = \cot(C + ta) : (ty - ta)$$

Daher

$$\frac{r(x - ta)}{r(y - ta)} = \frac{(\cot b + ta)}{\cot B + ta} = \frac{\cot c + ta}{\cot C + ta}$$

Woraus aber nichts anders folgt, als daß die gemessenen Winkel a, b, c, B, C eine bestimmte Verhältniß unter sich haben, und daß so bald man $DEA = DFA$ findet, einer der übrigen Winkel nicht nöthig hat gemessen zu werden, weil man ihn durch diese Verhältniß findet. Aber den Werth von x und y findet man nicht, sondern nur die Verhältniß zwischen diesen Winkeln. Um desto nöthiger ist es die Stände E, F so anzunehmen, daß die Winkel DEA, DFA von sehr verschiedener Größe werden, und um desto sicherer ist es auch, auf der Linie AD noch einen Punct G anzunehmen, weil man dadurch diesen Fall

214 I. Anmerkungen und Zusätze

und zugleich die Zweydeutigkeit der übrigen vermeidet.

§. 306.

Für diese Aufgabe habe ich keine andere Construction, als mittelst einer Hyperbel finden können, welche ich wegen ihrer besondern Umstände hersehen will. Wenn man die ganze Linie auf welcher die Objecte ABC liegen, annimmt, so lassen sich auf derselben mittelst der observirten Winkel, zweien Circul ABC, AbC beschreiben, und die Punkte α, β, β, b , auf denselben bestimmen, durch welche die Linien ED, FD, EB, FB gehen müssen. Dieses geschieht auf die schon öfters gebrauchte Art. Wenn man nun die Lage des Objectis B wüßte, so ließen sich die Linien BBF, bBE, und folgendes auch F β D und E α D ziehen, und der Durchschnitt D würde der gesuchte Ort seyn. Er möchte nun auf der senkrechten Linie AD, oder auf einer andern liegen. Da man aber von B weiter nichts weiß, als daß es auf AC liegen müsse, so nehme man auf dieser Linie eben so wie B einen jeden andern Punct an, und bestimme, wo in solchem Falle D liegen müßte. Dadurch findet ihr unzählige Puncte der Hyperbeln D α C und AH, und wo eine derselben die Linie AD durchschneidet, da ist der gesuchte Punct D, welches hier nur in D geschieht. Es ist klar, daß wenn DAC kein rechter, sondern ein

ein jeder anderer Winkel wäre, die Lage des Puncts D dennoch könnte bestimmt werden. Wenn der Punct d höher liegt als a , so geht die Hyperbel Ddd nicht durch C sondern durch A, und in diesem Falle geht die andere Hyperbel durch C.

§ 307.

Wäre die Lage des Puncts D ganz unbekannt, so müste man noch einen dritten Stand annehmen. Dadurch würden noch zwei andere Hyperbeln construirt, und der Punct D würde in einem ihrer Durchschnitte seyn. Die Rechnung, die ich über diesen Fall angestellt, und ihrer Weitläufigkeit halber nicht hersehen mag, hat mich gelehret, daß man auf eine Gleichung vom sechsten Grad verfällt, um die Tangente von x zu finden.

§. 308.

Hat man zwei gerade Linien vor sich, und auf jeder drey Objecte, so gebraucht man nur zween unabhängige Stände, aber die Gleichungen werden wiederum so weitläufig, daß die Aufgabe dadurch unbrauchbar wird.

XII. Die Fehler im Observiren überhaupt betrachtet.

§. 309.

In den bisherigen Untersuchungen haben wir kein ander Augenmerk, als die Bes

quemlichkeit in der Ausübung gehabt, und in dieser Absicht die Vortheile durchgegangen, welche das beschwerliche und mühsame erparen, oder wenigstens von dem Felde wegnehmen, und auf das Papier bringen, da man es mit guter Masse construiren oder berechnen kann. Diese Absicht allein betrachtet, haben wir uns dabei nicht eingeschränkt, und daher auch solche Sachen mitgenommen, welche man wohl nicht anderst als zur bloßen Belustigung gebrauchen wird. Diese Vermengung des angenehmen und nützlichen wird höchstens nur denen missfallen, die in der Ausübung von nichts anders als einer theoretischen Schärfe wissen wollen, und die tausend Ausmessungen, die man nur beyläufig zu wissen gebraucht, deswegen nicht vornehmen werden, weil es sich der Mühe nicht lohnt, sie nach der strengern und zugleich mühsamern Art zu suchen. In allen diesen Fällen sind die leichtern Mittel, die wir hier beschrieben haben, zureichend, und jedesmal wird man die bequemern dabei gebrauchen können, die die Umstände angeben.

§. 310.

Wir wenden nunmehr die Sache um, und werden die Schärfe untersuchen, die man in jeden Ausmessungen erreichen kann. Diese hat eben so wie die Bequemlichkeit unzählige Stufen, und wir haben schon Anfangs an-
gemerkt,

gemerkt, daß diese beyden Absichten selten beysammen seyn, oder in gleichem Grade erreicht werden können. Das bloße Augenmaß, welches allerdings das bequemste ist, fällt hier ganz weg, wo wir die Schärfe suchen. Die Mittagslinie, die wir ebenfalls sehr bequem gefunden haben, reicht zu der äußersten Schärfe, wenn man sie genau zieht. Allein dieses erfordert Zeit, Mühe, und gute Instrumente. Ihr Gebrauch ist vortheilhaft, aber ihre Erfindung fordert in jedem Stande neue Arbeit. Entfernte Gegenstände leisten uns ähnliche Dienste, sie reichen aber nicht zu der äußersten Schärfe, wenn man sie nicht vollkommen so gut als unendlich entfernt ansehen kann. Verticale Linien und Flächen wären wiederum sehr bequem, allein die Winkel müssen ungemein scharf gemessen werden, wenn man auf kleine Fehler sehen muß. Mit dem Schatten der Sonne vermengt sich der Halbschatten, und seine Bestimmung leidet keine vollkommene Schärfe. Das reflectirte Licht läßt sich nur bey verticalen Objecten gebrauchen, und fordert genau gemessene Winkel. Das gebrochene Licht und die Bewegung haben wir in Absicht auf die Genauigkeit bereits betrachtet, und was wir bey viereckichten Figuren und geraden Linien angenommen haben, muß genau richtig seyn, wenn man die größte Schärfe sucht.

§. 311.

Der Ursprung der Fehler bey dem Observiren ist sehr mannigfaltig, weil viele Umstände dazu beytragen. Wir können davon folgende Classen anführen.

1°. Diejenigen, die man vorseztlich zuläßt, wenn man als vollkommen richtig annimmt, was nur bey nahe zutrifft. Z. E. daß die Mittagelinien und die Verticallinien parallel seyn, daß die Seiten eines Hauses einen rechten Winkel machen, daß eine Gartenmauer geradlinicht sey, daß das Licht in der Luft in gerader Linie fortgehe, daß Linien parallel seyn, die in einen Punct des äußersten Horizontes laufen &c. Alle diese Sätze weichen mehr oder minder von der Wahrheit ab, und man muß aus den Umständen und aus der Absicht bestimmen, ob sie genauer müssen untersucht, und die Abweichung in die Rechnung gezogen werden.

2°. Die Fehler, so von dem Instrumente, und besonders von seiner Eintheilung und Zusammensetzung der Theile herrühren. Z. E. die Lage der Mittelpuncte, die parallele Lage der Dioptern &c.

3°. Die

3°. Die, so von der Stellung des Instruments herkommen. Z. E. wenn es nicht in der behörigen Fläche liegt, wenn es von der Linie abweicht, in welcher es seyn sollte, wenn es nicht recht gerichtet ist &c.

4°. Die Fehler, so von dem Auge entstehen, weil es ganze Flächen für Linien und Puncte ansieht, so bald sie entfernt genug sind, daß es ihre Breite nicht mehr unterscheiden kann.

5°. Die Inflexion des Lichtes, welche hindert, daß Gegenstände von verschiedener Entfernung mit ihren äußersten Enden an einander zu grenzen scheinen, da sie es der Schärfe nach nicht sind.

§. 312.

Die Fehler der ersten Classe kann man vermeiden, weil man sie nur zuläßt, wenn sie nichts zu bedeuten haben. Die von der zweyten Classe kommen sämtlich auf die Genauigkeit des Instruments an, und dieses muß vorläufig geprüft werden, damit man über die Abweichungen in der Eintheilung Register halten, und den Verlauf der übrigen berechnen könne, wenn sie etwas auf sich haben, und so genau bestimmt werden müssen. Die von der 3ten Classe rühren größtentheils von den Fehlern der 4ten her, und um diese geringer

220 I. Anmerkungen und Zusätze

geringer zu machen, bedient man sich, wo es nöthig ist, solcher Instrumente, welche statt bloßer Dioptern mit Fernröhren versehen sind, und dadurch wird auch der Nachtheil, den die Inflexion thut, mehr vermieden.

§. 313.

Was man überhaupt hiebey sehen kann, ist dieses: daß ein jedes Instrument noch einen grössern oder kleinern Fehler zu lassen, und man daher bestimmen müsse, wie hoch er sich belaufen kann. Denn ungeacht es geschehen kann, daß man z. E. in einem gegebenen Fall einen Winkel so genau damit mißt, als man es verlangt, so weiß man doch nicht, ob er in der That richtig gemessen worden, weil uns das Instrument keine so große Schärfe versichert. Wenn man also gleich zuweilen gar nicht fehlte, so ist doch ungewiß, ob es jetzt oder ein andermal so richtig eintreffe, und da man immer besorgen kann, daß man gefehlt habe; so ist das nöthigste; daß man den größten möglichen Fehler, den das Instrument, bey der behörigen Aufmerksamkeit zuläßt, bestimme, weil man dadurch ausmachen kann, wie ferne die Ausmessung zuverlässig ist, und dieses ist alles, was wir von der Betrachtung der Fehler bey jeder Observation zu hoffen haben.

§. 314.

Hingegen giebt uns die allgemeine Theorie von den Folgen, die die Fehler nach sich ziehen, einen mehrern Nutzen, weil sie uns eine gedoppelte Vorsichtigkeit lehret. Die erste besteht in der Auswahl der Umstände. Man kann den Fehler bey Ausmessung jeder Winkel gleich groß sehen, weil wir hier mit die unkennbare betrachten, so ist man allezeit ungewiß, ob man unter diesen nicht den größten zugelassen habe. Man setze mit Mariomni daß der Fehler bey den Messischengen zwey Minuten seyn könne, so wird dieser Fehler in einem kleinern Winkel beträchtlicher seyn als in einem größern. Es ist also nöthig, die Umstände zu wählen, welche die Folgen der Fehler am geringsten machen.

§. 315.

Die andere Vorsichtigkeit besteht im Vor- und Nachgeben, welches ich auf folgende Art erläutern will. Man richte z. E. die Dioptern nach einem Puncte des Objectes, so genau es das Auge zuläßt, so wird man dennoch in Absicht auf eine Kleinigkeit unentschieden bleiben, ob man die Dioptern nicht noch ein wenig verrücken soll, und löset man sie stehen, so wird man bey dem Zweifel, so man darüber hat, entweder das bejahende oder das verneinende überwiegend finden. Die Frage, ob man bey dieser kleinen Ungewißheit

wisheit den Winkel lieber soll zu groß als zu klein machen, muß durch die Theorie der Fehler entschieden werden. Es ist für sich klar, daß man hiebey nichts vorsetzliches thun, sondern nur so weit gehen müsse, daß in dem Zweifel das überwiegende auf die Seite falle, welche die Theorie für genauer angiebt. Laßt uns hievon einige Beyspiele geben.

§. 316.

Man messe in einem Triangel alle drey Winkel, so muß ihre Summa 180. Grad machen. Ist sie z. E. grösser, so wird der Ueberschuß in drey gleiche Theile getheilt, und von jedem Winkel wird der dritte Theil abgezogen. Wäre nun einer dieser Winkel ohne dem schon zu klein, so ist klar, daß er hiedurch noch kleiner, und folglich der Fehler vermehrt würde. Es ist klar, daß man bey vorhin erwähntem Zweifel lieber alle drey Winkel zu groß, oder alle drey zu klein macht, wenn man dem Zweifel einen Ausschlag geben solle. Denn so ist man wegen der Verbesserung mehr versichert, daß alle drey Winkel auf gleiche Art müssen verändert werden. Hätte man den Ausschlag nicht gegeben, so müßte man doch das überwiegende im Zweifel zu rathe ziehen, um die Verbesserung darnach einzurichten. Es wäre nicht vernünftig einen Winkel noch grösser zu machen, von dem man mehr Grund hat, zu vermuthen, daß er schon zu groß sey.

§. 317.

Eben so wenn die drey Linien dA , dB , eC , Fig. 56.
 welche vermittelst der Winkel dAC , dB , eCA
 gezogen werden, sich in einem einigen Punct,
 nach welchem man die Dioptern gerichtet,
 durchschneiden sollten, und sich aber in d , e , f
 durchschneiden, so ist offenbar, daß entweder
 eine, oder zwei, oder alle drey eine solche
 Lage haben. Der wahre Punct kann ent-
 weder in oder auſſer dem Δdef liegen.
 Im letzten Fall ist seine Lage sehr unbestimmt,
 und es ist klar, daß, wenn man je hier ein
 Mittel treffen sollte, der Mittelpunct des Δ
 müſte genommen werden. Derselbe sey D .
 Hiedurch wird der Winkel eAC gröſſer, und
 die beyden Winkel eCA , fBC werden kleiner,
 als sie gemessen worden. Soll man dem-
 nach das Mittel auf diese Art nehmen köns-
 nen, so muß der vorhin erwähnte Ausschlag
 so gegeben werden, daß man den Winkel eAC
 lieber zu klein, und die beyden Winkel fBC ,
 fCB lieber zu groß messe. Giebt man diesen
 Ausschlag nicht, so muß man in den Zweifeln
 immer der überwiegenden Seite mehr zu-
 geben.

§. 318.

Auſſer dieser Vermuthung, bleibt bey
 allen Fehlern nichts als die Ungewiſſheit, ob
 man sie begangen habe, und wie groß jeder sey.
 Das erstere läßt sich noch am leichtesten aus-
 machen,

machen, wenn man in der That gefehlt hat, hingegen fällt es desto schwerer zu bestimmen, worinn jeder Fehler bestehe, und wie ferne man ihre Folgen vermeiden könne.

§. 319.

Um zu finden, ob merkliche Fehler wirklich vorgegangen, muß man nothwendig mehrere Stücke ausmessen, als nach der Theorie nöthig wären. So z. E. fordert die Theorie in jedem Triangel nicht mehr als zweyen Winkel, und der dritte wird nothwendig ihr Zusatz zu 180° Grad seyn. Ebenfalls ist der Durchschnitt zweyer Linien zureichend, um die Lage eines Puncts zu bestimmen. Sind aber bey den beyden Winkeln oder bey Bestimmung der beyden Linien Fehler untergelaufen oder wenigstens zu besorgen, so muß im ersten Falle noch der dritte Winkel gemessen werden, im andern aber muß man noch eine, oder auch noch mehrere Linien ziehen.

§. 320.

Dadurch findet man aber nur so viel, daß es irgendwo gefehlt seyn müsse, wenn die 3 Winkel nicht 180° machen, oder die Linien sich nicht in einem gleichen Puncte durchschneiden. Wo aber der Fehler sey, wird dadurch nicht ausgemacht, und das schlimmste ist, daß wenn diese Regel wirklich zutrifft, die Gewißheit, daß man in keinem Stücke gefehlt

fehlt habe, dadurch nicht erhalten wird, weil die Fehler einander aufheben können. Man hat daher die Wiederholung der Ausmessung jeder Winkel eingeführt, um aus allen das Mittel zu nehmen. Und dieses ist allerdings das sicherste, so bald man sehen kann, daß die Fehler, die den Winkel zu groß geben, eben so möglich sind, als die, so ihn zu klein geben. Bey Fehlern, die nur daher rühren, daß das Auge ganze Flächen für Punkte und Linien ansieht, ist diese Möglichkeit nothwendig zulässig.

§. 321.

