

Sehr selten (Kein Expl. in Handel nachweisb.)

Vermutlich nur in kleiner Auflage
im Selbstverlag erschienen.

ULB Düsseldorf



+4064 265 01

adweid
lage



Die höt

die genaue

Mit einem Satz
und der

1346

Die höhere Uhrmacherkunst.

Regeln

für

die genaue Abmessung der Zeit

durch

U h r e n .

76 | 1999

Mit einem Kupfer-Atlas von 23 Tafeln in Folio,
und dem Bildnisse des Verfassers.

↓
extra
gebunden

19
Benz 1346



Dieses Werk ist auch zu haben:

In Kopenhagen bei Andr. Fried. Høst,
und bei C. A. Reigel.
Hamburg bei Perthes, Besser & Mauke.
Göttingen bei Vandenhoeck & Ruprecht.
Wien bei C. F. Wörschner.
Locle in der Schweiz in dem Uhren-Etablissement des Herrn
Jules Jürgensen.

Im Verlage des Herausgebers,
gedruckt bei Bianco Luno.

4064 265 01

1346

terra

et
e



U. Jürgensen pin.

H. W. Eberle sc.

URBAN JÜRGENSEN

Die höhere Uhrmacherkunst.

Regeln

für

die genaue Abmessung der Zeit durch Uhren,

oder

Anweisung zur Verfertigung astronomischer, nautischer
und anderer genauen Uhren;

nebst der Beschreibung der Kunst die Edelsteine, zum
Gebrauche in der Uhrmacherkunst, zu durchbohren und
zuzuschleifen,

von

Urban Jürgensen,

Uhrmacher der königl. dän. Marine, Ritter vom Dannebrog und Dannebrogsmann,
Mitgliede der königl. Gesellschaft der Wissenschaften und des Kunstcomitee der königl.
Landhaushaltungsgesellschaft in Kopenhagen.

Nach dem vom Verfasser, für die zweite französische Ausgabe des Werkes,
bestimmten Plane neu bearbeitet, mit Zusätzen vermehrt und herausgegeben

von

Louis Urban Jürgensen,

Schüler, Mitarbeiter und Nachfolger seines seligen Vaters.

Mitgliede des Scandinavischen Naturforscher-Vereins und der Gesellschaft zur Ausbreitung der
Naturlehre in Kopenhagen.

Mit einem Atlas von 23 Tafeln in Folio,
und dem Bildnisse des Verfassers.

Kopenhagen, 1842.

Zu haben im Chronometer- und Uhren-Etablissement des Herausgebers
in Kopenhagen und in der Buchhandlung von Perthes-Besser &
Mauck in Hamburg.

(Ladenpreis: 6 Th. Pr. Gr.)

19

Rara

19 Benz. 1346

26

Nur die mit meinem Namenszuge versehenen Exemplare,
werden von mir anerkannt.

L. Jürgensen

40642650A

Den

hochverdienten Astronomen

**Er. Excell. dem Herrn kaiserl. russischen
wirklichen Staatsrathe**

W. v. Struve,

Director der kaiserlichen Hauptsternwarte zu Pulkowa,
Commandeur des dän. Danebrogordens, Ritter mehrerer Orden ꝛc.

und

**Er. Hochwohlgeboren dem Herrn königl.
dänischen Conferenzzathe**

H. C. Schumacher,

Director der königl. dänischen Sternwarte zu Altona,
Commandeur vom Danebrog und Danebrogsmann,
Ritter mehrerer Orden ꝛc.

deren Observatorien
eine so ausgezeichnete Sammlung

Meisterstücke

der Instrumental-Mechanik

vereinen,

sei diese Schrift

über eine Kunst, welche für die Astronomie so wichtig ist,

gewidmet.

Gebiet
und E
Danden
in die
und
Gaus
Serr
Wich
Lüth
Ech
Weng
Sart
Ech
Tum
in
Jord
berg
Sunt
Wid
Jesi
de
Stra
ren
fre

Subscribenten-Verzeichniß.

	Exemplare.
Gehlerd, C., Adr. J. P. Rode, Gold- und Silberarbeiter in Hadersleben . . .	1
Vandenhoeck & Ruprecht, Buchhändler in Göttingen	7
und zwar für die Herren:	
Gauß, Hofrath, Director der Göttinger Sternwarte	1
Ulrich, Professor	1
Listig, Professor	1
Koch, Uhrmacher	1
Menger, Uhrmacher	1
Sartorius, Uhrmacher	1
Schlotthauber, Uhrmacher	1
Domard & Sohn, in Hamburg	5
und zwar für die Herren:	
Jordan, Eduard, Uhrmacher in Magde- burg	2
Sutthoff, Gustav, Uhrmacher in Magde- burg	2
Müller, P. J., Uhrmacher in Wismar .	1
Jessen, K., Buchhändler in Flensburg (Durch die Gylvendalsche Buchhandlung)	5
Struve, v. W., wirklicher Staatsrath, Di- rector der kaiserlichen Sternwarte zu Pul- kowa	2

	Exemplare.
Zost, And. Fried., Buchhändler in Kopenhagen	70
und zwar für die Herren:	
Pfaff, W. J., Uhrmacher in Leipzig . . .	1
Berendssohn, Buchhändler in Hamburg . .	7
Zyphen, v. W., Prem. Lieutn. in Kopenhagen	1
Portius, G., Uhrmacher in Leipzig	1
Nestler & Melle, Buchhändler in Hamburg	7
Singer & Goering, Buchhändler in Wien.	2
Becker, Buchhändler in Elberfeld	2
Schneider & Weigel, Buchhändler in Nürnberg	
Black & Armstrong, Buchhändler in London	
Arnoldische Buch- und Kunsthandlung in Dresden	
Benedict, Jos, sel. Wittve, Buchhändler in Wien	
Regenburg, Buchhändler in Münster . . .	
Griem, J. M., Buchhändler in Gütin . . .	
Jonas, Buchhändler in Berlin	
Schulbuchhandlung in Braunschweig	
Hartleben, Buchhändler in Pesth	
Mayer & Comp., Buchhändler in Wien.	
Kern, J. Urban, Buchhändler in Breslau.	
Niemayer, Buchhändler in Hamburg . . .	2
Zeideloff, Buchhändler in Paris	
Mösles Wittve & Braumüller, Buchhändler in Wien	
Köppinger, Buchhändler in Riß	2
Levin, Sr. L., Buchhändler in Elbing . . .	
Kummer, Ed., Buchhändler in Leipzig . .	

Spiess, Sr.
 Buchhändler
 Weis &
 gart . . .
 Schulze, L.
 Mörckner,
 Perthes-Be
 Hamburg
 und p
 Benzler
 Boguslaw
 karer St
 Sorenien
 Koggen
 Jönsig W
 ver han
 Jürgens
 Lohle b
 K
 angeführ

	Exemplare.
Spieß, Fr., & Comp., Buchhändler in Warschau	
Weise & Stoppani, Buchhändler in Stutt- gart	
Schulze, L., Buchhändler in Celle	
Mörschner, C. S., Buchhändler in Wien.	10
Perthes-Besser & Mauke, Buchhändler in Hamburg	30
und zwar für die Herren:	
Benzenberg, Dr. Prof. in Düsselorf . .	1
Voguslawski, v., Prof., Director der Bres- lauer Sternwarte	3
Sørensen, P., Uhrmacher in Kopenhagen.	1
Borggreen, J. P., Uhrmacher in Kopenhagen.	1
Zeiszig, Uhrmacher in der Vorstadt St. Pauly, vor Hamburg	1
Jürgensen, Jules, Uhren-Etablissement in Loche in der Schweiz	20

Anm. Die Herren Subscribern sind hier in der Ordnung
angeführt, wie sie sich gemeldet haben.

153 Ex.



Inhalt der Kupfertafeln.

Mit Hinweisung auf die Nummern im Werke, wo die Figuren
beschrieben sind.

Tab. I. zeigt: ein Pyrometer zur Prüfung der Compensation des Secundenpendels.

Auffhängung des Pendels mittelst einer Schneide.

Auffhängung desselben mittelst einer Feder.

Das einfache Pendel.

Fig. 1, Nr. 14. — Fig. 2 u. 3, Nr. 26. — Fig. 4, 5 u. 6, Nr. 28. — Fig. 7, Nr. 55.

II. Ein Compensationspendel neuer Construction.

Das Quecksilber-Compensationspendel.

Fig. 1, 2 u. 3, Nr. 42. — Fig. 4, Nr. 55. — Fig. 5 u. 6, Nr. 62.

III. Verschiedene Theile einer Uhr, als:

Eine gewöhnliche Unruhe, eine Compensations-Unruhe, eine flache Spiralfeder, eine cylindrische Spiralfeder, ein Steinloch, einen Kloben, einen Räder, einen Compensator u. s. w.

Fig. 1, 2, 3 u. 4, Nr. 64. — Fig. 5 u. 6, Nr. 74. — Fig. 7, Nr. 76. — Fig. 8 u. 9, Nr. 80. — Fig. 10, Nr. 83. — Fig. 11 u. 12, Nr. 84. — Fig. 13, Nr. 86 u. Nr. 92. — Fig. 14, Nr. 89. — Fig. 15 u. 16, Nr. 87. — Fig. 17 u. 18, Nr. 97.

IV. Das Eingreifen der Räder und Getriebe.

Fig. 1, Nr. 111 u. Nr. 114. — Fig. 2, Nr. 115 u. Nr. 116. — Fig. 3, Nr. 126. — Fig. 4, Nr. 126, Nr. 127 u. Nr. 128. — Fig. 5, Nr. 129.

Tab. I. Die
 Fig.
 164.
 Nr.
 VI. D.
 VII. D.
 VIII. D.
 16.
 IX. D.
 Nr.
 X. D.
 Nr.
 XI. D.
 Nr.
 XII. D.
 Nr.
 XIII. D.
 Nr.
 XIV. D.
 Nr.
 XV. D.
 Nr.
 XVI. D.
 Nr.
 XVII. D.
 Nr.

- Tab. V. Die epicycloidische Form der Zähne.
 Fig. 1, Nr. 130 u. — Fig. 2, Nr. 135. — Fig. 3, Nr. 136. — Fig. 4, Nr. 137. — Fig. 5, Nr. 138. — Fig. 6, Nr. 139.
- VI. Die ruhende Doppelrad-Hemmung (duplex).
 Fig. 1 u. 2, Nr. 150 u. folg.
- VII. Die freie Ankerhemmung zu Taschenuhren.
 Fig. 1 u. 2, Nr. 155 u. folg.
- VIII. Die freie Federhemmung für Chronometer (Arnold's). Nr. 165 u. folg.
- IX. Freie Federhemmung zu demselben Gebrauche (Earnshaw's). Nr. 170 u. folg.
- X. Die freie Ankerhemmung auf englische Weise, zu Taschenuhren. Nr. 164.
- XI. Jürgensen's freie Doppelrad-Federhemmung für Chronometer; beschrieben in der ersten Abhandlung des ersten Anhangs.
- XII. Graham's ruhende Ankerhemmung zu Pendeluhren. Nr. 175 u. folg.
- XIII. Entwürfe oder Risse zu drei Taschenuhren. Fig. 1 u. 2, Nr. 187 u. — Fig. 3 u. 4, Nr. 193. — Fig. 5 u. 6, Nr. 199.
- XIV. Riß einer Secuhr und eines Taschenchronometers. Fig. 1 u. 2, Nr. 203. — Fig. 3, Nr. 209. — Fig. 4, 5, 6 u. 7, Nr. 212. — Fig. 8 u. 9, Nr. 215 u. folg.
- XV. Entwurf oder Riß einer Secuhr (eines Vorchronometers) mit Jürgensen's freier Doppelrad-Federhemmung, worin zugleich der Metallthermometer des Verfassers angebracht ist. Fig. 1, 2, 3, 4, 5 u. 6, Nr. 220. — Fig. 8 u. 9, Nr. 222 u. Nr. 223.
- XVI. Entwurf oder Riß einer astron. Pendeluhr mit freier Doppelrad-Hemmung. Nr. 183 u. folg.
- XVII. Metall-Thermometer mit einem Mechanismus den niedrigsten Temperaturstand anzugeben. Beschrieben in der dritten Abhandlung des ersten Anhangs.

Tab. XVIII u. XIX. Entwurf oder Riß einer astronomischen Pendel-
uhr mit ruhender Ankerhemmung. Nr. 179 u. folg.

XX. Breguet's ruhende Steincylinder-Hemmung. Nr. 149.

XXI, XXII u. XXIII. Die zum Durchbohren und Schleifen der
Edelsteine nöthigen Werkzeuge; beschrieben im zweiten An-
hange.

Beitrag zur Kenntniss
der Sternschnuppen
Erkenntnis der Stern-
Eigenschaften bei den

I. Abschnitt
der Geschichte
der Sternschnuppen
nicht ohne
Bemerkung
für die Stern-
kunde
von H. M.
Lohmeyer

II. Abschnitt
der Stern-
kunde
möglichst
vollständig
die Stern-
Eigenschaften
in der Stern-
kunde
für die
Stern-
kunde
von H. M.
Lohmeyer

Inhalts-Verzeichniß.

	Seite
Bericht der französischen Academie	XXIV
Vorwort zur zweiten dänischen Ausgabe	XXXIV
Vorwort zur deutschen Ausgabe	XLI
Biographie des Verfassers	XLVI

Erstes Kapitel.

- I Abschnitt. Von Zeitmessern im Allgemeinen; Benennung der Haupttheile einer solchen Maschine; das Pendel, das Uhrwerk und die Zeiger desselben, die Unruhe; die, durch Gewichte oder Federn hervorgebrachte, bewegende Kraft; die Hemmung oder das Echappement; das Federhaus; der Federstift; das Sperrwerk, bestehend aus Sperrrad und Sperrkegel; die Schnecke und Kette; das Stellungswerk; die Spiralfeder; das Räderwerk und der Räder; der Großboden und Kleinboden; die Stege und der Kloben. 1
- II Abschnitt. Vom Pendel, dessen Aufhängung und der Art und Weise, den Widerstand der Luft so gering als möglich zu machen. Das einfache (mathematische) und das zusammengesetzte (körperliche) Pendel; die Schwingungsbogen des Pendels sind nicht vollkommen gleichzeitig (isochronisch); Huyghens Vorschlag, den Isochronismus durch Schwingungen in der Cycloide zu bewirken; Pendelschwingungen in kleinen Kreisbogen sind hinreichend gleichzeitig. Allgemeine Gesetze für das Pendel; Berechnung der Länge eines Pendels, dessen Schwingungszeit gegeben ist; der Schwingungsmittelpunkt oder das Oscillationscentrum; Reibung und Luftwiderstand beim Pendel. Aufhängung des Pendels; Aufhängung vermittelt der Schneide, Regeln um hierbei die Reibung zu vermindern; Aufhängung vermittelt einer Feder. Von den

Mitteln den Widerstand der Luft so gering als möglich zu machen 5

Zweites Kapitel.

- I Abschnitt. Von der Wirkung der Temperatur auf die Metalle. Tabellen über die Ausdehnung der Metalle, in Decimalbrüchen, wenn die Länge als Einheit angenommen wird; in Linien, wenn die Länge eine Toise und wenn sie einen Zoll ist. Berechnung der Ausdehnung einer Stange, für eine bestimmte Temperaturveränderung, wenn die Masse und Länge der Stange gegeben sind 20
- II Abschnitt. Vom Einflusse der Wärme und Kälte auf das Pendel und auf die Abmessung der Zeit vermittelst desselben und von der Compensation. Vom Pyrometer und der Art, das Pendel in einem Pyrometer zu prüfen. Vom Quecksilber-Pendel. Das Pendel wird in der Wärme verlängert, in der Kälte verkürzt; eine gewöhnliche Pendeluhr wird bei uns im Sommer täglich ungefähr 20 Secunden langsamer gehen als im Winter; Beschreibung eines Compensationspendels, aus Eisen und Zink zusammengesetzt, und mit einem Messingrohr versehen; das Maas für die einzelnen Theile desselben; Berechnung der Compensation; die Compensation des Pendels im Pyrometer zu prüfen, wird empfohlen. Das Pendel muß hinlänglich solide sein. Beschreibung eines Pyrometers zur Prüfung und Verbesserung der Compensation des Secundenpendels. Es hat zwei Pfeiler und ist dadurch von Ferd. Verthoud's verschieden. — Art und Weise, das Pendel im Pyrometer zu prüfen. — Vom Pendel mit Quecksilbercompensation. Vermeyntliche Unvollkommenheiten desselben. Vorschlag zu einem neuen Quecksilber-Pendel und Beschreibung desselben 23

Drittes Kapitel.

