Ueber die

Bemühungen

der

Gelehrten und Künstler,

mathematische und astronomische Instrumente einzutheilen,

von

J. G. Geißler,

Mitglied der Hallischen Naturforschenden Gesellschaft.

Dresden, 1792.

In der Waltherischen Hofbuchhandlung.

Sr. Hochwohlgebohrnen,

dem

Herrn Kriegs- und Domainen-Rath

von Leysser

gewidmet von dem Verfasser.

Vorerinnerung.

Die Bemühungen, welche man in neuern Zeiten angewandt hat, mathematische und astronomische Instrumente so einzutheilen, daß der Beobachter mit dergleichen Instrumenten sich auf die daraus entspringenden Resultate sicher verlassen kann, haben mir jederzeit so interessant geschienen, daß es immer mein Wunsch gewesen ist, es möchte sich ein Gelehrter der Bemühung unterziehen, dem deutschen Künstler, welcher selten Gelegenheit hat, Werke zu benutzen, womit uns die Engländer beschenken, eine allgemeine Uebersicht davon zu geben.

In wiefern ich mit meiner gegenwärtigen Bemühung dem deutschen Künstler genüzt habe, wird das Publikum entscheiden. Ich habe keineswegs für den Gelehrten geschrieben, welcher die Quellen selbst benutzen kann, weswegen ich mich auch aller Ausdrücke enthalten habe, die dem Künstler aus bekannten Ursachen unverständlich seyn dürften. Sollte es aber einen oder den andern geben,

welchem die mathematische Sprache verständlich wäre, so wird es ihm leicht seyn, die angeführten Quellen selbst nachzuschlagen, oder ähnliche Werke zu benutzen. Nur dem Künstler habe ich nützlich seyn wollen, und habe ich diesen Endzweck erreicht, so wird dies Belohnung genug für mich seyn.

Zu den Quellen, die ich bey gegenwärtiger Abhandlung benuzt habe, gehört besonders der 76ste Band der Philosoph. Transact. Auf des Herrn Duc *de Chaulnes* Abhandlung: Neue Art u. s. f. habe ich mich blos bezogen, da sie bereits in einer guten deutschen Uebersetzung vom Herrn Prof. Halle in Berlin zu haben ist. Aus Herrn Prof. Späth's Abhandlung habe ich nur allein die vornehmsten Fehler angeführt, welche bey der Theilung aus freyer Hand sich ereignen können, die algebraischen Formeln hingegen dem eigenen Nachschlagen kundiger Künstler überlassen. Allein die Beschreibung der beyden Maschinen des Herrn Ramsden zur Zirkel- und Linientheilung habe ich nach der französischen Uebersetzung des Herrn de la Lande ganz aufgenommen, nicht nur, weil sie mir in jeder Rücksicht die vorzüglichsten zu seyn scheinen, sondern auch, weil sie gegenwärtig noch minder bekannt

kannt sind, als sie es verdienen. Die **Birdsche** Theilung, bey welcher ich kurz gewesen bin, erläutert hoffentlich die **Brandersche** hinlänglich deutlich. Was ich auch durch die Anmerkungen über die **Ramsdenschen** Maschinen zur Vereinfachung derselben beygetragen haben möchte, so wird es mich doch freuen, wenn es nicht ganz als unnütz angesehen werden sollte, so wie ich mich mit deren Ausführung in meinem kleinen Privatlaboratorium sehr wohl stehe.

J. G. Geißler.

Ueber

die Bemühungen der Gelehrten und Künstler mathematische und astronomische Instrumente einzutheilen.

Wie viel es bey mathematischen und astronomischen Arbeiten auf gute und richtig eingetheilte Instrumente ankomme, weiß jeder, der nur einigermaßen einige Begriffe über die daraus gefolgerten Resultate anstellen kann. Sind nun diese Resultate bey dem gemeinen Feldmessen schon merklich fehlerhaft, wo die zu messenden Gegenstände doch gewissermaßen noch größtentheils zugänglich sind, wie groß werden bey astronomischen Messungen nicht erst diese Fehler in den Resultaten erwachsen, wenn das Instrument, dessen man sich bedient hat, in seiner Bauart und Eintheilung mangelhaft und unzuverläßig ist, und wo übrigens die zu messenden Gegenstände so weit entfernt sind, daß diese Fehler um so mehr wachsen müssen, als der Gegenstand von uns entfernt ist.

Es ist daher kein Wunder, wenn dieser Theil der praktischen Mechanik mit einem Fleiße und mit einer Aengstlichkeit in der Ausführung betrieben wird, deren er schlechterdings benöthiget ist, wenn die Resultate nach menschlichen Kräften aufs zuverläßigste erfolgen sollen. Auch sagt man, daß

Tycho

Tycho de Brahe und Hevel, zween so allgemein bekannte große Astronomen, diesen Theil ihrer Instrumente selbst bearbeitet haben; und in der That war es der Mühe werth, ehe noch der praktische Künstler so viel Aufmunterung und Anleitung erhielt, als zu Bearbeitung dieses Theils eines Instruments erforderlich war.

Unter allen Bemühungen in diesem Theile der praktischen Mechanik, Zirkelbogen zum Behuf der Astronomie und Schiffahrt einzutheilen, haben wir unstreitig den Engländern am meisten zu verdanken. England war es, welches seine Künstler durch die größten Belohnungen und Ehrenbezeugungen aufmunterte, alles zu thun, was menschliche Kräfte und Geschicklichkeiten zu leisten fähig waren. Und in der That, wie weit ist man nicht seit D. Hook's Zeiten hierinnen gekommen? Unvergeßlich werden daher, um die praktische Astronomie besonders, die Namen eines Bird und Ramsden bleiben: diese haben gegenwärtig den Astronom in Stand gesezt, aus seinen Messungen die sichersten und zuverläßigsten Resultate zu ziehen, welches man ehedem, wenigstens nicht unmittelbar, zu thun im Stande war; besonders hat lezterer, vermöge seiner so wichtigen Theilungsmaschiene, diese zuverläßigen Messungen, so zu sagen, allgemein gemacht, da er astronomische und andere Instrumente mit einer Geschwindigkeit zu theilen vermag, was ehedem mit dieser Zuverläßigkeit schlechterdings ohnmöglich war.

Ich hoffe, ich werde den praktischen Künstler Deutschlands, welcher sich über bloße Handwerkskenntniß erheben will, keinen unangenehmen Dienst

erzeigen, wenn ich die mir bekannten, und zuverläßigen Verfahrungsarten zu Eintheilung astronomischer und mathematischer Instrumente, besonders die so allgemein bewunderte Theilungsmaschine des unvergeßlichen Ramsden, zu beschreiben suche, nachdem sie uns der große französische Astronom, Herr de la Lande, durch seine Herausgabe in französischer Sprache wieder mitgetheilt hat, da das englische Orginal, bald nach der Herausgabe, durch einen unvermutheten Brand aufgieng.

I.

D. Hook's Verfahren zu Eintheilung seines Quadranten.

Dieser berühmte Engländer, welcher an Scharfsinn und Erfindungskraft so besonders reich war, hat uns in seinen Anmerkungen über die Machina cœlestis des Hevel, die er im Jahr 1674 herausgab, eine vollkommene Beschreibung eines Quadranten geliefert, dessen Eintheilung, vermittelst einer Schraube ohne Ende geschahe, die über den äußern Rand des Limbus des Quadranten weggieng, und folgendermaßen geschahe.

