

Ueber Pantographen.

Von

Ernst Fischer, Ingenieur in München.

Ein Pantograph (von *πᾶν* ganz, all und *γράφειν* schreiben, also ein Allschreiber, Allzeichner), auch Storchnabel genannt, ist ein Zeichnenapparat, durch welchen man in den Stand gesetzt ist, die verschiedensten Arten von Plänen, Karten und sonstigen Zeichnungen in gleich grossem, oder beliebig verkleinertem oder vergrössertem Maassstabe zu copiren. Die praktische Anwendung des Pantographen beschränkt sich jedoch in fast allen Fällen nur auf das Verkleinern der Originale. ¹⁾

Schon vor mehr als 200 Jahren war man durch den Erfinder P. Christoph Scheiner in den Besitz dieses Apparates versetzt; Scheiner hat eine ausführliche Beschreibung seiner Erfindung nebst Andeutung der mannigfaltigsten Anwendung, welcher dieselbe fähig, in seinem Werke: „Pantographice seu ars delineandi“, Rom, 1631, niedergelegt, und gibt die Beweise der Brauchbarkeit in Lib. I. Part. 2, besonders Propos. 5, 6, 7 und 8; auf dem Titelblatte dieses Werkes deutet er durch eine höchst originelle Darstellung an, wie der Pantograph sogar an der Staffelei gebraucht werden könnte, um räumliche Gegenstände abzuzeichnen. (Unter der auf diesem Titelblatte befindlichen Staffelei stehen die Worte: „Inspice et fac secundum exemplar.“)

Um den Grad der Vervollkommnung, welchen diese Erfindung nach dem Verlaufe von mehr als zwei Jahrhunderten erreicht hat, recht

1) Ein dem Pantographen verwandter Apparat ist der Ikonograph (von *εἰκῶν* das Bild, und *γράφειν* schreiben, zeichnen) von J. Lohse, beschrieben in dem Jahresberichte der Hamburger Gesellschaft zur Verbreit. mathemat. Kenntn. Hamb. 1832, welcher aus einer vertikalen, in irgend einem aliquoten Theile derselben, nach allen Seiten hebelartig drehbaren, an beiden Enden mit beweglichen Stiften versehenen Röhre besteht, wobei, wenn der obere Stift eine Zeichnung nachfährt, der untere dann dieselbe auf einen Stein gleich verkehrt aufträgt.

auffallend zu sehen, ist es nicht uninteressant, die jetzigen Pantographen dem ältesten gegenüberzustellen und habe ich diesen daher auf Taf. XXVII. Fig. 1 und 2 nebst Details, wie er in dem Scheiner'schen Werke abgebildet ist, wiedergegeben. Man ersieht daraus die Zusammensetzung des Apparates aus 4 Linealen in der Art, dass durch dieselben ein in seinen Ecken drehbares Parallelogramm gebildet wird. Die Lineale sind durch mit Löchern versehene cylindrische Stäbe zusammengehalten; an einem derselben befindet sich der Fahrstift F , welcher die abzuzeichnende Figur umfährt; an einem andern Lineale der Zeichenstift Z , welcher die Figur copirt und an der Verbindungsstelle V der äusseren Lineale ist der Drehungsmittelpunkt M der ganzen Vorrichtung, welcher auf dem Zeichentische befestigt wird.¹⁾

Im Wesentlichen ist diese Construction bis in die Neuzeit beibehalten worden, und hat man dabei immer folgende zwei Bedingungen erfüllt:

- 1) Die Figur, welche von den vier Linealen eingeschlossen wird, muss ein genaues Parallelogramm sein; und
- 2) die drei Punkte, nämlich der stillstehende Mittelpunkt, um welchen die Drehung des ganzen Apparates geschieht; der Fahrstift, welcher die gegebene Figur umfährt, und der Zeichenstift, welcher die Copie herstellt, müssen in allen Lagen des Apparates eine mathematisch genaue gerade Linie bilden.

Der Zeichentisch muss natürlich immer so gut als möglich eben und so gross sein, dass Fahr- und Zeichenstift in ihren äussersten Lagen noch darauf Platz haben, übrigens richtet sich dies ganz nach

1) Zu Figur 2, Taf. I, aus Scheiner's Werk: Lib. I. Pars I. Cap. III. p. 12. Tres pro parallelogrammo Styli. Pro tribus parallelogrammi certis locis fine punctis (quorum certam designationem postea docebo) habendi sunt tres styli. Unus pro Centro fixo; alter pro Indice; tertius pro Calamo. Primum oportet esse solidum ex metallo, vel osse, aut ligno solido tenacem, parte inferiore crassionem, superiore aequabiliter subtiliorem teretem, ad sustinendum in centro fixo totum instrumentum, cuius formae variae sunt, ut videre est in A , ex ligno osse vel metallo fabrefacto, et B , ex mero metallo. A infra major, supra in C minor, variis foraminulis ad acum capiendam perforatus est. B totus friatus duo torcularia D et E , sursum et deorsum circa axem BF , volubilia habet. Index unus è ligno, osse vel metallo est G , utrumque molliter acuminatus, alter H , metallicus, ad I striatus. Syli scriptorii sunt K et L . Ille quidem osseus, ligneus aut metallicus, hic vero solum metallicus; quorum uterque infra ad K , et L , plumbaginem scriptoriam insertam habet, supra vero ad M et N aequabili rotunditate attenuati exporriguntur. In gleicher Weise folgt im nächsten Absatze dann Beschreibung von Clavi und Fulcris P et Q .

der Grösse der anzufertigenden Zeichnungen und ist es Sache desjenigen, welcher mit einem Pantographen arbeitet, die zweckmässigste Stellung des letzteren auf dem Zeichentische durch Probiren zu ermitteln.

Die ersten Verbesserungen des Pantographen erwähnt Nils Marelius, Premierlieutenant des kgl. schwed. Landmessercomptoirs in seiner Abhandlung über Storchnäbel, welche in den Abhandlungen der schwedischen Academie der Wissenschaften, aus der Naturlehre, Haushaltungskunst und Mechanik auf das Jahr 1766, Bd. 29, pag. 181 u. ff. abgedruckt ist. Ich führe in Folgendem Marelius selbstredend ein:

„Aus vier Linealen lässt sich ein Parallelogramm auf neuerlei Arten zusammensetzen, wie die Figuren 3 bis 11, Taf. XXVII zeigen.¹⁾)

„Nr. 1 besteht aus 4 gleichen Linealen mit ihren Enden zusammengesetzt; weil es aber hier unmöglich ist, drei Punkte in eine gerade Linie zu bringen, so ist diese Verbindung zum Nachzeichnen nicht dienlich.