- I Abschnitt. Von der Unruhe; von der Spiralfeder; von den Mitteln, die Wirkung der äußern Bewegungen so viel als möglich zu vermindern; vom Reibungswiderstande an den Zapfen der Unruhe; vom Widerstande der Luft. Die Unruhe ist der Regulator derjenigen Uhren, welche äußern Bewegungen ausgesetzt sind. Regeln, die bei

der Unruhe beobachtet werden müssen. Von den Mitteln, den Einfluß der äußern Bewegungen auf die Unruhe, so viel als möglich zu vermindern. Die Geschwindigkeit der Unruhe muß möglichst groß sein; Gränzen hierfür; die Anzahl der Schwingungen darf nicht weniger als 4 und nicht mehr als 5 oder 6 in der Secunde sein. Von der Reibung der Unruhzapfen und den Mitteln, diese so gering als möglich zu machen; das Bewegungsmoment der Unruhe; die Unruhe muß, im Verhältniß zur Kraft, einen passenden Durchmesser haben; die Steinlöcher, Form derselben; das Del; Form der Zapfen und Spielraum derselben. Die Spiralfeder muß einen mit der Unruhe gemeinschaftlichen Mittelpunkt haben. Vom Widerstande der Luft gegen die Unruhe; die passendste Form der Unruhe; die Arme müssen scharf sein, die Unruhe die Gestalt eines Ringes haben, und aus einem specifisch schweren Metalle gebildet sein. 53

II Abschnitt. Vom Räder; von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf die Unruhe, auf die Spiralfeder und auf die Dauer der Schwingungen der Unruhe. Von der einfachen Compensation an der Spiralfeder. — Die Kraft der Spiralfeder hängt von der Dicke und Breite des Spiraldrahtes und zugleich von der Länge der Spiralfeder ab; der Mechanismus des Rädere, die zwei Stifte des Rädere. Von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf die Dauer der Unruherschwingungen. Die Unruhe so wie die Spiralfeder werden durch die Wärme ausgedehnt, so daß die Uhr langsamer geht; der Einfluß der Temperatur auf den Gang der Taschenuhr ist weit größer, als auf den der Pendeluhr. — Von der einfachen Compensation an der Spiralfeder. Der, aus zwei Metallen zusammengesetzte, Compensator, verändert die Entfernung der beiden Stifte des Rädere. 67

III Abschnitt. Von der Compensation vermittelt der Unruhe; vom Luftwiderstande gegen diesen Regulator; von der Gleichzeitigkeit der Unruherschwingungen. Das Princip der Compensation vermittelt der Unruhe; die zusammengesetzten Metallbogen; die compensirenden Massen; die regulirenden Massen; Wahl der Metalle für die zusammengesetzten Bogen. Von dem Widerstande der Luft gegen die Compensations-Unruhe. Diese leidet größeren Wider-

stand als die gewöhnliche Unruhe; den Massen giebt man eine zweckmäßige Form und macht sie aus einem specifisch schweren Metalle. Vom Isochronismus der Schwingungen der Unruhe und von der cylindrischen Spiralfeder. Die Schwingungen nehmen allmählig an Ausdehnung ab; Pierre le Roy's und Ferd. Berthoud's verschiedene Art und Weise, die Schwingungen gleichzeitig oder isochronisch zu machen; die Masse, aus welcher die Spiralfeder gemacht wird, entweder aus Stahl oder aus Gold 73

Viertes Kapitel.

Von der bewegenden oder treibenden Kraft. Diese ist entweder die Schwerkraft, wenn die Uhr durch Gewichte (Lothe) getrieben wird; oder die Schnellkraft (Elasticität) wenn sie durch Federn getrieben wird; die erstere ist völlig gleichmäßig. Die Kraft der Feder wird durch die Schnecke gleichförmig gemacht; man kann aber dem Gebrauch der Schnecke, selbst bei den genauesten Uhren, entgehen; man giebt der Feder viele Umläufe, macht sie lieber lang und dünn, als kurz und dick. Obgleich die bewegende Kraft bei der Pendeluhr dieselbe bleibt, wird die Uhr doch, wenn die Reibung mit der Zeit zunimmt, ihren Gang verändern; einfaches Mittel, die bewegende Kraft nach und nach zu vermehren; Hilfskraft, welche die Uhr während des Aufziehens im Gange hält. Secuhren ohne Schnecke, aber mit zwei ungewöhnlich langen Triebfedern; Sicherheit vor Zerspringen der Kette und Feder; täglicher Gang des Vor-Chronometers (ohne Schnecke) von Louis Urban Jürgensen Nr. XXII 86

Fünftes Kapitel.

Vom Räderwerke und der Berechnung der Räder und Getriebe. Die Verbindung der Räder und Getriebe dient zur Veränderung der Geschwindigkeit. Die Kraft steht im umgekehrten Verhältniß zur Schnelligkeit; die Durchmesser oder Radien der Räder und Getriebe stehen im umgekehrten Verhältniß zur Schnelligkeit; in demselben Verhältniß als die Durchmesser, steht auch die Anzahl der Zähne; Aufgaben: die Umläufe des letzten Rades zu finden, wenn das erste Rad Einen Umlauf macht, und die Anzahl der Zähne in den

Rädern und Getrieben gegeben ist; die passende Anzahl Zähne zu finden, welche man den Rädern und Getrieben geben muß, wenn sie eine gewisse Anzahl Umläufe bewirken sollen u. . . 98

Sechstes Kapitel.

- I Abschnitt. Von den Eingriffen und der Größe der Getriebe. Fehler der Eingriffe; Größe der Getriebe 115
- II Abschnitt. Von der Figur der Zähne. Die Cycloide, Epicycloide und Hypocycloide. Die Eigenschaften dieser Linien, welche sie geschieht machen, die Zähne nach ihnen zu bilden. Man muß den Rädern und Getrieben möglichst viele Zähne geben. Die primitiven und totalen Radien der Räder und Getriebe 119
- III Abschnitt. Von der Reibung der Zapfen des Räderwerkes. Die Zapfen müssen desto dünner sein, je mehr sich die Räder und Getriebe von der bewegenden Kraft entfernen; übrige Eigenschaften der Zapfen; Form der Löcher; die Masse aus der sie gebildet werden; es ist nicht nothwendig die Zapfen der Schnecke, des Minuten- und Mittelrades (des großen und kleinen Bodenrades) in Steinlöchern gehen zu lassen, richtiger gebraucht man gut gehämmertes Messing oder Gold. 129

Siebentes Kapitel.

- I Abschnitt. Von der Hemmung im Allgemeinen. Verschiedene Arten derselben; die zurückfallende Hemmung, die ruhende Hemmung; die einfache, freie Hemmung, die freie Hemmung mit beständiger Kraft 132
- II Abschnitt. Breguer's Steincylinderhemmung; von der ruhenden Doppelrad-Hemmung (*échappement duplex*). Allgemeine Regeln für die Cylinderhemmung; Massen, aus welchen die einzelnen Theile der Hemmung ausgeführt werden, Beschreibung der Hemmung. — Unvollkommenheiten der Cylinder- und besonders der Hakenhemmung; das Stofrad und das Ruherad der Doppelrad-Hemmung; das Spiel dieser Hemmung; Bemerkungen über das Verhältniß dieser Hemmung; die Massen aus welchen ihre Theile gebildet werden; sie bedarf keines Mittels das Ausschwenken zu verhüten 135
- III Abschnitt. Von der freien Ankerhemmung zu Taschenuhren. Die Theile der Hemmung; Regeln für die Verfertigung

	Seite
gung dieser Hemmung. Form der Zähne des Hemmungsrades	145

Achstes Kapitel.

- I Abschnitt. Beschreibung von Arnold's freier Chronometer-Hemmung; die einzelnen Theile derselben; Regeln für die Construction; Massen für die verschiedenen Theile der Hemmung 154
- II Abschnitt. Beschreibung von Earnshaw's freier Chronometer-Hemmung; die einzelnen Theile derselben; Regeln für die Construction; Massen, aus welchen die verschiedenen Theile gefertigt werden 160

Neuntes Kapitel.

- Von der ruhenden Ankerhemmung zu Pendeluhrn. Sie ist von Graham erfunden, und allgemein bekannt; Regeln für die Verfertigung derselben 167

Zehntes Kapitel.

- I Abschnitt. Entwurf oder Riß einer astronomischen Pendeluhr mit ruhender Ankerhemmung; Beschreibung des Mechanismus, welcher den Gang der Uhr während des Aufziehens unterhält; einige Bemerkungen mit Rücksicht auf die Aufhängung des Pendels und über einige verschiedene Methoden, Gleichzeitigkeit bei den Pendelschwingungen hervorzu-bringen 173
- II Abschnitt. Entwurf oder Riß einer astron. Pendeluhr mit freier Doppelrad-Hemmung. Räder und Getriebe derselben. Vorzüge einer freien Hemmung, auch zu Pendeluhrn; die freie Doppelrad-Hemmung. Das Spiel der Hemmung. Die Anzahl der Zähne im Räderwerke. Wie die Uhr während des Aufziehens geht 183

Elfstes Kapitel.

- I Abschnitt. Entwurf oder Riß zu einer Taschenuhr mit Ankerhemmung und excentrischen Secunden. Die Uhr hat keine Schnecke und nur Einen Boden (den Grob-boden); die Räder sind symmetrisch gestellt. Die Ankerhemmung; die

Seite

Spiralfeder hat 8 bis 10 Umgänge. Zweckmäßig ist die Anwendung des einfachen Compensators an der Spiralfeder. Die Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben, das Zeigerwerk (Vorlegewerk) 189

II Abschnitt. Entwurf oder Riß zu einer Taschenuhr mit ruhender Doppelradhemmung (*duplex*). Riß der Uhr; sie kann Secundenzeiger haben; Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben; das Zeigerwerk 194

Zwölftes Kapitel.

Entwurf oder Riß zu einer Uhr mit freier Federhemmung, concentrischen Secunden, Minuten und Stunden, deren Secundenzeiger 2 Sprünge in der Secunde macht. Uhren mit Federhemmung lassen sich leicht anhalten; sie dürfen daher keinen kreisförmigen Bewegungen ausgesetzt werden. Erläuterung des Risses; die Hemmung; das Gesperre des Federhauses; die Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben. Ursachen zur Veränderung des Ganges in verschiedenen Lagen. Art und Weise, den Gang der Uhr in vertikaler und horizontaler Lage gleich zu machen. Compensator an der Spiralfeder; die Uhr muß mit einer Kapsel versehen sein 198

Dreizehntes Kapitel.

I Abschnitt. Entwurf oder Riß zu einer Secuhr mit freier Federhemmung (Larnshaw's Hemmung). Beschreibung des Risses; die Räder und Getriebe, und die Anzahl ihrer Zähne; die Anzahl der Schwingungen ist 14400 in der Stunde; Mechanismus der die Uhr während des Aufziehens zum Gehen bringt; ihre Aufhängung zum Seegebrauche . . . 207

II Abschnitt. Entwurf oder Riß eines Taschenchronometers mit freier Federhemmung (Arnold's Hemmung). Beschreibung des Risses. Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben. Die Uhr macht 18000 Schwingungen in der Stunde 213

III Abschnitt. Entwurf oder Riß einer Secuhr mit freier Doppelrad-Hemmerung (Jürgensen's Hemmung). Bemerkung über die Größe der Secuhren; Anzahl der Zähne

B*

in den Rädern und Getrieben; ein bei der Uhr angebrachter Metallthermometer	Seite 215
--	--------------

Vierzehntes Kapitel.

- I Abschnitt.** Vom Isochronismus der Unruherschwingungen. In Chronometern, die eine Hemmung mit beständiger Kraft haben, wird der Isochronismus, der Natur der Hemmung zufolge, erreicht. Zwei verschiedene Arten den Isochronismus zu erreichen. Pierre le Roy's Methode besteht darin, der Spiralfeder eine gewisse, bestimmte Länge zu geben, wodurch sie isochronisch wird. Gründe, weswegen man die kleinen Schwingungsbogen etwas schneller machen muß als die größeren. Ferd. Berthoud's Methode, den Spiraldraht allmählig dünner zu machen, je mehr er sich vom Mittelpunkte entfernt. Auch die Figur der Spiralfeder, hat auf den Isochronismus Einfluß. Die Schwingungsbogen müssen groß sein. Bemerkungen über den Isochronismus der Unruherschwingungen in den Längenuhren, mit Rücksicht auf den verschiedenen Gebrauch der letzteren, auf der See oder auf dem festen Lande; Kessels Bemerkungen über diese Abhandlung des Verfassers 220
- II Abschnitt.** Allgemeine Bemerkungen über die Regulirung der Uhren in verschiedenen Lagen. Mittel dazu . 240
- III Abschnitt.** Von den Mitteln, welche man anwendet, um die Längenuhren zu reguliren, und den Proben, welche man anstellen muß, um eine ganz genaue Compensation in der Wärme und Kälte zu erhalten. Die regulirenden Schrauben dienen zur Regulirung der Uhr nach einer gewissen Zeit, Stern- oder Mittelzeit; die Compensation wird in einem Wärmeapparate und in der Kälte geprüft. Verbesserungen durch das Verschieben der compensirenden Massen, oder durch Vertauschung derselben gegen Massen von anderem Gewichte; wiederholte Proben des Ganges, der Compensation und des Isochronismus der Uhr. 241

	Seite
Schmelzpunkt verschiedener Körper, einiger Mischungen und leichtflüssigen Körper; angegeben nach Celsius's Thermometer und Wedgwood's Pyrometer	216
Wärmeleitungsvermögen der Metalle	217
Specifisches Gewicht einiger Metalle und anderer festen Körper, zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst	217

Erster Anhang.

- Beschreibung der freien Doppelrad-Federhemmung. Die Vorzüge, welche Carnshaw's Hemmung hat; Vorzüge der Doppelrad-Federhemmung vor dieser; Erklärung der verschiedenen Theile der Hemmung. Das Spiel der Hemmung; Bemerkungen über dieselbe; täglicher Gang eines mit dieser Hemmung versehenen (Box-) Chronometers, von L. N. Jürgensen Nr. XXIV 219
- Die Wirkung der Luft auf den Regulator der astron. Pendeluhren und der Längenuhren. Bessel's Bemerkungen über die Veränderung, welche im Gange der astron. Pendeluhren durch die Veränderungen in der Luftdichtigkeit statt finden kann. Die Compensation muß für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers $\frac{1}{100000}$ zu schwach sein. Möglichkeit diese Verbesserung durch das Quecksilberpendel hervorzubringen. Der Einfluß des Luftwiderstandes auf die Ausdehnung der Pendelschwingungen; der weit größere Einfluß desselben auf die Schwingungen der Unruhe. Versuche über die veränderliche Ausdehnung der Schwingungsbogen der Compensations-Unruhen, wenn die Schwingungen in atmosphärischer Luft geschehen, die bis auf eine Barometerhöhe von nur 4 Zoll verdünnt ist. Versuche bei einer Barometerhöhe von 24 Zoll. Versuche über den Gang der Längenuhren in verschiedener Luftdichtigkeit. Nach den angestellten Versuchen, muß ein Chronometer eine Spiralfeder haben, der ihn 5 bis 6 Secunden schneller gehen macht, wenn die Schwingungsbogen um 150 Grad vermindert werden . . 262
- Die Jürgensen'schen Metallthermometer. Diese sind 1801 erfunden; der Haupttheil ist ein, aus zwei Metallen von ungleicher Ausdehnungskraft zusammengesetzter Bogen. Die allgemeine Brauchbarkeit des Metallthermometers; ein größerer

Metallthermometer um das Minimum anzugeben; andere Metallthermometer, welche sowohl das Maximum, als auch das Minimum angeben. Der Mesothermometer von Jules Girgenßen, zur Angabe der Mitteltemperatur irgend eines Zeitraums, eines Tages, einer Woche, eines Monates, eines Jahres, bestimmt; Arago's Bericht darüber; Beschreibung desselben aus der Zeitschrift „Nyt Magazin for Kunstnere og Haandværkere“ entlehnt 283

Zweiter Anhang.