In den Mittelpunkt des gefertigten Quadranten passe man einen holen Zilinder dd, (Fig. a, b Taf. VII) dessen innerer Durchmesser ohngefähr den vierzigsten, der äußere den dreyßigsten Theil des Radius, die Höhe über der Fläche aber nur den neunzigsten Theil ausmache. Die äußere

Seite

Seite dieses Zilinders muß genau rund abgedreht werden, woran sodann die bewegliche Regel kommt, die mit einer Kopfschraube vor dem Abfallen gesichert wird. Vermittelst dieser Regel giebt man nunmehr erstlich dem Limbus die genaue Rundung, sodann wird an dieser Regel zunächst bey dem Rande des Quadranten das Schraubenwerk ohne Ende (Fig a Taf. 1) bey k fest angeschraubt. Durch diese ganze Vorrichtung geht unterwärts bey n, ss eine Stange, die ihre Lage unverändert behält: das eine Ende derselben liegt mit seinem Zapfen 7 in dem Loche des Vorsteckers 9, der zugleich als seine Schraube näher oder entfernter gestellt werden kann; das andere Ende bey 8, bemerkt, vermittelst des an ihn gesteckten Zeigers, die Revolutionen auf einer vorgelegten eingetheilten Scheibe: auch ist daselbst eine kleine Kurbel x zum Umdrehen befindlich. Zwischen diesen beyden Enden ist die Stange unter der Regel bey 6 mit einem Schraubengewinde versehen, welches dazu dient, daß, indem es mit der Schraube L (Fig. a) stärker gegen den Rand des Limbus angedrückt wird, während der Umdrehung der Stange, vermittelst der Kurbel x, diese ganze Vorrichtung nebst der Regel an dem Quadranten auf- und abgehe. Eben dieses geschieht noch bequemer, wenn die Lage des Fernrohrs auf den Quadranten vom Mittelpunkte desselben gegen den Limbus zu gerichtet ist, daß man an jene Stange bey 2 ein Trieb befestiget, in welches das Rad q q der andern Stange o o greift, wodurch man nämlich, indem man diese Stange, vermittelst der Kurbel p p herumdreht, eben so wie mit der Kurbel x, die erstere Stange drehen,

und

und solchergestalt diese ganze Vorrichtung in Bewegung setzen kann. Auf den Limbus des Quadranten werden nicht, wie gewöhnlich, die Grade, sondern die Umgänge der Stange, die von dem Zeiger an der kleinen eingetheilten Scheibe angemerkt sind, mit feinen Punkten und Zahlen bestimmt, welche denn der Zeiger e vermittelst seinem spitzigen Theile anzeigt. Hat man auf diese Art die Anzahl der Umgänge der Stange über den ganzen Limbus des Quadranten gefunden, so lassen sich nunmehr diese Umgänge leicht in Grade, Minuten und Sekunden verwandeln, und so eine Tabelle darnach entwerfen.

Auf diese Art, sagt D. Hook, beruht es keineswegs auf der Sorgfalt und dem Fleiß des Künstlers bey Eintheilung, Aufreißung und Abzählung der Theilungen, da die Schraube dieses vom Anfange bis zum Ende verrichtet. Allein so scheinbar diese Vorrichtung ist, so kann sie doch zu vielen Fehlern Anlaß geben; auch hat D. Hook keiner besondern Vorsicht erwähnt, um zu vermeiden, daß diese Schaube bey vorkommender ungleicher Resistenz des Metalls, oder der verschiedenen Härte der Theile des Limbus keine ungleiche Eintheilungen mache, oder ein Verfahren, diesen Zufällen abzuhelfen, oder sie zu berichtigen, noch weniger eine Schraube zu machen, wo der Winkel der Schraubengänge mit der Axe in jedem Theile des Umkreises überall gleich wäre; er überließ vielmehr diese ganze Arbeit jedem einsichtsvollen Künstler, besonders dem berühmten Tompion, welchem er die Verfertigung dieses Instruments auftrug. Indessen hat dem Künstler, und besonders

ders in gegenwärtigem Falle, Herrn **Tompion** die Erfahrung gezeigt, welche Schwierigkeiten hierbey vorkommen. Ein Künstler also, welcher der gegebenen Anweisung des D. **Hook**, so weit als er sich darüber erklärt, folgen wollte, wird bald finden, wie mangelhaft seine Arbeit ausfallen, und der Vollkommenheit, welche D. **Hook** davon zu erwarten schien, keineswegs entsprechen werde, so wie sich dieses auch in der That bey einem Versuche des Duc de **Chaulnes** bestätiget hat. *)

Indessen war dies ohnstreitig der erste Versuch, die Schraube ohne Ende und das Rad bey Eintheilung astronomischer Instrumente anzuwenden. Auf der Vollkommenheit derselben beruht, wie er selbst sagt, alle Eintheilung, so wie dieses Verfahren jedes andere weit hinter sich lasse, daher er noch seine darüber herausgegebene Beschreibung, Erklärung eines neuen Verfahrens einzutheilen, nennt.

Ohnerachtet aber aller dieser Fehler, wurde doch das Verfahren des D. **Hook** keineswegs bey Seite gelegt, vielmehr stellte man hierüber die stärksten Prüfungen an; denn **Flamstead** in den Vorerinnerungen zu dem dritten Bande seiner Historia cœlestis erwähnet, daß er einen Sextanten verfertiget, mit welchem er seine Observationen seit seiner Uebernehmung der königlichen Sternwarte

*) S. Mem. de l'Académie des Sciences de Paris, 1765. wovon Herr **Halle** in Berlin eine Uebersetzung geliefert: Neue Art, mathematische und astronomische Instrumente abzutheilen, nach Anweisung des Herrn Duc de **Chaulnes**. Aus dem Franz. übersezt von **J. S. Halle**, 4. m. Kupf. Berlin, 1788.

warte vom Jahr 1676 bis 1689 angestellet. Dieser Sextant war Anfangs von Holz, nachgehends aber von Eisen, mit einem zwey Zoll breiten Limbus von **Tompion**, durch Unterstützung des Herrn **Joh. Moore**, verfertiget; sein Halbmesser betrug 6 Fuß, $9\frac{1}{4}$ Zoll, und war mit einer Schraube ohne Ende auf dem Limbus, deren 17 Gänge einen Zoll betrugen, und mit teleskopischem Absehen versehen. Von diesem Instrumente liefert **Flamstead** eine Abbildung am Ende seiner erwähnten Vorerinnerungen, welche hinlänglich ist, einen allgemeinen Begriff davon zu geben. Der ganze Körper ruhete auf einer 3 Zoll starken eisernen Welle. Auch wurde dieses Instrument nachgehends mit Diagonaleintheilungen von 10 zu 10 Sekunden versehen.

Im Jahr 1689 vollendete **Flamstead** seinen Mauerquadranten zu Greenwich. In den oben erwähnten Vorerinnerungen rühmt er vorzüglich die besondere Beyhülfe, Sorgfalt und den Eifer des **Abraham Sharp**, der, nach seinem Zeugnisse, nicht nur ein geschickter Mathematiker, sondern auch zugleich ein guter praktischer Künstler war, und dessen er sich vorzüglich zu Errichtung dieses Mauerquadranten bediente.

Dieses damals berühmte Instrument, dessen Abbildung er zu Ende der Vorerinnerungen liefert, hatte zum Halbmesser 6 Fuß, $7\frac{1}{2}$ Zoll, und war, so wie der Sextant, mit der Schraube ohne Ende und mit Diagonaleintheilungen versehen, welches beydes von der meisterhaften Hand des Herrn **Sharp** innerhalb 14 Monaten zu so großer Zufrie-

friedenheit des Flamstead vollendet worden, daß er von ihm in den rühmlichsten Ausdrücken redet. Indessen wird derjenige, welcher die Berichtigungstafel für die Verwandlung der Schraubenrevolutionen und ihrer Theile am Mauerquadranten in Grade, Minuten und Sekunden bey einerley Abstande vom Zenith auf verschiedenen Seiten, und mit ihren halben Theilen, Viertheilen u. s. f. vergleicht, diese Ungleichheit des Schraubenwerks gegen die Handeintheilung, so wie bey Tombion's Arbeit, sehr auffallend finden, daher sich denn leicht schließen läßt, daß, da das Verfahren des Herrn Hook, selbst in den meisterhaften Händen eines Tompion und Sharp, fehlerhaft gerathen, es in der That zu der schärfsten Genauigkeit noch nicht hinreichend ist.

Vermöge der Nachricht des Herrn Flamstead siehet man auch, daß Sharp den Zenithpunkt des Instruments oder die Kollimationslinie aus Observationen an Sternen im Zenith bey Umwechselung der Oberfläche des Instruments gegen die Ost- und Westseite der Mauer genommen, und (um alle Biegung zu verhüten) den Index stärker gemacht, als bey dem Sextanten, welchem er, da er zu gleicher Zeit schwerer geworden, vermöge gewisser Züge und Anbringung von Gegengewichten beykam, um der Hand, welche diese große Schwere regieren mußte, Erleichterung zu verschaffen.