„Bei Nr. 2 geht das Stück cd des Lineales bd über das Parallelogramm heraus. Ist da cd so lang als bc , so legt man das Original unter den Griffel a , der Zeichenstift e zeichnet alsdann das Original so nach, dass jede Linie in der Copie halb so lang wird, als im Original. Will man das letztere noch stärker verkleinern, so bringt man d und e näher an c u. s. w., aber weil bei diesem Verfahren viel Unbequemlichkeiten sind, ist es nicht gebraucht worden.

„Nr. 6, 7, 8 und 9 haben mehrere aus dem Parallelogramm herausgehende Lineale man findet sie in Bion's mathematischer Werkschule 3. Bd. 2. Cap. beschrieben und abgebildet. Auf diese Art ist auch ein Storchnäbel eingerichtet, den man voriges Jahr²⁾) aus Frankreich erhalten hat und den man als eine kostbare, zum Nachzeichnen der Karten höchst unentbehrliche Maschine unter dem Namen Pantograph beschreibt. Dieser Storchnäbel ist sehr gut gemacht, und seine Lineale sind von Stahl und sehr gut polirt; auch ist folgende Verbesserung dabei angebracht:

1) Verschiedene Arten dieser Zusammensetzung sind übrigens schon in Scheiner's Pantographice etc. L. I. p. 20 angegeben.

2) Also 1765.

„Scheiner und Bion geben auf ihren Linealen nur Löcher an, in die man sowohl den unbeweglichen Mittelpunct, als die beiden Stifte setzen kann, dadurch lässt sich die Copie nur in dem Verhältnisse bewerkstelligen, welches die Löcher bestimmen. An diesem Storchschnabel lassen sich die drei Puncte, an welche Stelle man will vermittelst beweglicher Hülsen bringen. Indessen ist auch dieses nichts Neues, man findet solche bewegliche Hülsen sowohl an dem alten grösseren Storchschnabel von Messing, der zu Leyden gemacht ist, auch sind dergleichen hier allezeit von den Herren Eckström, Steinholz und Westberg gemacht worden.“

Nachdem nun Marelius über die Art gesprochen, wie die Verstellung der Stifte bei einem gewissen Verkleinerungsverhältnisse zu geschehen hat, und nachdem er die Art der Graduierung der Lineale erklärt, erwähnt er noch einer Verbesserung, welche in einer Schleifvorrichtung besteht, die der Art beschaffen ist, dass sie die nach einiger Zeit abgenützte Spitze des Bleistiftes wieder centrisch scharf macht. Marelius bemerkt ferner die Anwendung von stählernen Spitzen und die Verbindung derselben mit Feder und Gewichtschaale, wodurch theils ein sanfteres Gleiten, theils ein völliges Aufheben des Stiftes bewirkt wird, und kommt endlich auf die Art des Storchschnabels Nr. 5 zu sprechen:

„Nr. 5 hat vier Enden von gleich langen Linealen, die aus dem Parallelogramm herausgehen. Diese Einrichtung hat man bei allen Storchschnäbeln angenommen, welche hier gemacht werden. Die drei Puncte, der feststehende Mittelpunct, der Fahrstift und der Zeichenstift, behalten hier allezeit ihre Stellen an den äussersten Enden der Lineale; dagegen verändert sich durch Verrückung der Hülsen das Parallelogramm selbst, welches mit Sicherheit geschieht, wenn nur die Graduierung recht richtig ist, da sich der Storchschnabel, vermittelst einer sehr leichten Rechnung, nach was für einem Verhältnisse man nur verlangt, stellen lässt. Die Graduierung lässt sich auch desto leichter sehr genau machen, weil sie auf allen vier Linealen einerlei ist, nur wird der Anfang des Bezeichnens der Ziffern an 2 und 2 umgekehrt gemacht. Es könnte zwar gleich viel sein, was für eine Theilung man brauchen wollte; doch ist es am besten, eben die zu behalten, die auf den gewöhnlichen Linealen mit Dioptern zu finden ist.

„Die Oeffnungen der Löcher h, i, k in den Hülsen, welche an den Enden der Lineale fest sind, müssen gänzlich von einer Grösse sein, und so eingerichtet, dass jedes, der feste Mittelpunkt und beide Stifte, an welche dieser drei Stellen man will, kann gesetzt werden. Die Bewegungspuncte selbst, sowohl in den Hülsen h, i, k, l , die an den Linealen festsitzen, als auch in den beweglichen Hülsen m, n , welche die Lineale umgeben, nach Gefallen können verrückt, und jedesmal mit einer Schraube befestigt werden, müssen alle gleichweit von den Seiten der Lineale sein, so, dass sie in Linien stehen, welche mit den Linien parallel streichen, die auf den ihnen zugehörigen Linealen abgetheilt sind. Diesen Umstand macht die Graduirung bei dem Storchschnabel Nr. 3 ziemlich beschwerlich.“

Marelius macht nun auf den Gebrauch einer Rolle von Elfenbein, welche sich unter dem Apparat befinden solle, aufmerksam und geht dann zu Nr. 4 über:

„Nr. 4 besteht aus einem kleinen Lineale, und dreien anderen, deren jedes noch einmal so lang als das erste ist; diese Art hat alle die Vortheile wie Nr. 5, aber sie vermeidet die Unbequemlichkeit, die dadurch entstand, dass das eine Lineal aus dem Parallelogramm herausging. Nach dieser Art ist der alte Storchschnabel des Landmesseramts 1697, von Ulf Walling gemacht.“

Ich habe die vorstehenden Erklärungen des Marelius deswegen gerne citirt, weil darin alle jene Details angeführt sind, welche wir noch heute, wenn auch in viel vollkommenerer Weise bei unseren Pantographen besitzen; auch ersieht man aus dem Aufsatze des Marelius wie weit der Apparat in der Mitte des 18. Jahrhunderts gediehen war¹⁾, und gehe ich nun zu den einfachen Betrachtungen über, auf welchen die Construction und der Gebrauch des Pantographen beruht.

Theorie des älteren Pantographen.

Ist in Fig. 12 Taf. XXVII $ABCD$ das besprochene Parallelogramm, welches in seinen vier Ecken drehbar; ist ferner M der feste Punct, um welchen sich das ganze System bewegen soll, F der Punct, in

1) In den Abhandl. derselb. Academie für das III. Quartal 1756 ist ebenfalls ein Storchschnabel beschrieben, welcher mit einer Nadel zum Copieren versehen war.

welchem der das Original umfahrende Stift, und Z der Punct, in welchem der Zeichenstift sich befindet, und sind diese 3 Punkte in einer genauen Geraden gelegen, so darf man diese Figur nur in eine neue Lage um M drehen, um beweisen zu können, das F und Z aliquote Räume durchlaufen und mit M immer in einer Geraden bleiben.