- Die Kunst, Edelsteine wie Rubine und Saphire, zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst, zu durchbohren; Paletten für die Hemmung, Cylinder, Rollen u. s. w. aus Stein zu verfertigen. Zerstoßen des Diamanten. Weiteres Zerpulvern. Behandlung des Pulvers, um es zum Poliren zu eignen 302
- Ein Zapfenloch in Saphire oder Rubine zu machen. Bearbeitung des Steines und Beschreibung des zu diesem Gebrauche geeigneten Drehstuhles. Diamantene Grabstichel. Wölbung und Versenkung des Steinloches zu bilden. Das Loch von der einen Seite zu bohren. Wölbung und Versenkung zu poliren. Das Loch von der andern Seite zu bohren. Die Fläche des Steines zu poliren. Den Stein einzufassen . 306
- Verfertigung der Steindecke (contrepivot) 316
- Verfertigung einer Palette, wie zur Hebefläche in der Doppelrad-Hemmung, oder wie zur Hebefläche, Ruhe und Auslöschung in mehreren freien Hemmungen. — Die Palette aus dem Groben zu bearbeiten und zu schleifen, bis sie die passende Form hat. Die Palette zu poliren 318
- Verfertigung eines Cylinders aus Rubin oder Saphir. Den Cylinder aus dem Groben zu bearbeiten. Den Cylinder zu durchbohren. Das Innere des Cylinders zu vergrößern, ihm die rechte cylindrische Form zu geben und ihn zu poliren. Dem Cylinder den passenden Durchmesser und die rechte Höhe zu geben. Das Aeußere des Cylinders zu poliren. Den Cylinder einzuschneiden. Die Lippen zu bilden und zu poliren . . 320

	Seite
Verfertigung einer Steinrolle, wie zur ruhenden Doppelrad- Zemmung. Den Stein oder Rubin aus dem Groben zu bearbeiten. Den Stein abzdrehen, und dessen Mittelpunkt zu bezeichnen. Die Rolle von der einen Seite zu bohren. Die Rolle von der andern Seite zu bohren. Die Rolle mit Siegellack auf eine kleine Spindel zu setzen, um sie poliren und auf der Vorderseite abdrehen zu können. Die Rolle ein- zuerben. Die Kanten der Kerbe abzurunden. Die Kerbe und deren Kanten zu poliren.	325
Ein nicht völlig durchbohrtes (versenktes) Loch zu machen. Den Stein aus dem Groben zu bearbeiten, ihn zweckmäßig in Siegellack zu befestigen und auf der einen Seite abzdrehen. Die Wölbung zu poliren. Die andere Seite des Steines in Siegellack zu befestigen, den Mittelpunkt zu bezeichnen und die Versenkung zu drehen. Das Loch zu bohren und zu po- liren. Die Versenkung zu poliren. Die Kanten des Loches abzurunden. Die Flächen des Steines zu poliren.	328

Die Literatur der Uhrmacherkunst.

Schriften in deutscher Sprache herausgegeben	332
Schriften in französischer Sprache herausgegeben	341
Schriften in englischer Sprache herausgegeben	349
Schriften in lateinischer Sprache herausgegeben	352
Schriften in dänischer Sprache herausgegeben	354
Alphabetisches Register	357

INSTITUT DE FRANCE.

ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.

RAPPORT

SUR UN OUVRAGE AYANT POUR TITRE
PRINCIPES DE L'EXACTE MESURE DU TEMPS
PAR LES HORLOGES, etc.

PAR Mr. U. JÜRGENSEN.

COMMISSAIRES: MM. MATHIEU, DE PRONY ET SAVARY,
RAPPORTEUR.

LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE
POUR LES SCIENCES MATHÉMATIQUES
certifie que ce qui suit est extrait du procès verbal
de la séance du 16 septembre 1833.

En 1804 un artiste habile, *Urbain Jürgensen*, fit
paraître à Copenhague, en langue danoise, un Traité
sur l'horlogerie de précision. L'année suivante, il le

Das französische Institut.

Die königliche Academie der Wissenschaften.

Bericht

über ein Werk, betitelt:

**Regeln für die genaue Abmessung der Zeit
durch Uhren u. s. w.**

von

Hrn. H. Jürgensen.

Commissarien: Die Herrn Mathieu, De Prony und Savary,
Berichterstatter.

Der beständige Secretair der Academie der mathematischen
Wissenschaften

bescheinigt, daß Folgendes aus dem Verichte extrahirt ist, welcher in der Versammlung den 16 September 1833 gegeben ist.

Im Jahre 1804 gab ein geschickter Künstler, Urban Jürgensen in Kopenhagen, ein Werk über die höhere Uhrmacherkunst in dänischer Sprache heraus. Im folgenden

traduisit lui-même en français; une traduction allemande avait déjà paru dans l'intervalle. *)

L'édition française fut alors offerte à cette Académie, qui s'en fit rendre un compte verbal par M. *Burckhardt*. Le temps et l'estime des artistes pour qui l'ouvrage est écrit, ont confirmé le jugement favorable, quoique réservé, du rapporteur. L'ouvrage est devenu rare, parce qu'il est utile.

Jürgensen en préparait une *seconde édition* lorsque la mort l'a surpris au travail.

C'est le manuscrit qui doit servir à cette édition nouvelle, corrigée presque entièrement sur les notes de l'auteur, que son fils, habile lui-même dans son art, vous présente aujourd'hui.

Les changemens apportés à l'ouvrage de 1805 doivent donc seuls nous occuper dans ce rapport.

Parmi les additions qui appartiennent à l'auteur, on remarque un pyromètre, dont la disposition offre peut-être quelque avantage sur celle que *Berthoud* a décrite; un pendule compensateur, où l'astronome peut lui-même corriger la compensation par degrés insensibles, si les observations lui en font reconnaître la nécessité; un échappement libre, où les frottemens pendant le décrochement sont moindres encore que dans l'échappement d'*Earnshaw*, enfin des recherches

*) Malgré que la traduction allemande dont il est ici question, se trouve indiquée dans plusieurs Catalogues de livres, l'éditeur n'en a cependant aucune connaissance.

Jahre übersezte er es selbst ins Französische; eine deutsche Uebersetzung war während dessen schon herausgekommen.*)

Die französische Ausgabe wurde damals dieser Academie überreicht, welche sich einen mündlichen Bericht darüber durch den Herrn Burckhardt geben ließ. Die Zeit und die Achtung der Künstler, für welche das Werk geschrieben ist, haben das günstige, obgleich nicht weiter bekannt gemachte, Urtheil bestätigt. Das Buch ist seines Nutzens wegen selten geworden.

Jürgensen bereitete eine zweite Ausgabe vor, als ihn der Tod von dieser Arbeit abrief.

Das Manuscript nun, welches zu dieser neuen Ausgabe dienen soll, und fast ganz nach den Bemerkungen des Verfassers verbessert ist, legt sein Sohn, selbst geschickt in seinem Fache, Ihnen heute zu Beurtheilung vor.

Die Veränderungen, welche seit 1805 in diesem Werke vorgenommen sind, müssen uns daher allein in diesem Berichte beschäftigen.

Unter den Zusätzen, welche dem Verfasser eigenthümlich sind, bemerkt man ein Pyrometer, dessen Einrichtung vielleicht einigen Vortheil vor dem, welches Berthoud beschrieben hat, darbietet; ein compensirendes Pendel, vermittelst dessen der Astronom die Compensation gradweise verbessern kann, wenn ihm die Beobachtungen solches als nothwendig zeigen; eine freie Hemmung, wo die Reibungen unter der Auslösung noch geringer sind, als bei Earnshaw's Hemmung; endlich Experimental-Untersuchungen über die Art und Weise, auf welche

*) Die hier erwähnte deutsche Uebersetzung, ist indessen dem Herausgeber nicht weiter bekannt, obgleich sie sich auch in deutschen Bücherverzeichnissen findet.

expérimentales sur la manière dont la résistance de l'air modifie la marche de la montre en agissant sur le balancier. Quant à ce dernier point l'auteur conclut que la disposition la plus favorable à une marche régulière est celle où les moindres oscillations du ressort spiral sont un peu plus rapides que les grandes. La plupart de ces questions avaient déjà été traitées par *Jürgensen* dans divers mémoires dont on a formé récemment un recueil.

En comparant l'édition de 1805 à celle qui vous est soumise, on voit que l'opinion de l'auteur a été modifiée sur quelques points, notamment sur les pendules à compensation de mercure, qu'il approuve, revenu en cela à l'opinion générale. Une modification plus importante, en ce qu'elle est moins conforme aux idées reçues, est celle qui concerne les ressorts spiraux du balancier dans les chronomètres. Ces ressorts se font soit en acier trempé, soit en acier écroui, soit enfin en or allié d'une petite quantité de cuivre. Les expériences de *Jürgensen* lui ont montré que ces derniers ressorts, lorsqu'ils sont bien écrouis, reprennent plus exactement leur figure et leur élasticité primitives, après avoir subi une tension très forte, même jusqu'à une circonférence entière, que ne le font les ressorts spiraux en acier. Des expériences variées peuvent seules bien décider ce point. Toutes choses égales, il est à désirer que l'on emploie dans les montres, le moins qu'il se pourra, de substances susceptibles d'aimantation.*)

*) Une raison de plus pour donner la préférence aux ressorts spiraux en or.

der Luftwiderstand den Gang der Uhr verändert, indem er auf die Unruhe wirkt. Was diesen letzten Punkt betrifft, so schließt der Verfasser, daß die Einrichtung die vortheilhafteste ist, um einen regelmäßigen Gang zu bewirken, wo die kleineren Schwingungen der Spiralfeder etwas schneller sind, als die größeren. Die meisten dieser Gegenstände waren schon von Jürgensen in verschiedenen Abhandlungen bearbeitet, welche man neulich zu einem Ganzen gesammelt hat.

Bei der Vergleichung der Ausgabe von 1805 mit der, welche Ihnen vorgelegt ist, sieht man, daß sich die Ansicht des Verfassers in Rücksicht einiger Punkte etwas verändert hat, namentlich in Rücksicht der Quecksilber-Pendel, welche er billigt, und darin also der allgemeinen Ansicht beigetreten ist. Eine wichtigere Abweichung, in so fern sie weniger mit den allgemein angenommenen Begriffen übereinstimmt, ist die, welche die Spiralfedern der Unruhen in den Chronometern betrifft. Diese Spiralfedern sind entweder aus gehärtetem oder aus gezogenem Stahle, oder endlich aus Gold, mit einer geringen Menge Kupfer legirt. Jürgensen's Versuche haben gezeigt, daß diese letzteren Spiralfedern, wenn sie gut gezogen sind, genau wieder ihre ursprüngliche Gestalt und Elasticität annehmen, nachdem sie einer sehr großen Spannung, selbst bis auf einen ganzen Umgang, unterworfen gewesen sind, welches mit den stählernen Spiralfedern nicht der Fall ist. Unter verschiedenen Verhältnissen angestellte Versuche, können allein in diesem Punkte entscheiden. Ist übrigens Alles gleich, so ist es wünschenswerth, so wenig als möglich solche Massen in Uhren anzuwenden, die für den Magnetismus empfänglich sind.*)

*) Ein Grund mehr, um goldene Spiralfedern vorzuziehen.

Parmi les échappemens à repos, on trouve dans la nouvelle édition l'échappement *duplex de Le Roy*, substitué exclusivement aux diverses espèces d'échappemens à cylindre, à virgule, etc. Peut-être l'échappement à cylindre, qui, si le cylindre est en pierre, peut fonctionner bien et longtemps, mériterait-il, avec cette restriction, d'être conservé à cause de sa simplicité.

La description des parties isolées dont une montre se compose est suivie, comme dans le traité de 1805, du plan détaillé de plusieurs chronomètres. Toutes les données, toutes les dimensions nécessaires à leur exécution complète, se trouvent ainsi offertes réunies aux artistes. Cette partie de l'ouvrage, qui ne leur est pas la moins utile, a subi plusieurs changemens, conséquence nécessaire du choix différent des échappemens précédemment décrits.

L'auteur a presque toujours employé dans ses plans, le mécanisme ingénieux de la *fusée*. On voit ainsi, sans qu'il l'ait formellement exprimé, que sa longue expérience l'avait conduit à penser que l'isochronisme du spiral ne doit pas dispenser de rendre la force motrice aussi uniforme que possible. On peut remarquer que si la fusée complique le rouage, ce n'est pas au moins dans une partie dont l'exécution soit délicate et les frottemens variables.

En résumé, cette seconde édition de l'ouvrage de *Jürgensen* ne peut manquer d'être favorablement accueillie des artistes. Nous engagerons donc l'Académie à remercier le fils de l'auteur, de la communication

Unter den ruhenden Hemmungen findet man in der neuen Ausgabe anstatt der verschiedenen Arten Hemmungen, z. B. der Cylindershemmung, Hakenhemmung u. s. w., nur le Roy's Doppelrad-Hemmung. Vielleicht könnte die Cylindershemmung, welche sehr gut und lange gehen kann, wenn der Cylinder von Stein ist, mit dieser Einschränkung, seiner Einfachheit wegen, beibehalten zu werden verdienen.

Auf die Beschreibung der einzelnen Theile, woraus eine Uhr zusammengesetzt ist, folgen, wie in der Ausgabe von 1803, ausführliche Risse mehrerer Chronometer. Alle Theile, alle Maaße, welche zu ihrer vollständigen Fertigstellung erforderlich sind, finden die Künstler hier also vereinigt dargestellt. Dieser Theil des Werkes, der für die Künstler keinesweges vom geringsten Nutzen ist, hat mehrere Veränderungen erlitten, eine nothwendige Folge der verschiedenen Wahl der vorher beschriebenen Hemmungen.

Der Verfasser hat fast immer in seinen Rissen den sumreichen Mechanismus: die Schnecke, benutzt. Man sieht also, ohne daß er sich bestimmt darüber ausspricht, daß ihn seine lange Erfahrung überzeugt hat, daß es durch den Isochronismus der Spiralfeder nicht ganz überflüssig wird, die bewegende Kraft möglichst gleichförmig zu machen. Man muß bemerken, daß wenn auch die Schnecke das Räderwerk verwickelter macht, dieses wenigstens nicht durch einen Theil geschieht, dessen Fertigstellung schwierig, und bei welchem die Reibung veränderlich ist.

Kurz, es kann nicht fehlen, daß diese zweite Ausgabe von Jürgensen's Werk unter den Künstlern eine günstige Aufnahme finden werde. Wir schlagen daher der Academie vor, dem Sohne des Verfassers für die gemachte Mittheilung

qu'il lui en a faite. La part que ce jeune homme a eue à la rédaction nouvelle, ainsi que les pièces d'horlogerie qu'il a déjà exécutées, annoncent en lui un digne successeur de son père.

Signé à la minute: MATHIEU, DE PRONY, et SAVARY, rapporteur.

L'ACADÉMIE adopte les conclusions de ce rapport.

Certifié conforme:

Le secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques.

Signé: ARAGO.

zu danken. Der Antheil, den dieser junge Mann an der neuen Ausgabe gehabt hat, so wie auch die Arbeiten in der Uhrmacherkunst, welche von ihm geliefert sind, verkündigen in ihm einen würdigen Nachfolger seines Vaters.

Unterschrieben: Mathieu, De Prony und Savary, Referent.

Die Academie nimmt die Schlüsse dieses Berichtes an.

Die Uebereinstimmung mit dem Originale bescheinigt:

Der beständige Secretair der mathematischen Wissenschaften,

Arago.

Vorrede zur zweiten dänischen Ausgabe.