In der That war dieses Instrument damals als das erste gute und richtige in seiner Art anzusehen, so wie Herr Sharp ohnstreitig der erste war, welcher dergleichen astronomische Instrumente

mente am zuverläßigsten eingetheilt, wovon auch noch gegenwärtig, außer dem Zeugnisse des Herrn Flamstead, Proben vorhanden sind. Man hat nach seinem Tode eine schöne Sammlung von mechanischen Instrumenten, deren größten Theil er selbst verfertiget, und Skalen gefunden, deren Eintheilungen so genau waren, daß sie jedem Künstler selbst in unsern Zeiten zur Ehre gereichen würden. Man hat noch gegenwärtig einen Quadranten von 5 Fuß von Holz und mit einem messingenen Limbus von ihm; wovon die Untereintheilungen, vermittelst Diagonallinien, und so fein gezogen sind, als nur bey dem Quadranten zu Greenwich. Die ganz besondere Genauigkeit, welche Sharp anwendete, zeigen besonders die Kupferplatten eines Werks in 4to, welches er im Jahre 1718 unter dem Titel: Geometry improved by A. Sharp, Plymouth, herausgab, wo er nicht allein alle geometrische Linien, sondern auch alle Figuren und Buchstaben, nach dem mündlichen Berichte eines seiner Schüler, welcher besonders seines vertrauten Umgangs genoß, selbst gestochen. Man kann daher als zuverläßig behaupten, daß Sharp der erste gewesen, welcher die Handeintheilung bereits zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht hatte.

II.

Des Dänischen Astronomen, Olaus Römer, Verfahren zu Eintheilung astronomischer Instrumente.

Einige Zeit nach der Errichtung des Mauerquadranten zu Greenwich, errichtete der berühmte dänische Astronom, **Olaus Römer**, seine eigene Sternwarte, welche er auch im Jahr 1715, nach dem Berichte seines Geschichtschreibers, **Peter Horrebows**, im dritten Bande seiner Werke, in der Abhandlung, welche er Basis Astronomiæ nennt, und im Jahr 1741 erschien, vollendete. In dieser Abhandlung findet man Taf. III. die Beschreibung eines Instruments, welches nicht nur für den Meridian eingerichtet war, sondern auch, da das Teleskop an einer langen Welle sich bewegen ließ, das wurde, was wir gegenwärtig ein Passageinstrument nennen, und vielleicht die erste Veranlassung dazu gab. Da das eine Ende der Welle dieses Instruments der Mittelpunkt des Meridians war, und den Index führte, so vermied **Römer** die Fehler, die von der Ebene eines Mauerquadranten, die nicht genau vertikal stünde, entsprangen, und welches **Flamstead** dadurch zu verbessern bemüht war, indem er den Durchgang der beynahe in dem Parallelkreise der Deklination bekannten Sterne beobachtete, d. i. die beynahe über dem nämlichen Theile der Ebene des Quadranten durchgiengen, wodurch er denn in

Stand gesezt wurde, die Fehler des Bogens in der geraden Aufsteigung zu verbessern. Allein ich will hier vielmehr des Verfahrens erwähnen, dessen sich **Römer** bey Eintheilung seines Instruments bediente.

So ein einfaches Problem es auch ist, wodurch die Geometer eine gegebene gerade Linie in irgend eine Anzahl verlangter Theile theilen, so ist es doch noch weit einfacher, auf eine gegebene gerade Linie, deren völlige Länge nicht genau bestimmt ist, aus einem gegebenen Punkte, eine verlangte Anzahl gleicher Theile zu errichten, da dieses nichts weiter voraussezt, als ein verhältnismäßiges Oefnen des Zirkels, und von dem gegebenen Punkte mit dieser Oefnung des Zirkels blos so vielmal überzuschlagen, als gleiche Theile verlangt werden, welches Verfahren auf einer geraden Linie eben so leicht gleichfalls auf dem Bogen eines Zirkels geschehen kann. Diesen so ganz einfachen Grundsatz suchte also auch **Römer** zu benutzen.

In dieser Rücksicht nahm daher **Römer** zween gehärtete und sehr fein zugespizte stählerne Stifte, und verband sie so mit einander, daß er so viel als möglich vermied, daß sie nicht aus ihrer Lage wichen, welches bey den langen Schenkeln eines Zirkels, oder auch selbst bey kurzen, wenn sie sehr nahe bey einander stehen, nothwendig erfolgt. Die Entfernung dieser Spitzen, die er zu diesem Behufe wählte, betrug ohngefähr $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{12}$ eines Zolls, welches denn bey einem Halbmesser von $2\frac{1}{2}$ oder 3 Fuß, ohngefähr 10 Minuten betrug. Mit dieser Oefnung fieng er von dem gegebenen Punkte

an

an, und trug solchergestalt bis zu Ende des Bogens, welcher ohngefähr 75 Grade betrug, gleiche Zwischenräume. Diese unterschied er auf dem Limbus des Instruments durch sehr feine Punkte, welche sich denn auf eine größere Eintheilung bezogen; alles wurde sodann besonders numerirt. Die Untereintheilung dieser Bögen von 10 Minuten wurde, vermöge eines Mikroskops, das über den Arm des Radius des Instruments hingeführt wurde, gemacht, in dessen Fokus parallel gezogene Fäden gelegt wurden, deren eilfe auf zehn solche Zwischenräume giengen, so daß er also einzelne Minuten erhielt, die denn ferner durch Schätzung des Zwischenraums des nächstens Fadens noch mehr Untereintheilungen zuließen.

Die Eintheilungen dieses Instruments waren also eigentlich zu reden keine Grade und Minuten, jedoch konnten sie, vorausgesezt, daß sie untersich völlig gleich waren, zu diesem Endzwecke eben sowohl dienen, wenn ihr eigentlicher Werth einmal gefunden war, welches durch Vergleichung mit größern Instrumenten leicht geschehen konnte.

Wenn wir aber bemerken, daß bey einer fortgesezten Ueberschlagung von jeden 10 Minuten durch einen Raum von 75 Graden hinaus eine Folge von 450 Eintheilungen entstehe, deren jede von der vorhergehenden abhängt; wenn wir ferner bemerken, daß die geringste Erhöhung auf der Oberfläche des Metalls, auf welche jeder neue Punkt getragen worden, oder die geringste härtere Stelle, als womit jedes unedle Metall nur zu sehr überhäuft ist, eine Abweichung auf den Druck der

Spitze verursachen, und also auch nothwendig eine Ungleichheit in der Eintheilung verursachen muß, so ist klar, daß obschon dieser Fehler an sich sehr unmerklich klein seyn kann, und zwischen den am nächsten liegenden Eintheilungen für nichts zu achten ist, doch im Ganzen zu einer beträchtlichen Größe anwachsen muß, mithin das Maas des Winkels nunmehr eben so fehlerhaft ausfallen wird. Nun hat uns Römer zu Verbesserung dieser Eintheilungen unter einander keine Mittel angegeben, so wie denn auch niemand in Fällen, wo eine große Genauigkeit und beträchtliche Anzahl von Eintheilungen erforderlich gewesen, ihm gefolgt ist. Dieses Verfahren stehet also noch weit unter demjenigen des Herrn Hook; denn obschon die Eintheilungen des D. Hook auf eine ähnliche fortlaufende Art, vermöge der Umdrehung der Schraubengänge auf dem Limbus des Instruments enstehen, so liegen doch bey einer feinen Schraube, deren 30 Gänge auf einen Zoll gehen, wie er dieses selbst vorschreibt, in einem Bogen, dessen Halbmesser vier bis fünf Fuß ist, mehr als 3 bis 4 Gänge auf einmal inne, so daß daher die Gänge, die auf einander folgen, eine kleine Erhöhung oder eine härtere Stelle im Metalle, vermöge des Kontakts oder vielmehr Abschleifung während der Bewegung der Schraube minder empfinden werden, und so eben wegen dieses Kontakts, der hier in der That statt findet, in dieser Rücksicht sicherer und zuverläßiger ist, als nur irgend ein einfacher Punkt seyn kann; so wie ferner eine Wiederholung derselben, vermöge der auf einander folgenden Gänge, die ersten Eindrücke verbessern wird, dahinge-

gen

gen nach Römers Art eine Wiederholung sie vielmehr verschlimmert, denn was auch die Spitze bey ihrer ersten Berührung vor- oder rückwärts treibt, so wird eben dieses, wenn man sie tiefer einschlägt, noch mehr auf sie wirken.