Bewegt man nämlich F nach F' , welche Bewegung dem Winkel α in Bezug auf Drehung um M entspricht, so dass das Parallelogramm in die Lage $A' B' C' D'$ gelangt, und bezeichnet man der Kürze halber:

$$\begin{aligned} BZ &= B'Z' = x, \\ MB &= MB' = y, \\ BC &= B'C' = a \text{ und} \\ FC &= F'C' = b \end{aligned}$$

so hat man, in Folge der Voraussetzung, dass FMZ eine Gerade ist:

$$y : x = b : a + x$$

Da nun die Punkte Z und F , so wie die Punkte B und D während der Bewegung ihre Entfernung von C nicht ändern, so ist obige Proportion auch für die neue Lage der Figur von Geltung; und weil

$C'D' \parallel B'A'$ und $C'B'Z'$ eine Gerade, so ist:

$$\begin{aligned} \angle Z'B'M &= \angle Z'C'F' \text{ und sohin:} \\ \triangle Z'B'M &\sim \triangle Z'C'F' \text{ und daher:} \\ \angle B'Z'M &= \angle C'Z'F' \end{aligned}$$

woraus folgt, dass $Z'M$ mit $Z'F'$ in eine Gerade zusammenfällt, d. h. die drei Punkte Z , M und F bleiben bei jeder Stellung des Apparates in einer geraden Linie.

Aus dem Vorgehenden folgt aber auch die Aehnlichkeit der Dreiecke $Z'ZM$ und $F'FM$ und hieraus der Parallelismus der Linien FF' und ZZ' , sowie die Proportion:

$$ZZ' : FF' = x : a.$$

Umfährt sohin F eine beliebige Figur, so beschreibt Z eine derselben ähnliche Figur, deren Seiten sich zu denen der ersteren verhalten wie $x : a$.

Soll dieses Verhältniss ein Bestimmtes, z. B. wie $n : 1$ sein, so müssen die Punkte B und M auf den betreffenden Linealen so verückt werden, wie es dieses Verhältniss fordert, und zwar ergeben sich durch einfache Proportion:

$$\text{Die Länge } x = na \dots\dots\dots 1.)$$

$$\text{und die Länge } y = \frac{n}{n+1} \times b \dots 2.)$$

Ist das Verhältniss der Seiten der Copie zu denen des Originales durch $m : n$ gegeben, so hat man:

$$\text{die Länge } x = \frac{m}{n} a \dots\dots\dots 3.)$$

$$\text{und die Länge } y = \frac{m}{m+n} b \dots\dots\dots 4.)$$

Sollen daher Copie und Original gleiche Grösse haben, so ist: $m : n = 1 : 1$, also:

$$x = a$$

$$\text{und } y = \frac{1}{2} b \text{ zu machen;}$$

soll die Copie um die Hälfte kleiner werden als das Original, so ist $m : n = 1 : 2$, also:

$$x = \frac{1}{2} a$$

$$\text{und } y = \frac{1}{3} b \text{ zu machen;}$$

soll die Copie um den dritten Theil kleiner werden, so hat man: $m : n = 1 : 3$, also:

$$x = \frac{1}{3} a$$

$$\text{und } y = \frac{1}{4} b \text{ u. s. f.}$$

Will man die Copie grösser machen als das Original, so braucht man nur den Fahrstift gegen den Zeichenstift umzutauschen; — wie aber schon gleich anfänglich erwähnt wurde, beschränkt man sich nur auf das Verkleinern, da von Vergrösserung wegen der dadurch zunehmenden Grösse der Fehler keine Rede sein kann.

Es kann auch vorkommen, dass die Angabe, um wie viel ein Plan oder eine Karte verkleinert werden soll, nicht durch die Verhältnisse der Seiten, sondern durch die der Flächeninhalte gegeben ist; sollen sich letztere verhalten wie $i : i'$, so findet man wieder leicht:

$$\text{die Länge } x = \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{i'}} \cdot a \dots\dots\dots 5.)$$

$$\text{und die Länge } y = \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{i+i'}} \cdot b \dots\dots\dots 6.)$$

Die Construction des ältern Pantographen ist auf Taf. XXVII. Fig. 13 ersichtlich gemacht. Die Form ist nach Nro. 3 des Marelius gebildet und zwar ist das Parallelogramm $ABCD$ ein gleichseitiges und durch metallische Axen in seinen Ecken drehbar. Die vier Lineale sind aus Messing oder Stahl; der stählerne Fahrstift F , welcher mit einer auf dem Lineale CB fest geschraubten Hülse

verbunden ist, steht seitlich von diesem Lineale; ebenso ist an dem Lineale DC der Zeichenstift Z angebracht, und kann mit seiner Hülse an dem Lineale hin- und hergeschoben werden, durch eine Klemmschraube wird seine Hülse an der betreffenden Stelle befestigt. Dieser Zeichenstift steckt in einer Blechröhre, in welcher sich über demselben eine Spiralfeder befindet, die mit einem Stifte, welcher eine kleine Schale trägt, verbunden ist; je nachdem man in diese Schale mehr oder weniger Schrotkörner legt, wird der Zeichenstift, je nach Wunsch, sanft oder fest auf das Zeichenblatt gedrückt. Der Punkt M , um welchen der Apparat sich dreht und welcher mit F und Z in der Geraden ll' liegt, ist durch einen Stahlcylinder hergestellt, welcher mit einer Hülse verbunden, in einem Schlitz des Lineales AD laufend, auf diesem verstellt werden kann. Es wird dieser Stahlcylinder beim Gebrauche des Instrumentes in einen schweren, mit Blei ausgegossenen Fuss gesteckt, welcher durch sein Gewicht und durch unter ihm angebrachte feine Stahlspitzen, die sich in den Arbeitstisch eindrücken, bewirkt, dass der Punkt M wirklich fest stehen bleibt. r , r_1 und r_2 sind Rollen von Messing oder Elfenbein, auf denen der ganze Apparat läuft; die erstere dieser Rollen r steht mit dem Metallcylinder, welcher durch die Ecke C gesteckt ist, in Verbindung, während die beiden andern r_1 und r_2 mit den Linealen durch je eine knapp passende, durch Reibung festhaltende Halbhülse in Verbindung stehen und an diesen beliebig, je nach Erforderniss hin- und hergeschoben werden können.

Die Lineale CD und AD sind getheilt, auf Grund oben aufgestellter Gleichungen, und braucht man die Punkte M und Z nur dem gegebenen Verhältnisse entsprechend zu verschieben.

Soll der Zeichenstift Z das Papier zeitweise nicht berühren, so ist eine Schnur angebracht, welche von Z aus an den Punkten D, C und B vorüberlaufend, in F nur angezogen werden darf, um den Stift Z auf die gewünschte Dauer zu erheben; diese Schnur habe ich in der Figur 13 nicht angegeben.