In der letzten Zeit seines Lebens arbeitete mein Vater an einem neuen Werke über die höhere Uhrmacherkunst, in der Absicht, eine kurzgefaßte Uebersicht der Grundregeln für die Construction der, zur genauesten Zeitmessung bestimmten, Uhren zu geben. Mein jüngerer Bruder und ich, waren in unsern Freistunden und unter der Leitung unsers Vaters, mit der Ausführung der Zeichnungen beschäftigt, die den Text erläutern sollten; diese Arbeit, welche uns eine vorzügliche Gelegenheit verschaffte unsre Kunst zu lernen und uns weiter darin auszubilden, wurde aber bald unterbrochen, da uns der Tod nach einer langen Krankheit einen liebevollen Vater entriß, dessen Kenntnisse und Erfahrungen uns noch herrliche Beiträge zur Uhrmacherkunst hätten verschaffen können.

Bei der Erwähnung dieses frühen Todes meines Vaters (er erreichte nur ein Alter von kaum 54 Jahren), kann ich nicht unterlassen eine Stelle seiner Zueignung an Se. Excellenz den Grafen v. Schimmelmänn anzuführen, welche er der ersten französischen Ausgabe seines Werkes (von 1805) beifügte:

„Nur durch ausdauernden Fleiß, mit Selbstverläugung und oft bei Verlust der Gesundheit, bildet der Künstler sein Talent aus; der Wunsch zu nützen, die Hoffnung den Schuß eines mächtigen und rechtschaffenen Gönners zu verdienen, spornt ihn dazu an.“

Ich glaube kaum, daß man die Wahrheit dieser Worte besser beweisen kann, als durch ihre Anwendung auf meinen Vater; denn die Anstrengungen welche er machen mußte, um sich der Vollkommenheit nähern, und in einem so schwierigen und verwickelten Fache, wie die höhere Uhrmacherkunst, arbeiten zu können, schadeten sehr seiner Gesundheit, da sie ihm nicht die nothwendige Sorge für dieselbe gestatteten, sondern ihn gar zu sehr an eine mühsame, ununterbrochene Arbeit fesselten.

Als er sich die größte Erfahrung und Einsicht erworben hatte, mußte er die Welt und eine Kunst verlassen, welche er mit so vieler Vorliebe ausübte, und das Werk, dessen Zweck es war, der Nachwelt seine späteren Untersuchungen mitzutheilen, blieb unvollendet.

Mehrere Künstler und Freunde der Uhrmacherkunst, welche wußten, daß sich das Manuscript meines Vaters in den Händen seiner Söhne befand, forderten mich als den Ältesten, als den Schüler und Mitarbeiter meines Vaters auf, dieses Werk zu vollenden und herauszugeben, damit es nicht für die ohne Nutzen bliebe, welche sich der Kunst zu widmen wünschten.

Durch das Zutrauen mit welchem man mir entgegen kam, fühlte ich mich sehr geehrt, war aber bei meines Vaters Tode noch zu jung, um mich stark genug zu fühlen, den mir dadurch gemachten Forderungen genügen zu können. Um das von meinem Vater angefangene Werk gut vollenden zu können, schien es mir nicht hinlänglich zu sein, den von ihm entworfenen Plan, so wie auch seine Arbeit und die dabei angebrachten Verbesserungen genau zu kennen; man mußte mit Talent für die Uhrmacherkunst zugleich Fertigkeit vereinen sich schriftlich deutlich auszudrücken, wenigstens in dem Grade, daß man sich dem Leser verständlich machen könne. Außerdem mußte man Proben seiner Tüchtigkeit im Fache abgelegt haben, ehe man Andere unterrichten konnte, und ich hatte nur wenige Arbeiten zur höheren Uhrmacherkunst gehörig, unmittelbar nach dem Tode meines Vaters ausführen können, in der Zeit, die von Reparationen u. welche in dem, von meinem Vater gegründeten, Uhren-Etablissement vorfielen, übrig blieb.

Ich erlaube mir als die erste unter diesen einer Seeuhr zu erwähnen, welche ich auf Befehl der königlichen Admiralität für den See-Stat verfertigt habe.*)

Aus den angeführten Gründen fand ich mich veranlaßt, ein so schwieriges Unternehmen, wie die Vollendung eines Werkes über die höhere Uhrmacherkunst nach dem Plane den mein Vater gewählt hatte, und den er ausgeführt haben würde, wenn er länger gelebt hätte, aufzuschieben, ja es sogar ganz aufzugeben, wenn man mir nicht hätte vorwerfen können, daß ich die Untersuchungen und Arbeiten meines Vaters nicht hätte bekannt machen wollen, aus Furcht, daß andre Künstler daraus Nutzen ziehen möchten; und da ich außerdem überzeugt bin, daß die Kenntnisse, welche sich mein Vater in mehr als 30-jähriger ununterbrochener Arbeit, um dahin zu gelangen gute Seeuhren zu verfertigen, zur Beförderung der Kunst der Zeitmessung beitragen, und für die meisten Uhrmacher von großem Nutzen sein könnten: so glaube ich einigen Dank zu verdienen, wenn ich die von meinem Vater hinterlassenen Materialien anwende, um ein Werk zu bilden, welches nicht nur die „Regeln für die genaue Abmessung der Zeit“ von ihm im Jahre 1804 in dänischer Sprache herausgegeben, ersetzen, sondern auch den größeren Theil der später von ihm angestellten Untersuchungen, so wie auch die Fortschritte mittheilen kann, welche die Uhrmacherkunst in den letzten Jahren gemacht hat.

Zu der Zeit, da mein Vater sein Werk „Regeln für die genaue Abmessung der Zeit“ herausgab, war der Inhalt neu, und konnte für die meisten Uhrmacher von großem Interesse sein. Daher wurde es auch günstig aufgenommen, ja günstiger, als es selbst mein Vater erwarten konnte; denn weil er damals noch

*) Diese Uhr, welche kurz vor meiner Reise ins Ausland, im Jahr 1831 an den Herrn Captain, Ritter Zahrtmann, dem Generalinspector der Uhren des See-Stats abgeliefert wurde, ist in Herrn Professor Ursin's „Magasin for Kunstnere og Haandværkere,“ zweiten Jahrgang, 3 Bd. S. 1 u. folg. beschrieben und Tab. I und II abgebildet. Sie geht ohne Schnede und hatte schon vom Anfange an einen sehr genauen Gang, und ist, wie mehrere Chronometer, die ich später für den See-Stat zu verfertigen die Ehre hatte, auf verschiedenen langen Seereisen gebraucht worden.

sehr jung war, mußte er befürchten, daß mancher Mangel daran haftere; doch das Publikum hatte Rücksicht mit diesen, nahm allein Rücksicht auf das Gute, welches darin enthalten war, und die ganze Auflage wurde verkauft.

In der Zeit, die seit dem Erscheinen der ersten Ausgabe verflossen ist, hat die höhere Uhrmacherkunst sehr wichtige Fortschritte gemacht; Praxis und Untersuchungen haben dazu beigetragen mehrere Ideen zu berichtigen und zu bestätigen; die Erfahrung hat bewirkt, daß viele Mittel, wodurch man Vollkommenheit zu erreichen glaubte, nach ihrem wahren Werthe geprüft sind. Aus diesem Grunde glaube ich, daß dieses neue Werk einigen Nutzen stiften kann, besonders unter den jungen Künstlern, welche sich mit der höheren Uhrmacherkunst beschäftigen, und welche sich die zur erfolgreichen Ausübung nöthigen Vorkenntnisse erworben haben.

Doch ohne diese Kenntnisse würde man beständig Irrungen ausgesetzt, in vielen Fällen zweifelhaft sein, und selbst mit großem Talente und vieler praktischer Fertigkeit, so wie durch Nachahmung der besten Arbeiten, würde man den glücklichen Erfolg nur dem Zufalle verdanken müssen und daher häufig ungewiß sein. Diejenigen dagegen, welche die ersten Gründe der Mathematik gut inne haben und die nöthigen Kenntnisse in der Naturlehre besitzen, können sicherer das Ziel erreichen; denn die erworbenen Kenntnisse werden ihnen in zweifelhaften Fällen Licht geben.

Mein Zweck bei der Herausgabe dieses Werkes ist, wie oben gesagt, eine kurze Uebersicht der Erfahrungen und Untersuchungen zu geben, welche mein Vater in der letzten Zeit seines Lebens gemacht und angestellt hat, und vorzüglich wie der Titel sagt: „Regeln für die genaue Abmessung der Zeit durch Uhren.“ In dieser Rücksicht habe ich Weitläufigkeit zu vermeiden gesucht, so weit es, ohne der Deutlichkeit zu schaden, geschehen konnte, und mehrere, schon bekannte Gegenstände nur leicht berühren zu dürfen geglaubt, ohne doch das Wesentliche zu vergessen. Die epicycloidische Form der Zähne in den Rädern und Getrieben ist als die zweckmäßigste bewiesen, um die Eingriffe so vollkommen als möglich zu machen. Obgleich man diese Form bei der Aus-

führung nicht vollkommen erreichen kann, ist die Theorie doch nicht ohne Nutzen, weil sie über die Principien der Eingriffe Licht verbreitet.

Die besten Mittel zur Compensation, um den Einfluß der Temperatur auf den Gang der Uhr zu heben, sind im Werke angegeben, so wie auch das Instrument, welches dazu dient die Compensation des Pendels zu prüfen, oder um sich zu versichern, daß dieser Regulator bei dem Mechanismus der Compensation unter verschiedenen Temperaturen dieselbe Länge behalte.

Was die Hemmungen betrifft, hat man sich auf die Beschreibung einiger weniger beschränkt, deren Vorzüge aber durch Erfahrung und den Gebrauch, welchen ausgezeichnete Künstler davon machen, erwiesen sind. Diese sind: die ruhende Doppelrad-Hemmung (bekannt unter dem Namen *échappement duplex*), die Anker- oder Gabel-Hemmung und zwei freie Hemmungen für Chronometer; ferner die ruhende Ankerhemmung für Pendeluhren, so wie auch eine freie Hemmung zu demselben Gebrauche.

Der erste Anhang dieses Werkes enthält die Beschreibung einer freien Doppelrad-Federhemmung die von dem Verfasser erfunden und für Chronometer und Secuhren bestimmt ist. Da also vier verschiedene freie Hemmungen, deren Brauchbarkeit durch Erfahrung bestätigt ist, und die sich ziemlich leicht verfertigen lassen, beschrieben sind, so habe ich geglaubt, die andern in Vorschlag gebracht, oder in Uhren ausgeführten, übergehen zu können.

Die Hemmung des älteren Breguet mit beständiger Kraft (*à force constante*) wie er sie im Jahre 1800 ausführen ließ, ist von meinem Vater in der ersten Ausgabe dieses Werkes beschrieben, ich will diesen Abschnitt hier aber nicht wiederholen, um so weniger, da man mir versichert hat, daß Louis Breguet an einem Werke über die höhere Uhrmacherkunst arbeite, wo die Beschreibung dieser Hemmung ihren rechten Platz finden wird, da diese eines der sichersten Mittel ist, einer Secuhr einen hohen Grad von Genauigkeit zu geben. Ebenso wenig will ich in dieser Ausgabe die Beschreibung zweier Hemmungen mit beständiger Kraft, die eine für Secuhren, die andere für astronomi-

sche Pendeluhren, welche mein Vater vorgeschlagen hat, mittheilen; ich beschränke mich hier nur auf die Bemerkung, daß die erste derselben ausgeführt ist, daß sie aber, wie auch Breguet's Hemmung eines Windfanges bedarf, und daß sie auf diese Weise sicher geworden ist. Was die andere Hemmung mit beständiger Kraft betrifft, welche für astronomische Pendeluhren bestimmt ist, so äußerte mein Vater einige Jahre vor seinem Tode, daß er jetzt überzeugt wäre, diese Hemmung würde nicht mehr zur Regelmäßigkeit einer astronomischen Pendeluhr beitragen, als eine gut construirte und gut ausgeführte Ankerhemmung. Die letztere wird also sowohl ihrer Einfachheit als ihres sicheren Spieles wegen, vor der mit beständiger Kraft Vorzüge haben, welche, da sie so zusammengesetzt ist, eine sehr schwierige Ausführung erfordert.

Die Regeln für die Construction der Cylinderhemmung, sind im Allgemeinen so bekannt, daß ich es für unnöthig halte, diese in einer neuen Ausgabe zu wiederholen, die, wie erwähnt, nur die Beschreibung sehr weniger Hemmungen, doch solcher enthält, deren Vorzüglichkeit die Erfahrung bestätigt hat.

Auf die Beschreibung der besten Hemmungen, folgen Entwürfe oder Risse mehrerer Uhren, sowohl mit, als ohne Secunden, einiger Chronometer, Secuhren und astronomischen Pendeluhren. Die Art und Weise, die Uhren zu reguliren, theils um den zweckmäßigen Isochronismus der Schwingungen der Urruhe hervorzubringen, theils um die Compensation genau zu machen, ist in dem letzten Kapitel mitgetheilt, welches ebenfalls das enthält, was man im Allgemeinen zu beobachten hat, um Uhren in verschiedenen Lagen zu reguliren.

Der erste Anhang enthält ferner zwei Abhandlungen, die höhere Uhrmacherkunst betreffend, und eine Beschreibung verschiedener Metallthermometer, welche von dem Verfasser selbst, oder in dem von meinem Bruder und mir nach seinem Tode fortgesetzten Stablisementen verfertigt sind.

Der zweite Anhang enthält eine möglichst vollständige Uebersicht über die Literatur der Uhrmacherkunst. Diejenigen Schriften, welche ich selbst besitze, habe ich besonders bezeichnen zu müssen.

geglaubt, da ich mich leider bei der Abfassung dieses BÜCHERVERZEICHNISSES überzeugt habe, wie wenig ähnliche Aufzeichnungen in Werken, welche entweder die Uhrmacherkunst behandeln oder technologische Schriften im Allgemeinen nennen, für zuverlässig gehalten werden können.

Die Kupfer zu diesem Werke sind in Paris von dem berühmten Leblanc gestochen und daselbst gedruckt, und haben alle Vorzüge, welche den Arbeiten dieses Künstlers eigen sind. Zeichnungen von Maschinen, die nach den Regeln der Perspective ausgeführt sind, geben im Allgemeinen nur eine dunkle Idee von den Gegenständen; deshalb haben wir geometrische Zeichnungen vorgezogen, welche mehr als alle anderen, zur deutlichen Abbildung von Maschinen und Instrumenten dienen, und besonders zum Nachmessen geeignet sind.

Wöchte nun dieses Werk, welches schon bei seiner Ankündigung, von meinen Mitarbeitern in der Uhrmacherkunst und deren Gönner, so günstig aufgenommen wurde, zur Verbreitung nützlicher Kenntnisse im Fache beitragen! Wöchte es in Verbindung mit Allen dem wirken, was in den letzteren Jahren zur Beförderung einer Kunst gethan ist, die eben so wichtig und nothwendig für die Schifffahrt, als für die Astronomie ist, dann ist mein Zweck erreicht, und ich werde mich dann zu neuen Anstrengungen ermuntert fühlen.

Januar 1839.

L. H. Jürgensen.

Vorwort zur deutschen Ausgabe.

Vom vorliegenden Werke sind sowohl in dänischer als französischer Sprache zwei Ausgaben erschienen, und um demselben eine noch größere Ausbreitung zu verschaffen, kommt es jetzt auch mit verschiedenen Zusätzen und mehreren Tafeln vermehrt in deutscher Sprache heraus. — Die genannten Zusätze bestehen, außer den Verbesserungen der letzten Ausgaben hauptsächlich aus folgenden:

Bemerkungen über Seeuhren ohne Schnecke, mit einer Tabelle über den Gang eines solchen Chronometers . . .	Seite 93.
Entwurf oder Riß einer astronomischen Pendeluhr mit einer ruhenden Anker-Hemmung	173.
Bemerkungen über den Isochronismus der Unruhschwingungen in den Längenuhren, mit Rücksicht auf den verschiedenen Gebrauch der letztern auf der See, oder auf dem festen Lande; Kessels Bemerkungen über diese Abhandlung des Verfassers	230.
Schmelzpunkt verschiedener Körper u.	246.
Wärmeleitungsvermögen der Metalle	247.
Specifisches Gewicht einiger Metalle u. s. w.	247.
Täglicher Gang eines Vor-Chronometers mit der freien Doppelrad-Federhemmung des Verfassers	258.
Beschreibung des Mesothermometers von Jules Jürgensen zur Angabe der Mitteltemperatur	297.
und endlich:	
Die Kunst, die Edelsteine zu durchbohren und zuzuschleifen, mit drei Tafeln.	302.