III.

Herrn Graham's Verfahren bey Eintheilung seiner Quadranten.

Als D. Halley zum Königl. Astronom erwählt worden, so unternahm Herr Graham (da des Flamstead's Instrumente von seinen Testamentsvollziehern weggenommen worden) um das Jahr 1725 einen neuen Mauerquadranten zu verfertigen. Dieser führte, da er das Vorzüglichste in den verschiedenen Methoden seiner Vorgänger benuzte, das Werk mit ehedem ganz ungewohnter Erfindung und Genauigkeit aus, so wie er auch die Eintheilungen mit eigener Hand zog. Die Bauart dieses Quadranten, in Ansehung seiner Festigkeit, leichten Behandlung und Bequemlichkeit kann noch bis jezt als die vollkommenste angesehen werden. Was aber hier als besonders anzumerken ist, ist die Anwendung eines Bogens von 96 Graden, nicht nur als Zusatz zu dem Bogen der Grade und Minuten, sondern vorzüglich, weil auf diese Art die ganze Eintheilung auf den noch

einfachern Grundsatz einer beständigen Bisektion sich gründete.

Ueberdies verwarf er die Untereintheilungen vermittelst Diagonalen ganz, und bediente sich statt deren eines Vernier, welche Untereintheilungen der Eintheilungen des Vernier er vermöge der Umgänge einer besonders dazu eingerichteten Schraube maß, welche denn solchergestalt ein Mikrometer abgab, wodurch er den Abstand der Eintheilungen des Instruments von der vollkommenen Deckung irgend einer Eintheilung auf dem Limbus mit dem nächsten Striche des Vernier messen konnte. Auf diese Art konnte nicht nur die Observation mit aller der Genauigkeit, deren das Instrument fähig war, gemacht werden, sondern es konnten auch die zwo Reihen von Eintheilungen verbessert, und mit einander verglichen werden. Das andere was bey diesem Instrumente als eigen anzusehen ist, ist das gewissere Verfahren, die Eintheilungen von den ursprünglich eingetheilten Punkten, vermittelst eines Stangenzirkels überzutragen, und zu bemerken, als von einer Fiduziallinie geschehen konnte, wie dies beständig bey Diagonalen geschehen war. Denn bey Einlegung des festen Schenkels des Stangenzirkels in der Tangentenlinie an den Theil des Bogens, wo jede Eintheilung gerissen werden sollte, indem die Oefnung des Zirkels beynahe längst der Tangente geschahe, schnitt der andere Schenkel die Eintheilung beynahe in der Richtung des Radius; ob nun schon dies ein Zirkelbogen war, so war doch die kleine Chorde, die sich daraus ergab, beym Gebrauche selbst als eine gerade Linie anzusehen,

sehen, die also diesem Endzwecke vollkommen entsprach. Alle diese Vortheile scheinen **Graham** vermocht zu haben, die Diagonallinien zu verwerfen.

Bald nach Errichtung dieses Quadranten verfertigte **Graham** einen Zenithsektor für **D. Bradley**, welcher zu Wanstead in Essex im Jahr 1727 errichtet wurde. Die einfache Bauart dieses Instruments, indem das Bleyloth selbst den Index abgab, ließ den Gebrauch eines Vernier nicht zu. Er begnügte sich daher, in Absicht der Eintheilung des Bogens auf dem Limbus des Instruments, mit den Hauptpunkten, die er so dicht an einander sezte, als er glaubte nöthig zu haben, d. i. von 5 zu 5 Minuten, deren Abstände er vermittelst eines Schraubenmikrometers maß, und bey dessen Verfertigung er ungemeine Sorgfalt und Genauigkeit anwandte. Gewiß ist es, daß, wenn **Graham** den großen Quadranten nach diesem Zenithsektor verfertiget hätte, so würde er nicht nur die Diagonalen, sondern auch den Vernier verworfen haben, da er immer eine Quelle zu Irthümern mit sich führt, welche bey einem guten Schraubenmikrometer völlig wegfallen.

Es scheint, daß **Graham** zu der Zeit, als er diese beyde Instrumente verfertiget, keine Fehler geargwohnet habe, die von der ungleichen Ausdehnung der verschiedenen Metalle, vermöge Hitze und Kälte, sich zutragen können, denn bey beyden war das Kreuz, oder das Gestelle des Instruments, von Eisen, und der Limbus von Meßing. Indessen werden sie bey der königlichen Sternwarte

in jeder Rücksicht als vollkommene Muster für ihre damalige Bestimmung, und als Beweise der großen Geschicklichkeit dieses guten Mechanikers, als Herr **Graham** war, aufbewahret.

Graham lebte bis 1751, in welcher Zeit auch in der That wenig Instrumente von Wichtigkeit ohne seinen Rath und Zuziehung verfertiget worden sind. Nach ihm unterzog sich verschiedene Jahre Herr **Sisson** diesem Geschäfte, welchem **Graham** in seinem Eintheilungsverfahren ohne Zweifel vollkommen Unterricht gegeben.

IV.

Bird's Eintheilungsmethode.

Aus der Schule des berühmten **Graham** gieng **Bird**, dessen Bemühungen, verbunden mit der größten Sorgfalt und dem anhaltendsten Eifer, ihn der Nachwelt unvergeßlich gemacht haben. Die Genauigkeit, mit welcher seine gelieferten astronomischen Instrumente getheilt waren, machte die Kommissarien der Longitudo, in Rücksicht der Vervollkomnung zu Entdeckung der Länge auf der See, aufmerksam, und es wurde ihm eine ansehnliche Belohnung angeboten, sein Verfahren öffentlich bekannt zu machen, welches er auch im Jahr 1767 that.

Vermö-

Vermöge der dieserhalb von ihm herausgegebenen Beschreibung seines Eintheilungsverfahrens siehet man, daß Herr Bird, bey der Abtheilung eines Quadranten, einen Maasstab zum Grunde gelegt, der auf der Fläche einer meßingenen Skale durch besonders feine Theilungsstriche aufgezeichnet war. Jeder Zoll auf dieser Skale war in 10 einzelne Theile getheilt, und die ganze Skale seiner Länge nach, längst der Fläche eines meßingenen Lineals, beweglich. Auf diesem Lineal waren 101 Theile der Skale in 100 gleiche Theile durch Theilstriche abgetheilt, so, daß wenn die Skale auf demselben verschoben wurde, die Theilungsstriche auf der Skale diejenigen auf dem Lineal genau schnitten. Vermöge dieser Vorrichtung wurde daher Herr Bird in den Stand gesezt, da es auf diese Art eine so genannte Vernier- oder Noniusabtheilung machte, jede Eintheilung auf diesem Maasstabe nach zehntausend Theilen eines Schuhes zu messen.