Die Prüfung des Pantographen besteht in den zwei Untersuchungen:

- 1) Ob $ABCD$ ein genaues Parallelogramm ist, und
- 2) ob die Theilung der Lineale richtig, d. h. ob bei einer bestimmten Einstellung der Punkte M und Z , der Fahrstift F in der Verlängerung von MZ liegt.

Ich habe einen neueren aus dem Institute von Ertl und Sohn in München hervorgegangenen, der geodätischen Sammlung der polytechnischen Schule gehörigen Pantographen geprüft, und bin dabei in der Art zu Werke gegangen, dass ich eben nach genauer Bestimmung der Eckpuncte des Parallelogramms, dessen Seiten durch Messen mit fein getheilten Maassstäben verglichen, und die Lage der drei Puncte durch Visiren geprüft habe. Am besten ist es, wenn man überhaupt die Arbeit des Pantographen erprobt und z. B. eine in gleiche Theile zerlegte Linie copirt und die Copie dann mittelst Maassstab und Zirkel mit dem Originale vergleicht, zusieht, ob man die richtige Verjüngung und wieder lauter gleiche Theile erhalten hat, und erst wenn dies nicht eintritt zu der mühsamen Arbeit schreitet, die obengenannten zwei Untersuchungen anzustellen, wodurch man die Fehler erfährt, deren Berichtigung dann dem Mechaniker übertragen werden muss.

Berichtigung des Pantographen.

Da die richtige Lage der genannten wichtigen Puncte des Instrumentes das Hauptforderniss für dessen Güte ist, so hat man noch keinen Pantographen in der Art zu construiren sich bemüht, dass diese Puncte durch den Zeichner selbst verstellbar wären, und bleibt bei vorhandenen Fehlern des Instrumentes nichts anderes übrig, als dass der Mechaniker eben selbst diese berichtige.

Der Gebrauch des Pantographen ist sehr einfach: Zuerst stellt man die Puncte *M* und *Z* gehörig ein, wie es das verlangte Verjüngungsverhältniss eben bedingt, klemmt die Hülsen dann fest an und beginnt nun die gegebene Figur mit dem Fahrstift genau nachzufahren; hat man es mit geradlinig begrenzten Figuren zu thun, so lässt man den Zeichenstift von Ecke zu Ecke, unter Anwendung der Schnur frei schwebend gehen, und markirt nur die Eckpuncte; hat man hingegen Curven zu copiren, und dieses ist am häufigsten der Fall, so versteht es sich von selbst, dass eine gehörige Anzahl von Puncten, der Krümmung der Curve entsprechend markirt werden muss. Zweckmässig ist es, wenn man eine gewisse Anzahl von Puncten copirt hat, diesen Theil der Copie auszuziehen, und erst dann mit dem Copiren fortzufahren, weil hiedurch Irrthümer im Verbinden der einzelnen Puncte vermieden werden.

Hunäus beschreibt in seinem Werke: „Die geometrischen Instrumente“ einen älteren Pantographen, welcher auf Taf. XXVIII. Fig. 16, 17 und 18 wiedergegeben ist. Derselbe hat die Form Nr. 5 des Marelius, seine Lineale sind von Holz oder Metall, bei A und Z fest, aber drehbar vereinigt, während sie bei B und C mit Hülsen, durch welche sie sich schieben lassen, verbunden sind; durch die Hülsen gehen die Druckschrauben: α , α' , β und β' . Die Fassung D trägt bei e eine cylindrische Hülse, welche sich mit dem Pantograph um einen auf dem schweren Bleistück J befindlichen Zapfen drehen lässt. Eine sphärische Aushöhlung der oberen Fläche des Bleistücks hat einen Kopf i zum Anfassen. Der Zeichenstift befindet sich in einer cylindrischen Hülse bei a und wird durch das Druckschräubchen δ befestigt; durch die Hülse a läuft der cylindrische Bleihalter α' , welcher oben mit einer Schaale in Verbindung steht, auf welche man so viel Gewicht legt, bis die Bleifeder das Papier berührt; soll die Bleifeder dagegen Bewegungen des Fahrstiftes nicht mitmachen, so dient der Hebel b , auf welchen man durch das Schraubchen b' wirkt, um den Stift aufzuheben; soll der Bleistift nur kurze Dauer ruhen, so drückt man nur mit dem Finger auf den Hebel g , ohne weitere Benützung des Schraubchens b' . Der Fahrstift bei F ist aus Elfenbein, steckt wieder in einer cylindrischen Hülse und wird durch das Schraubchen γ befestigt. Die Eintheilung der Lineale ist je 120 Linien und sind mit den bei B und C befindlichen Hülsen noch Nonien in Verbindung gebracht, um das genaue Einstellen nach dem gegebenen Verjüngungsverhältnisse möglich zu machen. Der ganze Apparat ruht auf den Laufrollen r , r_1 und r_2 und der bei F angebrachten Säule S .

Der neuere oder Mailänder Pantograph¹⁾.

Theorie: Es seien (Taf. XXVII., Fig. 14) vier gerade Linien zu einem gleichseitigen Parallelogramm $aghz$ verbunden, und eine fünfte cd laufe parallel zu den beiden Seiten az und gh ; dieses System von Linien habe in den Punkten a , c , g , h , d , z Zirkelgewinde, es sei um den festen Punkt m , in welchem cd von der Diagonale gz geschnitten wird, beweglich, und werde g nach g' weiter gerückt, so muss dadurch auch z an eine andere Stelle z' gelangen. Für die Lage der Punkte

1) Die Beschreibung dieses Pantographen ist „der niedern Geodäsie von Friedrich Hartner, Wien 1852, S. 460,“ nach welcher auch Hunäus in seinen „geometrischen Instrumenten“ diesen Apparat schildert, entnommen.

g und z während der Bewegung, und für die von ihnen zurückgelegten Wege, lässt sich einfach nachweisen, dass

- 1) z immer in der jedesmaligen Verbindungslinie von g und m liege,
- 2) die Wege zz' und gg' parallel seien, und
- 3) die Proportion:

$$zz' : gg' = mz : mg = dz : dh \dots\dots\dots 7)$$

stattfinde.

Denkt man sich bei g daher einen gleitenden, bei z dagegen einen zeichnenden Stift, und fährt mit g der Begrenzung einer Figur nach, so giebt z die Copie der letzteren nach dem bestimmten Verhältnisse von $dz : dh$.