Zugleich ist dieser Ausgabe zu größerer Bequemlichkeit ein alphabetisches Register beigelegt worden.

Breguet's Steincylinderhemmung deren Vorzüglichkeit zur Anwendung in Taschenuhren besserer Art, durch Erfahrung genugsam erwiesen worden, und deren Beschreibung ich sowohl in der letzten französischen, als auch in der letzten dänischen Ausgabe nicht wiederholen zu dürfen glaubte, wird dagegen hier ihren rechten Platz finden; da ihrer in keiner früheren deutschen Ausgabe dieses Werkes Erwähnung geschehen.

Die Beschreibung der Kunst, die Edelsteine zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst zu durchbohren und zuzuschleifen, findet sich im zweiten Anhange. Da, so viel bekannt, noch nie früher über diese Kunst geschrieben worden, die Anwendung der edlen Steine in Uhren aber stets allgemeiner wird, und in Chronometern und Seeuhren so gut als unumgänglich nothwendig ist, so schmeichle ich mir mit der Hoffnung, durch diese Beschreibung mit zugehörigen Abbildungen, nicht wenig das Interesse für dieses Werk erhöhen zu können; denn obgleich die Edelsteine im Allgemeinen von den Uhrmachern selbst weder durchbohrt noch zugeschleifen werden, sondern diese sich dieselben durch Verschreibung aus den Fabriken verschaffen, wo diese Kunst ein eigenes Fach ausmacht, und so für einen Preis geliefert werden können, für welchen der Uhrmacher nicht selbst im Stande sein würde sie einzeln zu verarbeiten, so kann es für den letztern doch bisweilen von größter Wichtigkeit sein, selbst die Kunst des Durchbohrens und Zuschleifens der Edelsteine zu verstehen, wenn es z. B. die Zeit nicht erlaubt selbige erst zu verschreiben, wie es häufig bei Reparationen eintritt, wenn ein zerbrochener Stein von eigenthümlicher Gestalt und Größe durch einen neuen ersetzt werden soll, oder wenn man es für nöthig hält, etwas an der Form eines Steines zu verbessern u. dgl. m.; besonders in solchen Fällen, ist es für den Uhrmacher, wie gesagt, von Wichtigkeit sich selbst helfen zu können, wozu die erwähnte Beschreibung dienen wird.

Daß dieses Werk beinahe ein ganzes Jahr nach der im Prospectus angegebenen Zeit erscheint, muß ich zunächst meinen Sub-

scribenten zu entschuldigen bitten. Wenn mir auch die, mit der Leitung des von mir nach meinem seligen Vater fortgesetzten Chronometer- und Uhren-Etablissement, verbundenen Geschäfte, nur sehr sparsam die Zeit zur Besorgung dieser Ausgabe übrigließen,*) so darf der Grund zu der so langen Zeit die hierzu mitgegangen, doch nicht allein hierin gesucht werden, da diese Verzögerung größtentheils durch die Kupfertafeln herbeigeführt worden. — Als ich im März 1840 zur Subscription auf eine deutsche Ausgabe einlud, geschah es in der Voraussetzung, daß die dazu gehörige Anzahl Kupfertafeln zu meiner Disposition stände, da sich mein Bruder in dieser Angelegenheit für mich, während seines Aufenthaltes in Paris vorläufig an den Verleger der französischen Ausgabe, bei dem die Kupfer ruhen, gewendet, und von diesem das mündliche Versprechen erhalten hatte, mir gegen eine passende Erstattung eine gewisse Anzahl Abdrücke dieser Kupfertafeln zu überlassen. Als ich mich aber später in dieser Sache schriftlich an ihn wendete, trug er Bedenken, sein mündlich gegebenes Versprechen zu erfüllen, und da die Sache hiedurch in die Länge gezogen wurde, sah ich mich in die Nothwendigkeit versetzt, entweder meinen Vorsatz, das Werk auf Deutsch erscheinen zu lassen, ganz aufzugeben, oder mir die Kupfertafeln anderswo her zu verschaffen. Ich wendete mich jetzt an eins unsrer ersten hiesigen lithographischen Institute, und da man sich's hier übernahm Lithographien zu liefern, die den, zu der französischen Ausgabe vom Prof. Leblanc gestochenen, völlig zur Seite gestellt werden könnten, so trug ich kein Bedenken, dieses Anerbieten zu benutzen, wodurch ich zugleich Gelegenheit erhielt, einzelne unbedeutende Fehler in dem zu berichtigen, nach welchem gearbeitet werden sollte, und jetzt auch zugleich mehrere Tafeln ausführen lassen konnte, welche durch die neuen Zusätze nöthig gemacht

*) Um mir die Arbeit zu erleichtern, und weil es dem Fremden immer mehr oder weniger schwer fällt Etwas in einer andern als seiner Muttersprache herauszugeben, habe ich mich an Hrn. Polytechniker Wiegmann gewendet, der zum Theil die deutsche Uebersetzung vorliegenden Werkes für mich übernommen, und mit mir gemeinschaftlich den Text durchgesehen, wie auch die Correctur besorgt hat.

worden waren. Die Tafeln, deren Anzahl von 17 bis auf 23 gesteigert worden ist, sind in dem lithographischen Institute der Hrn. Bärenzen & Comp. ausgeführt; und es freut mich, durch Hinwendung an dieses verdienstvolle Etablissement, dessen erste Arbeit im Maschinenstechen diese Tafeln sind, beweisen zu können, daß wir auch in dieser Art Gravirung, sowohl von Seiten der Genauigkeit, als auch der Zierlichkeit, hier in Kopenhagen Arbeiten liefern können, die sich vollkommen mit den bessern ausländischen zu messen im Stande sind.

Außer den oben angeführten Zusätzen, welche vorliegende Ausgabe vor den früheren, in den andern Sprachen verfaßten, voraushat, glaubte ich, mit Rücksicht auf den Einfluß, welchen der Verfasser auf die Grundlage und die Entwicklung der höheren Uhrmacherkunst in seinem Vaterlande gehabt hat und überhaupt mit Rücksicht auf seine Verdienste für die Kunst, die er mit so großer Liebe und so großem Glücke ausübte, der Mehrzahl von Lesern in der Biographie des Mannes, dem die Kunst so vieles verdankt, eine nicht unwillkommene Zugabe finden zu lassen; diese Biographie wird so mitgetheilt, wie sie von ihm selbst, kaum zwei Jahre vor seinem Tode niedergeschrieben wurde, auf den Wunsch einiger seiner Freunde und insbesondere des Hrn. Prof. Ursin, um in sein „Magazin for Kunstnere og Haandværkere“ aufgenommen zu werden. Obgleich sie vielleicht Manches enthält, was für den deutschen Leser von wenigerem Interesse sein wird, glaubte ich doch, sie lieber ganz, und wörtlich übersezt mittheilen zu müssen, als ihr, durch Mittheilung von Bruchstücken, ihres Charakters zu berauben. Das Bildniß des Verfassers, schon früher nach einem Gemälde vom Prof. Jensen, auf Veranstaltung des Hrn. Prof. Ursin, gestochen, um der von diesem Gelehrten herausgegebenen technischen Zeitschrift beigelegt zu werden, folgt auch hier mit, da es mir freundschaftlichst erlaubt wurde, die Kupferplatte zum Abdrucke der Titeltafel vorliegenden Werkes zu benutzen.

In einer Zeit, wo unsre Astronomen und Naturforscher sich in so hohem Grade durch scharfe Genauigkeit in ihren Beobachtungen auszeichnen, und jeden noch übrigbleibenden Mangel an

ihren Instrumenten zu heben suchen, wird der Künstler in die Nothwendigkeit versetzt, keine Anstrengungen zu scheuen, die dem gewünschten Ziele näher zu führen im Stande sind. Die Wichtigkeit der höheren Uhrmacherkunst für die Schiffahrt und die Astronomie, wird allgemein erkannt, und es ist in den letzteren Jahren in den verschiedenen Ländern viel zur Beförderung dieser Kunst gethan.

Wüchste denn auch vorliegendes Werk, durch Verbreitung nützlicher Kenntnisse im Fache, zur Erreichung dieses Zieles beitragen!!

November 1841.

Der Herausgeber.

Urban Jürgensen.

Ich wurde am 5ten August 1776 in Kopenhagen geboren. Mein Vater war, der jetzt verstorbene Hofuhrmacher, J. Jürgensen, und meine im vorigen Jahre verstorbene, Mutter Anna Leth Bruun, war eine Tochter des Justizrath Urban Bruun, Amtsverwalter auf Antvorskov. Schon in meiner frühen Jugend, ließen mich meine Eltern den, zur Entwicklung der geistigen Anlagen nöthigen, Unterricht genießen, der später in der Realschule „Efterslagten“ fortgesetzt wurde, wo sich damals, außer den trefflichen Lehrern der Schule ein Eduard Storm, ein Malling, ein Ribber, ein Norregaard, ein Münster, ein Rahbek und mehrere Andere der der Schule anvertrauten Jugend mit Wärme und liebevoller Vorsorge annahmen, und wo es diese vorzüglichsten Männer des Vaterlandes nicht unter ihrer Würde hielten, der Jugend die Gegenstände vorzutragen, welche nicht leicht von den Lehrern in den Schulstunden abgehandelt werden konnten. Unter solcher Anleitung wird der Schüler mit Muth und Lust befeelt, und die Ehrfurcht vor, und die Liebe zu seinen Vorgesetzten macht ihm jede Anstrengung leicht. Bald hatte ich das Glück, mich der Gewogenheit mehrerer der obenerwähnten Männer, besonders Eduard Storm's erfreuen zu können, welches nicht wenig dazu beitrug, daß ich in kürzerer Zeit als gewöhnlich, alle Klassen der Schule durchgehen konnte, und diese schon im funfzehnten Jahre verließ, um mich unter der Anleitung

und dem Unterrichte meines Vaters in dem Fache zu üben, für welches ich bestimmt war. Handarbeit wurde jetzt Hauptsache, doch genoß ich in dieser Zeit Privatunterricht in der Mathematik von dem Professor, später Etatsrath, Ritter Jacob Wolf. In den Abendstunden hörte ich Masheim's, Bugge's und mehrere andere private Vorträge; auch die Sprachen wurden nicht versäumt. Auf diese Weise fuhr ich bis etwas über mein zwanzigstes Jahr fort, mir eine größere Fertigkeit in der Handarbeit zu erwerben, und meine Kenntnisse zu erweitern, bis mich mein Vater nach Neuchâtel in der Schweiz schickte. Ein Aufenthalt von $1\frac{1}{2}$ Jahren an diesem Orte, und etwas über $\frac{1}{2}$ Jahr in Genf waren hinreichend mir die Uebung zu geben die ich mir im Praktischen wünschen konnte, denn dort werden gewöhnlich weit raschere Fortschritte gemacht, da Fleiß und Arbeitsamkeit noch mehr als an den meisten andern Orten mit allgemeiner Achtung belohnt werden. Einige meiner Arbeiten schickte ich in diesen zwei Jahren meinem Vater, wodurch er Gelegenheit erhielt, genau meine Fortschritte kennen zu lernen, und nach dem Verlaufe dieser Zeit hielt er's für unnöthig, daß ich länger an Orten bliebe, wo doch besonders Handarbeit in Betracht kam, und wo die theoretischen Kenntnisse so vernachlässigt sind, daß anscheinend schöne Erzeugnisse nur zu wenigem Nutzen sind, da bei ihrer Ausführung die Regeln einer richtigen Theorie fehlen. Nur in Paris und London, wo die Regierung große Aufopferungen zur Beförderung der höheren Uhrmacherkunst nicht gescheut hatte, konnte die nothwendige Vereinigung von Theorie und Praxis gefunden werden; nach diesen Städten mußte ich mich also hinwenden, in der Hoffnung, durch die Güte der dortigen Künstler die Kenntnisse zu erlangen, welche mich einst die wahre Künstlerlaufbahn betreten lassen konnten. Ein junger Mensch, mit guten Empfehlungen und Lust zu seinem Fache, ist fast immer einer guten Aufnahme in Paris gewiß; dieß wurde auch mein glückliches Loos, und so standen mir Breguet's und Ferd. Berthoud's Häuser in der Zeit meines Aufenthalts in dieser Hauptstadt offen. Die lehrreichen Gespräche dieser Künstler

waren mir von unbeschreiblichem Nutzen, und besonders des erstgenannten, da ich bei ihm arbeitete und so Gelegenheit hatte, ihn häufiger zu hören.

Doch nachdem ich mich mehrere Monate in Paris aufgehalten, fühlte ich immer mehr und mehr die Nothwendigkeit, mir an Ort und Stelle genauere Kenntniß von den so berühmten Längenuhren englischer Künstler zu verschaffen; denn wiewohl sich ein Ferd. Berthoud in Frankreich, und über ganz Europa, durch Erzeugnisse dieser Art einen berühmten Namen erworben hatte, war es doch den Engländern später gelungen, durch mehr vereinfachte Constructionen, und durch die Verfertigung dieser Maschinen, nach den anwendbarsten und richtigst theoretischen Regeln, Längenuhren von ungewöhnlicher Genauigkeit und in weit größerer Menge als die französischen Künstler hervorzubringen. Die Reise nach London wurde denn beschlossen, aber nicht ohne Schwierigkeiten ausgeführt, da der Krieg zwischen beiden Nationen die Ueberfahrt von dem einen Lande zum andern höchst schwierig machte; doch gelang es mir mein Ziel zu erreichen. Diese, besonders unter solchen Umständen kostbare Reise, hätte ich aber nicht unternehmen können, wenn ich nicht so glücklich gewesen wäre, einige Monate früher, dazu öffentliche Unterstützung zu genießen. Einer der wärmsten Freunde meines Vaters, der sich des Sohnes schon in dessen Schuljahren mit Wärme angenommen und später mit den, während meines Aufenthaltes im Auslande gemachten, Fortschritten ein wachsamcs Auge hatte, glaubte mich dem Director des Fonds ad usus publicos, Sr. Excellenz, dem geheimen Staatsminister, Grafen Schimmelmann zur Unterstützung aus dem Fond empfehlen zu können, und dieser edle Mann würdigte mich der Gnade des Königs zu empfehlen, durch welche ich in 2 Jahren 500 Thlr. dän. Cour. erhielt. Zu gleicher Zeit wurden mir jährlich, in 2 Jahren, 300 Thlr. dän. Cour. aus dem Meiersenschen Fond bewilligt. Diese jährliche Unterstützung von 800 Thlr. trug viel zu dem Nutzen bei, welchen ich in den letzten Jahren von meinem Aufenthalte im Auslande erntete; denn vermittelst dieser, konnte ich

eine freiere Wahl hinsichtlich der Wege treffen, die mich am schnellsten dem gewünschten Ziele entgegenführen konnten. Bei meiner Ankunft in London, fand ich, daß mich das königl. Admiralitäts-Collegium von Kopenhagen aufs Günstigste dem dänischen Minister in London, Sr. Excellenz, dem Grafen Wedel-Tarlsberg empfohlen hatte, welcher mir nicht nur selbst Empfehlungsbriefe an die ersten Künstler meines Faches ertheilte, sondern auch den sächsischen Minister, Grafen Brühl, der während seines langen Aufenthaltes in London so allgemein geachtet und geliebt war, vermochte, mich auf gleiche Weise zu begünstigen. Durch diese, so wie andere Empfehlungen von Br'eguet und Mehreren, standen mir die ersten Werkstellen offen, so daß ich schnell und leicht die Gegenstände fassen konnte, die sicher unter anderen Umständen eine weit längere Zeit erfordert haben, oder mir vielleicht ganz verborgen geblieben sein würden. Es war mir auch keine geringe Freude die Erfahrung zu machen, wie hoch Br'eguet in Paris, bei den Engländern angeschrieben stand. Mehrere seiner Arbeiten, die ich ihrer geringen Größe wegen, auf seinen Wunsch mit nach London nahm, fanden reißenden Absatz, und wurden hoch bezahlt, und sowohl Künstler als Kunstliebhaber bewunderten diese vortrefflichen und geschmackvollen Arbeiten. Auch erinnere ich mich der Verwunderung einer meiner Landsleute (des verstorbenen Statsraths Warberg), als Arnold in dessen Gegenwart erklärte, daß nachdem ich bei Br'eguet gewesen, nur wenig mehr für mich in London zu lernen sei, da er Br'eguet für den ersten Künstler seines Faches in Europa ansähe. Dieses einem Fremden, von einem der ersten englischen Künstler, so vortheilhaft gegebene Zeugniß befremdete meinen Landsmann und Freund, der noch nie einen Ausländer so von einem Engländer hatte loben hören. Man muß aber auch bemerken, daß nur wenige mechanische Künstler mit Wahrheit den englischen zur Seite gestellt und weit weniger noch diese übertreffen können. Dies gilt noch heutiges Tages, und nur Männer, wie Br'eguet, Ferdinand und Louis Berthoud können als Ausnahme von dieser Regel betrachtet werden. — Der

Zweck meiner Reise nach England war jetzt erreicht, und ich verließ London um wieder nach Paris zurückzukehren, wo ich beständig meine Arbeiten fortsetzte, mich aber vorzüglich mit der Aufzeichnung dessen beschäftigte, was ich Neues in meinem Fache sah; ich blieb hier einige Monate, bis ich mich nach Neuchâtel und Genf begab, in welcher letzteren Stadt ich das Glück hatte, mit dem so kenntnißreichen und geschätzten Herausgeber der „*Bibliothèque britannique*“ dem berühmten Prof. M. Pictet genauere Bekanntschaft zu machen, in dessen Hause ich die, ihrer Talente wegen, meist ausgezeichneten Künstler Genf's kennen lernte. In Neuchâtel, wo ich schon vor meiner ersten Abreise versprochen war, blieb ich jetzt einige Zeit und wurde meiner jetzigen Frau angetraut, mit der ich dann die Rückreise nach Kopenhagen antrat.