Nunmehr maß Herr Bird auf diesem so zubereiteten Maasstabe die Länge der Chorden von Bögen von 60°, 42° 40′, 30°, 15°, 10° 20′, 4° 40′ nach dem Halbmesser seines abzutheilenden Quadranten, vermittelst sechs dazu besonders eingerichteter Stangenzirkel ab, welche denn auch während der Zeit des ganzen Theilungsgeschäftes beständig in unverrückter Ordnung erhalten werden mußten, und durchschnitt, wie Taf. VII. Fig. d

mit der Chorde	des Bogens	aus dem Punkte	den Theilungskreis in	wovon er denn auf diese Art die Gränzen des Bogens erhielt von
No. a	60°	o	b	60°
No. b	42° 40′	o	i	42° 40′
No. c	30°	o	c	30°
No. d	15°	o	e	15°
No. e	10° 20′	o	k	10° 20′
No. f	4° 40′	o	l	4° 40′
No. c	30°	b	d	90°
No. d	15°	b	g	75°
No. e	10° 20′	g	h	85° 20′
No. f	4° 40′	d	h	85° 20′

So wie nun Herr **Bird** auf diese Weise die Bögen von 60°, 42° 40′, 30°, 15°, 10° 20′, 4° 40′, 90°, 75°, 85° 20′ auf den Theilungskreis des Limbus des Quadranten aufgerissen hatte, gieng er ferner zu Bestimmung der Bögen anderer Grade folgendermaßen fort. Er

bisecirte den Bogen von	aus den Punkten für die Bögen von	und bekam aus dieser Bisektion die Bögen von
85° 20′	85° 20′ und o°	42° 40′
42° 40′	42° 40′ und o°	21° 20′
	42° 40′ und 85° 20′	64°

21°

21° 20′	21° 20′ und 0°	10° 40′
	21° 20′ und 42° 40′	32°
	42° 40′ und 64°	53° 20′
	64° 0′ und 85° 20′	74° 40′
10° 40′	10° 40′ und 0°	5° 20′
	10° 40′ und 21° 20′	16°
	21° 20′ und 32°	26° 20′
	32° 0′ und 42° 40′	37° 20′
	42° 40′ und 53° 20′	48°
	53° 20′ und 64°	58° 40′
	64° 0′ und 74° 40′	69° 20′
	74° 40′ und 85° 20′	80°
5° 20′	5° 20′ und 0°	2° 40′
	5° 20′ und 10° 40′	8° 0′
	10° 40′ und 16°	13° 20′
	16° und 21° 20′	18° 40′
	21° 20′ und 26° 40′	24° 0′
	26° 40′ und 32°	29° 20′
	32° und 37° 20′	34° 40′
	37° 20′ und 42° 40′	40°
	42° 40′ und 48°	45° 20′
	48° und 53° 20′	50° 40′
	53° 20′ und 64°	61° 20′
	64° und 69° 20′	66° 40′
	69° 20′ und 74° 40′	72°
	74° 40′ und 80°	77° 20′
	80° 0, und 85° 20′	82° 40′

So

So weit kommt Herr Bird mit seiner Abtheilung nach der fünften Bisektion. Nun fährt er mit Biseciren so lange fort, bis der Bogen von 85° 20′ in seine gehörige Anzahl Theile, als in gegenwärtigem Falle in $85\frac{1}{3}$ mal 12 oder in 1024 Theile nach der zehnten Bisektion abgetheilt ist.

Herr Smeaton in einer Abhandlung über diesen Gegenstand in den Philos. Transact. Vol. LXXVI. P. I. schlägt ein dem ähnliches, allein weit einfacheres Verfahren vor: „Ich muß hier anmerken, sagt er, bey Erwähnung des Birdschen Eintheilungsverfahrens, daß vielleicht kein Quadrant, welchen man der strengsten Untersuchung unterworfen hat, gefunden worden, der einen vollkommenen Bogen von 90° halte. Zwar ist auf dies nicht unumgänglich nothwendig, da blos auch der vollkommensten Gleichheit der Theilungen eines Quadranten der eigentliche und hauptsächliche Werth eines solchen Instruments liegt, und der Werth des Fehlers durch Observationen eben so leicht bestimmt werden kann, er betrage 15 oder nur 5 Sekunden."

„In dieser Rücksicht würde ich zu Folge des Radius des Instruments nur allein die Chorde von 16 Grad nehmen. Zwar würde ich freylich eine vollkommene Skale zu Messung dieser Chorde einer unvollkommenern vorziehen; allein wäre dies der Fall nicht, so würde dieserwegen doch keineswegs die Eintheilung selbst unrichtig werden. Diese Chorde würde ich nunmehr fünfmal von einem angenommenen ersten Punkte hinter einander überschlagen, wodurch ich 80 Grad erhielte. Jeden

dieser

dieser Bögen von 16° würde ich nach Herrn Bird's Vorschrift biseciren, und einen davon hinter den 80sten Grad legen, wodurch der 88ste Grad des Instruments bestimmt würde. Solchergestalt mit Biseciren bis zu einem Bogen von zwey Grad fortgefahren und einen solchen hinter 88° gelegt, würde mir den Punkt für den 90sten Grad geben. Hätte ich nunmehr durch ferner fortgesezztes Biseciren endlich Viertelsgrade oder Bögen von 15′ erhalten, so würde ich damit anhalten, da man aus Erfahrung weiß, daß wenn die Eintheilungen zu enge werden, ihre Genauigkeit selbst durch Biseciren nicht wohl mehr, wie bey ihrer grössern Entfernung, von einander erhalten werden kann. Sollte aber ein Raum von $\frac{4}{10}$ eines Zolls, welches bey einem Radius von 8 Fuß den vierten Theil eines Grades ausmacht, noch als ein zu großer Zwischenraum angesehen werden, und es würde verlangt, Eintheilungen von 5 Minuten auf dem Limbus zu haben, so könnte dieses durch die einzige Chorde von 21° 20′ geschehen, welche, nachdem man sie viermal von dem Hauptpunkt übergeschlagen, nach Herrn Bird's Vorschrift, 85° 20′ geben würde, indem der Ueberrest zu einen völligen Quadranten nunmehr durch die folgenden bisecirten Theilungen ohne alle fernere angenommene Chorden erhalten würde."

Herr Smeaton zeigt hierauf, daß das Ueberschlagen solcher Bögen hier die Ungewißheit, wie bey Römers Verfahren nicht erzeuge, da es im leztern Falle nur viermal, im erstern fünfmal geschehe, oder sollte man auch noch dieserwegen in Furcht stehen, so nehme man im ersten Falle die

Chorde

Chorde von 64°, und im leztern von 85° 20′, fahre denn mit Biseciren fort, und mache eben dadurch den Quadranten voll, so wie Herr **Bird** dieses Verfahren bey Eintheilung **Hoadley**'scher Sextanten und Oktanten selbst vorschlägt.

„Herr **Bird**, fährt **Smeaton** fort, war, so viel ich weiß, der erste, welcher die Idee angab, Chorden von Bögen zu nehmen, deren Untereintheilungen durch beständiges Biseciren geschähen; allein warum er damit Eintheilungen von verschiedenem Ursprunge (wie er in seinem Eintheilungsverfahren selbst vorschreibt) vermischte, bleibt mir unerklärbar. Er sagt zwar, daß, nachdem er durch Bisektionen von dem Bogen von 85° 20′ fortgefahren, die verschiedenen Punkte von 30°, 60°, 75° und 90°, (welche sämmtlich von der Chorde von 60°, gleich dem Radius, niedergelegt werden,) ohne merkliche Ungleichheit eingefallen. Nun könnte dies freylich seyn, allein es folgt daraus noch nicht, daß sie in der so strengen Genauigkeit gewesen, als wenn sie gleich den übrigen durch Bisektion von 85° 20′ genommen worden, so daß daher, welcher Fehler sich auch beym ersten Grade gefunden, er den folgenden mitgetheilt worden. Jede fremde Mischung sollte daher vermieden werden, wo gleiche Eintheilungen erfordert werden. Es ist, wie jeder gute Künstler leicht finden wird, nicht einerley, ob man ein Maas von der Skale zweymal nimmt, welche Sorgfalt man auch darauf verwenden dürfte, und sie einzeln übertrage, oder zwo Oefnungen des Zirkels unverändert überschlage; denn ob auch

schon

schon die nämliche Oefnung, und mit aller Sorgfalt von einerley Skale genommen, genau wieder in die ersten Punkte einfallen können, ohne daß man den geringsten Unterschied merke, so werden doch die schiefen Seiten der kegelförmigen Vertiefungen von dem ersten Punkte die Spitzen gegen den Mittelpunkt führen, welcher Unterschied, so unempfindlich er auch für das Gesicht sey, doch durch das einfache Ueberschlagen von einerley Oefnung des Zirkels vermieden wird."

V.

Branders Eintheilungsverfahren.

Das Verfahren, dessen sich Herr Brander in Augspurg bediente, um seine mathematischen und astronomischen Instrumente einzutheilen, war demjenigen jenes großen Engländers, Herrn Bird's, vielleicht am ähnlichsten. Dieser Künstler bediente sich, gleich wie jener, einer Skale mit einem Nonius. Ich will hier die Beschreibung dieses Werkzeugs mit seinen eigenen Worten anführen, wie er desselben selbst in einer Abhandlung erwähnet, wo er uns die Beschreibung seines amphidioptrischen Gnomometers liefert.