Für $zz' : gg' = n : 1$ folgt ferner aus obiger Proportion (7) auch:

$$dz : dh = n : 1 \text{ oder}$$

$$dz + dh : dz = n + 1 : n \text{ somit,}$$

wegen $dz + dh = hz$,

$$dz = \frac{n}{n + 1} \cdot hz$$

und da $dm = dz$ ist, wie aus der Aehnlichkeit der Dreiecke mdz und ghz folgt,

$$dm = dz = \frac{n}{n + 1} \cdot hz \dots\dots\dots 8)$$

Setzt man $n = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ u. s. f., das heisst, soll die Copie dem Originale gleich sein, oder die Hälfte, ein Drittel u. s. f. von diesem betragen, so erhält man nach Gl. (8)

$$dm = dz = \frac{hz}{2}, \frac{hz}{3}, \frac{hz}{4} \text{ u. s. f.}$$

Beschreibung: In Fig. 15, Tafel XXVII. ist ein nach diesem Principe eingerichteter Pantograph dargestellt, dessen Einrichtung und Gebrauch nun für sich klar ist. Die Hülsen c und d sind verschiebbar, um den Arm cd nach Erforderniss obiger Gl. (8) stellen zu können; aus demselben Grunde ist die Hülse m verschiebbar, in welcher die Oeffnung für einen festen unverrückbaren Dorn angebracht ist. Auf den Armen ag , hz und cd sind genau übereinstimmende Theilungen angebracht, um für besondere Werthe von n die Stellung nach der angegebenen Gl. (8) gehörig vornehmen zu können; die Arme selbst laufen wie bei dem älteren Pantographen auf Rollen, und der feste Dorn ist wie dort in einen durch Bleiausguss schwer gemachten Fuss

eingesteckt. Bei g ist eine Hülse für den gleitenden, bei z eine Hülse für den zeichnenden Stift, von z läuft bis zu g eine Schnur über kleine Rollen, um während der Arbeit z heben zu können, wenn g eine Bewegung macht, welche z nicht wieder geben soll.

Vor dem Beginne einer Arbeit sind die Hülsen c , d , m nach Erforderniss der Verhältnisszahl n einzustellen und festzuklemmen, worauf dann das Copiren selbst erfolgt. (An manchen Instrumenten ist der Arm gh als überflüssig weggelassen, und ebenso hat zh nur etwas über die Hälfte seiner wahren Länge, da dieses für den Gebrauch genügt, denn für $n \leq 1$ ist $dz \leq \frac{hz}{2}$.)

Nachdem ich in dem Vorangehenden die allgemeinen Formen der Pantographen dargestellt habe, gehe ich nun zur Aufzählung einiger Pantographen über, wie sie aus deutschen, französischen und schweizer mechanischen Instituten bezogen werden können, welche theils nach dem älteren Systeme, theils in der Anordnung des Mailänder Pantographen construirt sind und an denen sich mancherlei nicht unwesentliche Unterschiede befinden, die wir nun kennen lernen werden.

Pantograph von Friedrich Holler in Nürnberg.

(Hiezu die Figuren 19—24 auf Tafel XXVIII.)

Dieser Apparat, welcher sich in der geodätischen Sammlung der hiesigen polytechnischen Schule befindet, ist in der Grundform dem Mailänder Pantographen ähnlich, nähert sich jedoch mehr der Form Nr. 2 des Marelus; wenn auch mit dem Mangel behaftet, welchen schon Marelus rügt, dass nämlich die Lineale nicht mit Theilungen, sondern mit Löchern zum Verstellen der Stifte versehen sind, wodurch man auf gewisse Verhältnisszahlen n beschränkt ist, zeigt der Apparat doch sehr elegante Arbeit, wie aus den von mir in wirklicher Grösse angefertigten Detailzeichnungen des Zeichnen- und Fahrstiftes (Fig. 20—24) hervorgeht; auch liefert derselbe ziemlich genaue Copieen.

Der fest Punkt ist bei diesem Instrumente in der Art hergestellt, dass man eine eiserne Schraubzwinge M mit ihrem unteren Ende a durch ein im Arbeitstische befindliches Loch steckt, und durch Anziehen der Flügelmutter b fest macht. Die Drehung um den festen Punkt M ist dadurch sehr erleichtert, dass der ganze Apparat in der Schraubzwinge M auf Stahlspitzen ruht. Der Fahr- und Zeichenstift

sind von Stahl; der erstere (Fig. 24) kann durch das Druckschräubchen s und eine unter dem Kopfe k angebrachte Spirale regulirt werden, bis er den Zeichentisch berührt. Aehnlich verhält es sich mit dem Zeichenstift (Fig. 20), auf welchem der kleine Hebel g , der durch eine Schnur oder Darmsaite, welche bei d über eine kleine Rolle geht und welche durch Drücken auf den zweiten kleinen Hebel e sich spannt, von e aus bewegt wird. Die Lineale sind von Messing und eine Linie dick, auf dreien derselben befinden sich je 12 Löcher immer in Entfernung von $8\frac{1}{2}$ Linien dec. Der Apparat ruht auf der hölzernen Säule S und den beiden Messingrollen R und R_1 .

Soll eine Copie hergestellt werden, so ist das Lineal cd und an diesem der Zeichenstift Z entsprechend zu verschieben, in das dem letzteren zunächst liegende Loch des Lineales cd ist allemal das Gestell des kleinen Hebels g zu setzen und festzumachen, alsdann wird die Darmsaite oder Schnur über die Rolle bei d gezogen, durch die kleine Oeffnung des Schräubchens f gesteckt und mit der kleinen Klemme i festgemacht; nun kann man die Mutter l der kleinen Schraube f so lange anziehen bis die Darmsaite die gehörige Spannung hat, was der Fall ist, sobald der Zeichenstift durch leisen Druck auf den Hebel e , welcher letzterer, wie die Figur zeigt, durch einen kleinen Winkel w arretirt werden kann, ein Merkmal auf dem Copirblatte gibt. Der Zeichner befindet sich sohin immer mit beiden Händen in F und kann alle Aufmerksamkeit auf genaues Umfahren der Figur verwenden.

Nachtheile dieses Apparates sind allerdings:

- 1) das Einbiegen der dünnen Messinglineale durch ihr Eigengewicht, und die daraus folgende Ungleichheit der Seiten des Parallelogramms,
- 2) die grosse Reibung, welche in den Ecken stattfindet, und
- 3) die Beschränktheit der Arbeit auf bestimmte Verjüngungen, da die Lineale nicht getheilt sind.

Pantograph von Breithaupt in Cassel.

(Hiezu Fig. 25, Taf. XXX. und Fig. 26—33, Taf. XXXI.)