Aus diesen vorläufigen Betrachtungen erhellet, worauf es bey der Untersuchung der Fehler fürnehmlich ankömmt. Wir halten uns hier nur bey denen auf, die unvermeidlich sind, weil man nicht schärfer sehen kann, und wobey eben deswegen nicht kann ausge-macht werden, wie groß sie in der That sind. Da man bey jedem Instrumente den äußersten Fehler bestimmen muß, der dabey aus diesem Grunde vorgehen kann, um daraus zu finden, wie ferne die Ausmessung zuverlässig ist, und da dieser Fehler sich nach der Güte des Instruments richtet, so hängen die Schärfe der Ausmessung und die von dem Instrumente von einander ab, und eine muß durch die andere bestimmt werden. Diese Bestimmung hängt aber viel öfters von den Folgen

der Fehler, als unmittelbar von ihnen selbst ab, und diese Folgen richten sich nach den Umständen. Kann man hierinn etwas ändern, und die besten daraus wählen, so wird ein gemeiner Instrument vielmal so gut dienen, als bey schlimmern Umständen ein sehr gutes. Daher muß die Verhältnis zwischen den Fehlern, ihren Folgen, den Umständen der Ausmessung und der Güte des Instrumentes durch die Theorie bestimmt werden. Hat man ein Instrument vor sich, so fragt sich, wie genau eine gegebene Figur damit ausgemessen werden könne, und welches die besten Umstände dazu seyen. Will man aber die vorgegebene Figur bis auf einen bestimmten kleinen Theil genau messen, und die Umstände können nicht gewählt werden, so ist die Frage, wie genau das Instrument seyn müsse. Hieraus haben wir eine dreyfache Quelle von Aufgaben, die in der Theorie der Fehler vorkommen müssen.

§. 322.

Wir machen zwischen den Fehlern und ihren Folgen nicht nur deswegen einen Unterschied, weil die Folgen eines gleichen Fehlers sich nach den Umständen ändern, sondern auch, weil man bey der Wiederholung der Ausmessung das Mittel nicht aus den Folgen, sondern aus den wirklichen Observationen nehmen muß. So z. E. muß man aus einem vielmal gemessenen Winkel das Mittel nehmen,

men, ehe man etwas daraus berechnet. Ungeacht also viele Fälle sind, wo die Fehler und ihre Folgen einander proportional bleiben, so giebt es doch weit mehrere, wo dieses nicht ist. Beyde kann man durch die Theorie von einander unterscheiden.

§. 323.

Ferner ist klar, daß so lange man die Folgen der Fehler nur deswegen berechnet, damit man sehen könne, wie weit die Ausmessung als zuverlässig kann angesehen werden, nothwendig jeder Fehler, für den man nicht gut sehen kann, unter den möglichen am größten müsse genommen werden, und daß, wo mehrere zugleich vorkommen können, dieselben sämtlich auf die Seite geschlagen werden müssen, wobey der Unterschied am größten wird. Die Wahrscheinlichkeit dieses so vergrößerten Unterschiedes wird sodann aus der Vergleichung aller möglichen Fälle ausgemacht, und nach Bestimmung derselben läßt sich derjenige Fehler finden, welcher unter allen der wahrscheinlichste ist, und dadurch erhält man den wahrscheinlichsten Grad der Zuverlässigkeit der Ausmessung.

§. 324.

Die Schärfe des Auges wird bey jeder einzeln Ausmessung auf eine gedoppelte Art gebraucht. Man setze, daß man die Dioptern

228 I. Anmerkungen und Zusätze

nach einem Object richte, so muß das Aug entscheiden ob sie genau nach dem erwählten Punct gerichtet seyn, und dieses ist der erste Fall, welcher sich erdugnet, das Auge mag durch bloße Dioptern oder durch Kernröhre sehen. die statt derselben an dem Linnale ange- macht sind.

§. 325.

Sodann ist es nöthig auf dem Instru- mente zu entscheiden, was für eine Lage das Linnal habe, oder wie viel Grade und Minuten es abschneide. Die Richtigkeit dieser Ent- scheidung hängt von der Größe und Güte des Instruments, und von der Schärfe des Auges ab, dieses mag wiederum entweder durch ein Vergrößerungsglas, oder blos sehen. Man giebt die erstere Entscheidung für zu- verlässiger aus, und hat daher angefangen, einen Winkel am Horizont herum zu tragen, um dadurch den Fehler bey Beurtheilung des Winkels auf dem Instrumente zu vermindern, und dadurch wird zugleich auch derjenige vermindert, der von der Eintheilung des In- strumentes herrührt.

XIII. Theorie der Folgen der Fehler.

§. 326.

Wir haben schon anfangs (§. 12.) ange- zeigt, daß Marinoni den größten Theil

Theil seines Werkes *de re ichnographica* angewandt, um diese Theorie nach dem Beispiele, so Wolf hievon gegeben, vollständiger zu machen, und besonders in denen Fällen, die gemeinlich bey Grundlegung der Felder vorkommen, durch eine Menge von Exempeln zu erläutern. Nach Durchlesung seines Werkes kann ich nicht sagen, ob er eingesehen habe, worauf hier das Hauptwerk ankommt. Es scheint überhaupt, als wenn die Absicht seiner bis zur Weitläufigkeit ausführlichen Berechnung jeder einzelnen Fälle diese wäre, daß er dadurch die Ausmessung verbessern und genauer machen wölte, und dieses setzt nothwendig zum voraus, daß jeder Fehler bekannt sey. Sind sie aber bekannt, so wird die Verbesserung vor der Berechnung vorgenommen, und die Berechnung von den Folgen der Fehler wird in so ferne überflüssig.

§. 327.

Von den Mitteln die Größe eines jeden einzelnen Fehlers zu bestimmen, sagt er sehr wenig, und nach seinem Urtheile kommt es darauf an: daß man sehen müsse, ob Linien, die von mehreren Ständen in ein Object gezogen werden, sich in einem und eben demselben Puncte auf dem Meßtischgen durchschneiden, ob die Umkreise der Figur durch die inwendig gemessenen Winkel, sich genau schließen, und endlich überhaupt

230 I. Anmerkungen und Zusätze

ob in dem entworfenen Grundrisse jede Theile die Lage haben, die man auf dem Felde gefunden. Dieses ist mit eben den Worten alles, was er hierüber sagt. Laßt uns mit wenigem anmerken, wie ferne es zu reicht.

§. 328.

Einmal kan man leicht einräumen, daß wenn der Grundriß vollkommen richtig ist, derselbe sich auf unzählige Arten werde bewährt erfinden lassen. Jede Linie, so darauf gezogen wird, wird auf dem Felde einerley Größe haben, und durch einerley Ecken und Puncte gehen. Wird jede Linie auf dem Grundrisse verlängert, und ausgemessen wo sie eine andere durchschneidet, da muß der Punct des Durchschnittes auf dem Felde eben die Lage haben. Es ist also unstreitig, daß es an Mitteln nicht fehlt, den Grundriß mit dem Felde zu vergleichen, wenn man nach Verfertigung desselben ihn mit dem Felde gegen einander halten will, und eben dadurch wird gefunden, ob man jede Puncte auf ihre wahre Durchschnitte gezeichnet, oder ob durch eine Vermischung der Linien Fehler vorgegangen, die von einer Unachtsamkeit oder Verwirrung herrühren. Die Verbesserung der kleinen Fehler, die dem Auge entfliehen, wird dadurch lange nicht so leicht erreicht.

§. 329.

Man kann hierüber nachholen, was wir schon oben erinnert haben (§. 319. 320.) Die Summe der gemessenen Winkel am Umfang der Figur, die mit der Theorie übereinstimmen sollte, oder auch der Durchschnitt mehrerer Linien in einem Punkte bestimmt hiebey gar nichts. Kommt diese Prüfung mit der Theorie nicht überein, so weiß man nur so viel, daß irgendwo ein Fehler seyn müsse, aber hieraus wird noch nicht entschieden, worin er bestehe. Kommt aber die Prüfung mit der Theorie überein, so läßt sich dennoch nicht schliessen, daß gar kein Fehler unterlaufen sey. Man sehe, man habe die Winkel am Umfange eines Siebenecks gemessen, und sie machen zusammen gerade 900. Grad. Kann man bey einem Instrumente für einen Fehler von 2 Minuten nicht gut stehen, welche Wahrscheinlichkeit wird wohl da seyn, daß sieben Winkel nach einander jeder vollkommen genau seyn gemessen worden, oder der Fehler bey jedem keine Secunde betrage.

§. 330.

Da überdiß jede Ausmessung, die man zur Prüfung der übrigen vornimmt, ihre eigene Unsicherheit hat, so ist klar, daß man dadurch nur Ungewißheit auf Ungewißheit häuſet, und es ist möglich, daß eben die Linie, die man zur Prüfung des Durchschnitts

232 I. Anmerkungen und Zusätze

zwoer andern zieht, den Fehler in die Figur bringe. Es ist also klar, daß der Grundriß, wenn er in allen Theilen richtig ist, sich auf unzählige Arten als richtig werde finden lassen, daß hingegen, wenn Fehler darinn sind, die Prüfung zur Entdeckung eines jeden Fehlers und seiner Größe, wenig helfe, sondern dabey andere Mittel müssen gebraucht werden.

§. 331.

Da also diese Entdeckung jeder Fehler nicht die Absicht von ihren Folgen ist, so haben wir bereits oben bestimmt, wozu diese Berechnung könne gebraucht werden, und diese Absichten sind 1° Die Bestimmung von der Zuverlässigkeit des Grundrisses und ihrem Grade. 2° Die Auswahl der Umstände, welche die Theorie willkürlich läßt, und 3° Die Vorsichtigkeit im Vor und Nachgeben. (§ 313. 314. 315.) Diese drey Absichten dehnen die Theorie von den Folgen der Fehler weiter aus, als sie Mariotti mitgenommen weil er sich mit denen gewöhnlichsten Fällen, so bey Grundlegung eines Feldes vorkommen, begnügt hat, ungeachtet er die beyden erstern Absichten hin und wieder auch einmengt.

§ 332.

Bev Grundlegung einer Figur muß wenigstens eine Linie gemessen werden. Wenn
man

man demnach nur eine ausmisst, so dehnt sich der Fehler, so dabey vorgeht auf alle übrige Linien aus, und diese werden in gleicher Verhältnis grösser oder kleiner, als sie seyn sollten. Die übrigen Fehler alle kommen schlichterdings von den Winkel her, die man in diesem Falle zur Bestimmung der Figur nöthwendig gebrauchen muß. Werden aber mehrere Linien gemessen, so kann jede ihre eigene Fehler haben. Marinoni setzt die Fehler seyn den gemessenen Linien proportional, und dieses ist desto wahrscheinlicher, je mehr die Lage der Linien und die Art, wie sie gemessen werden, einander ähnlich sind. Den Gebrauch der Messkette findet er, wenigstens auf einer ebenen Fläche richtig, und bestätigt es durch angestellte Versuche. Ueberhaupt werden die Linien gemeiniglich zu groß.

- 1.° weil man nicht so genau auf der Linie bleibt,
- 2.° weil die Messkette nicht genug angezogen wird.

§. 333.

Hingegen werden die Fehler bey den Winkeln desto ungleicher, ein Winkel kann mehr oder minder zu groß und zu klein gemessen werden. Wenn man aber nur den Grad der Zuverlässigkeit bestimmen will, so muß man für jeden Winkel den grössten unter denen annehmen, für welche man nicht gut sehen kann, und dieser richtet sich immer so

234 I. Anmerkungen und Zusätze

wohl nach der Güte des Instruments, als nach der Schärfe des Auges. Von beyden kann man eine Probe machen, wenn man einen gleichen Winkel an gleichem Orte sehr viele male mißt, und den größten und kleinsten so man findet, mit dem Mittel unter allen vergleicht. Was die verschiedene Farbe und die verschiedene Klarheit der Objecte hiebey thue, muß durch andere Versuche gefunden werden, dergleichen Hr. Prof Mayer in den Commentariis der Königlich Societät der Wissenschaften zu Göttingen beschrieben, und von welchen wir die fernere Fortsetzung erwarten.

§. 334.

Da man hiebey nur diejenigen Fehler betrachtet, die von dem Mangel der Schärfe des Auges und des Instrumentes entstehen, so werden sie in Vergleichung der Seiten und Winkel als unendlich klein angesehen, oder welches hier gleich viel ist, die höhern Dignitäten derselben werden in der Rechnung weggelassen. Der Grund hiervon ist dieser. Setzet, man wisse nicht ob eine Linie um ihren hundertsten Theil zu groß oder zu klein sey. Das Quadrat von diesem Theile ist $\frac{1}{10000}$ der Linie, und die höhern Dignitäten sind noch kleinere Theile. Wenn also auch der $\frac{1}{10000}$ Theil für sich betrachtet noch eine sichtbare Größe hätte, so muß er doch hier deswegen nichts

nichts geachtet werden, weil man noch in den $\frac{1}{100}$ Theilen zweifelhaft ist. Ich sage, zweifelhaft. Denn wüßte man gewiß daß die Linie um $\frac{1}{100}$ zu groß wäre, so würde die Verbesserung vorgenommen, und man gebrauchte keine besondere Berechnung für die Folgen des Fehlers.

§. 335.

In so ferne also die höhern Dignitäten der Fehler können weggelassen werden, so wird die Rechnung der Differentialrechnung vollkommen ähnlich, und dadurch wird das Mittel die Folgen eines Fehlers, so weit sie eben so wie der Fehler selbst beträchtlich, oder von gleichem Grade sind, zu bestimmen allgemein und leichte, weil man nur die Gleichung differentiiren darf. Wolf und Marinoni bedienen sich dabey der Figuren, ungefehr eben so, wie man sie bey wirklichen Differentialgrößen gebraucht. Sie sehen die Fehler in den Winkeln als unendlich klein, und die wahre Linie mit den falschen als parallel an. Diese Art ist aber nur bey den einfachen Fällen leichte. Muß man aber in einer Figur zugleich mehrere Fehler betrachten, die sich unter einander mengen, so wird die Figur und der Beweis verwirrt. Uebersiß müssen dabey allzeit die Fälle unterschieden werden, wo der Fehler auf die eine oder andere Seite fällt, oder den Winkel oder die
Linie

236 I. Anmerkungen und Zusätze

Linie grösser oder kleiner macht, als sie wirklich seyn sollten. Dieser Umweg, der dem Marinoni die Berechnung so vieler einzelnen Fälle verursacht, fällt bey der Buchstabenrechnung ganz weg, weil ihre Mechanische Einrichtung durch eine bloße Verwandlung der Zeichen alle mögliche Fälle vorstellig macht.

§. 336.

Nach diesen vorläufigen Betrachtungen werden wir nun alle mögliche Fälle, die bey einem Triangel vorkommen können, auf wenige allgemeine Classen bringen. Es ist aus der Trigonometrie bekannt, daß man aus drey Stücken desselben ein jedes der übrigen drey finden könne, und wenn man zwischen vier Stücken ihre Verhältniß sucht, alle mögliche Fälle durch drey allgemeine Formeln vorgestellt werden. Man gebraucht daher nur diese Formeln zu differentiren, um auf eine eben so allgemeine Art die Verhältniß zwischen ihren Fehlern zu finden, weil die Fehler eines jeden Winkels und einer jeden Seite durch ihre Differentialien vorgestellt werden.

§. 337.

Man nenne daher die drey Seiten eines Triangels P, Q, R , ihre gegenüberstehenden Winkel p, q, r , so daß P und p , Q und q , R und r einander gegenüber liegen. Oder da
hier

hier immer nur vier Stücke vorkommen, und unter diesen nothwendig eine Seite mit ihrem gegenüberstehenden Winkel ist, so nenne man diese Seite P , und den Winkel p . Da ferner noch eine Seite vorkömmt, so nenne man diese Q , ihren gegenüberstehenden Winkel, wenn er vorkömmt, heiße man q , oder die dritte Seite R , oder den ihr gegenüberstehenden Winkel r , so werdet ihr jedesmal einen von folgenden drey Fällen haben:

$$1.^{\circ} P, Q, R, p.$$

$$2.^{\circ} P, Q, p, r.$$

$$3.^{\circ} P, Q, p, q.$$

§. 338.

Aus diesen Gründen läßt sich jeder Fall zeichnen. Um ferner die Verwirrung der Zeichen zu vermeiden, werden wir jeden Winkel spitzig annehmen, und die Formeln darnach einrichten. Und eben so werden wir die Differentialien positiv setzen, so daß wenn P, Q, R, p, q, r die wahren Seiten und Winkel sind sodann $P+dP, Q+dQ$ &c. die falschen vorstellen, oder umgekehrt, wenn jene die falschen sind, diese die wahren seyen. Diese beyde Arten der Vorstellung sind gleichzulässig, um aber dennoch alle Verwirrung zu vermeiden, werden wir durch P, Q, R, p, q, r immer die wahren Größen, und durch $P+dP, Q+dQ$ &c. die falschen verstehen, und folglich bey allen setzen, daß man sie zu groß

groß gemessen habe. Bey den Seiten trifft dieses fast immer zu, und wenn auch die Winkel zu klein wären gemessen worden, so gebraucht es nichts anders, als daß man bey ihrem Differential in der Formel das Zeichen ändere. Wird das Zeichen bey dem Differential oder der Linie die man sucht, in der Rechnung negativ, so versteht sich von selbst, daß der falsche Winkel oder die falsche Seite um so viel kleiner sey als die wahre. Endlich sehen wir, es sey in allen vier Stücken gefehlt. Ist eines oder zwey derselben richtig, so wird ihr Differential in der Formel $= 0$ gemacht, und die Formel wird dadurch einfacher.