„Taf. VI. Fig. a, ist ein langes schmales Kästchen mit einer Schublade unter derselben, in welcher man die dazu gehörigen Stangenzirkel verwahren und aufbehalten kann. Oben auf diesem

Käst-

Kästchen ist in einer Nuth oder Krinne ein schmaler Streif von einem dicken Spiegelglas AB eingeschoben, auf welchem einzelne Zolle mit einem scharfen Diamant eingerissen sind, doch dergestalt, daß so subtil und zart auch diese Risse sind, sie dennoch so tief gehen, daß sie mit einer feinen Zirkelspitze noch wohl gefühlt werden können. Damit sie aber auch recht gut und deutlich in die Augen fallen und gesehen werden mögen, so sind sie mit Gold eingelassen, dem Glase selbst aber, oder eigentlich der untern Fläche desselben, ist ein schwarzer Grund gegeben worden."

„An das eine Ende dieser Glasplatte stößt bey A eine andere eben so breite aber kürzere in gleicher Fläche an, welche aber durch eine eingelegte Feder davon hinweg- und zurückgetrieben wird, wenn man die zu äußerst befindliche Schraube k nachläßt."

„Auf der Oberfläche dieser leztern Glasplatte sind eben die Zolle wie auf AB angezeigt, nur daß hier der Zoll noch in Linien, folglich der Zoll in zwanzig Theile eingetheilt ist. Diese Platte liegt auf einer andern, die ebenfalls einen schwarzen Grund hat, und ist auf derselben, vermittelst der Schraube k, beweglich, d. i. sie kann näher zu der Glasplatte AB gebracht, oder durch die Feder weiter davon entfernt werden, so wie es die Umstände erfordern."

„Auf dieser untern Platte sind in einer Reihe zur Seiten e f nichts als Abtheilungen von einer halben Linie, (Fig. b) und auf der Fläche der darauf liegenden obern Glastafel sind 5 Theile der

untern

untern in 50 Theile eingetheilt worden, wie man aus den in der Figur beygesezten Zahlen siehet. Diese leztere Theilung verdient eigentlich den Namen eines Nonius, oder wenigstens will ich sie so nennen. Diese beyden Eintheilungen sind nun so geordnet, daß diese auf jener mit der Hälfte ihrer Breite liegen muß, wie man Fig. b siehet: gh sind also die einfachen halben Linien, e f aber der Nonius."

„So sahen die erstern, welche ich verfertiget habe, aus; diejenigen, welche neuerlich von mir gemacht worden, haben nur einen kleinen Unterschied, der darinnen bestehet, daß dieser Nonius nicht mehr zur Seite, sondern in der Mitte in einer Linie mit der Hauptskale e d gesezt ist."

„So oft man aber dieses Instrument gebrauchen will, so muß man allezeit dasselbe zuvor rektifiziren. Dieses geschiehet nun auf folgende Weise, daß man die obere Noniusplatte e f so nahe gegen AB vermittelst der Schraube k hinschiebt, bis der Strich des Zero und der Strich des funfzigsten Theils des Nonius wieder genau auf den beyden untern Eintheilungen liegt, welches man durch öfteres Hin- und Herschieben zu erhalten suchen muß. Diese obere Theilung, welche aus 50 Theilen bestehet, wird sodann 51 Theile von der untern bedecken, und nur auf den ersten und lezten Strich zupassen, alle übrige aber werden nach dem Verhältniß ihres Standes und Orts davon mehr oder weniger abweichen. Folglich wird also der fünfte Strich des Nonius um $\frac{5}{50}$ vom fünften unten liegenden: der fünf und zwanzigste um $\frac{25}{50}$

 oder

oder um die Hälfte, der fünf und vierzigste um $\frac{45}{50}$ weiter von 45 abstehen, und der funfzigste völlig $\frac{50}{50}$, d. i. er wird den ein und funfzigsten Strich, vom Zero an gerechnet, bedecken. Es lassen sich, wenn man durch Uebung eine Fertigkeit in dem Gebrauche dieses Instruments erworben hat, auch noch wohl, ohne einen Irrthum zu begehen, die Hälften von diesen Theilchen nach dem Augenmaaße schätzen, insonderheit, wenn man sich eines Vergrößerungsglases bedient, um diese Theilungen zu untersuchen."

„Wenn nun dieser Stand oder Lage des Instruments ihre gehörige Richtigkeit hat, so fasset man mit einem von den Stangenzirkeln 3, 4 oder 5 Zoll von AB scharf, und siehet zu, ob dieses Maas wieder zutreffe, wenn man die eine Spitze des Zirkels in einen Zoll der Glasplatte AB einsezt, und mit der andern auf die andere Platte und die Skale derselben e d hinüber gehet. Fehlet es da, daß es nicht genau zutrift, so hilft man der Glasplatte AB, vermittelst der Schraube l, so lange nach, bis es endlich aufs genaueste zutrift. Wenn dieses alles in Richtigkeit ist, so kann man alsdenn zum Gebrauche dieses Instruments selbst fortgehen."

Den eigentlichen Gebrauch dieses Instruments erläutert Herr **Brander** durch verschiedene Angaben, wodurch zugleich sein Verfahren zu Eintheilung von Kreisbogen deutlich wird, und welche ich hier aus seiner angeführten Abhandlung mit seinen eigenen Worten anführen will:

„Erste

„**Erste Aufgabe.** Es soll eine gegebene Linie in 10000 Theilen dieses Schuhes gemessen werden. Dieses zu bewerkstelligen, fasset man zuerst das Maas der Linie EF mit dem Zirkel, sezt den einen Fuß desselben in 11000 der Skale AB, so wird der andere Fuß auf die andere Skale zwischen 200 und 250 zu stehen kommen: denn, welches ich nicht unerinnert lassen kann, eine kurze Linie von diesen wird allezeit für 50 und eine längere für 100 gezählt. Will man nun den Ueberest über die 200 erfahren, so lasse man leztere durch Nachlassung der Schraube k zurückgehen, bis die Spitze des Zirkels genau in 200 einfällt, und sehe sodann auf dem Nonius nach, wie viel dieses Zurückweichen betrage. Gesezt, es trift der zwanzigste Strich des Nonius mit einem der untern genau zu, so setze man alsdenn 11000 + 200 + 20 = 11220 = der gegebenen Linie."

„**Zweyte Aufgabe.** Wie man aus einer gegebenen Zahl z. B. 10878 das Maas abnehmen müsse. In diesem Fall richte man zuerst den Nonius auf 28, als den Ueberrest über 50, und setze den einen Fuß des Zirkels in 10000 ein, den andern Fuß des Zirkels aber lasse man auf der Skale ed in 850 fallen, so erhält man 10878, denn 28 zu 50 addirt, giebt 78."

Solcher 10878 Theile machten auf diesen Maasstäben gerade einen Pied du Roi aus, wornach denn alle übrige Schuhe berechnet, und davon scharf abgenommen werden mußten, wenn man das Maas nach andern Schuhen haben

 wollte,

wollte, welches nach bekannten Vorschriften leicht zu erhalten ist.

„**Dritte Aufgabe.** Eine gegebene Linie in so viel Theile zu theilen, als man will. Man setze den Fall, es soll eine Linie in 13 Theile getheilt werden. Diese 13 ist nun nicht theilbar, d. i. sie läßt sich nicht halbiren, wie z. B. 16 oder 8. In diesem Falle verfährt man folgendermaßen: Man messe zuvörderst die Linie, die in 13 gleiche Theile soll getheilt werden: diese wird auf der Skale 11220 machen; man spreche sodann nach der Regeldetri 13 : 11220 = 16 : 13809.