Die soeben erwähnten drei Nachtheile hat Breithaupt schon Anfangs der zwanziger Jahre an seinem Instrumente in ziemlich vollkommener Weise aufgehoben¹⁾. Er hat die Lineale durch Messing-

1) Die Zeichnungen dieses Pantographen verdankt der Herausgeber der Güte des Herrn Friedr. Breithaupt.

röhren, welche mit Theilungen versehen sind, ersetzt, und reducirt den Hauptwidersacher aller mechanischen Constructionen — die Reibung, durch seine vorzüglich erdachten auf Taf. XXXI. dargestellten Bewegungsstücke mit Stahlspitzen, auf ein Minimum. Die Theilung der Lineale ist der Art, dass wenn man z. B. $\frac{1}{4}$ mal das Original verkleinern will, man nur den festen Punct und den Fahrstift auf die Zahl $\frac{1}{4}$ einzustellen braucht. Breithaupt hat in den letzteren Jahren noch einige Vervollständigungen an seinem Instrumente angebracht, indem er zunächst den Drehpunkt durch eine Nuss in dem Sinne beweglich machte, dass seine bedingt senkrechte Stellung zum Stifte (Dorn) nicht mehr vom Festsetzen des Bleigewichtes abhängig ist, sodann hat er eine Vorrichtung angebracht, welche eine gleichzeitige Hebung des Fahr- und des Zeichenstiftes erzielt.

Alles Uebrige erklärt sich aus den Figuren auf Tafel XXX. und XXXI.

Pantograph von Ertl & Sohn in München.

(Hiezu Taf. XXX. und XXXII.)

Dieses neuere Instrument kann als ganz vortrefflich und brauchbar bezeichnet werden, insoferne dasselbe alle Vortheile des vorgeschriebenen Breithaupt'schen Instrumentes an sich trägt, und diesem nachgebildet ist.

Auf Taf. XXX., Fig. 41 ist dieser Pantograph in seiner horizontalen Projection in $\frac{1}{4}$ der wirklichen Grösse dargestellt, und bleibt mir nach den bereits vorangegangenen Beschreibungen wenig mehr darüber zu sagen.

In Kürze nur noch Folgendes: Wie man sieht, ist die gewählte Grundform wieder die von Nr. 3 des Marelius und es ist nur die eine Stange ab um Etwas, parallel mit sich aus dem gleichseitigen Parallelogramm $ABCD$ herausgerückt, welches nicht mehr aus Röhren, wie beim Breithaupt'schen Instrument, sondern nun aus cylindrischen massiven Messingstangen, jedoch von geringerem Durchmesser, gebildet ist.

Die Bewegungsstücke bei a und c , welche in wahrer Grösse durch die Figuren 42 bis 48 auf Tafel XXXII. wieder gegeben sind, haben Stahlspitzen wie die Breithaupt'schen.

Der Zeichenstift befindet sich bei z und ist seine Construction aus den Figuren 49 bis 52 erklärt, wie die des bei F befindlichen Fahrstiftes aus den Figuren 53 bis 58 hervorgeht.

Der ganze Apparat ruht ausser auf dem festen Punkte, noch bei r und r_1 auf Rollen, siehe die Figuren 59 und 60. — Die Schnur, welche von F aus, zur Direction des Zeichenstiftes geht, läuft bei e über eine horizontal und bei e_1 über eine vertikal stehende Rolle. — Die Theilung der Stäbe ist so eingerichtet, dass man darauf direkt die entsprechenden Verjüngungszahlen ablesen kann. — Ein von Ertl & Sohn verfertigtes, und in dieser Abhandlung bei Gelegenheit der Berichtigung der Pantographen bereits vorne erwähntes Instrument, befindet sich in der geodätischen Sammlung der hiesigen polytechnischen Schule und unterscheidet sich von dem soeben beschriebenen Instrumente darin, dass statt der runden Stangen, flache Lineale gebraucht sind, die Details sind aber genau dieselben, wie bei dem vorbeschriebenen Instrumente, auch die hier charnierförmigen Verbindungsglieder sind mit Stahlspitzen construiert. Die Theilung ist in Art der Transversalmaaßstäbe behandelt, so dass es möglich ist, auf beliebige Verjüngungszahlen mit ziemlich grosser Genauigkeit die Einstellung vorzunehmen; dieser Umstand bietet einen Vorzug der Lineale vor den runden Stangen, es möchte jedoch der Vortheil, welchen letztere bieten, ein überwiegender sein.

Pantograph von Adrien Gavard in Paris.

(Hiezu Fig. 34, Tafel XXIX.)

Diese neuere Construction des Pantographen unterscheidet sich von den bisher aufgezählten Constructionen hauptsächlich dadurch, dass sie es ermöglicht, gleichzeitig zwei Copieen desselben Gegenstandes herzustellen. Dieser Zweck ist durch das kleinere Parallelogramm $C'MNE$ erreicht, dessen Ecken M und N auf mit dem Zeichentische fest verbundenen Schienen mittelst Rollen laufen, während die in den Ecken C' und E angebrachten Zeichenstifte die beiden Copieen herstellen, da das Parallelogramm sich in C' dem Pantographen anschliesst, und der Führung des Stiftes C' folgt.

Um die Theilung der Lineale und deren Gebrauch deutlich zu zeigen, ist in Figur 34, Taf. XXIX. das Lineal $A'B'$ in zwei Lagen und der Stift in seinen entsprechenden Stellungen C' und C'' dargestellt.

Dass der in E angebrachte Zeichenstift ein umgekehrtes Bild von dem, welches C' anfertigt, erzeugt, ist wohl auf den ersten Blick klar, deshalb eignet sich das Instrument vorzüglich, um auf Holz, Kupfer oder Stein zu graviren.

Der Pantograph von Gavard wäre ein vorzügliches Instrument zu nennen, wenn er noch die Vortheile des Breithaupt'schen Pantographen besässe¹⁾).

Schwebender Pantograph von J. Goldschmidt in Zürich.

(Hiezu die Fig. 35—40 auf Taf. XXX.)

Da mir dieser Apparat nicht zu Gebote stand, so lasse ich die vortreffliche Beschreibung desselben von Herrn Professor J. H. Kronauer²⁾ hier folgen:

Während bei den bekannten Pantographen der grösste Theil ihres Gewichtes auf Laufrollen ruht, die beim Gebrauche des Instrumentes auf dem Zeichentische gleiten, sind bei diesem neuen Pantographen diese Stützrollen beseitigt, und es ist derselbe durch zwei an geeigneten Stellen angebrachte Drähte mit einem festen Gestelle verbunden und dadurch fast gänzlich entlastet. Die durch diese Construction über die älteren Pantographen erreichten Vortheile sind folgende:

- 1) Leichtere und sanftere Bewegung bei vollkommen sicherm Gange.
- 2) Beim Gebrauche des Instrumentes ist man nicht von der Grösse des Zeichentisches abhängig, indem die freischwebenden Stangen auch über denselben hinausreichen können, wenn nur der Zeichenstift innerhalb der Tischfläche bleibt.
- 3) Eine unebene oder nicht vollkommen horizontale Tischfläche ist keineswegs störend für den Gang des Instrumentes, da ausser dem Fahr- und dem Zeichenstift kein andrer Theil desselben mit dem Tische in Berührung kommt.