339.

Auf diese Art wird die Berechnung der Folge der Fehler auf drey allgemeine Formeln gebracht, welche wir folgendermaassen finden werden. Für die Verhältniß zwischen den vier wahren Stücken des Triangels, die jedesmal vorkommen können, haben wir diese drey allgemeine Formeln.

Fig. 57.

- 1.° $P^2 = Q^2 + R^2 - 2 QR \cdot \cos p$
- 2.° $P \cdot \sin (p+r) = Q \cdot \sin p$
- 3.° $P \cdot \sin q = Q \cdot \sin p$

Und diese enthalten alle vorkommende Fälle, und jeden Fall, den man vor sich hat, kann man darinn finden, wenn man die vier Stücke

ete

e nach den erstgegebenen Regeln benennet.
(§. 337.)

§. 340.

Die Verhältniß zwischen ihren Fehlern findet man durch das Differentiiren, wobei wir anmerken, daß es nicht nöthig ist, das gesuchte Differentiale durch die übrigen drey Stücke auszudrücken, weil man die Seite oder den Winkel, dessen Fehler man berechnet, als bekannt annehmen kann. Daher sind die Formeln folgende:

$$1. P. dP = (Q - R \cos p). dQ + (R - Q \cos p). dR + QR \sin p. dp$$

$$2. \sin(p+r) dP + P. \cos(p+r). dr = \sin p. dQ + (Q \cos p - P. \cos(p+r)) dp$$

$$3. \sin q. dP + P. \cos q. dq = \sin p. dq + Q. \cos p. dp$$

aus diesen Formeln lassen sich nun jede besondere Fälle herleiten. Wir wollen etliche allgemeinere durchgehen.

1. Fall.

Wenn die Fehler der Seiten den Seiten selbst proportional sind.

§. 341.

Diesen Fall setzt Marinoni, und wir nehmen dabey an, daß die falschen Seiten auf eine proportionale Art grösser seyn, als die wahre. Hier ist also

$$P : dP = Q : dQ = R : dR$$

240 I. Anmerkungen und Zusätze

Es ist aber zu bemerken, daß diese Voraussetzung nothwendig nur auf zwei Seiten zu erstrecken ist, und dadurch wird der Fall eingeschränkt. Denn die Seiten wobey man diese Verhältniß annimmt, müssen als gemessen, und daher als gegeben angesehen werden. Wenn man demnach in dem ersten Fall alle drey Seiten auf eine proportionale Art grösser oder kleiner setze, so bliebe nichts zu suchen, als ein jeder Winkel, und es ist klar, daß dieser nothwendig eben so groß werde gefunden werden, als wenn man die wahre Grösse der Seiten angenommen hätte. Eben so wenn in diesem Fall der Winkel p richtig ist, wird die dritte Seite auf eine proportionale Art grösser. Und überhaupt kann man in der 2ten und 3ten Formel die Seiten lassen, wie sie sind, und daher ihre Differentialien $= 0$ setzen, und man wird den Werth der Winkel und ihrer Fehler eben so leicht finden. Ja in diesen beyden Formeln werden die Glieder, wo die Differentialien der Seiten vorkommen von selbst $= 0$, sobald man $Q: dQ = P: dP$ setzt. Die Formeln, die man heraus bringt, sind folgende vier, weil man in dem ersten Falle zwei hat.

$$1.^{\circ} \quad dP = \frac{P \cdot dQ}{Q} + \frac{R \cdot Q}{P} \sin p \cdot dp$$

$$2.^{\circ} \quad \frac{Q}{P} \cdot dP = (R - Q \cos p) dR + QR \sin p \cdot dp.$$

$$3.^{\circ} \quad Q$$

$$3.^{\circ} Q \cos p. dp - P. \cos(p+r) dp = P. \cos(p+r). dr$$

$$4.^{\circ} Q \cos p. dp = P. \cos q. dq.$$

In der ersten dieser Formeln ist $Q: dQ = R: dR$, in der zweyten aber und in den beyden übrigen $P: dP = Q: dQ$.

II. Fall.

Wenn eine Seite richtig gemessen worden.

§. 342.

Diese Seite ist entweder Poder Q , denn in der ersten Formel (§. 340.) sind die Seiten Q und R gleichgültig. Es ist klar, daß man nur ihr Differential $= 0$ setzen darf, und man wird aus jeder der drey Formeln zwey andere bekommen, die wir eben nicht hersetzen wollen.

III. Fall.

Wenn zwey Seiten richtig gemessen sind.

§. 343.

In den zwey letzten Formeln (§. 340.) hat man keine Wahl, weil nur die zwey Seiten P, Q vorkommen, in der ersten sind wieder zwey Fälle, weil entweder Q, R oder P, Q richtig seyn können. Denn der dritte ist mit dem zweyten einerley, weil Q und R gleichgültig sind. Man setzt wiederum das Differentiale der richtigen Seite $= 0$, und erhält dadurch

Ω

1.° PdP

142 I. Anmerkungen und Zusätze

- 1.° $PdP = QR \sin p \cdot dp$
- 2.° $(Q \cos p - R) dR = QR \sin p \cdot dp$
- 3.° $P \cos(p+r) dr = (Q \cos p - P \cos(p+r)) dp$
- 4.° $P \cos q \cdot dq = Q \cos p \cdot dp$

§. 344.

Die erste dieser Formeln verwandelt sich in folgende

$$dP = \frac{QR \sin p}{P} \cdot dp$$

Nun ist

$$P : \sin p = R : \sin r$$

folglich

$$dP = Q \sin r \cdot dp.$$

Es ist aber $Q \sin r$ die Perpendicular, so aus dem Winkel p auf die Seite P fällt. Nennt man diese $= z$, so hat man

$$dP = z \cdot dp.$$

Drückt man den Fehler dp in Minuten aus, und setzt ihn $= n$, so ist der halbe Circul oder 60. $180^\circ = 10800$ Minuten zu n , wie 3, 1415926 - - - zu dp , folglich

$$dP = \frac{3, 1415926 \cdot nz}{10800}$$

Hiedurch hat man den Fehler der Linie P in eben dem Maaße in welchem sie ausgemessen wird, wenn man den Fehler des Winkels p in Minuten weiß. Diese Regel hat Ma-

rinoni

rimoni gegeben, und man kann sehr genau folgende dafür setzen

$$dP = \frac{4 \cdot n \cdot z}{13751}$$

weil 13751 : 4 bey nahe wie 10800 zu 3, 1415926 ist. Verlangt man sie nicht so genau, so wird folgende

$$dP = zn : 3438.$$

sehr wohl zutreffen, weil sie von der ersten nur wie $\frac{13751}{13751}$ von $\frac{13751}{13751}$ unterschieden ist. Hieraus sieht man, daß der Fehler mit der Perpendicular zunimmt welche auf die berechnete Seite fällt.

§. 345.

Man kann dergleichen Formeln leicht auf eine allgemeinere Art aus denen herleiten, die wir für alle Fälle gegeben. (§. 340.) Denn man sieht leicht, daß

$$\frac{Q - R \cos p}{P} = \cos r$$

$$\frac{R - Q \cos p}{P} = \cos q.$$

$$\sin(p+r) = \sin q.$$

$$\cos(p+r) = -\cos q.$$

§. 346.

Wenn man diese Werthe in den 3 Formeln für die ihnen gleiche setzt, so erhält man

$$Q^2$$

$$I^{\circ} dP$$

244 I. Anmerkungen und Zusätze

- 1.° $dP = \cos r. dQ + \cos q. dR + R. \sin q. dp$
 2.° $\sin q. dP - P. \cos q. dr = \sin p. dQ + R. dp$
 3.° $\sin q. dP + P. \cos q. dq = \sin p. dQ + Q. \cos p. dp$

Alle Glieder dieser Gleichungen sind entweder Perpendicularen, oder die von denselben abgeschnittene Theile, oder sie können leicht in solche verwandelt werden. Drückt man die Fehler der Winkel dp, dq, dr , in Minuten aus, so gebraucht man eben die Proportionen, die wir vorhin gegeben haben. (§. 346.)

§. 347.

Diese Formeln auf den erst betrachteten 3ten Fall angewandt (§. 343.) geben

- 1.° $dP = R. \sin q. dp$
 2.° $dR = -R. \operatorname{tang} q. dp$
 3.° $R. dp = -P. \cos q. dr$
 4.° $P. \cos q. dq = Q. \cos p. dp$

In diesen Formeln kommen mehr als vier Stücke des Triangels vor, weil man bey Berechnung der Folge der Fehler den ganzen Δ als bekannt annehmen kann. Da aber die Differentialien ungeändert geblieben, so muß aus diesen erkannt werden, aus welchen Stücken der Fehler berechnet wird, weil diese Formeln eigentlich die Verhältniß zwischen den Fehlern vorstellen.

§. 348.

Die Folgen der Fehler werden jedesmal entweder für einen Winkel oder für eine Seite

te berechnet. Die für die Winkel bleiben bey größern und kleinern Triangeln einerley, wenn die Seiten proportional sind. Hingegen wächst der Fehler einer Seite zugleich mit der Seite, und es ist klar, daß man denselben fast immer nur in Vergleichung mit seiner Seite betrachtet, und nothwendig betrachten muß, wenn man den Grad der Zuverlässigkeit dadurch bestimmen will. Denn da ist die Frage auf wie viele 100 oder 1000 Schuhe man einen Schuh fehle, oder wegen des Fehlers ungewiß sey.

§. 349.

Wenn man demnach nur eine Seite annimmt, und die übrigen durch die Winkel bestimmt, so kann man diese Seite = 1 setzen, man mag dadurch die wahre oder falsch gemessene verstehen. Denn die Fehler, die von den Winkeln herrühren, werden dadurch nicht geändert, und der, so von der angenommenen Seite herkömmt, ändert sich auf eine proportionale Art, weil es hier eben so viel ist, als wenn man einen falschen Maßstab angenommen hätte.

§. 350.

Hiedurch erhalten wir in der zweyten Formel (§. 346.) zween Fälle, weil die angenommene Seite P oder Q seyn kann. In der dritten ist es gleichgültig, welche Seite man

246 I: Anmerkungen und Zusätze

annimmt. Die erste Formel kommt hier nicht vor, weil man darinn wenigstens zwei Seiten als bekannt annehmen muß. Das Differential der angenommenen Seite wird $= 0$ gesetzt. Und so haben wir

$$1.^\circ - P. \cos q. dr = \sin p. dQ + R. dp$$

$$2.^\circ \sin q. dP - P. \cos q. dr = R. dp$$

$$3.^\circ P. \cos q. dq = \sin p. dQ + Q \cos p. dp$$

§. 351.

In der zweyten Formel sieht Marinoni die Seite Q als eine Standlinie an, welche mit der auszumessenden Seite P einen gegebenen Winkel r macht, und fragt, wo man den Winkel p messen, oder wie groß man die Standlinie Q annehmen müsse, damit man bey gleichem Fehler, den man bey Ausmessung des Winkels p begeht, dennoch die Linie P am genauesten finde? Diese Aufgabe haben wir oben (§. 182.) auf eine andere Art aufgelöst. Sie läßt sich aber auch aus der gegenwärtigen zweyten Formel auflösen.

§. 352.

Es ist klar, daß hier r als genau gemessen angenommen wird, folglich wird $dr = 0$, und die Formel einfacher

$$\sin q. dP = R. dp$$

oder

$$dP = \frac{R. dp}{\sin q}$$

Nun

Nun ist $R: \sin r = P: \sin p$
 folglich

$$dP = \frac{P \sin r \cdot dp}{\sin p \cdot \sin q}$$

Da nun P , $\sin r$ und dp als beständig angesehen werden, so wird dP desto kleiner seyn, je größer das Product aus $\sin p$, und $\sin q$ ist. Nun ist $p = 180^\circ - r - q$, und $180^\circ - r$ beständig, folglich

$$ddP = 0 = \frac{P \sin r \cdot dp \cdot \cos p \cdot dp}{\sin p \cdot \sin q}$$

$$= \frac{P \sin r \cdot dp \cdot \cos q \cdot dq}{\sin q \cdot \sin p}$$

folglich

$$\frac{\cos p \cdot dp}{\sin p} = \frac{\cos q \cdot dq}{\sin q}$$

und da

$$dp = -dq$$

so hat man

$$\cos p: \sin p = \cos q: \sin q$$

folglich

$$p = q.$$

Daher muß der Triangel gleichschencklich, und die Standlinie Q der auszumessenden Linie P gleich seyn.

248 I. Anmerkungen und Zusätze

§. 353.

Wenn man derowegen vermittelst der Winkel p, r an der Standlinie Q beyde Seiten P, R am genauesten messen will, so müssen wegen der Seite P die Winkel q, p , und wegen der Seite R die Winkel q, r einander gleich und folglich der Triangel gleichseitig seyn. Daher werden die Seiten R, P bey gleichen Fehlern in den Winkeln r, p desto genauer gefunden, je weniger alle drey Seiten von einander verschieden sind.

§. 354.

Will man hingegen nur die Seite P genau wissen, so muß die Standlinie $Q = P$ seyn, und je kleiner in diesem Fall der Winkel r ist, desto genauer wird man bey gleichem Fehler des Winkels p die Seite P finden. Denn da

$$dP = \frac{P \cdot \sin r \cdot dp}{\sin p \cdot \sin q}$$

und in diesem Falle $p = q$ ist, so ist $\sin r = \sin 2p$, folglich

$$dP = \frac{P \cdot \sin 2p \cdot dp}{\sin p^2} = 2P \cdot dp \cdot \cot p$$

Daher ist offenbar, daß sich der Fehler wie die Cotangente der Winkel p, q vergrößert, und folglich wie die Tangente des halben Winkels r abnimmt,

§. 355.

§. 355.

Wenn man aber P und r annimmt, und will vermittelst des Winkels p den Abstand Q am genauesten finden, so muß p ein rechter Winkel seyn. Hier gilt die erste Formel (§. 350.)

$$-P \cdot \cos q \cdot dr = \sin p \cdot dQ + R dp$$

und $dr = 0$, folglich

$$-dQ = \frac{R dp}{\sin p}$$

Nun ist $R = P \cdot \sin r : \sin p$, folglich

$$-dQ = \frac{P \cdot \sin r \cdot dp}{\sin p^2}$$

Es ist aber p allein veränderlich, folglich der Fehler dQ desto kleiner, je größer das Quadrat des Sinus von p ist, daher am kleinsten, wenn $p = 90$ Graden wird.

§. 356.

Da dieser Fehler von dem Sinus des Winkels r abhängt, so ist derselbe wiederum desto kleiner, je kleiner r , und überhaupt je kleiner R und je größer der Sinus von p ist.

§. 357.

Hat man die Seite P richtig, und man will die Winkel q und p finden, durch welche

250 I. Anmerkungen und Zusätze

die Seite Q am genauesten bestimmt wird, so gilt die dritte Formel (§. 350.)

$$dQ = \frac{P \cdot \cos q \cdot dq}{\sin p} \cdot \frac{Q \cdot \cos p \cdot dp}{\sin p}$$

Nun ist

$$P : \sin p = Q : \sin q.$$

folglich

$$dQ = Q(\cot q \cdot dq - \cot p \cdot dp)$$

Daher ist der Fehler dQ desto kleiner, je weniger die Winkel q, p von einem rechten Winkel verschieden sind, folglich bey gleichschenkligten Triangeln, in welchen der Winkel r sehr klein ist am kleinsten, und der Fehler wird bey gleichschenkligten Δ vollends $= 0$, wenn $dq = dp$, oder beyde Winkel um gleich viel zu groß oder zu klein sind, welches für sich klar ist. Ist aber der eine Fehler in den Winkeln positiv der andere negativ, so wird $dq = -dp$, folglich

$$dQ = Q(\cot q \cdot dq + \cot p \cdot dp)$$

in diesem Falle, wie auch in demjenigen, wo zwar beyde Fehler auf gleiche Seite fallen, aber der eine Winkel stumpf ist, wird der Fehler schlechthin kleiner, wenn beyde Winkel p, q von 90 Graden wenig unterschieden sind.

§. 358.