Diese 13809 nehme man mit dem Zirkel auf der Skale scharf ab, und trage sie auf die verlängerte Linie, wenn solches der Platz erlaubt, wo aber nicht, so nehme man anstatt dieser ganzen Zahl die Hälfte $6904\frac{1}{4} = 8$, und bemerke sie mit einem Punkt. Man wird auch wohl thun, wenn man noch einen Zirkel auf drey dieser Theile oder 2589 stellet, und solchen in Bereitschaft liegen hält. Nun halbire man 16, so erhält man 8, diese wieder halbirt, geben 4, 8, 12, 16. Wenn diese noch einmal halbirt werden, so erhält man 2, 4, 6, 8, 10, 12. Halbirt man diese noch einmal, so entstehen die 13 Theile, die übrigen bis 16 fallen hinweg. Sollten aber die einzelnen Theile sehr enge, und der Zirkel allzu scharf gespannt werden müssen, so ist es besser und sicherer, durch den Zirkel drey dazwischen zu setzen."

„**Vierte Aufgabe.** Einen Zirkel in so viel Theile, als man verlangt, zu theilen. Bey dem Eintheilen der Zirkel kommt es gleichfalls darauf

an,

an, daß man theilbare Chorden zu erhalten suche. Man setze z. B. es solle ein Zirkel in 54 Theile getheilt werden, so suchet man zuerst den Winkel von einem Bogen 16, und einen andern, der 10 solcher 54 Theile in sich fasset. Diese ergeben sich also:

$$54 : 16 = 360 : [106^\circ\ 40']$$
$$54 : 10 = 360 : [\ 66^\circ\ 40']$$

Für diese beyden Winkel suche man die Chorden aus den Sinustafeln, wenn nämlich der Radius für 10000 angenommen wird; d. i. man dupplirt den Sinus des halben Winkels auf folgende Weise: 106° 40′ die Hälfte davon ist 53° 20′, dessen Sinus macht 8021, das Doppelte ist die Chorde 16042. Der andere Winkel ist 66° 40′, die Hälfte 33° 20′, dessen Sinus 5495, das Doppelte 10990 die Chorde. Diese beyden Chorden nehme man mit 2 Stangenzirkeln auf dem Noniusmaasstabe, und lege sie, bis zu ihrem nähern Gebrauch, bey Seite. Hierauf nehme man mit einem dritten Stangenzirkel den Radius 10000 scharf, und beschreibe damit einen zarten Zirkel um seinen Mittelpunkt. Man setze hierauf beyde Chordenmaaße von 16 und 10 aus einem beliebigen Punkte auf diesen Zirkel, so hat man schon einmal den Bogen von 10 und 16 Theilen darauf bestimmt, und folglich den Grund zu der übrigen Eintheilung gelegt. Dieser Bogen von 16 läßt sich bis auf eins durch das Halbiren zertheilen, und nachdem der ganze Zirkel übertragen worden, so lassen sich die Theile durch das Umschlagen der Chorde 10 nach folgender Art prüfen:

0.	10.	20.	30.	40.	50.	
	6.	16.	26.	36.	46.	
	2.	12.	22.	32.	42.	52.
	8.	18.	28.	38.	48.	
	4.	14.	24.	34.	44.	54.

Wäre aber die Skale zu der Chorde 16 nicht hinreichend, so könnte man dafür 8 nehmen, so wie man überhaupt bey Zirkeln von mehrern Theilen 32, 64 u. s. f. wählen kann."

„So verfährt man also, wenn der Radius in Decimaltheilen genommen wird, wenn er hingegen besonders bestimmt ist, z. B. er wäre 6845 gegeben, so müssen die Chorden allezeit zu dem Radius auf folgende Weise berechnet werden:

10000 : 16042 = 6845 : 10981. Chord. = 106° 40′ ad rad. 6845.

10000 : 10990 = 6845 : 7523 Chord. = 66° 40′ ad rad. 6845.

In Ansehung des übrigen verfährt man hernach, wie schon oben gesagt worden."

„Endlich ist, wie man aus dem, was ich bisher gesagt habe, schon selbst einsehen wird, offenbar, daß dieser Noniusmaasstab zu Eintheilung großer astronomischer Instrumente, dergleichen die Quadranten, Sextanten u. a. m. sind, eines der wichtigsten Hülfsmittel, und ein ganz unentbehrliches Instrument sey, wenn man sich anders die gehörige Richtigkeit versprechen will. Denn da man hiebey immer biseciren muß, so bedient man

sich

sich dazu gemeiniglich 85° 20′, wenn der Limbus von 5 zu 5, oder von 10 zu 10 Minuten eingetheilt werden soll. Diese 85° 20′ geben 1024 Theile, und wenn man sodann 6 Stangenzirkel mit den folgenden Chorden in Bereitschaft hat, als:

1	von dem	Radius		60°	
2	=	=	=	42°	40′
3	=	=	=	30°	
4	=	=	=	15°	
5	=	=	=	10°	20′
6	=	=	=	4°	40′

so kann mit diesen 6 Zirkeln die ganze Eintheilung gemacht werden, und es ergeben sich alle diese 1024 Theile blos durch das Bisectiren, ohne Beyhülfe eines andern Zirkels. Denn der erste Zirkel, der den Radius fasset, bestimmt 60°, auf 60 die Chorde 15° angesezt, macht 75, und auf diese sezt man 10° 20′ giebt 85° 20′ $= \frac{1024}{12}$, auf diese die Chorde 4° 40′, macht 90. Nun fange man wieder an mit dem Zirkel No. 2 das Zero und 1024 zu schneiden; dieses giebt nur eine Sektion 512 oder 42° 40′, der Zirkel No. 3 bestimmt 30 und 90, die Zirkel No. 4, 5 und 6 finden schon mehr nach einander zu halbiren. Ist es mit diesen zu Ende, so fängt man mit dem zweyten wieder an, und fährt mit den andern immer fort, bis alle Lücken ausgefüllt sind. Man muß sich aber, welches ich hier nur im Vorbey-

 gehen

gehen erinnern will, wohl hüten, daß man sich bey dieser Arbeit keiner metallenen Stangenzirkel bediene, die über einen Schuh lang sind, und auch dieses dabey beobachten, daß man dieses Geschäfte unter einerley Temperatur vornehme, weil sonst allerley Schwierigkeiten entstehen, und die Ausdehnung des Zirkels sowohl als mancherley Hindernisse, in Ansehung desjenigen, welcher theilet, verursacht werden können. Dabey muß man auch nicht vergessen, sich eines guten Vergrößerungsglases zu Setzung der Punkte zu bedienen."

VI.

Untersuchung der Genauigkeit einer aus freyer Hand gemachten Theilung, und besonders nach Herrn Bird's und Brander's Verfahren.

Ich habe bereits oben aus Smeaton's Abhandlung einiger Fehler erwähnet, welche bey einem ähnlichen Theilungsgeschäfte von Einmischung verschiedener Chorden geschehen können; hier will ich nur noch derjenigen gedenken, welche Herr Prof. Späth in seiner Abhandlung zur Berechnung des Grades der Genauigkeit der Quadranten von Herrn Bird und Brander mit vieler Schärfe untersucht, und diejenigen ausheben, die dem Künstler von selbst einleuchtend seyn müssen.

Es

Es giebt bey dem Theilungsgeschäfte Fehler, die ohnerachtet alles von Seiten des Künstlers angewandten Fleißes, Vorsicht und Geschicklichkeit, von selbst aus physischen Ursachen herrühren, wohin besonders die Schärfe des Gesichts und der Grad des Gefühls des Künstlers gehören. Ein Gegenstand kann nämlich dem Gesichte aus doppelten Ursachen undeutlich werden, wenn er entweder dem Auge zu nahe oder zu entfernt liegt; das deutliche bestimmte Sehen liegt zwischen beyden Gränzen: einige Hülfe leistet hier der Gebrauch eines Vergrößerungsglases. Außer der Schärfe des Gesichts hat auch noch der mehr oder mindere Grad des Gefühls des Künstlers bey der Eintheilung Einfluß auf deren Genauigkeit, weil, wenn die Eintheilungspunkte durch einen mehr oder mindern Druck des Fingers geschehen, diese Verschiedenheit nothwendig auf die Eintheilnng selbst Einfluß haben muß.