Beschreibung des Pantographen. — Die Fig. 35 Taf. XXX gibt eine perspektivische Ansicht des Instrumentes, *a* ist ein ziemlich schwerer gusseiserner Fuss, auf welchem der Bügel *b*, ebenfalls aus Gusseisen, befestigt ist, und mit jenem das feste Gestelle bildet. Es ruht dasselbe bei *c* auf einem Fusse, im Uebrigen aber noch auf zwei Stellschrauben *d*, mittelst deren man diesem Ständer eine solche Lage gibt, dass die Blase der bei *e* angebrachten Dosenlibelle einspielt; in diesem Falle befindet sich dann das ganze Instrument in seiner richtigen Stellung.

1) Ich habe bei Gavard auch Pantographen gesehen, bei welchen anstatt eines einzigen Zeichenstiftes ein Rahmen mit 6 Stiften angebracht war, so dass man die Copie des Originals zu gleicher Zeit sechsmal erhält. Carl.

2) Schweiz. polytechn. Zeitschr. Bd. IX. S. 157.

Der Pantograph selbst besteht aus den vier hohlen viereckigen Messingstäben f, g, h, i , von denen die beiden ersteren bei k , die beiden letzteren bei l in festen Gelenken mit einander verbunden sind, während sich bei m und n verschiebbare Gelenke befinden. Mit dem Gelenke l ist die Drehaxe o (Fig. 35 und 36) verbunden, welche mit einem Kugelzapfen in einer Pfanne des Gestellarmes p durch die federnde Klappe q , welche sich seitwärts öffnen lässt, gehalten wird. Die Enden der Stangen h und i sind durch die beiden hartgezogenen Messingdrähte r und s mit dem Zapfen t des Gestelles so verbunden, dass sie sich ohne die geringste Hemmung in horizontaler Ebene bewegen können. Am Ende der Stange g sitzt der Zeichenstift u , an demjenigen der Stange f der Fahrstift w und hinter dem letzteren an einem Stäbchen eine elfenbeinerne Kugel x , welche sich auf den Tisch stützt und als einzige Handhabe zur Führung des Pantographen dient, eine Vorrichtung, welche sich als durchaus praktisch bewährt hat.¹⁾

Die Aufstellung des Pantographen geschieht in der Weise, dass man das Gestelle ab an einem geeigneten Platze des Zeichentisches aufsetzt und mittelst der Stellschrauben d die Blase der Libelle e zum Einspielen bringt. Hierauf werden die Drähte r und s an den Enden der Stangen h und i und an den Ringen des Zapfens t eingehängt; den Kugelzapfen o setzt man in die Pfanne des Armes p und schliesst die Klappe q . Zur Prüfung der richtigen Stellung ist an den Zapfen t ein kleines Pendel y gehängt, und es muss dessen Spitze — wie Fig. 37 zeigt — genau über dem markirten Mittelpunkt des Schraubenkopfes z schweben, wenn sich das Instrument in seiner richtigen Lage befindet. Sollte sich eine Abweichung des Pendels zeigen, so sind die Drähte r und s zu verlängern, oder zu verkürzen, was mit Hülfe der Correctionsschrauben h' und i' sehr leicht bewerkstelligt werden kann.

Um eine beliebige Zeichnung in verkleinertem oder vergrößertem Maassstabe anzufertigen, was in beiden Richtungen bis zum 10fachen geschehen kann, muss den beiden Gelenkzapfen m und n eine bestimmte Stellung gegeben werden. Dieses geschieht durch Verschiebung derselben längs den mit einer Millimeteereintheilung versehenen Stangen $fghi$. Stehen die vier Indices der Zapfenhülsen m

1) Diese Vorrichtung befindet sich auch an dem Gavard'schen Pantographen, wie Fig. 34 Taf. XXIX. zeigt.

und n alle auf Null, so wird durch den Zeichenstift u eine genaue Copie der mittelst des Fahrstiftes w umschriebenen Figur hervorgebracht. Soll aber z. B. eine Reduction von 5 : 1 stattfinden, so hat man die Hülsen m und n so weit zu verschieben, dass

$$wm = lm = nk$$

und $un = ln = mk$

wird und sich diese beiden Grössen zu einander verhalten, wie 5 : 1. Soll eine Vergrösserung gemacht werden, so verschiebt man die Hülsen in entsprechendem Verhältnisse nach der entgegengesetzten Seite.

Zur genauen Einstellung der Hülsen m und n sind dieselben mit Mikrometerschrauben versehen, welche aber in der Zeichnung weggelassen wurden.

Bei richtiger Stellung des Pantographen müssen die drei Mittelpunkte von n , l und w in einer geraden Linie liegen und in demselben Verhältnisse von einander abstehen, in welchem die Uebertragung stattfinden soll. Zur Untersuchung dieser Stellung dient ein mit Maassstab versehenes Lineal, dessen Kante nur an den Schraubenkopf z , an die Hülse des Fahrstiftes w und an diejenige des Zeichenstiftes u angelegt zu werden braucht, da alle drei Stücke gleichen Cylinderdurchmesser haben. Bei der beispielsweise angenommenen Reduction von 5 : 1 müssten sich also die Entfernungen von w nach z und von z nach u ebenfalls wie 5 : 1 verhalten.

Jedem Instrumente wird ein solches Lineal beigegeben, welches am Rande mit einer Theilung versehen ist, welche das Ablesen bis auf halbe Millimeter gestattet (Fig. 38), und mittelst welchem auch der Parallelismus der Pantographenstangen untersucht werden kann.

Diese Lineale können aber gleichzeitig und sehr vortheilhaft beim gewöhnlichen Zeichnen, sowohl zum Ziehen von geraden Linien, als zum Abmessen beliebiger Längen gebraucht werden, indem dieselben aus 4 Centimeter breitem und $\frac{2}{3}$ Millimeter dickem Stahlblech gefertigt und auf ihrer unteren Seite mit Papier bekleidet sind, damit die Zeichnung nicht beschmutzt werde. Die Länge solcher Lineale kann nach Verlangen bis auf 3 Meter ausgedehnt und wenn es gewünscht wird, an beiden Kanten mit zwei verschiedenen Maassstäben versehen werden. Zudem lassen sich dieselben auf eine kleine Dimension zusammenrollen und somit leicht transportiren.

Die vier Gelenkaxen k , l , m und n drehen sich zwischen einge-

schraubten Stahlspitzen¹⁾ und es ist für die genauen Funktionen des Instrumentes höchst wichtig, dass diese Spitzen auf's Sorgfältigste justirt seien. Sind nämlich die Schrauben zu fest angezogen, so wird die Bewegung erschwert, es entstehen Spannungen in den Stangen und der Zeichenstift kann den Bewegungen des Fahrstiftes nicht mehr genau und schnell folgen. Bei lockerer Stellung der Schrauben dagegen entsteht ein sogenannter todter Gang, welcher Fehler sich leicht darin bemerkbar macht, dass wenn die Indexe auf Null stehen, und man mit dem Fahrstift in etwas schiefer Richtung einem Lineal entlang vorwärts und rückwärts fährt, der Zeichenstift eine Doppellinie aufträgt. Um die richtige Stellung der Schrauben zu bezeichnen, ist nach genauer Justirung derselben von Seite des Verfertigers über je zwei derselben und zwar durch die Mitte ihrer oberen Fläche in der Richtung der betreffenden Stange ein feiner Strich gezogen, wie Fig. 39 zeigt.