Wenn der Fehler, so in einer Seite zu besorgen ist, eine gegebene Verhältnis zu der Seite

Seite haben, oder diese Verhältniß nicht überschreiten soll, so entsteht die Frage, wie genau das Instrument seyn müsse, womit man die Winkel zureichend richtig messen könne, um keinen größern Fehler zuzulassen. Hier wird die Seite, so man in der Berechnung zum Grunde legt, als richtig angenommen, weil dadurch höchstens nur die ganze Figur größer oder kleiner, und daher nur durch die Fehler in den Winkeln entstaltet wird. Sodann, da man hier nur den Fehler berechnet, der zu besorgen ist, und folglich die Frage auf die völlige Zuverlässigkeit des Instrumentes ankömmt, so werden in beyden Winkeln die Fehler einander gleich gesetzt, weil man in beyden gleich viel fehlen kann. Und endlich werden sie, weil sie eben so leicht den Winkel zu groß als zu klein machen können, auf der Seite betrachtet, auf welcher der Fehler der Seite am größten wird, daher müssen alle Zeichen positiv werden. Uebrigens kömmt hier keine Auswahl der Umstände in Betrachtung, sondern der ganze Triangel wird als vorgegeben angenommen, folglich haben die Winkel ihre bestimmte Größe, und die Frage ist nur, zu bestimmen, wie genau sie müssen gemessen werden, damit die vorgegebene Seite die verlangte Richtigkeit habe.

§. 359.

Wir haben hier eben die Formeln wie §. 350. weil das Differential der angenommenen Seite = 0 wird. Man setze demnach in der ersten $dQ = mQ$, in der andern $dP = mP$, in der 3ten $dQ = mQ$, so ist

$$1.^{\circ} - mQ = (P \cos q \, dr + R \, dp) : \sin p$$

$$2.^{\circ} + mP = (R \, dp + P \cos q \, dr) : \sin q$$

$$3.^{\circ} + mQ = (P \cos q \, dq - Q \cos p \, dp) : \sin p$$

In der ersten und zweyten dieser Formeln wird $dr = dp$ gesetzt, in der dritten aber $dp = -dq$, so lange die Winkel p und q kleiner als 90 Grade sind. Ist aber einer derselben stumpf, so wird sein Cosinus negativ, und sein Fehler muß ebenfalls negativ genommen werden, damit der Fehler der Seite, den man berechnen will, immer am größten werde.

§. 360.

Wir haben demnach

$$1.^{\circ} - mQ = \frac{(P \cos q + R) \, dp}{\sin p}$$

$$2.^{\circ} + mP = \frac{(P \cos q + R) \, dp}{\sin q}$$

$$3.^{\circ} + mQ = \frac{(P \cos q - Q \cos p) \, dp}{\sin p}$$

folglich die Größe des Fehlers im Winkel

1.° dp

$$1.^{\circ} dp = m Q \sin p: (P \cos q + R)$$

$$2.^{\circ} dp = m P \sin q: (P \cos q + R)$$

$$3.^{\circ} dp = m Q \sin p: (P \cos q + Q \cos p)$$

Die Glieder dieser Formeln sind wiederum alle entweder Perpendicularen oder die von denselben abgeschnittene Theile der Seiten, auf welche sie fallen.

§. 361.

Will man den Fehler dp in Minuten haben, so setze man, er sey n Minuten, und man findet eben so wie oben (§. 344.)

$$dp = \frac{4}{13751} \cdot n \text{ oder } = \frac{n}{3438}$$

folglich

$$n = \frac{13751 \cdot dp}{4} = 3438 \cdot dp$$

§. 362.

Verticale Triangel, von welchen die eine Seite horizontal, und die andere auf dem Horizonte senkrecht ist, haben dieses besonders, daß man den rechten Winkel notwendig als genau annehmen kann. So dann kömmt die Hypothenuse sehr selten vor, und man mißt nur einen Winkel und einen Cathetum. Dieses geht nemlich an, so lange man die Krümmung der Erdsfläche und der Lichtstralen als unmerklich annehmen kann.

kann. Denn widrigenfalls hat man keinen rechtwinklichten Triangel, und man muß den Mittelpunct der Erde mit in Betrachtung ziehen, und die Strahlenbrechung in die Rechnung einmengen. Wir bleiben hier bey dem einfachern Fall, und da man vier aufeinander folgende Stücke des Triangels hat, so kömmt von den allgemeinen Formeln (§. 340) die zweyte vor, in welcher $r = 90$ Gr. wird, folglich $dr = 0$, $\sin(p+r) = \cos p$, $\cos(p+r) = -\sin p$. Werden diese Veränderungen in der Formel gemacht, so ist einfacher

$$\cos p. dP = \sin p. dQ + (Q \cos p + P \sin p) dp$$

oder noch kürzer

$$dP = \tan p. dQ + (Q + \tan p. P) dp$$

§. 363.

Diese Gleichung drückt also die Verhältniß zwischen den Fehlern in einem verticalen rechtwinklichten Triangel aus, wenn von demselben nur die Catheti p , Q und einer der spitzen Winkel in die Rechnung kommen.

§. 364.

Setzt man, die gemessene Seite sey richtig, so wird dP oder $dQ = 0$, folglich hat man zweyen Fälle

$$- dQ = \left(\frac{Q + P \tan p}{\tan p} \right) dp$$

$$+ dP = (Q + P \tan p) dp$$

Es

Es ist aber $P = Q \cdot \text{tang } p$, folglich

$Q + P \text{ tang } p = Q \cdot \text{sec } p^2$, daher hat man

$$\frac{Q + P \cdot \text{tang } p}{\text{tang } p} = \frac{Q \cdot \text{sec } p^2}{\text{tang } p} = \frac{2 Q}{\sin 2 p}$$

und die beyden Formeln werden einfacher

$$-dQ = 2 Q \cdot \text{cosec } 2 p \cdot dp = \frac{2 Q dp}{\sin 2 p}$$

$$+dP = Q \text{sec } p^2 \cdot dp$$

§. 365.

Will man wiederum wissen, wie genau der Winkel p soll gemessen werden, damit die gesuchte Seite bis auf einen bestimmten kleinen Theil zuverlässig sey, so setze man wie vorhin (§. 359.) $dP = m \cdot P$ und $dQ = m Q$, so ist in diesen letztern Formeln

$$-m Q = 2 Q dp : \sin 2 p$$

$$+m P = Q dp : \cos p^2$$

folglich

$$-dp = \frac{1}{2} m \sin 2 p$$

$$+dp = m \cdot \cos p^2 \cdot P : Q = \frac{1}{2} m \sin 2 p.$$

Die Genauigkeit des Winkels muß daher in beyden Fällen auf gleiche Art gefunden werden, und sie wird einerley seyn, wenn man die Verhältniß jeder Seite zu ihrem Fehler gleich setzt. Der Fehler dp , den man hierdurch findet, wird eben so wie vorhin (§. 361.) in Minuten eines Grades verwandelt. Bey gleicher Verhältniß wächst sie wie der Sinus
des

256 I. Anmerkungen und Zusätze

des doppelten Winkels p , und daher ist sie am vortheilhaftesten, wenn $p = 45^\circ$ ist.

XIII. Folgen der Fehler in zusammen gesetztern Umständen.

§. 366.

Die Theorie der Fehler in einem jeden Triangel, die wir im vorhergehenden Abschnitte auf drey allgemeine Formeln gebracht, und aus diesen die Zuverlässigkeit der Ausmessung und die Genauigkeit der Instrumente geprüft haben, enthält die Gründe zu Berechnung der Fehler und ihrer Folgen in jeden andern Figuren, weil diese sämtlich in Triangel können aufgelöst, und gemeiniglich durch Triangel, deren eine Seite die Standlinie ist, bestimmt und in Grund gelegt werden. Die Anwendung dieser Gründe auf solche Figuren hat also keine Schwürigkeit, und das einzige dabey ist, daß sie weitläufiger wird weil jeder Triangel, dessen Genauigkeit man prüfen will, besonders muß berechnet werden. Alle Winkel und Seiten der Figur werden als gemessen oder berechnet angenommen und man geräucht weiter nichts als die Fehler zu bestimmen, die man für jede gemessene Winkel und Seiten annehmen will. Denn wir haben schon oben erinnert, daß man dabey nichts anders als die Prüfung der Zuverlässigkeit

sichtigkeit zur Absicht haben könne, weil man keine Berechnung von den Folgen der Fehler nöthig hat, so bald man weiß, wie groß jeder Fehler in der Ausmessung ist, und überdies die Größe eines jeden Fehlers aus den Folgen derselben nicht bestimmt, sondern höchstens nur gemuthmasset wird.

§. 367.

Dieses sind also die Fälle nicht, die wir hier besonders zu untersuchen haben, weil ihre Berechnung schlechthin auf die Triangel reducirt wird, von welchen man so viele Stücke ausgemessen, als zu Bestimmung der übrigen nöthig sind. Man kann sie sämtlich als die directen Aufgaben der Geometrie ansehen, welchen die umgekehrten entgegen gesetzt sind, die immer etwas rägelhaftes an sich zu haben scheinen. Von diesen haben wir in den vorhergehenden Abschnitten viele angebracht, und nach der Kritik, die wir (§. 310.) darüber angestellt, finden sich mehrere darunter, die sich in Absicht auf ihre Genauigkeit betrachten lassen, und daher eine Berechnung von den Folgen ihrer Fehler nicht überflüssig machen. Dahin gehören diejenigen, die wir bey der Mittagslinie, bey entfernten Gegenständen, bey den verticalen Flächen, bey viereckichten Figuren und geraden Linien aufgelöst haben.

§. 368.

Die Methode, so wir bey den Triangeln zur Berechnung der Fehler gebraucht haben, ist allgemein. Da man die höhern Dignitäten der Fehler weglassen kann (§. 334.) so wird diese Berechnung auf ein bloßes Differentiren reducirt, und die Verhältniß, so man zwischen den Differentialien findet, ist eben die, die man für die Fehler annehmen kann. Hat man demnach die Gleichung für die wirklichen Linien und Winkel der fúrgegebenen Figur gefunden, so ist die Arbeit für die Fehler bald zu Stande gebracht, weil man diese Linien und Winkel nur als veränderliche Größen ansehen und ihre Differentialien nehmen darf. Nun kann eine jede Gleichung differentirt werden. Folgende Betrachtungen werden diese Methode brauchbarer und allgemeiner machen. Sie gründen sich sämtlich auf die Natur der Differentialrechnung.

§. 369.

In einer differentirten Gleichung sind so viele Glieder als man Differentialien hat, weil man im gegenwärtigen Falle dieselben als die Haupttheile der Gleichungen und die endlichen Größen als ihre Coëfficienten ansehen kann. Da man ferner nur einmal differentirt, so sind die Differentialien alle vom ersten Grade, und keines wird durch ein anderes multiplicirt.

§. 370.

§. 370.

Sodann, weil wir hier die Winkel und Seiten der Figur, welche differentirt werden, als gegeben annehmen, so hat man nicht nöthig die Differentiation so anzustellen, daß man das gesuchte Differential allein erhalte, welches sonst die Rechnung öfters sehr weitläufig macht, sondern man kann sich des kürzesten Weges bedienen, um zu den Differentialien zu gelangen. So z. E. wenn man die Gleichung

$$xy + x^2 + by^2 + c = 0$$

hätte, so ist es genug, wenn man sie schlecht hin so differentirt

$$x dy + y dx + 2x dx + 3by^2 dy = 0$$

und die Glieder, die gleiche Differentialgrößen haben, zusammen bringt.

$$(x + 3by^2) dy + (y + 2x) dx = 0$$

Denn x , y , b werden hier als gegeben angenommen und man sucht nur die Verhältniß zwischen den Fehlern dy und dx .

§. 371.

Hieraus folgt, daß wenn man mehrere Gleichungen hat, es zu Berechnung der Fehler nicht nöthig sey dieselben erst aufzulösen, weil sie durch die Auflösung fast immer verwickelter werden. Jede wird für sich differentirt, und da die herauskommenden

R 2 Differen-

Differentialgleichungen alle vom ersten Grade sind (§. 369.) so lassen sich die Differentialgrößen der Linien und Winkel, die man nur als Hülfsmittel angenommen, auf eine leichte und nothwendig mögliche Art wegschaffen.

§. 372.

Wenn demnach die Gleichungen für die Linien und Winkel selbst verwickelt wären, daß man sie nicht einmal auflösen könnte, so können dennoch allemal ihre Differentialgleichungen, die man daraus findet, aufgelöst werden, und in so ferne ist die Berechnung von den Verhältnissen zwischen den Fehlern leichter und in Absicht auf ihre Möglichkeit weiter ausgedehnt, als die Berechnung der Größen selbst, zu denen sie gehören.

§. 373.

Endlich sind die differentirten Gleichungen so beschaffen, daß die Folgen, die ein jeder Fehler nach sich zieht, sich mit den Folgen der übrigen Fehler nicht vermischen, weil jede nur mit dem Fehler multiplicirt sind, zu dem sie gehören. Sie können daher als seine Coefficienten angesehen werden, und alle Coefficienten eines Fehlers zusammen genommen und mit demselben multiplicirt, geben die Summe aller Folgen desselben. Wiederum die Folgen der übrigen Fehler durch die Coefficienten desselben, den man sucht, dividirt, geben den Verlauf dieses Fehlers an sich betrachtet.

trachtet. Ein Fehler verschwindet mit allen seinen Folgen, wenn das Differential, so ihn vorstellt, $= 0$ gesetzt wird.

§. 374.

Nach diesen vorkäufigen allgemeinen Betrachtungen werden wir nun verschiedene von den obigen Aufgaben besonders vornehmen, und die Berechnung der Folgen ihrer Fehler brauchbar machen, und als eben so viele Beispiele dieser Regeln vorstellen.

§. 375.

Die erste derselben sey diejenige, die wir §. 109. auf verschiedene Arten aufgelöst haben. Die Frage ist: Aus dem gegebenen Triangel ABC und den in D gemessenen Winkeln ADB, BDC die Lage des Standes D zu finden. In der vierten Auflösung haben wir folgende Stücke gebraucht

$$AB = A$$

$$ADB = a$$

$$BC = B$$

$$BDC = b$$

$$BD = z$$

$$ABC = c$$

und daraus gefunden

$$\sin a : A = \sin x : z$$

$$\sin b : B = \sin (360 - a - b - c - x) : z$$

§. 376.

Wenn wir nun setzen der Triangel ABC sey genau angegeben, so wird A, B, c als beständig

62 I. Anmerkungen und Zusätze

ständig angesehen, hingegen werden wir sehen die beyden Winkel a, b , so man in D gemessen, seyn zu groß, daß also die falschen $a + da, b + db$ seyen. Es muß folglich in diesen Gleichungen a, b, x, z differentirt werden. So haben wir

$$z. \sin a = A \sin x$$

$$z. \sin b = B. \sin (360 - a - b - c - x)$$

und hieraus die Differentialgleichungen

$$\sin a. dz + z \cos a. da = A. \cos x. dx.$$

$$\sin b. dz + z. \cos b. db = -B. \cos (360 - a - b - c - x). d(a + b + x)$$

Hieraus findet man, wenn Kürze halber $360 - a - b - c = d$ gesetzt wird,

$$\frac{z(\sin b. \cos a. da + \sin a. \cos b. db) - B. \sin a. \cos(d - x). d(a + db)}{A. \sin b. \cos x + B. \sin a. \cos(d - x)}$$

Da die ganze Figur als berechnet oder construirt angenommen wird, so ist auch z und x so viel als gegeben, und der Fehler dx , dem der Winkel $x = BAD$ unterworfen ist, oder seyn kann, wird hiedurch gefunden. Aus diesem findet man den Fehler der Linie $z = BD$ durch die erste Differentialgleichung, weil

$$dz = \frac{A. \cos x. dx - z. \cos a. da}{\sin a}$$

ist. Die Fehler der übrigen Linien und Winkel werden durch die Regeln des vorhergehenden Abschnittes gefunden, weil man nunmehr in jedem der $\Delta DAB, DBC$ genügsame Data hat. So z. E. hat man in dem ersten die

264 I. Anmerkungen und Zusätze

Dabei die Frage vor, von welchen man, bey gleichen Fehlern in den gemessenen Winkeln, die größte Zuverlässigkeit von der Lage des Puncts D zu erwarten habe?

§ 378.

Um diese Frage und zugleich noch eine andere aufzulösen, wollen wir den Fall umkehren. Wir setzen nemlich, man habe nur die drey Oerter A, B, C, und D sey kein Ort, der nothwendig in den Riß kommen müste, sondern nur ein Stand, den man um noch andere Winkel auszumessen annimmt, und wo bey noch etwas willkührliches bleibe.

§. 379.

Man besinde sich demnach auf der Linie AD, und die Frage ist, wo man den Winkel ADC auf derselben messen müsse, um die Entfernungen AD, DC am sichersten zu bestimmen. Die Seite AC ist gegeben, und da wir setzen AD habe eine bestimmte Lage, so nehmen wir auch den Winkel CAD als gegeben an. Da nun der Winkel ADC muß gemessen werden, so haben wir vier auf einander folgende Stücke, und nach der Benennung §. 137. ist

$$AC = p \quad ADC = p$$

$$AC = Q \quad CAD = r$$

§. 380.