Nach meiner Heimkunft ins Vaterland, begann am Schlusse des Jahres 1801 die zweite Periode meines Lebens, nämlich die, wo ich das, in der ersten Erlernete, anwenden sollte. Kurz nach meiner Ankunft bot sich mir eine günstige Gelegenheit dar, in die mir angemessenste Wirksamkeit zu treten, indem mir höheren Ortes eine vortheilhafte Association hier in Kopenhagen mit einem überaus talentvollen Manne Etienne Magnin vorgeschlagen wurde, der in mehreren Jahren königl. Unterstützung genossen hatte, und dem es aufgetragen war, die für die Schifffahrt erforderlichen Längenuhren auszuführen. Diese verfertigte er mit Rücksicht auf die Handarbeit bis zu einem seltenen Grade der Vollkommenheit, wie er nur von Wenigen erreicht wurde; doch entsprachen diese Uhren nicht ihrem Zwecke, da ihr Gang noch nicht die Gleichmäßigkeit hatte, die von einer guten Längenuhr gefordert wird, und diese Unvollkommenheit rührte daher, daß sie nicht nach einer völlig richtigen Theorie ausgeführt waren. Indessen war Magnin dem Ziele nahe, und so nahe, daß wir es höchst wahrscheinlich mit vereinten Kräften und beim gegenseitigen Austausch unsrer Kenntnisse so weit gebracht hätten, im Anfange wenigstens brauchbare Längenuhren und im Laufe der Zeit, je nachdem wir durch Studium und Erfahrung aufgeklärter geworden, vielleicht vorzügliche

Maschinen hervorzubringen, für die auf der See und in geographischer Rücksicht so wichtigen Längenbestimmung; doch das Schicksal hatte es anders bestimmt. Mein Vater sah diese Association nicht gern, sondern wünschte mich bei sich zu behalten, und dieser Wunsch eines so liebevollen Vaters war mir ein Gesetz. Maginnin verließ darauf Dänemark, und erhielt, meines Wissens als Admiralitäts-Uhrmacher, ein bedeutendes Gehalt in St. Petersburg, starb aber kurz nachher. Von der Zeit an, daß ich mit meinem Vater associirt war, stand ich den Werkstätten vor, und fing zu gleicher Zeit an, meinen ersten Eleven, meinen Bruder, den jetzigen Hofuhrmacher, Friedrich Jürgensen, in beinahe 6 Jahren, bis 1807 in meinem Fache zu unterrichten, und sah mit Freuden seine überaus guten Fortschritte. Im Jahr 1804 gab ich auf königl. Kosten ein Werk über die Uhrmacherkunst mit 18 Kupfern in quarto heraus, unter dem Titel: „Regler for Tidens nstaaigtige Afmaalning ved Uhre.“ Im nächsten Jahre gab ich in französischer Sprache eine verbesserte und vermehrte Ausgabe derselben Schrift mit 19 Kupfern heraus, betitelt: „Principes généraux de l'exacte mesure du temps par les horloges.“

Beide diese Schriften enthielten vieles, was bei der Herausgabe nur noch wenig bekannt war, sammt den Regeln, nach welchen die genaueren Uhren ausgeführt werden müssen. In der französischen Ausgabe findet sich auch die Beschreibung meines Metall-Thermometers, worüber später ein Weiteres.

Beide Werke wurden, auf eine für mich ermunternde Weise, recensirt, das erste in „Kjøbenhavn's lærde Efterretninger“ fürs J. 1809, Nr. 40; das andere in der „Bibliothèque britannique“ Nr. 295 *).

*) In „Kjøbenhavn's lærde Efterretninger“, 1809 Nr. 41 findet sich ein Auszug dieser letzten Recension, wo sich Pictet auf folgende Weise über den Verfasser äußert: „In Dänemark geboren und erzogen, bereiste er noch jung alle Länder, wo die Uhrmacherkunst mit dem glücklichsten Erfolge getrieben worden ist, um Alles das zu sammeln, was zur Beförderung der Kunst bei-

Im J. 1804 überreichte ich der königl. Gesellschaft der Wissenschaften eine Abhandlung über einen hier noch unbekanntem Gegenstand, nämlich: über die beste Art und Weise Uhrfedern zu verfertigen und zu härten. Nachdem die Abhandlung von der, für die physischen Wissenschaften bestimmten Klasse, beurtheilt worden war, wurde es beschloffen, sie in die Schriften der Gesellschaft einzurücken, und die Arbeit ferner mit der silbernen Medaille zu belohnen.

Schon im J. 1801 hatte ich versucht, nach Réaumur's Scala regulirte Taschenthermometer von festen Metallen in Uhrenform zu verfertigen. Den Ersten dieser Thermometer sandte ich nach Genf an den Prof. Vietet, der dieses Instrument auf seinen Vorlesungen vorzeigte und es in der „*Bibliothèque britannique*“ ankündigte. Bisher waren nur solche Instrumente verfertigt, die unter dem Namen „Pyrometer, Metallthermometer“ nur angaben, daß sich die festen Metalle durch Wärme und Kälte ausdehnten und zusammenzogen, und die entstandene Bewegung wurde durch ein Rad vermehrt, das in ein Getriebe eingriff, welches einen, auf dessen Achse angebrachten Zeiger, trug; diese Instrumente gaben jedoch keinen regelrechten Wärme- oder Kältegrad an, und der Spielraum, welcher außerdem zwischen den Rad- und Getriebzähnen statt fand, verhinderte, wie man leicht einsieht, daß die Bewegung desselben mit einem regulirten Thermometer hätte übereinstimmen können. Der Metallthermometer, welchen ich wie oben erwähnt, im J. 1801, dem Prof. Vietet übersandte, folgte genau dem Réaumur'schen Thermometer, und der Einfluß des zwischen den Rad- und Getriebzähnen statt findenden Spielraumes war durch zweckmäßige Anwendung einer schwachen, ziemlich langen Spiralfeder

tragen konnte, die er auf eine so ausgezeichnete Weise übt. Als er vor einigen Jahren in diesem edlen und nützlichen Geschäfte nach Genf kam, waren wir Zeugen des aufgellärten Eifers, mit welchem er die Gelegenheit zum Unterrichte ergriß, und der Offenberzigkeit, mit welcher er wißbegierigen Künstlern solche Neuigkeiten mittheilte, aus welchen Andere ausschließlich den Vortheil an sich zu ziehen gewußt hätten. Das von ihm herausgegebene Werk, find die Früchte seiner Reise, im Auslande gereist.“

Der Herausgeber.

aufgehoben, so wie es im 17 Kapitel meiner „*Principes généraux de l'exacte mesure du temps*“ erklärt wird. Mehrere dieser Thermometer, welche ich ausführte, wurden gut regulirt, doch fand ich bei längerem Gebrauche, daß die große zusammengesetzte Feder, durch die beim Fahren und Reiten statt findenden gewalt-sameren Bewegungen, vermittelt ihrer eigenen Schwere und ihrer bedeutenden Länge, ihre Form verlor, und so eine Unordnung verursachte, die dem Instrumente den größten Theil seines Werthes benahm. Diese Erfahrung machte mich sehr niedergeschlagen, bis ich glücklicher Weise eine Veränderung bei diesem Thermometer erfand, die demselben seine jetzige Dauerhaftigkeit und seine, in 24 Jahren, erkannte Genauigkeit gab.

Nachdem das Instrument so eingerichtet war, hielt ich es im J. 1805 für zweckmäßig, es der königl. dän. „Landhuusholdnings“ Gesellschaft zur Beurtheilung vorzulegen, damit es zugleich authentisch würde, jenes sei nach meiner eigenen Idee ausgeführt. Die Gesellschaft würdigte es ihrer Aufmerksamkeit und übergab es ihrer Kunstcommission zur näheren Erwägung. Diese theilte der Gesellschaft ihre Meinung mit und machte den Vorschlag mir das erste Ehrenzeichen der Gesellschaft zu überreichen.*)

Die Gesellschaft genehmigte den Vorschlag der Kunstcommis-sion, und die große goldene Medaille wurde mir zuerkannt. Ich hatte noch das unvergeßliche Glück, daß sie mir vom Kronprinzen, unserm jetzigen Könige, überreicht wurde. Diese Gunst der Gesellschaft und dieser Ausfall der Sache übertrafen weit meine größten Erwartungen. Solche Ermunterungen forderten ununterbrochene Anstrengungen und diese wurden mir noch durch Mangel an einer hinlänglichen Anzahl tüchtiger Arbeiter vermehrt, da

*) Der Rapport der Kunst-Commission schließt wie folgt:

„Die Kunst-Commission glaubt dem Vorsehenden gemäß, unseren auch in anderer Hinsicht berühmten Künstler Urban Jürgensen, dessen Thermometer zu den sinnreichsten und für die physischen Wissenschaften interessantesten Erfindungen gehören, die je der Gesellschaft vorgelegt, zum Empfang ihres ersten Ehrenzeichens, der größten goldenen Medaille, vorschlagen zu müssen.“

Der Herausgeber.

ich selbst Hand an solche Sachen legen mußte, die mir eine Zeit raubten, welche unter anderen Umständen besser hätte angewendet werden können. Ebenfalls besaß ich noch nicht alle die Maschinen, welche die Arbeit verkürzen, und das Local in dem ich arbeitete war so eingeschränkt, daß meine Gesundheit bei einem fast beständigen Stillstehen mehr und mehr geschwächt wurde.

Da erbot sich mir eine Gelegenheit, bei welcher ich vermuthlich meine zum Theil verlorene Gesundheit hätte wieder erlangen können, und, im eigentlichen Sinne des Wortes, freier geathmet haben würde, als in der eingeschlossenen und verdorbenen Stubenluft, in welcher ich mich über vier Jahre fast ununterbrochen befunden hatte, und diese bestand in Folgendem: Im J. 1805 wurde zufolge einer königl. Resolution, das Kongsberger Silberbergwerk niedergelegt, wodurch über 2000 Arbeiter auf eine Zeitlang außer Thätigkeit gesetzt waren. In Beziehung hierauf, wurde es mir von einem der ersten und noch jetzt lebenden Männern des Staates vorgeschlagen, mich nach Kongsberg zu begeben, um dort je mehr je besser dieser Arbeiter zur Förderung der Industrie zu beschäftigen. Dieses hätte sich ohne Zweifel von manchen Anderen ausführen lassen, ich fürchtete aber mehrere der hierzu erforderlichen Eigenschaften nicht zu besitzen; auch war es mir einleuchtend, daß dieses Unternehmen unumgänglich bedeutende Summen erfordert hätte, war aber ungewiß den erwünschten Nutzen stiften zu können, und fürchtete deshalb, mich des gezeigten Zutrauens nicht so würdig zu machen, wie ich gern möchte; daher wagte ich es nicht diesen Vorschlag anzunehmen. Nun setzte ich meine gewöhnlichen Arbeiten bis in die Mitte des J. 1807 fort, wo meine Gesundheit noch schwächer wurde als vorhin, wozu die Trauer über den Verlust zweier Kinder und andere Unglücksfälle, außer den vorerwähnten Ursachen, vieles beitrugen. Ich fühlte, daß eine veränderte Lebensart nothwendig sei, und daß mir Bewegung und frische Luft heilsamer wären als Arzneimittel. Zu dem Ende unternahm ich mit Frau und dem mir übriggebliebenen Kinde, meinem jetztlebenden ältesten Sohne, eine Reise nach Neuchâtel. Hier angekommen

fühlte ich mich schon um vieles besser, und die Freude, lang entbehrt Freunde und Bekannte wiederzusehen, trug auch viel dazu bei, mich in kurzer Zeit heiter gestimmt und völlig wohl zu machen. Hier war ich nun unter Männern, die sich ganz ihrer Kunst hingaben; dies belebte mich immer mehr und mehr, und verursachte größtentheils, daß ich in den drittehalb Jahren meines Hierseins meine Zeit auf die nützlichste und angenehmste Weise anwenden konnte. Außer den Arbeiten, die ich selbst unter Händen hatte, besorgte ich auch die Verfertigung der Maschinen, welche mir in der Folge nützlich sein konnten, und mit diesen wurde ich so wohl versehen, daß ich behaupten konnte, nur wenige Etablissements meines Faches seien im Besitze so vieler zweckmäßigen Maschinen und Instrumente, als ich. Im J. 1809 wurde ich, während meines Aufenthalts in Neuchâtel, mit dem dänischen Ehrenzeichen der Dannebrogsmänner begnadigt. Jetzt, da ich meine Gesundheit wieder erlangt hatte, da die von mir begonnenen Arbeiten vollendet und die, für ein erweitertes Etablissement, zweckmäßigen Maschinen angeschafft, und nach Kopenhagen abgeschickt waren, dachte ich an die Rückkehr ins Vaterland, um dort mit erneuerter Kraft meine Arbeiten fortzusetzen; vorher begab ich mich aber noch nach Genf, um hier das Durchbohren der Edelsteine zu erlernen, welche in kostbareren Uhren besonders aber in Chronometern und astronomischen Pendeluhren angewendet werden. Diese Kunst, die in England so viele Jahre geheim gehalten worden war, hier aber so viel zur Vervollkommnung der Uhrmacherkunst beigetragen hatte, war endlich durch einen gewissen Mallet nach Genf gebracht, und dieser hatte sie wieder zwei Personen gelehrt, die sich nun im J. 1809 ausschließlich mit dieser Arbeit zum Gebrauch für die Uhrmacher beschäftigten. Obgleich Letztere sich weder in England, Frankreich oder der Schweiz (Louis Berthoud ausgenommen) selbst mit dem Durchbohren der Steine die sie gebrauchten beschäftigten, sondern sie von denen bearbeiten ließen, in deren Fach dies gehörte, hatte ich doch beschlossen, wo möglich diese Kunst selbst zu erlernen, da man in Kopenhagen bei Weitem nicht die Hülfquellen hat, die sich in

Paris, London und mehreren Städten zur Erleichterung in Unternehmungen so zahlreich darbieten, und da es doch oft von Wichtigkeit ist, wenn die Arbeit keinen Aufschub leidet, selbst Hand ans Werk legen, und das was man bedarf selbst ausführen zu können. Doch erreichte ich meinen Zweck nicht ohne Schwierigkeiten, da der eine der Künstler mich um keinen Preis seine Kunst lehren wollte, und auch der andere bei Weitem nicht geneigt war meinen Wunsch zu erfüllen; doch wurden endlich, theils durch die nöthigen Geldaufopferungen, theils durch Ueberredung die Schwierigkeiten gehoben. Die Uebungen gingen mit seltener Schnelligkeit von Statten, denn die Lust förderte das Werk, und je nachdem ich immer weiter kam, notirte ich jede Verfahrensweise, und entwarf Zeichnungen über alle zu dieser Arbeit erforderlichen Instrumente und kleinen Maschinen. Diese Beschreibung der Kunst, die Edelsteine zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst zu durchbohren und zuzuschleifen, befindet sich als Manuscript in den Händen meiner beiden Söhne, die in meinem Fache arbeiten*). Hr. Kessels in Altona vielleicht ausgenommen, kennt übrigens sonst Keiner in Dänemark das Durchbohren der Edelsteine zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst, und die Steine, welche man hier bisweilen gebraucht, werden vom Auslande verschrieben.— Nun kehrte ich nach Neuchâtel zurück, welchen Ort ich im October 1809 mit mehreren Arbeitern verließ, die ich mit nach Hause nahm, um nicht die nöthige Hülfe zu entbehren, bis ich einigen Nutzen von meinen künftigen Elenen haben konnte. Mitte Novembers langte ich hier an, und fand, daß mein Vater, obgleich weniger stark und 64 Jahr alt, doch noch mit unverdrossenem Eifer fortarbeitete. So wie nach und nach Alles immer besser in Ordnung kam, ging auch die Arbeit in unserm Etablissement immer besser von Statten, welches letztere indessen in einiger Zeit durch den fortwährend steigenden Geld-Cours bedeutend litt. Die aus der Schweiz gekommenen

*) Die Beschreibung der Kunst, die Edelsteine zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst zu durchbohren und zuzuschleifen findet sich Seite 302 vorstehenden Werkes.