Im Ferneren ist noch das Einziehen der Zugschnur a' zum Heben und Niederlassen des Zeichenstiftes u zu erwähnen. Es ist dieselbe an der Hülse des Letzteren befestigt, geht dann über die Leitrollen b_1 und c_1 und muss einmal um die Rolle bei z herumgeschlungen werden, wie dieses übrigens in der Fig. 40 noch besonders nachgewiesen ist. Bei d' befindet sich ein ausgeschlitztes Plättchen, in dessen Spalte man die Schnur nur ein wenig hineinzudrücken braucht, um sie einzuklemmen, und somit den Zeichenstift in der Höhe zu erhalten.

Im Allgemeinen ist noch zu bemerken, dass das Instrument eine sehr sorgfältige Behandlung verlangt und von einer geübten Hand geführt werden muss, wenn dasselbe dem Bedürfniss und Zweck in hinreichendem Maasse entsprechen soll.

Die Ausführung einer verkleinerten oder vergrößerten Zeichnung mittelst des Zeichenstiftes kann auf zwei verschiedene Arten geschehen: Das eine, gewöhnliche Verfahren besteht darin, dass man in die Hülse u des Zeichenstiftes ein fein gespitztes Bleistiftstängelchen (nach Art der Faber'schen Stellstifte) einsetzt, und somit die Zeichnung direct ausführt. Nach der zweiten Art bringt man an die Stelle des Bleistiftes ein feines Stahlstäbchen mit abgerundeter Spitze und legt über die Stelle, auf welcher die Zeichnung ausgeführt werden soll, ein dünnes, glattes, auf der unteren Seite mit Graphit

1) Aehnlich, wie beim Breithaupt'schen Pantographen.

geschwärztes Blatt Papier, welches man an den vier Ecken durch kleine Bleigewichte beschwert, oder auf dem Zeichnungsblatt an einigen Stellen leicht aufklebt. Man erspart sich dadurch das häufige Spitzen des Bleistiftes.

Die Grösse der mit dem Fahrstift zu umschreibenden Fläche beträgt 2 Meter Länge und 1 Meter Breite.

Schliesslich noch die Bemerkung, dass solche Pantographen in ausgezeichneter Ausführung von Herrn Mechaniker J. Goldschmidt in Zürich verfertigt werden.

Ausser den bereits oben erwähnten Ikonographen geschehe zum Schlusse noch kurze Erwähnung des in Fig. 61 Taf. XXXII in seiner horizontalen Projektion dargestellten Eidiographen oder Bilderzeichners von Professor Wollaston in Edingburgh 1821 erfunden. Derselbe ist wieder ein auf Rollen ruhendes Linealgerüst, mit einem Zeichnen- und einem Fahrstift. Die gleich grossen Arme des Instrumentes *a*, *b* und *c* lassen sich in Hülsen verschieben und durch Schrauben in der richtigen Lage festhalten. Die Hülsen von *b* und *c* liegen unter den Scheiben *e* und *f*, deren Axen in *a* gehen, beide sind durch eine feine Uhrfeder verbunden, so dass die Bewegung der einen eine gleichartige in der anderen bewirkt.

226/20

REPERTORIUM

der
für

PHYSIKALISCHE TECHNIK

FÜR

MATHEMATISCHE UND ASTRONOMISCHE

INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,

PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

ERSTER BAND.

MIT EINEM ATLAS VON 37 TAFELN.

MÜNCHEN, 1866.

VERLAG VON R. OLDENBOURG.

REPERTORIUM

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK

FÜR

MATHEMATISCHE UND ASTRONOMISCHE

INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,

PRIVATDOCENT AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

ERSTER BAND.

ATLAS.

TAFEL I BIS XXXVII.

MÜNCHEN, 1866.

VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Verzeichniss der Figurentafeln.

- Taf. I bis VII zu der Abhandlung: Die Wage von Ph. Carl. Pag. 1—41.
Taf. VIII. Cazin's Electro-dynamische Wage. Pag. 42—45.
Taf. IX. v. Vivenot's Verdunstungsmesser. Pag. 103—130.
Taf. X. v. Littrow's Heliostat. Pag. 46—56.
Taf. XI bis XVII zu der Abhandlung: Ueber Spectralapparate von Dr. Voit. Pag. 65—102.
Taf. XVIII Fig. 1. Poggendorff's Quecksilberluftpumpe. Pag. 137.
Fig. 2. Deleuil, Luftpumpe. Pag. 334.
Fig. 3. Morren's Quecksilberluftpumpe. Pag. 141.
Taf. XIX Fig. 1 bis 4. Jolly's Quecksilberluftpumpe. Pag. 144.
Fig. 5 bis 7. Thomson's Polarisationsbatterie. Pag. 171.
Taf. XX. Steinheil's Meridiankreis. Pag. 149.
Taf. XXI. Lasell's Telescop. Pag. 162.
Taf. XXII Fig. 1—3, XXIII, XXIV, XXV. Zöllner's Astrophotometer. Pag. 187.
Taf. XXII Fig. 4. Grüel's Gyrotrop. Pag. 254.
Fig. 5. Breithaupt's Lagerjustirung. Pag. 324.
Fig. 6. Breithaupt's Axenklemme. Pag. 324.
Taf. XXVI. Windmesser der Pariser Sternwarte. Pag. 200.
Taf. XXVII bis XXXII zu der Abhandlung: Ueber Pantographen von E. Fischer. Pag. 257—276.
Taf. XXXIII, XXXIV zu der Abhandlung: Ueber Formen und Principien der verschiedenen Heliotrope von E. Fischer. Pag. 277—285.
Taf. XXXV Fig. 1—4. Registrirende meteorologische Instrumente an der Sternwarte zu Lissabon. Pag. 293.
Fig. 5. Barral's Regenmesser. Pag. 331.
Taf. XXXVI. Die neuen grossen Instrumente der Pariser Sternwarte. Pag. 299.
Taf. XXXVII Fig. 1—3. Foucault's Kohlenlicht-Regulator. Pag. 289 bis 291.
Fig. 4 u. 5. Jelett's Polarisationsinstrument. Pag. 328—329.
Fig. 6 und 7. Braun's Nephoscop. Pag. 338—341.
Fig. 8. Carl's Commutator. Pag. 297.
-