§. 380.

Ferner ist $dp = dr = 0$, und da Q am genauesten seyn soll, so haben wir den Fall des §. 355. Daher muß $p = ADC$ ein rechter Winkel seyn, und es ist

$$-dQ = \frac{R \cdot dp}{\sin p}$$

Da nun (§. 337.) $R = CD$ ist, so ist der Fehler dQ oder der Linie AD geringer, je näher D bey C liegt, und je näher der Winkel ADC einem rechten kömmt.

§. 381.

Da nun aber eben diese Frage von der Seite DC vorkömmt, so muß hinwiederum AD am kleinsten seyn. Hieraus erhellet, daß man aus der ersten Betrachtung dem Winkel ADC 90 Grad geben, und vermöge der andern die beyden Seiten AD, CD einander gleich machen müsse. Dehnt man diese Betrachtung auch auf die Seiten AB, BC aus, so sieht man, daß zweyerley Auflösungen möglich sind. Nach der ersten müssen die Linien AD, BD, CD gleich groß werden, und folglich D in dem Mittelpunkte des Circuls liegen, dessen Umkreis durch A, B und C geht. Nach der andern aber müssen wenigstens zweyen von den Winkeln ADB, ADC, BDC rechte Winkel seyn, und folglich muß D da liegen, wo die auf AB, BC, AC als auf Dia-

266 I. Anmerkungen und Zusätze

metern beschriebene Circul einander durchschneiden, oder welches einerley ist, wo die aus jedem Winkel des ΔABC auf die gegenüberstehende Seite gezogene Perpendicularar hinfällt. Die vortheilhaftesten Umstände sind also, wenn $AB = BC$ und $ABC = 90^\circ$ ist, und D mitten auf AC liegt. — Wo man also eine Auswahl der Objecte A, B, C hat, muß man solche wählen, die diesen Umständen am nächsten kommen. Und da sich die Fehler in den Linien AD, BD, CD zugleich mit denselben vergrößern, so wird die Lage des Standes D, für sich betrachtet, genauer bestimmt, wenn man unter ähnlichen Umständen nähere Objecte wählt. Uebrigens ist leicht einzusehen, daß in dieser Aufgabe viel unbestimmtes zusammen kommt, weil die Lage des Puncts D der Länge und Breite nach geändert werden kann, und man zu Bestimmung derselben nothwendig zweyerley Data annehmen muß.

§. 382.

Wir haben schon (§. 110.) erinnert, daß diese Aufgabe gar keinen Werth giebt, wenn alle vier Puncte A, B, C, D in dem Umkreise eines gleichen Circuls liegen. Man kann sich in dem Stande D hievon versichern, wenn man den Winkel ADC mißt. Denn dieser muß mit dem gegebenen Winkel ABC 180 Grad machen, wenn alle vier Puncte A, B, C, D in einem Circul liegen sollen. Aus gleichem

den Gründen wird die Lage des Puncts D weniger genau bestimmt werden, je näher die Summe der Winkel $ABC + ADC$ bey 180 Graden ist. Und aus der zweyten Construction, die wir §. 109. gegeben haben, erhellet, daß der $\triangle ABC$ eine vortheilhaftere Lage hat, wenn der Punct B in dem $\triangle ADC$ und näher bey D liegt.

§. 383.

Setzt man die Summe der Winkel $ADB + BDC$ oder der ganze Winkel ADC sey richtig, so läßt sich nach der angeführten Construction der Circul $ADCE$ genau ziehen. Und da der Bogen $AE = 2ADB$ gemacht wird, so ist klar, daß der Fehler des Winkels ADB sich auf diesem Bogen verdoppelt. Ist demnach der Punct E irrig, so wird der Fehler, weil man durch B und E die Linie BED ziehen muß, in D gebracht, und in der Verhältniß, wie BE zu BD vergrößert. Hieraus ist offenbar, daß wenn er geringer werden soll, B näher bey D als bey E liegen müsse. Wenn man demnach unter mehrern Objecten A, B, C drey wählen kann, so lassen sich die vortheilhaftesten auch aus dieser Betrachtung bestimmen. Die Summe der Winkel $ABC + ADC$ muß von 180° sehr verschieden seyn, sie mag nun größer oder kleiner seyn als 180° .

§. 384.

So lange man den Winkel ADC richtig annimmt, muß D nothwendig in dem Circul ADCE liegen, und seine Lage ist nur einer einfachen Unrichtigkeit unterworfen. Ist aber dieser Winkel auch unrichtig, so hat auch dieser Circul eine falsche Lage, und der wahre Punct D kann außer oder innerhalb demselben liegen. Hier ist klar, daß der Fehler desto größer wird, je kleiner der Winkel ADC ist, weil dadurch die Seiten AD, CD sehr verlängert werden.

§. 385.

In der Aufgabe des §. 111. wodurch man mit Hilfe der Mittagslinie die Lage von sechs Dörtern auf einmal findet, werden die vortheilhaftere Umstände auf eine ähnliche Art bestimmt. Da die Abweichungen von der Mittagslinie ohne viele Mühe nicht genau gefunden werden können, und man gemeinlich dazu nur den Compass oder die Azimuthaluhren gebraucht, so werden wir annehmen, die Winkel CFB, CFA, CEB, CEA, CDB, CDA werden ungleich genauer gemessen als die Abweichung dieser Linien von der Mittagslinie. Da man nun bey merklich größern Fehlern die kleinern weglassen kann, so setzen wir, die Circul ADC, AFC, AEC seyn genau gezogen, und die Puncte d, e, f auf denselben haben ihre richtige Lage. Da nun

Fig. 13.

Fig. 17.

hier die merklichen Fehler allein auf die Winkel dBe , eBf fallen, so wird die Bestimmung der zuverlässigsten Lage der Oerter A , B , C , D , E , F auf die vorige Aufgabe reducirt, und man wird ebenfalls finden, daß der Ort B vortheilhafter innerhalb dem Abschnitte des Circuls ADC liegt, wenn der entferntere Stand E zwischen die beyden andern fällt. Es wäre aber umgekehrt richtiger, wenn E auf dem Circul D , und D auf dem Circul E läge, oder die drey Stände E , s , d wären; denn in diesem Falle würde B ausserhalb den Circuln eine vortheilhaftere Lage haben. Ueberhaupt müssen die Winkel in B grösser seyn, wenn der Fehler unmerklicher werden soll.

§. 386.

Die Folgen der Fehler werden hier nach der allgemeinen Methode berechnet. Wir haben (§. 116.) die beyden Gleichungen

$$\sin k (\cot k + \cot y) = \frac{\sin b \cdot \sin c \cdot \sin g}{\sin a \cdot \sin d} \cdot (\cot g + \cot x) \quad \text{Fig. 18.}$$

$$\sin l (\cot l + \cot y) = \frac{\sin e \cdot \sin f \cdot \sin h}{\sin d \cdot \sin e} \cdot (\cot h + \cot x)$$

Da nun a , b , c , d , e , f hier als richtig angesehen werden, so setzen wir Kürze halber

$$\sin b \cdot \sin c : \sin a \cdot \sin d = H$$

$$\sin e \cdot \sin f : \sin d \cdot \sin e = I$$

folglich

$\cot k$

270 I. Anmerkungen und Zusätze

$$\cos k - \sin k \cdot \cot y = H (\cos g + \sin g \cdot \cot x)$$

$$\cos l + \sin l \cdot \cot y = I (\cos h - \sin h \cdot \cot x)$$

Diese Gleichungen differentirt geben

$$\left(\sin k \cdot dk + \cos k \cdot \cot y \cdot dy - \frac{\sin k \cdot dy}{\cos^2 y} = H (\sin g \cdot dg - \cos g \cdot \cot x \cdot dx + \frac{dg \cdot dx}{\cos^2 x} \right)$$

$$\left(\sin l \cdot dl + \cos l \cdot \cot y \cdot dy + \frac{\sin l \cdot dy}{\cos^2 y} = I (\sin h \cdot dh + \cos h \cdot \cot x \cdot dx - \frac{dx \cdot \sin h}{\cos^2 x} \right)$$

Es ist aber

$$g + a = c + m$$

$$k + d = b + m$$

$$h + e = c + n$$

$$l + f = d + n$$

folglich

$$dg = dk = dm$$

$$dh = dl = dn$$

und daher

$$(\sin k + \cos k \cot y - H \sin g + H \cos g \cot x) dm = \frac{\sin k \cdot dy}{\cos^2 y} + \frac{\sin g \cdot dx}{\cos^2 x}$$

$$(\sin l + \cos l \cot y - I \sin h + I \cos h \cot x) dn = -\frac{\sin l \cdot dy}{\cos^2 y} - \frac{\sin h \cdot dx}{\cos^2 x}$$

Durch diese Gleichungen findet man demnach die Verhältniß zwischen den Fehlern der Winkel x, y, m, n und es wird darum gesetzt die beyden Winkel in B seyn zu groß gemessen worden, widrigenfalls muß man dm oder dn oder beyde negativ machen.

§. 387.

Laßt uns noch die Aufgabe prüfen, auf die wir fast alle übrige von den verticalen Linien

Linien und Flächen gegründet haben. Alles Fig. 26.
 sey wie §. 183. Man nenne

$$\begin{aligned} AC &= p & ACD &= \omega \\ DB &= Q & DCB &= \phi \end{aligned}$$

so hat man (§. cit.)

$$P \sin \phi = Q \cos \omega \cos(\omega + \phi)$$

Wir nehmen hier an BD sey richtig gemessen, weil wir diese Höhe in den meisten Aufgaben ungemessen gebrauchen, so entsteht die Frage, wie viel AC verändert werden, wenn die Winkel ϕ und ω zu groß gemessen worden. dQ ist hier $= 0$, folglich

$$\begin{aligned} -\sin \phi \cdot dP &= P \cos \phi d\phi + Q \cos(\phi + \omega) \sin \omega d\omega + Q \cos \omega \sin(\phi + \omega) d\omega \\ &+ Q \cos \omega \sin(\phi + \omega) d\phi \end{aligned}$$

Wird diese Gleichung behdrig reducirt, so ist

$$-dP = \frac{P \cot \phi + Q \sin(\phi + \omega) \cos \omega}{\sin \phi} d\phi + \frac{Q \sin(\phi + 2\omega)}{\sin \phi} d\omega$$

§. 388.

Setzt man der Winkel $BCD = \phi$ sey vielmal genauer gemessen worden, als ω , weil jener vermittelst eines Micrometers gemessen werden kann, so wird hier $d\phi = 0$, folglich

$$-dP = \frac{Q \sin(\phi + 2\omega) d\omega}{\sin \phi}$$

Daher ist der Fehler desto grösser, je näher $\phi + 2\omega$ zu 90° kömmt, und wenn $\phi + 2$

272 I. Anmerkungen und Zusätze

$\phi + 2\omega = 90^\circ$ wird, so fehlt man am meisten. In diesem Fall ist DCA der Zusatz des Winkels BCA zu 90° . Man kann also den schlechtesten Stand erkennen, wenn man beyde Winkel $BCA + DCA = 90^\circ$ findet. Wir haben diesen Fall umgekehrt schon oben (§. 176. seqq.) betrachtet, und gefunden, daß hier AC die mittlere Proportional zwischen AB und AD ist. Es ist aber hier

$$\sin \phi : Q = \cos(\phi + \omega) : P$$

folglich

$$-dP = \frac{P \sin(\phi + 2\omega) d\omega}{\cos(\phi + \omega)}$$

Ist demnach der Winkel ϕ in Vergleichung des Winkels ω sehr klein, und ω von 45 Grad nicht merklich verschieden, so ist bey nahe

$$-dP = \frac{1}{2} P \sin \omega \cdot d\omega$$

Daher wächst hier der Fehler wie P und wie der Sinus von ω .

§. 389.

Ueberhaupt haben wir

$$\frac{-dP}{P} = [\cot \phi + \tan(\phi + \omega)] d\phi + \frac{\sin(\phi + 2\omega)}{\cos(\phi + \omega)} d\omega$$

Woraus man sieht, daß, wenn der Winkel BCD sehr klein ist, derselbe den größten Theil des Fehlers ausmacht, und daher desto genauer

nauer muß gemessen werden, und eben dieses ist nöthig, wenn der Winkel BCA weit über 45 Grad ist.

§. 390.

Da wir aber die Höhe BD in den meisten Aufgaben zu Bestimmung grösserer Entfernungen AC gebraucht, so ist der Winkel ω gewöhnlich sehr klein, und weil auf der Erde ausser den Kirchtürmen keine hohe verticale Objecte sind, daran man die Linie BD nehmen könnte, so wird auch der Winkel ϕ nicht groß. Der grössste Theil des Fehlers gegen welchen die beyden andern Theile verschwinden, ist demnach

$$-dP = P. \cot \phi. d\phi.$$

§. 391.

Um nun zu finden wie genau der Winkel $BCD = \phi$ müsse gemessen werden, damit der Fehler dP in Vergleichung zu P eine gegebene Verhältniß nicht überschreite, so sey wie oben

$$dP = m. P$$

so ist

$$-m = \cot \phi. d\phi$$

folglich

$$-d\phi = m. \text{tang } \phi.$$

oder da wir hier den Winkel ϕ von wenigen Graden setzen, kann man annehmen

$$-d\phi = m\phi$$

§

Daher

274 Anmerkungen und Zusätze

Daher muß der Fehler $d\phi$ zu ϕ eben die Verhältniß haben, die der Fehler dP zu P haben soll.

§. 392.

Setzt z. E. man fehle mit dem Micro-
meter auf einen Grad eine Secunde, so ist

$$\phi : d\phi = 3600 : 1$$

folglich auch

$$P : dP = 3600 : 1$$

Daher würde man auf jede 3600 Schuhe
einen fehlen. Es ist aber für sich klar, daß
BD eben so genau muß gemessen werden, wenn
man dadurch die wirkliche Länge AC finden
will.

XV. Die Auswahl der Standlinie.

§. 393.

Die Berechnung der Folgen der Fehler,
die wir in beyden vorhergehenden Ab-
schnitten gegeben haben, hat die Bestimmung
des Grades der Zuverlässigkeit zur Absicht,
und setzt daher zum voraus, daß die Figur
oder das Feld, so man berechnen wollte schon
aufgenommen und in Grund gelegt sey. Wir
haben in den besondern Fällen, die man als
umgekehrte Aufgaben der Geometrie ansehen
kann, die vortheilhaftesten Umstände in etli-
chen

chen Beyspielen untersucht, weil dieselben mit der Standlinie und ihrem Gebrauche nichts gemein haben. Und eben so haben wir (S. 348. seqq.) die zuverlässigere Umstände bey einem Triangel überhaupt betrachtet und gezeigt, wie nach Verschiedenheit der angenommenen Stücke jede gesuchte Seite am genauesten gefunden werden könne. Wir haben dabey gesetzt, die Absicht sey nur, eine einige Seite genau zu finden. Da aber diese Absicht bey Grundlegung der Felder nicht vorkommt, so haben wir (S. 353) aus der Standlinie Q und den anliegenden Winkeln r, q , gefunden, daß die Fehler in beyden Seiten P, R zugleich am kleinsten und einander gleich werden, wenn der Δ gleichseitig ist.

§. 394.

Dieser Umstand wäre demnach der zuverlässigste, wenn man nur die beyden Seiten P, R am sichersten finden will. Allein dieses ist die Absicht bey Aufnahme der Felder nicht, wo man die Standlinie Q und die Winkel r, p gebraucht, nicht um die Länge der Linien P, R sondern um die Lage des Punktes q am zuverlässigsten zu finden. Denn da man so viele Triangel dabey gebraucht, so viele Punkte man in den Riß bringen will, und aus diesen Punkten sodann die ganze Figur gezogen wird, so fallen die Linien P, Q wiederum hinweg, weil man sie nur als

276 I. Anmerkungen und Zusätze

Hilfsmittel gebrauchte, und es ist klar, daß die Figur desto genauer wird aufgerissen seyn, je weniger die Punkte q von ihrer wahren Lage abweichen.

§. 395.

Der Fehler besteht demnach in dem Abstände des gefundenen Punktes von seinem wahren Orte, und dieser Abstand ist also dem Grade der Zuverlässigkeit umgekehrt proportional. Je kleiner dieser Abstand ist, desto genauer ist die Lage des Punktes, den man in den Riß eingetragen hat, und die Auswahl der Standlinie kömmt also auf die Frage an: wo und wie groß man sie annehmen müsse, damit man durch jede Winkel p , r die Lage der dadurch bestimmten Punkte q am genauesten finde, und bey gleichen Fehlern in den Winkeln p , r , diese Lage unter allen am zuverlässigsten sey.

§. 396.