Arbeiter sollten mit klingender Münze bezahlt werden, die gewöhnlich vom Auslande verschriebenen Gegenstände, wie Federn, Seiger, Ketten u. s. w., so wie auch das zu den Uhrgehäusen verbrauchte Gold und Silber, standen ebenfalls im Verhältniß zum Course. Auf diese Weise war es für uns nothwendig mit baarem Silber oder in Papier nach dem Course bezahlt zu werden, welches aber Manchem beschwerlich fiel, Andern nicht recht faßlich war, wodurch der Absatz bedeutend verringert wurde, bis die Nordamerikaner und andere Fremde, so wie auch einige Innländer, welche die Nichtigkeit und Nothwendigkeit unsers Verfahrens einsahen, und im Stande waren in Silber zu bezahlen, den Absatz in guten Gang brachten. So ging Alles gut, bis ich im Frühlinge 1811 den schmerzlichsten Verlust erlitt, indem der Tod mir den liebevollsten Vater entriß. Mein Bruder, Friedrich Jürgensen, war bei diesem traurigen Ereignisse noch in Genf, wohin ich ihm schrieb, unverzüglich heimzukehren um das väterliche Etablissement in Besitz zu nehmen, worauf ich bald nachher die Freude hatte ihm mittheilen zu können, daß Sr. Majestät der König geruht hätten, ihn allergnädigst zum königl. dän. Hofuhrmacher zu ernennen, nachdem ich allerunterthänigst darum nachgesucht hatte, und dabei durch die günstige Empfehlung Sr. Excellenz des Oberkammerherrn, Oberhofmarschall Hauch unterstützt wurde. So glaubte ich für das Schicksal eines lieben und jüngern Bruders ruhig sein zu können, um so vielmehr weil ich wußte, daß er sich mit wirksamen Eifer der Geschäfte annehmen würde.

Von dieser Zeit an, ging mein Etablissement ganz für eigene Rechnung; es wurde durch mehrere ausländische Arbeiter erweitert, und Eleven wurden angenommen. Fortwährend waren es Fremde, die mir meine Arbeiten am meisten abkauften, und einige hundert, nach und nach gefertigte, Thermometer wurden abgesetzt, und kamen nicht nur nach den meisten Hauptstädten Europas, sondern auch nach Ost- und West-Indien, Nord-Amerika etc.

Schon einige Zeit vorher, hatte ich angefangen Chronometer zu verfertigen, doch nur als Versuche; da ich später aber kein

Hinderniß sah, in diesem Fache fortzuschreiten, wurde mehr Zeit darauf verwendet, und einzelne Chronometer wurden in meinem Etablissement nach einer eigenthümlichen Construction ausgeführt. *)

Im J. 1815 genoß ich eine eben so unerwartete, als bisher Männern meines Faches in Dänemark unbekannte Ehre, nämlich die: zum Mitgliede der königl. Gesellschaft der Wissenschaften erwählt zu werden. In Paris und London war es nicht selten, daß mechanische Künstler zu Mitgliedern der dortigen königl. Gesellschaften der Wissenschaften erwählt waren, wie Graham, Le Roi, Ferd. Berthoud, und später Breguet u. s. w., bei uns hatte solches aber noch nie statt gefunden, und um so mehr mußte ich mich durch die Wahl der Gesellschaft geehrt fühlen.

In demselben Jahre hatte ich das Glück, mit unserm so berühmten Astronomen Hrn. Etatsrath Schumacher in freundschaftliche Verbindung zu treten, der mir mehr als irgend Jemand Lust einflößte neue Fortschritte in dem Fache zu machen, das ich schon so hoch schätzte. Er kannte meinen Arbeiten, besonders durch einen Chronometer, den sein jetzt verstorbener talentvoller Bruder, Chef des Kinet-Corpses besaß, und welchen dieser, der im J. 1815 Sr. Majestät dem Könige nach Wien folgte, mit nach dieser Hauptstadt nahm, wo sich beide Brüder trafen. Dieser und einige andere Chronometer waren für so gut befunden, daß es wünschenswerth wurde, mehrere derselben hier im Lande zu fertigen. Deshalb geruhten Sr. Majestät mir ein jährliches Honorar zu bewilligen um mich dadurch in Stand zu setzen, mehr ausschließlich in der höheren Uhrmacherkunst arbeiten zu können, die zum Zweck hat: Maschinen zu der, den Astronomen, Geographen und Seefahrern so nothwendigen genauen Zeitmessung, zu fertigen.

Im J. 1822 wurde es mir nach Etatsrath, Ritter War-

*) Im J. 1811 hatte ich schon einen Chronometer nach Arnold's Plan vollendet, welcher später mit Erfolg auf mehreren Reisen nach Westindien gebraucht, wo er mehrere Male in dem Hrn. Andrew Lang, Ritter v. Danebrog, gehörigen Observatorium geprüft wurde, welcher seinen Gang so gut fand, daß er ihn zu eigenem Gebrauche kaufte.

berg's Tode allergnädigst anvertraut, unter dem hochkönigl. Admiraltäts-Collegium „die Längenuhren des See-Stats zu beaufsichtigen und zu observiren.“ Im J. 1824 geruhen Sr. Majestät, mir des Dannebrogordens Ritterkreuz, vierter Klasse zu verleihen.

In den späteren Jahren habe ich mehrere Abhandlungen über verschiedene Gegenstände meines Faches geschrieben, und diese finden sich an folgenden Stellen und unter folgenden Titeln, nämlich:

In den Schriften der königl. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften, im ersten Theil der naturwissenschaftlichen und mathematischen Abtheilung: „Ueber den Isochronismus der Pendelschwingungen.“

In den „astronomischen Nachrichten“ für 1823 und 1824.

1. „*Remarques sur l'horlogerie exacte, etc.*“
2. „*Description de l'échappement libre à double roue proposé dans le Nr. 10 des „astron. Nachr.,“ mit einem Kupfer.*“
3. „*Réponse à une lettre de Mr. Earnshaw.*“
4. „*Remarques sur les Chronomètres destinés à la détermination des longitudes terrestres.*“
5. Nr. 49, 1825, enthält die Beschreibung einer Verbesserung beim Compensations-Pendel.

In den Schriften der königl. dän. Gesellschaft der Wissenschaften, im 2ten Theile der naturwissenschaftlichen und mathematischen Abtheilung:

„Beschreibung eines neuen Metall-Thermometers mit 2 Kupfern.“

Im 3ten Theile der Schriften der Gesellschaft: „Ueber die Wirkung der Luft auf den Regulator der astronomischen und der Längen-Uhren.“ Diese enthält die Resultate der, von mir 1828 angestellten, Versuche über die Wirkung der Luft auf den Regulator der Längenuhren in verschiedener Luftdichtigkeit.

In den Jahren, daß in meinem Etablissement an Sachen zur höheren Uhrmacherkunst gehörig, gearbeitet worden ist, sind

außer den Arbeiten die mit diesen zugleich ausgeführt wurden, 43 Nummern vollendet. Mehrere sind in Arbeit und beinahe fertig, andere sind angefangen. Dem Sachkundigen, der die Schwierigkeiten dieser Arbeiten kennt, und weiß wie viele Zeit die Ausführung des Ganzen erfordert, wenn es einen hohen Grad der Vollkommenheit erreichen soll, wie viele Zeit zu Regulirung der Längenuhren, besonders mit Rücksicht auf die Erreichung des Isochronismus und der Compensation hingehet, wird die Anzahl von über 40 Stück in einer nicht gar langen Zeit, keinesweges gering scheinen. Für diejenigen aber, welche die Beschwerden dieser Arbeiten nicht kennen, sondern am besten durch Vergleichungen urtheilen, will ich anführen, daß Ferd. Berthoud aller Hülfe des großen Paris und der großen jährlichen Unterstützung die er von der Regierung genoß ungeachtet, doch in einer Reihe von beinahe 35 Jahren nur 70 Längenuhren verfertigt hat. Louis Berthoud lieferte zwar eine größere Anzahl dieser Uhren, da in einem Zeitraum von 27 Jahren ungefähr 150 Längenz- und astron. Uhren seine Werkstätte verließen; das bedeutende jährliche Gehalt von 10000 Franks, welches er von Bonaparte genoß, und außerdem noch der hohe Preis womit ihm seine Chronometer bezahlt wurden, setzten ihn aber auch in Stand, seine Zeit uneingeschränkt auf diese kostbaren Kunstwerke verwenden zu können, zu deren Ausführung Paris auch alle nur mögliche Erleichterung darbietet, durch die bedeutende Menge tüchtiger Handarbeiter die sich hier befinden *).

*) Einige der englischen Chronometermacher liefern wohl jährlich eine bedeutende Anzahl Chronometer, die aber nicht Früchte ihres eigenen Fleißes sind. In London ist diese Arbeit im Allgemeinen mehr Fabriks-Artikel als Kunst, und deshalb befindet sich die Verfertigung der verschiedenen Uebelle in vielen verschiedenen Händen. Auf diese Weise kann auch die Production bei Manchen groß sein, da der, welcher sich einen ausgebreiteten, den Absatz sichernden Ruf zu verschaffen gewußt hat, für seine Rechnung eine Menge Chronometer außerhalb seines Hauses verfertigen lassen kann, woran er übrigens keinen größeren Antheil hat, als daß sie seinen Namen tragen, und ihm einen bedeutenden Vortheil gewähren. Ist es aber gewiß, daß ein fabrikmäßiger Betrieb in manchen Fällen zur Vervollkommnung der Erzeugnisse beiträgt, so ist es eben so gewiß, daß dieses nicht der Fall ist, wenn es vollkommene Kunstproducte

Unter den oben angeführten Nummern befinden sich 6 astronomische Pendeluhren, auf die der größte Fleiß verwendet worden ist, und die mit der Genauigkeit ausgeführt sind, die bei solchen Arbeiten statt haben muß. Das Aeußere ist ohne Verzierungen, sondern hat die Einfachheit, die sich am besten für Stücke paßt, wo Regelmäßigkeit und Nutzen die Hauptsache sind. Die eine dieser Uhren ist jetzt in Christiania, und gehört der dortigen Universität; die zweite gehört der Kopenhagener Universität; die dritte befindet sich in Altona in der so bewundernswürdigen Instrumentensammlung des Hrn. Prof. u. Staatsr. Schumacher, und die vierte gehört dem kaiserl. österreichischen General v. Falkon, Chef der österreichischen Gradmessung, dem sie von Sr. Majestät dem Könige von Dänemark geschenkt wurde. Die fünfte, Eigenthum meines ältesten Sohnes, Louis Urban Jürgensen, ist jetzt in Verbindung mit einer andern astronom. Pendeluhr ein unentbehrliches Stück meines Etablissements, und wird als Regulator gebraucht. Die so eben fertig gewordene sechste, steht ebenfalls zu eigenem Gebrauche in meinem Etablissement.

Unter den Chronometern verdienen, glaube ich, besonders der beiden Erwähnung, welche auf allergnädigsten Befehl Sr. Majestät verfertigt sind. Diese beiden sind nach einer neuen und eigenthüm-

hervorzubringen gilt. Deshalb befinden sich auch unter der großen Menge englischer Chronometer, die man überall sieht, nur wenige von einem solchen Grade der Vollkommenheit, wie zu wünschen stände, und manche entsprechen gar nicht ihrem Zwecke. So litt auch der vorhin so große Name eines gewissen berühmten Künstlers in London, gerade weil er seine Chronometer später allzu fabrikmäßig verfertigte, so daß sie, obgleich zu hohen Preisen, doch bei Weitem nicht die Genauigkeit hatten, welche hätte erreicht werden können, wenn sie unter seiner Aufsicht in seiner Werkstätte nach den Regeln der wahren Kunst verfertigt wären. Wohl könnte einigen Mängeln und Fehlern, Früchte des fabrikmäßigen Verfahrens, durch ein späteres Nachgehen der Arbeit abgeholfen werden, dagegen giebt es aber auch viele unverbesserliche, von denen ich nur als Beispiel die geringe Härte anführen will, welche das Messing in den englischen Chronometern, die aus den Fabriken kommen, besitzt, da das Messing hier selten, oder nie hinreichend gehämmert wird. Außerdem fehlt es der Arbeit immer an Harmonie, die durch viele verschiedene Hände hervorgebracht wird, welche nicht durch Einen Kopf regiert werden.

sichen Construction ausgeführt, und sind nicht nur von einem hohen Grade von Genauigkeit, sondern auch mit vielem Luxus der inwendigen Arbeit. Den einen derselben geruhten Sr. Majestät der König vom Dänemark dem Welt-Umsegler, Baron Krusenstern in Rußland, den andern dem General Mudge in England zu schenken. Andere meiner Chronometer, allein von größerem Volumen, sind auch von eigenthümlicher Construction, die verschiedene Vortheile gewährt. Mehrere derselben sind auf einigen Seereisen, sowohl in wärmeren als kälteren Klimaten mit gewesen, und ihr Gang hat sich erwünscht gezeigt. Einige dieser Arbeiten sind an die kais. russische Marine abgesetzt, fünf Stück an die königl. dänische Marine, andere an Schiffs-Capitaine. Vier andere, Nr. 2, 13, 15 und 35 werden in verschiedenen Observatorien gebraucht. Nr. 16 ist nun auf Reisen, und soll zu wissenschaftlichen Beobachtungen, über die Schwingungen der Magnetnadel in der Nähe des Aequators, an der afrikanischen Küste gebraucht werden; und Nr. 4 soll auch bald auf Veranstalten der königl. dän. Gesellschaft der Wissenschaften zu wissenschaftlichen Zwecke benutzt werden. Einige wenige meiner Chronometer sind an Kunstliebhaber gekommen, wie Nr. 8, welches dem Grafen A. W. Moltke gehört, der durch Ausleihen dieses Chronometers, wissenschaftliche Unternehmen, wozu solche Instrumente nöthig waren, unterstützt hat.

Außer den auf diese Weise verfertigten neuen Chronometern, und denen die noch in Arbeit sind, wurde viele Zeit auf die Reparation und Verbesserung schon angeschaffter Chronometer verwendet; so daß vom Anfange des Jahres 1819, bis jetzt 1829, beinahe 160 Längenuhren bei mir reparirt sind.

In den späteren Jahren sind drei junge Leute aus meinem Etablissement hervorgegangen, die jetzt für eigene Rechnung arbeiten. Der Eine war in sechs, der andere in zwölf, und der dritte in vierzehn Jahren bei mir. Außer ihren guten natürlichen Anlagen und ihrem Fleiße, hat die sie beschäftigende Arbeit vieles zur Entwicklung ihrer Talente beigetragen.