Andere Fehler, welche der Künstler bey Abtheilung eines Kreisbogens, ohnerachtet aller angewandten Vorsicht, begehen kann, rühren von der Beschaffenheit und den Eigenschaften der Theilungswerkzeuge her, welche in Stangen- und Federzirkeln und in Maasstäben bestehen. Schon an sich ist es vielleicht unmöglich, einen Maasstab von durchaus gleichen Theilen zu besitzen. Es sey ferner die Bauart der Stangenzirkel so gut, daß in Rücksicht der Festigkeit der eingesezten stählernen Spitzen, in der Härte derselben und der Biegsamkeit der Stange des Zirkels nichts zu fürchten sey, so macht doch immer die selten gleich große Stärke der Spitzen ein nicht unbeträchtliches Hin-

derniß in der Genauigkeit, weil hier die Gesichtsschärfe des Künstlers mit ins Spiel kommt. Zu diesen Fehlern kommen ferner noch diejenigen, welche ihren Grund in der Ausdehnung und Zusammenziehung der Theilungswerkzeuge nach dem veränderlichen Grade der Wärme, Trockenheit und Feuchtigkeit der Luft haben. Diesen Veränderungen ist aber, wie man aus physischen Gründen weiß, nicht nur die Skale, sondern auch der Stangenzirkel unterworfen, beyde Werkzeuge mögen aus einer Masse gemacht worden seyn, welche es wolle. Hierzu kommt noch die Veränderung, welche die, von der Person des Künstlers durch Ausdünstung und Aushauchung, mitgetheilte Wärme auf diese Werkzeuge hat. Denn die Erfahrung bestätiget es, daß die Wärme in einem verschlossenen Zimmer von 3 oder 4 Personen beynahe der Sonnenwärme gleich ist. Allgemein können wir annehmen, wenn übrigens die Witterung eines Tages beständig ist, und nicht Lokalumstände andere Veränderungen erzeugen, daß in unserer Himmelsgegend der kälteste Augenblick des Tages bey Aufgang der Sonne sey, daß die Wärme mit dem Zunehmen der Tagesstunden wachse, und also die wärmste Zeit zwischen 3 und 4 Uhr fällt, von da sie mit dem Abnehmen der Tagesstunden wieder abnimmt. Ferner ist in unserm Erdstriche der Augenblick der größten Feuchtigkeit eine Stunde nach Sonnenaufgang, wenn übrigens das Wetter gleichförmig ist, und nimmt nach einem gewissen Verhältniß mit dem zunehmenden Grade der Wärme des Tages ab, so daß in Sommertagen, wenn keine Lokalumstände Abän-

derung

derung verursachen, gemeiniglich zwischen 3 und 4 Uhr der trockenste Zeitpunkt fällt; in Wintertagen ist er zwischen 2 und 3 Uhr. Aus diesen Ursachen rathen daher auch alle Vorschriften der Engländer, in Ansehung des Theilungsgeschäftes, nicht nur darauf genau Achtung zu geben, sondern auch, in Rücksicht der Person des Künstlers, sich nicht zu lange auf einmal dabey zu verweilen.

Die dritte Klasse von Fehlern, die ein Künstler bey der Eintheilung, ohnerachtet alles angewandten Fleißes, begehen kann, hat ihren Grund in den Eigenschaften der Masse, auf welcher die Theilung geschehen soll. Hieher gehören die Fehler, welche von der Ausdehnung und Zusammenziehung der Masse des Limbus, je nach dem verschiedenen Grade der Temperatur, erfolgen können; ferner solche, welche von der Elasticität der Masse des Körpers des Quadranten herrühren, die, nachdem sie durch den Hammer in irgend eine Form getrieben worden, sich beständig bestrebt, ihre vormalige Gestalt wieder anzunehmen. Ueberdies wird ein solches Instrument auf einer ebenen Fläche bearbeitet, sich aber eben wegen dessen Elasticitär nothwendig verändern muß, wenn es zum Gebrauch in eine vertikale Lage gebracht wird. Auch die Dichtigkeit der Masse des Körpers des Quadranten hat einen Einfluß auf die Genauigkeit der Eintheilung eines solchen Instruments.

Bey der Eintheilung eines Quadranten kommt ferner nicht nur viel darauf an, unter welchem Grade der Temperatur jede der Chorden auf den

Thei-

Theilungskreis übergetragen worden, sondern auch, je nach den verschiedenen Theilungsmethoden, wie oft die Theilungen überschlagen worden, und wie viele Bisektionen zwischen den Normalpunkten liegen.

In Rücksicht der übrigen Untersuchungen über den Grad der Genauigkeit der Birdschen und Branderschen Quadranten, welche Herr Prof. Späth in oben erwähnter Abhandlung angestellt hat, beziehe ich mich auf dessen Abhandlung, woraus erhellt, daß im ersten Halbschied des Bogen von $85\frac{1}{3}$ die Werthe der Inkremente für die Brandersche, und im zweyten Halbschied für die Birdsche Methode größer ausfallen.

VII.

Des Herrn Duc de Chaulnes neue Art, mathematische und astronomische Instrumente abzutheilen.

Da dieses Verfahren und das dazu nöthige Instrument bereits den deutschen Künstlern und Liebhabern, durch die Bemühungen des Herrn Prof. Halle in Berlin, in einer guten deutschen Uebersetzung unter dem Titel: **Neue Art, mathematische und astronomische Instrumente abzutheilen, nach der Anweisung des Herrn Duc de Chaulnes, (Berlin, 1788.)** mitgetheilt worden,

so

so beziehe ich mich dieserwegen völlig darauf. Allein ich kann nicht unterlassen, zugleich mit anzumerken, daß mir die ganze Maschine zum Eintheilen viel zu zusammengesezt scheint, als daß ich glauben sollte, daß sie je von einem deutschen Künstler nachgemacht werden dürfte, so wie ich eben wegen der großen Zusammensetzung an der zu diesem Endzwecke so unumgänglich nöthigen Genauigkeit zweifle. Indessen verdient die Bemühung in sofern immer ihr Lob, da sie vielleicht im Ganzen das ihrige zu mehrerer Berichtigung dieser Arbeiten beytragen kann.

VIII.

Herrn Ramsden's Verfahren zu Eintheilung mathematischer Instrumente.

Ich komme jezt auf die berufene und billiger Weise mit so allgemeinem Beyfall aufgenommene Maschine des Herrn Ramsden in England, deren Beschreibung nach der französischen Uebersetzung des Herrn de la Lande, ich hier für den deutschen Künstler ganz aufnehme.

Schon im Jahr 1760 fieng Ramsden an, auf ein Instrument zu denken, womit er astronomische Instrumente vollkommen genau einzutheilen vermögend wäre, wozu ihn denn noch besonders die Belohnung aufmunterte, welche Herr Bird von der Kommißion der Longitudo erhielt, um sein

Ver-

Verfahren, Quadranten einzutheilen, öffentlich bekannt zu machen. Schon seit verschiedenen Jahren hatte er sich in der Handtheilung geübt, indessen war ihm diese Wiederholung eines ewigen Einerley zu verdrüßlich, daß er mithin aus eben dieser Ursache, und besonders bey der großen Nachfrage nach Hoadleyschen Sextanten und Oktanten zu Untersuchung der Länge auf der See, wozu die Eintheilung dieser Instrumente besonders genau nöthig ist, um desto eifriger suchte, dasjenige eben so sicher und zuverläßig durch Instrumente zu erhalten, was Herr Bird durch die Hand verrichtete.

Zwar entsprach sein erster Versuch mit einer Theilungsplatte von 30 Zoll im Durchmesser nicht ganz seinem Endzwecke; allein er ward doch durch diese neue Maschine in Stand gesezt, Theodolites mit mehr Genauigkeit zu theilen, als bisher geschehen war. Hierauf fieng er seine zwote Maschine an, die er auch im Jahr 1774 vollendete, nachdem er gegen 10 Jahre daran gearbeitet hatte, und deren Zuverläßigkeit, vermittelst eines Sextanten, untersucht, und Herrn Bird zur Prüfung vorgelegt wurde, welcher auch das Verfahren völlig billigen mußte, in soferne das einzutheilende Instrument nicht größer sey als die Theilungsscheibe, welche 45 Zoll im Durchmesser hielt.

Die Kommißion der Longitudo beschloß hierauf, Herrn Bird eine Belohnung anzubieten, um seine dieserhalb verfertigte Maschine bekannt zu machen, deren Beschreibung auch auf Befehl dieser Kommißion im Jahr 1777 öffentlich heraus

kam.