Es mag widersinnisch scheinen, daß wir zwischen dieser Aufgabe und der vorigen, wo man die Standlinie nach den Seiten P , R einrichtete, einen Unterschied machen, und man hätte vermuthen sollen, daß die Lage des Punktes q unter eben den Umständen die zuverlässigste Seite, unter denen die Seiten P , R am zuverlässigsten gefunden werden. Man hat daher die gleichseitigen Triangel als die besten

besten angesehen, und sie mögen es auch in der That seyn, wo man die Seiten P, R als neue Standlinien ansieht, und sie zu Bestimmung der folgenden Triangel gebraucht. Allein hier, da wir alle Puncte q durch eine Standlinie Q finden sollen, wie dieses gewöhnlich geschieht, so oft keine andere Hindernisse vorkommen, behalten die gleichseitigen Triangel diesen Vorzug nicht, und die Untersuchung muß von Anfang her umgedindert werden. Dahin gehören nun folgende Betrachtungen.

§. 397.

Einmal, da die Standlinie Q einerley bleibt, so nehmen wir sie als richtig gemessen an. Denn wenn sie auch nicht richtig gemessen wurde, so ist es eben so viel, als wenn man zu der ganzen Figur einen zu großen oder zu kleinen Maasstab hätte, und der Fehler dehnt sich auf eine proportionale Art auf die ganze Figur aus. Er hängt von den übrigen Fehlern nicht ab. Die ganze Figur wird durch Winkel bestimmt, und daher kann sie ohne Maasstab zu Papire gebracht werden. In so ferne hängt sie schlechterdings nur von den Fehlern in den Winkeln ab.

§. 398.

Sodann nehmen wir bey den Winkeln nur die Fehler an, welche von der Schärfe

278 I. Anmerkungen und Zusätze

des Auges und des Instrumentes herrühren. Wir haben schon oben angemerkt, daß diese Fehler in jedem Falle ihre bestimmte Schranken haben, die man nicht überschreitet, wenn man nicht vorsehlidh fehlen oder sorglos seyn will.

§. 399.

Da wir hier die schlechtesten Umstände sehen müssen, so nehmen wir die äussersten Fehler an, welche zwischen diese Schranken fallen. Wir sehen demnach jeder Winkel r, p sey um gleich viel zu groß oder zu klein gemessen worden, und der Fehler sey unter allen, die bey einerley Auge, Instrument und Aufmerksamkeit möglich sind, der äusserste. Denn es ist klar, daß wenn man die zuverlässigsten Umstände bestimmen will, man zeigen müsse, daß sie es auch bey denen Fehlern noch seyn, die unter allen die äussersten sind, für die man nicht gut stehen kann.

§. 400.

Es sey demnach AB die Standlinie, $cAc = cBc$ die Fehler, die man bey Ausmessung der Winkel FAB, cBA zu besorgen hat. So haben wir hier folgende vier Fälle:

Fig. 58. 1.° Wenn beyde Winkel zu groß gemessen worden, so sind Ad, Bd die wahren, Ac, Bc die falschen Linien, und die Diagonal cd ist der Fehler in der Lage des Puncts d , weil man denselben in c setzt.

2.° Sind

- 2.^o Sind beyde Winkel zu klein, so ist der Fall umgekehrt. Das wahre Object ist in e , das gefundene in d , und folglich der Fehler in seiner Lage wiederum $= de$.
- 3.^o Ist der Winkel in A zu groß, in B zu klein, so sind Ae , Be richtig, Af und Bf falsch. Das Object liegt in e , der gefundene Ort ist f , und der Fehler in seiner Lage die Diagonal ef .
- 4.^o Ist hingegen der Winkel in B zu groß, in A zu klein gemessen worden, so ist umgekehrt f der wahre und e der falsche Ort, und der Fehler wiederum $= fe$.

§. 401.

Das kleine Viereck $efde$ kann hier als ein Parallelogramm angesehen werden, und da man in zweien und zweien von diesen Fällen seine Diagonalen de , fe berechnen muß, so ist klar, daß dieselben auf zweien Fälle können gebracht werden. Man betrachtet nemlich nur, ob die Fehler auf gleiche Seite fallen, und hier gilt ed , oder ob der eine Winkel zu groß, der andere zu klein gemessen worden, so wird ef gelten.

§. 402.

Da wir aber hier den größten Fehler in der Lage des Object's beybehalten müssen, so ist klar, daß man in jedem Falle beyde nur

280 I. Anmerkungen und Zusätze

so lange suchen müsse, bis man gefunden, welcher der grössere ist. Und diese Bestimmung hängt von dem Winkel AdB ab. Ist derselbe $= 90^\circ$ so kann $cfde$ als ein Rectangel angesehen werden, und beyde Diagonalen sind einander gleich. Ist hingegen $AdB < 90^\circ$ so ist $ed > cf$, und hinwiederum wird $cf > cd$ seyn, wenn $AdB > 90^\circ$ ist.

§. 403.

Da wir ferner die Winkel fAd , dBe einander gleich sehen, so liegen die vier Punkte A, f, e, B in dem Umkreise eines Circuls, und daher sind die Δdfe , dAB einander ähnlich, folglich haben wir

$$dA : AB = df : fe$$

Es ist aber

$$\sin AdB : Af = \sin fAd : df$$

folglich aus diesen beyden Gleichungen

$$cf = \frac{AB \cdot Af \cdot \sin fAd}{dA \cdot \sin AdB}$$

Man kann aber $fA = dA$, und $\sin fAd = fAd$ setzen, daher ist kürzer

$$cf = \frac{AB \cdot fAd}{\sin AdB}$$

Es ist demnach der Fehler cf desto kleiner, je kleiner die Standlinie AB , und je näher der Winkel ADB bey 90° ist. Ist die Standlinie einmal ange-

angenommen, so verhält sich fe schlechtthin wie die Cossecante des Winkels AdB , oder umgekehrt wie sein Sinus. Es ist demnach dieser Fehler am kleinsten, wenn bey gleicher Standlinie, AdB ein rechter Winkel ist.

§. 404.

Die beyden Diagonalen ef , ed durchschneiden einander in ihrer Mitte. Man theile demnach AB in 2 gleiche Theile in C , und ziehe d, C zusammen, so ist

$$AB : Cd = fe : \frac{1}{2} dc$$

folglich

$$dc = \frac{2 Cd. fe}{AB}$$

Da nun

$$fe = \frac{AB. fAd}{\sin AdB}$$

so haben wir für den andern Fehler

$$dc = \frac{2 Cd. fAd}{\sin AdB}$$

§. 405.

Man sieht hieraus, daß man um diesen zweyten Fehler zu bestimmen, aus der Mitte der Standlinie C die Linie Cd ziehen müsse. Und der Fehler wird kleiner seyn, je kleiner diese Linie Cd , und je näher AdB bey 90° ist. Beyde Fehler verhalten sich wie AC zu Cd ,

282 I. Anmerkungen und Zusätze

und da wir immer den grössern beybehalten müssen, so ist klar, daß die Frage darauf ankommt, ob Cd oder AC grösser sey.

§. 406.

Ist demnach AB der Diameter des Circuls auf welchem das Object d liegt, so werden beyde Fehler einander gleich, und sind am kleinsten, wenn die Standlinie AB einmal angenommen worden.

§. 407.

Nennet nun

$$\begin{array}{l} Ad = P \quad ABd = p \quad fAd = fBe = dp \\ AB = Q \quad AdB = q \quad Cd = S \\ Bd = R \quad BAd = r \end{array}$$

so sind die beyden Fehler

$$\begin{aligned} ef &= \frac{Q dp}{\sin q} = \frac{R dp}{\sin r} = \frac{P dp}{\sin p} \\ cd &= \frac{2S dp}{\sin q} = \frac{2R.S dp}{Q \sin r} = \frac{2P.S dp}{Q \sin p} \end{aligned}$$

§. 408.

Setzet nun der erste Stand A und die Lage der Standlinie oder der Winkel $\angle A = r$ sey gegeben, so wird P und $\sin r$ als beständig angesehen, und der erste Fehler ef ist offenbar am kleinsten, wenn der Winkel in B = 90° ist. Der andere Fehler cd wird am

am kleinsten seyn, wenn $RS : Q$ am kleinsten ist. Um diesen Umstand zu finden, so haben wir

$$S^2 = P^2 + \frac{1}{4}Q^2 - PQ \cos r$$

$$R^2 = P^2 + Q^2 - 2PQ \cos r$$

folglich

$$\frac{S^2 R^2}{Q^2} = \frac{P^4}{Q^2} + \frac{1}{4}P^2 - \frac{3P^2 \cos r}{Q} + \frac{1}{4}Q^2 - \frac{3}{2}PQ \cos r + 2P^2 \cos^2 r.$$

Hier ist P und $\cos r$ unveränderlich, folglich wird nur Q differentiirt, und das Differential $= 0$ gesetzt, so findet man

$$0 = \left(-\frac{2P^4}{Q^3} + \frac{3P^2 \cos r}{Q^2} + \frac{1}{2}Q - \frac{3}{2}P \cos r \right) dQ$$

und nach behöriger Reduction

$$0 = (P^2 - \frac{1}{2}Q^2) \cdot (P^2 - \frac{3}{2}QP \cos r + \frac{1}{2}Q^2)$$

Von diesen Factoren giebt der letztere mehrertheils keinen Werth, wir behalten demnach den erstern, und haben

$$Q^2 = 2P^2$$

$$Q = P\sqrt{2}$$

Hieraus sieht man, daß die Standlinie AB sich zu dem Abstände Ad wie die Diagonal eines Quadrates zu seiner Seite oder wie $\sqrt{2}$ zu 1 folglich bey nahe wie 7 zu 5 oder genauer wie 17 zu 12 verhalten müsse. Es ist aus obigem (§. 351. seq.) klar, daß man hätte

284 I. Anmerkungen und Zusätze

hätte $P = Q$ machen müssen, wenn man nicht die Lage des Punkts d sondern die Länge der Linie Ad am zuverlässigsten hätte finden wollen.

§. 409.

Da die Linie $S = Cd$ mitten auf AB fällt, so ist

$$2P^2 + 2R^2 = Q^2 + 4S^2$$

folglich

$$2P^2 - Q^2 = 4S^2 - 2R^2$$

Nun ist in unserm Fall

$$2P^2 - Q^2 = 0$$

folglich auch

$$R^2 = 2S^2$$

Es hat demnach R zu S eben die Verhältniß, wie Q zu P , nemlich die von $\sqrt{2}$ zu 1.

§. 410.

Man sieht hieraus, daß beyde kleinste Fehler nicht zusammen treffen, der erste fordert in B einen rechten Winkel, und diese Forderung macht nothwendig $P > Q$. Der andere Fehler setzt $Q : P = \sqrt{2} : 1$, folglich $Q > P$, welche Bedingungen einander widersprechen.

§. 411.

Sehen wir nun $Q = P\sqrt{2}$ und $R = S\sqrt{2}$, so ist der Fehler

$$cd = \frac{S.S.dp.\sqrt{8}}{P.\sqrt{2}.\sin r} = \frac{2SSdp}{P.\sin r}$$

Da

Da sich nun derselbe auch bey bestimmter Standlinie, nach dem Winkel r richtet, so läßt sich der Umstand bestimmen, unter welchem er in Absicht auf den Winkel r am kleinsten ist. Zu dem Ende haben wir

$$SS = PP + \frac{1}{4} QQ - PQ \cdot \cos r$$

Nun ist

$$QQ = 2PP$$

folglich

$$SS = \frac{3}{2} PP - PP \cdot \cos r \cdot \sqrt{2} = \frac{1}{2} P^2 (3 - \sqrt{8} \cdot \cos r)$$

folglich

$$cd = \frac{P (3 - \sqrt{8} \cdot \cos r) dp}{\sin r}$$

Daher, wenn man r differentiiert

$$0 = P \left(\frac{3 \cos r \cdot dr}{\sin^2 r} - \frac{\sqrt{8} \cdot dr}{\sin r} \right)$$

folglich

$$\frac{\cos r}{\sin r} = \frac{\sqrt{8}}{3}$$

$$\sin r = \frac{3}{5}$$

$$r = 37^\circ 18'$$

Der Fehler cd ist demnach am kleinsten, wenn $Q = P\sqrt{2}$, und $\sin r = \frac{3}{5}$ ist. Setzt man diese Werthe in der Gleichung, so hat man

$$cd = dp \cdot P$$

Daher ist der Fehler der Perpendicular gleich, welche aus d auf Af fällt, und dieses ist auch wirklich die Lage der Diagonal cd , wenn sie am kleinsten ist. Man sieht aber leicht, daß
unter

286 I. Anmerkungen und Zusätze

unter diesen Umständen der Fehler ef , welcher in B einen rechten Winkel fordert, lange nicht am kleinsten ist.

§. 412.

Da also beyde kleinste Fehler nicht zusammen treffen, so muß man den Ort der Standlinie suchen, wo der grössere Fehler am kleinsten wird. Um diese Aufgabe aufzulösen, wollen wir den Fall setzen, wo ed am kleinsten wird. Dieses geschieht, wenn $Q = P\sqrt{2}$ ist. (§. 408.) Für diesen Fall muß der Fehler ef gesucht, und mit dem nunmehr kleinsten Fehler verglichen werden. Ist sodann $ef < ed$, so ist die Auflösung gefunden, weil hier ed , auch wo es am kleinsten ist, dennoch grösser bleibt als ef , und folglich keine bessere Umstände können gewählt werden. Wäre aber $ef > ed$, so ist klar, daß sich noch ein Mittel treffen läßt. Die Auflösung ist folgende.

§. 413.

Wenn ed am kleinsten, so ist

$$Q = \sqrt{2} \cdot P$$

folglich

$$ef = \frac{P \cdot dp \sqrt{(3 - \sqrt{8} \cdot \cos r)}}{\sin r}$$

$$ed = \frac{P (3 - \cos r \sqrt{8}) \cdot dp}{\sin r}$$

Demnach

Demnach

$$ef:cd = 1:\sqrt{(3 - \cos r\sqrt{8})}$$

Man sieht also, daß der Unterschied der beyden erst berührten Fälle von dem Winkel r abhängt.

§. 414.

Setzet demnach $cd > ef$, so ist

$$3 - \cos r\sqrt{8} > 1$$

$$\cos r < \frac{3-1}{\sqrt{8}}$$

oder $\cos r < \sqrt{\frac{1}{2}}$

$$r > 45^\circ.$$

Soll demnach die Standlinie $Q = P\sqrt{2}$ die vortheilhafteste seyn können, so muß der Winkel r grösser seyn als 45° . Ist aber dieser Winkel kleiner, so kann auch die Standlinie um etwas kürzer gemacht werden. Durch diese Verkürzung wird zwar der Fehler cd grösser, hingegen aber ef kleiner, und es ist klar, daß man die Standlinie wählen muß, welche beyde gleich macht. Dieses fordert aber, daß $q = 90^\circ$, und folglich $Q = P$. sec r werde.

§. 415.

Die zuverlässigste Standlinie wächst demnach mit dem Winkel r , bis sie $= P\sqrt{2}$ oder $r = 45^\circ$ wird, und diese Länge behält sie dann

dann unverändert, wenn gleich der Winkel r noch grösser wird.

§. 416.

Da wir bey jedem Objecte zweyen Fehler betrachten müssen, so ist klar, daß sich ihre Anzahl zugleich mit den Objecten aufhäuft, und da man hier immer diejenige Standlinie suchen muß, wobey der größte Fehler noch der geringste bleibt, so ist leicht zu erachten, daß die Vergleichen die man hier anzustellen hat, sehr weitläufig werden. Ich habe nicht finden können, daß sie sich auf eine allgemeine Art bestimmen lassen, weil jeder Umstand in der Lage eines Objectes die Bestimmung ändern kann. Man müßte erstlich jeden Fehler allein betrachten, und besonders sehen, wo die Fehler ed am kleinsten sind. Für diesen Umstand müßte man auch die übrigen Fehler bestimmen, und sehen, ob sie kleiner sind, als der, auf welchen man sie bezogen. Wären sie kleiner, so würde die Standlinie gefunden seyn. Es ist aber klar, daß wenn man keinen einzelnen Fall vor sich hat, wo alle Umstände in Zahlen gegeben sind, diese Frage nicht erörtert werden kann. Alles was sich thun läßt ist, daß man bestimme, was für eine Lage die übrigen Objecte haben können, damit dieses zutreffe, wie wir z. E. vorhin den Winkel r auf 45° gesetzt haben. Diese Umstände so bestimmt, würden sich

sich sodann in jedem Fall erkennen lassen, ob sie da wären oder nicht. Endlich müßte man den Fall sehen, wo die Umstände anders sind, und die Standlinien suchen, wo zweier Fehler einander gleich werden. Für diese Standlinien müßte man auch die übrigen Fehler berechnen, und sehen ob sie kleiner sind. Dieses läßt sich nun wiederum in allgemeinen Ausdrücken nicht thun, sondern man kann höchstens daraus nur die Criteria finden, woraus man sie in einzelnen Fällen erkennen kann.

§. 417.

Dieses ist der Entwurf der Rechnung, die man anzustellen hätte, und es ist klar, daß sie eben so müßte eingerichtet werden, wo man die Standlinie vollkommen unbestimmt setzt. Denn hier haben wir die Winkel am ersten Stande als gegeben angenommen, und daher nur die Länge der Standlinie zu finden gehabt.

§. 418.

Da die Weitläufigkeit dieser Rechnung dieselbe vollends unbrauchbar macht, so habe ich lieber die Construction vorgenommen, ungeacht krumme Linien dabey gebraucht werden. Diese werde ich nun für zwey Objecte angeben, weil sie sich auf gleiche Art bey mehreren anbringen läßt. Ich nehme den ersten Stand, und die Lage der Standlinie

E

wiederum

290 I. Anmerkungen und Zusätze

wiederum als gegeben an. Es sey der erste Stand A die Lage der Standlinie AH, die beyden Objecte B, C, diese Stücke sind gegeben. Die übrigen werden so gefunden:

1.^o Fället aus B, C die Perpendicularen BD, CF auf die Standlinie, und machet $ED = AB$, $GF = AC$.

2.^o Ziehet durch D, F Parallelen mit AH, diese sind DI, FK.

3.^o Verlängert AB in b, und AC in c, bis $Bb = AB$ und $Cc = AC$ wird. so ist die Vorbereitung fertig.

4.^o Nehmet auf der Standlinie jeden Punct H an, und ziehet aus H die Perpendicular herunter, so wird AH als eine Abscisse, HO als die Ordinate angesehen, auf welche die Fehler, denen der Stand H unterworfen seyn kann, aufgetragen werden. Zu dem Ende

5.^o Ziehet aus B und C Linien in I und K, und traget HI aus H in O, und HK aus H in N.

6. Ziehet Hb, Hc, und machet
 $AH : Hb = HO : HL$
 $AH : Hc = HN : HM$

so habt ihr die vier Puncte L, O, M, N, und HL, HO, HM, HN sind den Fehlern, die man in H zu befahren hat, proportional.

7.^o Wenn

7.* Wenn ihr nun auf AH noch andere Punkte annehmet, und damit eben so wie mit H verfähret, so werdet ihr die vier krummen Linien ziehen können, die durch L, O, M, N gehen.

8.* Da nun diese sich in verschiedenen Orten durchschneiden, so muß derjenige Durchschnitt gesucht werden, welcher am nächsten bey der Standlinie ist, und von welchem die durch denselben gezogene Ordinate die übrigen krummen Linien näher bey der Standlinie durchschneidet.

Diese letzte Eigenschaft haben in der Figur die beyden Durchschnittspuncte P, Q gemein, und es ist klar, daß P muß gewählt werden, weil er näher bey der Standlinie ist. Der zuverlässigste zweyte Stand ist demnach G, die Standlinie AG, und die Fehler sind den Ordinaten GR, GF, GP proportional.

§. 419.

Der Beweis dieser Construction gründet sich darauf, daß

$$HI = \frac{AB}{\sin AHB} = AB \sec EBH$$

$$HK = \frac{AC}{\sin AHC} = AC \sec GCH$$

ist, und die gleichnamige Fehler der Objecte B, C diesen Linien proportional sind (§. 407.)

292 I. Anmerkungen und Zusätze

sodann auch darauf daß die beyden Fehler bey gleichem Objecte, z. E. bey B sich wie AH zu Hb verhalten (§. 404.)

§. 410.

Wenn außer den Objecten B, C noch mehrere sind, so müssen für jedes derselben noch zwei krumme Linien gezogen werden, und dieses macht die Construction allerdings weilläufig. Man sieht übrigens hieraus, was man sich von der Berechnung zu versprechen hat. Wir haben hier überdies den leichtern Fall gesetzt, und nichts anders als unbekannt angenommen als die Länge der Standlinie. Ist aber der erste Stand A, und die Lage derselben auch unbestimmt, und die ganze Standlinie soll aus dieser Bedingung gefunden werden, daß der größte Fehler, der aus den Winkeln entstehen kann, dennoch unter allen der kleinste sey, so hat man auf einmal vier Stücke zu suchen. Ich habe nicht gefunden, daß diese Aufgabe, welche unstreitig eine der nützlichsten der practischen Geometrie ist, auf eine allgemeine Art, und ohne viele Umwege auflösbar wäre.

§. 421.

In leichtern Fällen, wo die Objecte in geringer Anzahl sind, und eine regularere Lage haben, läßt sich die vortheilhafteste Standlinie aus besondern Betrachtungen finden

finden. So z. E. wenn nur zwey Objecte sind, so kann man die Linie, so durch dieselbe geht, und ihren Abstand mißt als eine Diagonal eines Quadrats ansehen, und die andere Diagonal wird die vortheilhafteste Standlinie seyn.

§. 422.

Wiederum wenn vier Objecte ein Rectangel machen, so beschreibe man durch dieselben einen Circul, und der Diameter dieses Circuls wird die zuverlässigste Standlinie seyn. Hier ist gleichgültig, welchen Diameter man nimmt. Alle Fehler werden einander gleich, und keiner läßt sich durch Abänderung der Standlinie verkleinern, ohne daß die übrigen grösser würden.

§. 423.

Drey Objecte, die umgekehrt einen gleichseitigen Triangel machen, werden ebenfalls am genauesten gemessen, wenn man durch sie einen Circul zieht, und einen Diameter desselben zur Standlinie annimmt. Liegen aber die drey Objecte fast in gerader Linie, so muß eine nähere und kleinere Standlinie gewählt werden. Die Erfindung derselben hat aber eben die Schwierigkeiten, denen die allgemeine Auflösung unterworfen ist (§. 420.)

§. 424.

Man kann aus der einzigen Construction, die wir von einem leichtern Fall gegeben ha-

ben (418.) leicht abnehmen, daß das Kleinste so hier zu suchen ist, sich von demjenigen, wober man die Differentialrechnung gebraucht, sehr unterscheidet, weil dieses letztere da statt hat, wo eine krumme Linie mit der Aze entwedder parallel oder perpendicular wird. Hingegen hier findet sich die gesuchte kleinste Ordinate, z. E. GP in dem Durchschnittzwoer krummen Linien, welche daselbst eben mit der Aze nicht parallel sind. Selten trifft das erstere Kleinste mit diesen zusammen. Der Unterschied ist deswegen richtiger, weil man hier mehr an die gefundene Standlinie gebunden ist, und die Fehler sich gleich stark vergrößern, sobald man nur wenig davon abweicht. So z. E. wenn man den zweyten Stand in H nehmen wölte, so würde der größte Fehler der Ordinate HO proportional werden, da er in dem Stande G der Ordinate GP proportional war.

§. 425.

Dieser Umstand, welcher die zuverlässigste Standlinie so enge einschränkt, macht überdiß, daß man dieselbe nicht einmal wählen kann, ehe man die Figur schon ziemlich genau entworfen hat. Diß hieße so viel als die die Arbeit verdoppeln. Man müste das Feld erstlich mittelst einer willkührlich angenommenen Standlinie in Grund legen, damit man die Lage der sichersten Standlinie und ihre Länge

Länge finden könnte. Diese müßte man so dann auf dem Felde ziehen, und sie zu der genauern Ausmessung desselben gebrauchen, wenn die größte Zuverlässigkeit so wichtig wäre. Will man aber den vorläufigen Riß nur bey nahe bestimmen, so wird die Methode, die wir oben in dem Abschnitte vom Augenmaas angegeben haben, leicht und hiezu hinlänglich seyn. (§. 76.)

§. 426.

Hat man diesen vorläufigen Riß entworfen, so läßt sich durch Versuche eine Linie darauf ziehen, so daß wenn man von ihren beyden Enden Linien in jede Ecke der Figur zieht, dieselben daselbst sich unter Winkeln durchschneiden, die von 90° am wenigsten unterschieden sind, und daß, wenn sie als eine Standlinie angenommen wird, die Fehler, so man zu besorgen hat, nach denen erst gegebenen Regeln bestimmt, so viel undglich ist, am kleinsten werden. Und diß ist alles, was man hiebey thun kann, bis man Mittel findet, die vorgeschlagene Berechnung der kleinsten Fehler (§. 416.) oder ihre Construction zu erleichtern.

XVI. Das Mittel zwischen den Fehlern.

§. 427.

Wird eine Größe mehrmahlen gemessen, oder auf mehrerley Arten bestimmt, und die Ausmessungen oder Bestimmungen treffen nicht genau zusammen, so schließt man, daß irgendwo Fehler mit unterlaufen seyn, welche, wie wir es oben bemerkt haben, aus vielen Ursachen herkommen können. Entsteht ein Fehler aus Versehen, daß man eines für das andere nimmt, so läßt er sich gewöhnlich leicht erkennen, und fast eben so geht es mit denen, die von einer allzugroßen Sorglosigkeit entspringen. Beyde kommen hier nicht in Betrachtung, sondern wir werden wiederum nur die untersuchen, die von der Schärfe des Auges, und von der Größe und Güte des Instruments herrühren, und in so ferne unvermeidlich sind, daß man nicht dafür gut stehen kann, ob sie wirklich größer oder kleiner vorgegangen, oder nicht.

§. 428.

Was das Auge auf einer jeden Fläche als einen Punct ansieht, auf welchem es nichts mehr unterscheiden kann, ist für sich betrachtet, eine Fläche, welche mit der Entfernung größer wird. So sehen wir die kleinsten Systeme

ne als Punkte an. Alle Theile dieser Fläche sind dem Auge gleichgültig, weil es alle zusammen genommen, als einen Punct ansieht. Wird aber ein Liniyal mit Dioptern nach demselben gerichtet, so hört diese Gleichgültigkeit, in Absicht auf die Lage des Liniyales auf, weil man diese Lage nach geometrischer Schärfe als bestimmt ansehen kann. Dasselbe kann also nach jedem Theile dieser Fläche gerichtet seyn, welche das Auge nicht mehr von einem Punct unterscheidet. Und in so ferne ist jede Richtung von der andern unterschieden. Und was in Absicht auf das Auge gleichgültig war, hört bey dem Instrument auf.

§. 429.

Damit wir in so kleinen Puncten etwas unterscheiden können, wollen wir dieselben, wie in der Nähe oder durch ein Vergrößerungsglas betrachtet, vorstellen. Wir gebrauchen hiezu eine Circulfläche, weil kein Grund da ist, warum man sich einen Punct, den das Auge nicht mehr unterscheidet, als eckicht vorstellen sollte. Es sey demnach $ADBE$ eine solche Fläche, die das Aug als einen Punct ansieht, AB ihr Diameter, C ihr Mittelpunct. Sollte das Aug eine Linie gegen C richten, so ist klar, daß es unter unzähligen malen nicht einmal zutreffen wird, weil alle Puncte dieser Fläche hiebey gleich möglich sind, und die Linie nach einem derselben

selben eben so leicht gerichtet seyn kann, als nach jedem andern. Wählt man innerhalb ADDE einen beliebigen Raum, so läßt sich die Probabilität bestimmen, ob das Liniel in oder außer diesen Raum werde gerichtet seyn, und wie viel eines wahrscheinlicher ist als das andere, denn die Wahrscheinlichkeit wächst mit dem Raume.

§. 430.

Soll der Punct ADDE von der Schärfe oder von dem Faden der Dioptern DE bedeckt werden, so ist wiederum klar, daß er so viele Lagen haben kann, als Puncte auf dem Diameter AB sind. Aber die Möglichkeit jeder Lage DE richtet sich nach der Anzahl der Puncte so auf der Linie DE liegen, und folglich ist sie desto grösser, je näher diese Linie bey dem Mittelpunct C ist. Sieht man demnach FC als die Grösse des Fehlers an, so stellt FD seine Möglichkeit vor. Denn er ist desto möglicher, je öfter er vorkommen kann, und folglich je mehr Puncte auf $DE = 2DF$ liegen. Hieraus folgt, daß die geringern Fehler häufiger, und fast gleich oft vorkommen, hingegen die grössern desto seltener sind, vorausgesetzt, daß man nichts vorzügliches zulasse. Eben so wird aus der Natur des Circuls bestimmt, daß die gleich grossen Fehler auf beyden Seiten des Mittelpuncts gleich möglich sind.

§. 431.

§. 431.

Bey Ausmessung der Winkel werden die Dioptern nach zween dergleichen Puncten gerichtet. Es ist klar, daß man in beyden auf eine ähnliche Art fehlen kann. Laßt uns auch hier die Möglichkeit jeder Fehler, die in dem Maasse des Winkels entstehen können, untersuchen. Es seyn demnach AF , BE die beyden Flächen, welche das Auge für Puncte ansieht, C , D ihre Centra, und CD ihr wahrer Abstand oder die wahre Größe des Winkels. Diese Linie werde in I und H verlängert. Da bey jedem Fehler in $Alfg$ jede Fehler in $BGEH$ gleich leicht vorkommen können, so sind die äussersten darunter gG , Hl , und bey dem ersten ist der Winkel um den Diameter GH zu klein, bey dem andern um eben so viel zu groß. Daher ist der Diameter auf beyden Seiten das Maas des größten Fehlers.

Fig. 61.

§ 432.

Die Möglichkeit eines jeden einzelnen Fehlers Cp ist $=pm$, und des Fehlers DP ist $=PM$, daher weil jede Puncte auf pm mit jeden Puncten auf MN gepaaret werden können, so ist die Möglichkeit des Winkels Pp , in den Puncten P , p gemessen $=MP$. mp . Da man aber die Distanz Pp auf vielerley Arten in beyden Circuln haben kann, so wird die Möglichkeit des Winkels, so dadurch vorge-

300 I. Anmerkungen und Zusätze

vergestellt wird, noch vielfältiger. Und die Frage, auf wie viele Arten derselben oder dessen Fehler $Cp + DP$ möglich sey, muß also aufgelöst werden.

§. 433.

Man trage DB aus C in h , und Pp aus G in k , so ist hp die Größe des Fehlers, und gk weist seine Möglichkeit in Absicht auf die Linie kl , weil der Anfang des Winkels p auf jeden Punkten der Linie gk seyn kann. Ist dieser Anfang in p , so ist die Möglichkeit $= MP$, $mp = \mu h$, mp . Um nun die Summe aller Möglichkeiten zu finden, so nenne man dieselbe für die Abscisse $kp = v$. Ferner sey

$$Cg = 1 \quad kp = x = lh$$

$$Ck = z$$

so ist

$$pm = \sqrt{(1 - (z + x)^2)}$$

$$\mu h = \sqrt{(1 - (1 - x)^2)}$$

daher

$$dv = dx \cdot \sqrt{(1 - (z + x)^2)} \cdot \sqrt{(x^2 - (1 - x)^2)}$$

oder

$$dv = dx \cdot \sqrt{(2x(1 - zz) - x^2(1 + 4z - zz) + 2x^2(z - 1) + x^4)}$$

Man setze $z = \cos \Phi$, so ist, wenn die Irrationalgröße in einer Reihe aufgelöst und integriert wird

v =

$$v = \frac{\sqrt{8}}{3} \sin \varphi \cdot x^2 - \frac{\sqrt{2}}{5} (\sin \varphi + 4 \cot \varphi) x^3$$

$$- \frac{\sqrt{2}}{7 \sin \varphi} (2 \sin^2 \frac{1}{2} \varphi + \frac{1}{4} \sin \varphi^2 + 4 \cot \varphi - 8 \cot \varphi^2) x^4$$

— &c.

§. 434

Da diese Reihe in Bestimmung des allgemeinen Gesetzes wenig Licht giebt, so werden wir dasselbe durch folgende Betrachtung erläutern.

1.^o Jeder gefehlte Winkel Pp läßt sich auf der Linie Hh auf desto mehrerley Punkten nehmen, je näher er dem wahren Winkel ist. Man mache $g\pi = Gk = Pp$, so wird der Punkt P von g in k rücken, wenn P aus π in G rückt, und es wird immer $G\pi = kp$ und $\pi p = gp$ seyn.

2.^o Da also auch $gk = \pi G$, und die Möglichkeit eines jeden Punkts P durch seine Ordinate vorgestellt wird, so sind die Möglichkeiten auf den Linien gk , $G\pi$ einander ähnlich, sie paaren sich aber in umgekehrter Ordnung. Denn je näher P bey π ist, desto näher ist p bey g. Da nun PM wächst, und pm abnimmt, so werden die größern Möglichkeiten auf einer Seite mit den kleinern auf der andern multiplicirt, und dieses macht ihre Summen kleiner.

3.^o Die

302 I. Anmerkungen und Zusätze

- 3.° Die größten und kleinsten Ordinaten paaren sich nur einmal, jenes geschieht wenn der Winkel = CD und folglich richtig ist, dieses aber wenn er = gG oder = H wird, und daher am kleinsten oder am größten ist. Dieses letztere ist auch nur in einem einzigen Falle möglich, weil sich gG und H nicht herum tragen lassen.
- 4.° Vergrößert man gG um einen sehr kleinen Theil, so werden die Punkte k , * sehr nahe bey g und G seyn. Daher werden die größern Ordinaten und folglich auch ihre Möglichkeiten ausgeschlossen, und der Fehler kömmt desto weniger vor, je näher er bey dem größten ist.
- 5.° Hingegen ist derselbe häufiger, je näher der Winkel dem wahren kömmt. Denn der wahre Winkel läßt sich durch den ganzen Diameter herum tragen, weil $CD = hG = gH$ ist, und bey demselben werden die kleinern Ordinaten mit den kleinern, und die größern mit den größern combinirt, und dadurch häuſet sich die Anzahl der möglichen Fälle.
- 6.° Bey jedem andern Fehler combiniren sich jede größere Ordinaten mit den kleinern, und die größten kommen gar nicht vor. So
- z. E. bey dem Winkel Pp werden die Ordinaten so auf lk und * H liegen ganz ausgeschlossen; und folglich unter denselben auch die größten.
- 7.° Gleich

7. Gleich große Fehler, die nemlich den Winkel um gleich viel zu groß oder zu klein machen, haben gleiche Möglichkeit. Es ist demnach die krumme Linie, deren Abscissen vom Mittelpunct der Aze auf beyden Seiten die Fehler, die Ordinaten aber ihre Möglichkeit vorstellen, sich selbst auf beyden Seiten ähnlich. Die mittlere Ordinate ist die größte. Sie hat auf beyden Seiten einen Wendungspunct, und zu äusserst ist die Aze ihre Tangente. Die halbe Aze ist dem Durchmesser GH gleich.

§. 435.

Um diese Betrachtungen durch einen leichten Versuch zu prüfen, habe ich folgenden angestellt. Ich zog eine Linie AE , und trug einen Theil AB aus B zwanzigmal herum in D , und aus D in C und E . Die Linie CE theilte ich in 20 Theile. Die Figur stelle alles in Lebensgröße vor. Nachdem diese Vorbereitung geschehen, so ändert ich die Oefnung des Circuls, um ihn aufs neue zu öfnen, und die Distanz AB wiederum zwanzigmal aus B in D zu tragen. Es ist klar, daß wenn der Circul die vorige Oefnung gehabt hätte, so hätte er im herum tragen, auf eben die Punkte eingetroffen. Da aber dieses ungeacht aller Aufmerksamkeit nicht zutraf, so bemerkte ich den Punct auf welcher er zwischen CE auf der Theilung eintrafe, so genau es das Auge

304 I. Anmerkungen und Zusätze

Auge zuließ in 700ten Theilen, und schrieb die Zahl auf. Ich hatte mir die Gedult genommen, diese Arbeit 80 mal zu wiederholen, und jedesmal die Defnung des Circuls zu ändern. Es ist klar, daß auf diese Art ein kleiner Fehler auf 80 zwanzig mal vergrößert, und daher allerdings sichtbar wurde. Die obervirten Zahlen in Ordnung gebracht, traf der Circul

2mal auf 63	3mal auf 89	4mal auf 105	5mal auf 122
1 . . . 69	2 . . . 91	4 . . . 106	1 . . . 124
1 . . . 70	1 . . . 94	1 . . . 107	1 . . . 128
2 . . . 71	2 . . . 95	3 . . . 109	3 . . . 129
1 . . . 73	2 . . . 96	1 . . . 110	1 . . . 130
1 . . . 78	2 . . . 97	2 . . . 111	1 . . . 131
1 . . . 79	2 . . . 98	1 . . . 112	1 . . . 133
2 . . . 81	2 . . . 99	3 . . . 113	1 . . . 134
1 . . . 83	1 . . . 100	1 . . . 115	1 . . . 148.
1 . . . 84	3 . . . 101	1 . . . 116	
2 . . . 85	1 . . . 102	1 . . . 117	
2 . . . 87	1 . . . 103	1 . . . 120	
4 . . . 88	1 . . . 104	2 . . . 121.	

folglich,

6mal zwischen 60 und 70	7mal zwischen 70 und 80	8mal zwischen 80 und 90	9mal zwischen 90 und 100	10mal zwischen 100 und 110	11mal zwischen 110 und 120	12mal zwischen 120 und 130	13mal zwischen 130 und 140	14mal zwischen 140 und 150
6 . . . 70	7 . . . 80	8 . . . 90	9 . . . 100	10 . . . 110	11 . . . 120	12 . . . 130	13 . . . 140	14 . . . 150

§. 436.

Woraus man allerdings sieht, daß die kleinern Fehler häufiger vorkommen, denn der Circul hätte jedesmal auf 100 eintreffen sollen. Es ist vermuthlich, daß auch das Herumtragen etwas zu den Fehlern beygetragen. Da sich aber dieses einigermassen compensirt, so wollen wir sie in Absicht auf das Auge betrachten. Wenn wir die beyden äußersten Fehler 63 und 148 weglassen, als die vermuthlich von andern Ursachen herrühren, so sind die äußersten unter den übrigen 69 und 134, der Unterschied ist = 65, welcher zwanzigmal verkleinert = $3\frac{1}{2}$ wird. Dieses macht den $\frac{30}{100}$ Theil von der Linie AB, und so groß ist der Unterschied zwischen den äußersten Fehlern. Da sie von dem wahren fast gleich entfernt sind, so ist die Linie AB das eine mal um $\frac{1}{20}$ zu groß, das andere mal aber um $\frac{1}{20}$ zu klein genommen worden. Dieser Theil muß auf beyde Puncte A, B vertheilt werden, so haben wir den $\frac{1}{40}$ von der Hälfte von AB, oder den $\frac{1}{170}$ von AB, und dieses ist der halbe Diameter eines Puncts, auf welchem das Auge nichts mehr unterschied.

§. 437.

Die Linie BD ist = $5^{\circ} 7'' = 67''$ daher AB = $\frac{67}{17}$, und folglich dieser halbe Diameter = $\frac{67}{34}$. Setzt man nun die Distanz des Auges 7 Zoll oder 84 Linien, so sind

u

det

det man die Tangente des scheinbaren halben Diameters $= 67.84.2400 = 0,00033$, welches ungefehr eine Minute eines Grades beträgt. Der scheinbare Diameter mag also zwey Minuten seyn. Es ist unstreitig, daß das Auge viel schärfer sehen mag, und es wird einen kleinern Punct als der 60te Theil von AB ist, noch deutlicher sehen, und seine Theile unterscheiden können. Allein wenn es die Frage ist, einen solchen Punct mit dem Circul zu fassen, oder die Dioptern nach demselben zu richten, so wird die Schärfe desselben nicht wohl weiter reichen. Und wir werden mit Marinoni den Fehler, so man mit bloßem Auge bey Ausmessung eines Winkels, auch mit aller Aufmerksamkeit noch zu befürchten hat, auf jeder Seite eine Minute zu groß oder zu klein, und daher in allem auf zwey Minuten setzen können.

§. 438.

Die Summe der Zahlen von allen Observationen ist $= 8095$. Wird diese durch 80 dividirt, so ist das Mittel aus allen $= 101,2$, es sollte aber $= 100,0$ seyn. Daher das Mittel von dem wahren noch um 1,2 Theile abweicht. Diese Abweichung ist aber auf CE genommen, und daher 20mal größer als auf AB. Wird sie demnach durch 20 getheilt, so beträgt sie auf AB 0,06, solcher Theile, davon AB hundert hat, und folglich

0,0006

0,0006 oder $\frac{1}{1666}$ Theil von AB. Sie wird um die Hälfte kleiner, wenn man die letzte Observation, die 148 giebt, wegläßt, und die Summe der übrigen durch 79 theilt.

§. 439.

Der erstbeschriebene Versuch ist demjenigen vollkommen ähnlich, den man mit der Ausmessung der Winkel anstellen muß. Wir haben schon oben (§. 333.) erinnert, daß diese Prüfung bey jedem Instrumente aus verschiedenen Gründen nöthig sey. Denn wird ein vorgegebener Winkel nur einmal gemessen, so muß man, um die Zuverlässigkeit der Ausmessung zu bestimmen, wissen wie weit sich der größte mögliche Fehler erstreckt, und dieses findet man, wie wir im gegenwärtigen Versuche denselben gefunden, und auf zwey Minuten gesetzt haben. Jedes Instrument hat hiebey was eigenes, weil der Fehler von seiner Güte abhängt.

§. 440.

Wird aber ein gleicher Winkel mehrmal gemessen, so kann man aus den Fehlern das Mittel nehmen, und hier wird die erstvermeldete Prüfung des Instruments von gutem Nutzen seyn, weil man dadurch die Zuverlässigkeit des Mittels zu bestimmen im Stande ist.

Da die Fehler desto möglicher sind, und daher auch desto leichter und öfter vorkommen, je kleiner sie sind (§. 434. 436.) so gelten hier eben die Sätze, die ich in der Photometrie in Absicht auf die Schärfe des Auges bey Beurtheilung der Klarheit der Objecte bewiesen, und wodurch gezeigt wird, wie ferne man das gefundene Mittel aus den Observationen als zuverlässig ansehen kann. Ich werde von denselben folgende hersehen.

- 1.° Die ganze Berechnung des Mittels zwischen wiederholten Observationen gründet sich schlechterdings auf den Grad der größten Wahrscheinlichkeit. Denn da hier mehrere mögliche Fälle, und einige derselben möglicher sind als die andern, so wird das Mittel für denjenigen Fall gesucht, welcher unter allen der wahrscheinlichste ist, und man setzt, es sey eben der wahrscheinlichste, oder ein von demselben nicht viel entfernter Fall, der sich bey der geschehenen Wiederholung zugetragen habe.
- 2.° Aus diesem Grunde schließt man, daß diejenigen Observationen der wahren Größe am nächsten seyn, die am häufigsten vorgekommen sind. Denn sie haben den größten Grad der Möglichkeit, und da sie folglich auch die größte Wahrscheinlichkeit haben, so würde man ohne Grund davon abgehen.

3.° Wenn

3.^o Wenn die Observation nicht sehr vielmal wiederholt worden, so ist es unwahrscheinlich, daß einer der äussersten Fehler darunter sey, und noch unwahrscheinlicher, daß zween solche darunter seyn, die sich unter einander aufheben, oder davon der eine positiv, der andere negativ ist. Denn solche Fehler haben den geringsten Grad der Möglichkeit, daher können sie auch nicht so ofte vorkommen.

4.^o Ist aber ein solcher Fehler eingeschlichen, so wird das Mittel aus den übrigen von dem wahren merklich entfernt, und man muß die Anzahl der Observationen sehr vermehren, um diese schlimme Folge wieder geringer zu machen, so lange kein eben so grosser oder negativer Fehler dazu kömmt.

5.^o So lange ein solcher Fehler noch allein unter den übrigen ist, so wird er von dem Mittel aus allen am weitesten entfernt seyn, und wenn man die Observation wegläset, welche ihn eingebracht hat, so wird das Mittel aus den übrigen dem wahren näher kommen, als wenn man die Observation beybehält. Hiedurch läset er sich erkennen und wegschaffen.

6.^o Der Unterschied dieser beyden Mittel bestimmt die Zuverlässigkeit des Messern.

§. 442.

Man kann die Beweise dieser Sätze am angezogenen Orte nachsehen, wo ich auch noch eine andere Methode angegeben, den Fall zu bestimmen, welcher in der That unter allen der wahrscheinlichste ist. Diese würde ich hier ausführlicher durchgehen, wenn die (§. 435.) gegebene Differentialformel andernfalls als durch eine unendliche Reihe integrabel wäre.

§. 443.

Diese Betrachtungen gründen sich auf die Theorie der Wahrscheinlichkeit. Hat man aber den größten Fehler, den ein Instrument geben kann, bestimmt (§. 439. 440.) so läßt sich ein Theil dieser Wahrscheinlichkeit zur Gewißheit bringen. Es sey der größte Fehler, der ohne Vorsatz möglich ist, $= FG$, seine Hälfte $FH = HG$. Hingegen sey der Unterschied zwischen den äußersten unter den observirten Fehlern $= AB$, und das Mittel aus allen falle auf C . Da man nun nicht weiß, wie nahe einer von den Fehlern A, B , zu den größten komme, so setze man die beyden schlimmsten Fälle, in welchen nemlich A oder B in der That am weitesten von dem wahren abweichen. Ist es A , so trage man FH aus A in e , im andern Falle aus B in d , und es ist klar, daß im ersten Fall e , im andern aber d der wahre Punct seyn würde. Es ist aber für sich klar, daß dieser Punct nothwendig zwischen d und

d und e fallen muß. Das aus den Observationen gefundene Mittel fällt in C, wie wir es zum Beyspiele angenommen haben, und Ce wird demnach die größte mögliche Abweichung von dem wahren seyn. Die Abweichung ist aber wahrscheinlich viel kleiner, weil die Fälle, wo e und d richtig wären, unter allen die geringste Möglichkeit haben.

§. 444.

Man sieht hieraus, daß de die nothwendigen Schranken sind, in welche der wahre Punct fallen muß. Es ist auch klar, daß sie desto enger werden, je weniger AB von FG unterschieden ist. Dieser Unterschied aber wird am wahrscheinlichsten geringer, wenn die Observationen mehrmalen wiederholt worden.

§. 445.

Die Lage des Puncts C hängt von der Wahrscheinlichkeit ab. Daher ist es möglich, daß C ausserhalb de fallen, und wenn dieses geschieht, so wird man immer sicherer gehen, wenn man von de das Mittel nimmt. Denn es ist klar, daß in solchem Falle die Schranken de entweder sehr enge seyn müssen, oder daß unter den Observationen die meisten auf eine Seite, und nur eine oder wenige auf die andere fallen, welches aber nothwendig sehr selten geschieht.

§. 446.

Wenn wir hier unter vielen Observatio-
nen das Mittel nehmen, so versteht sich von
selbst, daß es unter den Observationen
selbst, und nicht unter denen Größen ge-
schehen müsse, die man daraus findet. Es
ist dieses um so natürlicher, da man sonst
jede Observation besonders berechnen müste,
und diesen Umweg erspart man sich gerne.
Dingegeben giebt es Fälle, wo man denselben
gebrauchen muß, und dieses geschieht allezeit,
wo man die Fehler nicht anders als aus ihren
Folgen erkennen kann. Von solchen haben
wir bereits (§. 51. 317.) zwey, und unter
denselben den erstern in dieser Absicht betrach-
tet. Bey dem andern (§. 317.) bleibt noch
anzumerken, daß da man die Fehler in den
Winkeln A, B, C nur aus den Durchschnitten
d, e, f erkennt, dieselben erst müssen berechnet
werden. Zu dem Ende kann man von den
drey Linien Ad, Bd, Ce je zwey und zwey als rich-
tig annehmen, und dabey berechnen, wie viel
die dritte fehlen würde, wenn die andern zwey
richtig wären. So z. E. wenn Bf und Cf
richtig sind, so muß Ae durch den Punct f ge-
hen. Dadurch wird der Winkel eAC um
etwas grösser, und der Unterschied wäre sein
Fehler. Von diesem Fehler aber muß DAC
nur der dritte Theil seyn, weil ähnliche Feh-
ler auch auf die übrigen beyden Winkel müs-
sen gelegt werden. Ich sage der dritte Theil,
weil

Fig. 56

weil nicht nur in allen drey Winkel sind, sondern weil man hier jeden Fehler als gleich möglich ansehen muß. In dem erstern Fall (S. 51.) war dieses anders, und wenn man beyde vergleicht, wird sich der Unterschied von selbst zeigen.

§. 447.

Eben so wenn man setzt in dem Vierecke ABCD habe man die vier Seiten richtig gemessen, hingegen haben sich bey den Winkeln A, B, C, D Fehler eingeschlichen, ergeben sich hier zweyerley Berechnungen. Einmal müssen die Winkel 360 Grad machen. Ist ihre Summe größer oder kleiner, so kann man anfangen den vierten Theil des Unterschiedes auf jeden Winkel zu schlagen, damit ihre Summe 360 Grad mache. Nach dieser ersten Verbesserung nimmt man jeden Winkel z. E. A an, und berechnet daraus vermittelst der bekannten Seite die übrigen drey, so hat man für jeden Winkel vier Werthe, nemlich den erst corrigirten, und die drey daraus gefundene. Aus diesen läßt sich sodann das Mittel nehmen, welches zwar dem wahren näher kommen, aber nicht allemal die Figur schließen wird.