Mein ältester und nächstältester Sohn arbeiten beide in mei-

nem Etablissement, und sind mir zu größtem Nutzen; besonders ist der Älteste um so viel mehr im Stande mir jetzt einen kräftigen Beistand zu leisten, da er nun beinahe 9 Jahr, und 3 Jahr länger als sein jüngerer Bruder, in meinem Fache gearbeitet hat. Beide machen mich zu einem glücklichen Vater.

Zu diesen, von dem Verfasser selbst aufgezeichneten Worten, fügen wir noch aus dem „Magazin for Kunstnere og Haandværkere“ 1 Bd. anden Hæfte, 1830, folgende Stelle des Herausgebers dieser Zeitschrift, dem Hrn. Professor Ursin hinzu:

„Unter den vielen und großen Verlusten, welche das Vaterland erlitten hat, indem der Tod in der letzten Zeit viele von den Ehrenmännern des Landes dahin raffte, rechnen wir als den letzten, den Verlust von Urban Jürgensen, welcher am 14 Mai 1830, in einem Alter von 53 Jahren verschied. Zu der, von ihm selbst in dieser Zeitschrift mitgetheilten, Biographie habe ich nichts hinzuzufügen, als daß Jürgensen mit einem noch kräftigen Geiste durch eine langwierige Krankheit uns entrisen wurde, die ohne seine Seelenkräfte zu schwächen, nach und nach den Körper auflöste.“

„Jürgensen's Künstlertalent zeigt sich in den vielen von ihm ausgeführten Arbeiten, die, genau geprüft, sowohl hier als im Auslande seinen Ruhm bewährt haben. Wir müssen dieses um so viel mehr bewundern, da er der erste dänische Künstler ist, der sich mit Glück der höheren Uhrmacherkunst hingeeben. Diese seine künstlerische Tauglichkeit war nicht allein das Resultat einer gewissen Uebung, die mit einem übrigens rühmlichen und achtungswerthen, doch aber stets untergeordneten Talente gepaart, oft sehr brauchbare Arbeiten hervorgebracht hat; sie war eher die Folge eines ausgezeichneten, durch wissenschaftliches Studium gebildeten Genies, dem es einleuchtete, daß zur Ausführung der Werke, die der Künstler erdacht, eine gewisse, seinem Genie entsprechende Hän-

defertigkeit erforderlich ist. Wir können uns deshalb nicht darüber wundern, daß Jürgensen, obgleich er schon im Jahr 1804 gezeigt hatte, daß er mit den Principien der höheren Uhrmacherkunst genau vertraut sei, doch erst im Jahr 1811 selbst anfang Chronometer zu verfertigen, wenn er auch gewiß schon lange durch sorgfältige Bildung in seines außerordentlich tüchtigen Vaters Werkstatt und durch weitere Ausbildung in der Schweiz und in Paris, in Besiß bedeutender technischer Fertigkeit war.“

Erstes Kapitel.

Erster Abschnitt.

Von Zeitmessern im Allgemeinen. Benennung der Haupttheile einer solchen Maschine.

1. **B**ewegung ist das natürliche Maaß der Zeit. Ein in Bewegung gesetzter Körper, wird einen gewissen Raum in einer gewissen Zeit durchlaufen. Der Körper, an einem Faden hangend, wird, nachdem er in Bewegung gesetzt ist, um seinen Aufhängungspunkt schwingen (oscilliren). Diese Schwingungen oder Oscillationen werden in Zeiten vollendet, die beinahe völlig gleich sind, und können daher zum Maaße der Zeit dienen. Der schwingende Körper wird Pendel (Pendul, Perpendikel) genannt.

2. Das Pendel, welches in Bewegung gesetzt ist, wird, den Gesetzen der Bewegung zufolge, beständig schwingen; der Widerstand der Luft aber und die Steifigkeit des Aufhängefadens, oder was dasselbe ist, der Reibungswiderstand am Aufhängungspunkte, werden diese Bewegung allmählig aufheben. Um die Schwingungen fortzusetzen, wird es daher nothwendig, eine äußere Triebkraft anzuwenden, die den Verlust der Bewegung ersetzen kann. So lange diese Kraft auf eine passende Weise

wirkt, wird das Pendel schwingen, und wenn man die Anzahl der Schwingungen und die Dauer Einer Schwingung kennt, wird man die Zeit erfahren, welche zwischen den Beobachtungen verflossen ist.

3. Doch um des Zählens der Schwingungen überhoben zu sein, bringt man einen Mechanismus an, der so auf das Pendel wirkt, daß die Schwingungen desselben, oder die verflossene Zeit, durch Zeiger auf Scheiben mit den gewöhnlichen Eintheilungen der Zeit, angegeben werden.

4. Das Pendel kann die Zeit nicht genau angeben, es sei denn, daß es um einen festen, unbeweglichen Punkt schwinde; daher ist es unmöglich dieses in Uhren anzuwenden, die der Bewegung ausgesetzt sind. In diesen Maschinen tritt an die Stelle des Pendels ein Körper, dessen Schwingungen sich nicht wesentlich bei einer äußern Bewegung verändern.

5. Ein kreisförmiger Körper, der sich um seine Achse dreht, dessen Umdrehungspunkt und Schwerpunkt genau in einander fallen, eignet sich dazu in allen möglichen Lagen rund zu schwingen. Ein Körper von solcher Beschaffenheit wird Unruhe genannt. Um die Bewegung der Unruhe zu unterhalten, bringt man bei derselben, wie bei dem Pendel, eine äußere Kraft an, die den Verlust der Bewegung ersetzt, und diese wirkt wechselseitig nach entgegengesetzten Richtungen, so daß die Bewegung der Unruhe auch abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen geschieht, oder hin und her schwingt (oscillirt).

6. Die bewegende Kraft der Pendeluhren ist im Allgemeinen die Schwere eines bei denselben angebrachten Gewichtes, des Lothes. Bei Uhren, die äußern Bewegungen ausgesetzt sind, ist es unmöglich ein Gewicht anzuwenden, denn dieses, dessen Wirkung immer nach Einer Richtung, senkrecht auf die

Oberfläche der Erde, geschieht, würde, wie man leicht einsieht, eine veränderliche, zuweilen gar keine, Kraft äußern, je nachdem die Uhr in verschiedenen Lagen wäre. Statt des Gewichtes bedient man sich eines schnellkräftigen, oder elastischen Körpers, der, wenn er zusammengebogen ist, eine hinreichende Wirkung hervorbringt, und den man Feder nennt. Da diese durch ihre Schnellkraft, nicht durch ihre Schwere, wirkt, so sieht man leicht ein, daß die Lage der Uhr hier keinen Einfluß haben kann.

7. Die bewegende Kraft theilt ihre Wirkung durch eine Reihe von Rädern und Getrieben mit, welche durch passende Eingriffe auf den Theil der Uhr wirken, der die Hemmung oder das Echappement (Véchappement)*) genannt wird. Diese giebt dem schwingenden Körper die Stöße oder Impulsionen, welche erforderlich sind, um die Bewegung desselben zu unterhalten. Die Hemmung zählt auch die Schwingungen, und das Räderwerk, welches die Zeiger führt, giebt auf diese Weise die Zeit an.

8. Diese Räder und Getriebe greifen durch Zähne ein, die in ihren Umkreis eingeschnitten sind. Die Zähne in den Getrieben werden bisweilen Triebstöcke genannt. Die Räder und Getriebe drehen sich um Zapfen, welche die Enden ihrer Achsen (Wellbäume) sind, oder diese selbst, bloß etwas dünner gemacht. Die Räder ruhen auf der Seite der Zapfen, wenn sie in vertikaler Lage sind; in horizontaler Lage werden sie von der Brust oder dem Ansätze der Zapfen getragen.

*) In der ersten bänischen Ausgabe dieses Werkes wird darauf aufmerksam gemacht, daß das Wort échappement, auf Englisch escapement, welches daraus abgeleitet wird, daß jeder Zahn des Hemmungsrades allmählig entweicht oder eschappirt, sich bequem durch Puls übersetzen läßt, ein Wort, das dort doch nicht aufgenommen, und auch nachher nicht in dieser Bedeutung gebraucht ist.

9. Die Feder wirkt inwendig in einem Cylinder, der sich um eine Achse bewegt. Dieser Cylinder wird das Federhaus genannt, und die Achse selbst der Federstift (Federwelle). Die Feder ist spiralförmig. Wenn sie im Federhause wirken soll, werden ihre Enden, das eine an den Federstift, das andere an den Umkreis des Federhauses befestigt. Steht das Federhaus fest, so kann man die Feder durch das Umdrehen des Federstiftes nach der einen Seite spannen; da sich die Feder alsdann um den Stift wickelt. Steht dagegen der Federstift fest, so spannt man die Feder auf passende Weise durch das Drehen des Federhauses. Der Federstift wird durch ein Sperrwerk (Gesperre) gehalten (bestehend aus einem Sperrade, oder Nade mit schrägen Zähnen, und einem Sperrhaken, oder Sperrkegel, welcher in das Sperrad eingreift) so daß er nur nach der einen Seite gedreht werden kann. Durch eine Kette wirkt das Federhaus öfters auf eine Schnecke. Wenn die Feder hinreichend gespannt oder aufgezogen ist, wird ein Mechanismus, bei Uhren mit Schnecke Vorfall und bei den ohne Schnecke Stellung (arrétage) genannt, verhindern, daß die Feder zu viel gespannt werde.

10. Man bringt bei der Unruhe eine kleine Feder an, die dazu dient, die Schwingungen derselben zu reguliren. Diese Feder wird ihrer Gestalt wegen Spiralfeder (Spirale) genannt. Je nachdem die Spiralfeder stärker oder schwächer ist, werden die Schwingungen der Unruhe schneller oder langsamer werden. In den gewöhnlichen Uhren bringt man bei der Spiralfeder einen Mechanismus an, welcher, indem er den äußersten Umgang der Spiralfeder verlängert oder verkürzt, die Schnelligkeit der Schwingungen zunächst regulirt. Dieser Mechanismus ist unter dem Namen Rückwerk bekannt;

und besteht aus einem Getriebe, welches in einen Rechen eingreift, auf welchem zwei Stifte angebracht sind, die den äußersten Umgang der Spiralfeder umfassen. In Cylinderuhren und andern Uhren neuerer Art, wendet man auch ein anderes Mittel an, indem man einen Räder anwendet, der auf ähnliche Weise zwei Stifte hat, welche auf die Spiralfeder wirken.

11. Die Räder laufen gewöhnlich zwischen zwei Boden (Platten, Platinen), wovon der eine Vorderboden, Großboden (Pfeilerplatte), der andere Hinterboden, Kleinboden (Klobenboden) genannt wird. Doch läßt man die Räder oft in Stegen laufen. Der Steg, worin der Zapfen der Unruhe läuft, führt den besondern Namen Unruhklöben.

12. Um die Regeln zu bestimmen, welche zur Grundlage der Construction der verschiedenen Theile einer Uhr dienen, ist es nothwendig besonders zu betrachten: 1) den Regulator, er möge nun Pendel oder Unruhe sein; 2) die bewegende Kraft; 3) das Räderwerk und 4) die Hemmung. Am Schlusse dieses Kapitels und im nächsten wollen wir das Pendel abhandeln.

Zweiter Abschnitt.

Vom Pendel, dessen Aufhängung und der Art und Weise, den Widerstand der Luft so gering als möglich zu machen.

13. Das Pendel ist ein Körper, der an einem Faden hangend, um seinen Aufhängungspunkt schwingen kann (1). Es giebt zwei Arten Pendel, das einfache und das zusammengesetzte. Das einfache Pendel ist nur ein ideales; indem man sich vorstellt, daß der Faden an demselben, welcher den

schwingenden Körper hält, gar keine Masse habe, und daß das ganze Gewicht des schwingenden Körpers in einem einzigen Punkte vereint sei, welches in der Wirklichkeit nicht Statt findet; (passend hat man daher dieses Pendel das mathematische genannt). Dagegen hat das zusammengesetzte Pendel mehr oder weniger Masse oder Gewicht in seinen verschiedenen Theilen. (Im Gegensatz zu dem mathematischen Pendel wird dieses das körperliche genannt). Natürlicherweise ist es nur dieses letztere, das in Uhren angewandt wird.

14. Tab. 1, Fig. 1, zeigt das mathematische oder einfache Pendel. c ist der Aufhängungspunkt, ca der Faden, welcher den schwingenden Körper a hält. Dieser Körper kann um den Aufhängungspunkt c größere oder kleinere Bogen beschreiben; bad ist ein solcher Bogen. Die Bewegung des Pendels wird durch die Schwere des Körpers a verursacht; denn wenn man diesen nach der Seite b hinführte, so würde er nach einer Richtung senkrecht auf die Oberfläche der Erde, fallen; doch, da er durch den Faden ca zurückgehalten wird, beständig in derselben Entfernung vom Punkte c , so kann der Fall nur in dem Bogen ba geschehen. Wenn der Körper den Punkt a erreicht hat, wird er eine Geschwindigkeit erlangt haben, gleich der, welche er durch einen Fall, senkrecht von i nach a , bekommen haben würde, und durch diese Geschwindigkeit steigt der Körper von a bis d in derselben Zeit empor, welche zu der halben Schwingung ba angewandt wird. Wenn der Körper bis d gekommen ist, kann er nicht in Ruhe bleiben, sondern wird aufs neue bis a , und darüber hinaus, bis b schwingen. Die Schwingungen werden auf diese Weise fort dauern, bis eine äußere Kraft sie aufhören macht.

15. Das eigenthümliche Gewicht (specifische Gewicht)

des schwingenden Körpers hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Dauer der Schwingungen, und würde gar keinen haben, wenn das Pendel in einem luftleeren Raume schwänge.

16. Die größeren oder kleineren Schwingungsbogen des Pendels werden nicht in gleichen Zeiten vollendet, sind nicht vollkommen isochronisch (von gleicher Dauer, gleichzeitig). Die größeren Bogen erfordern längere Zeit, als die kleineren, Etwas, was sowohl die Erfahrung zeigt, als auch mathematisch bewiesen werden kann. Indessen ist der Unterschied in der Dauer der Schwingungen nicht bedeutend, und hat keinen besonders schädlichen Einfluß auf die Uhren, welche zum gewöhnlichen Gebrauche bestimmt sind; aber in der höheren Uhrmacherkunst, wo man sogar die geringste Ursache zur Unregelmäßigkeit zu heben sucht, hat man auf passende Mittel sinnen müssen, um die Schwingungen durchaus gleichzeitig zu machen, oder wenigstens so gleichzeitig (isochronisch); als möglich. Huyghens ist der erste, welcher sich mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, und um gleichzeitige Schwingungen zu bewirken, schlug er vor, das Pendel zwischen zwei Platten schwingen zu lassen, welche nach einer Cycloide (Radlinie) so ausgeschnitten waren, daß sich der Faden am Aufhängungspunkte nach diesen Platten biegen konnte. Durch dieses Mittel wird, wie es mathematisch bewiesen werden kann, die Pendellinse, oder der schwingende Körper, dahin gebracht werden, in einer Cycloide zu schwingen, wodurch die Schwingungen gleichzeitig werden.

17. Obgleich die cycloidischen Schwingungen nach der strengen Theorie richtig sind, und die Idee sinnreich und eines Huyghens würdig ist, so ist es in der Praxis doch nicht möglich, dieses Mittel anzuwenden. Die Schwierigkeit, beide Bogen von einer genau cycloidischen Figur zu machen, ist schon ein

großes Hinderniß, und wären diese auch vollkommen genau, so sieht man doch leicht ein, wie unvorthailhaft es sei, das Pendel mittelst eines Fadens aufzuhängen. Wenn man aber statt des Fadens eine sehr schwache und biegsame Feder gebrauchen wollte, welche sich nach den cycloidischen Platten biegen könnte, so würde eine Schwierigkeit durch die Unregelmäßigkeit entstehen, welche von der Cohäsion zwischen der Feder und jenen cycloidischen Platten herrührt. Man erreicht den Zweck in der Wirklichkeit auf eine weit einfachere Weise, indem man dessens ungeachtet Huyghens Grundregel folgt, nämlich: Da der Kreisbogen, den das unterste Ende des Pendels beschreibt, und der Bogen, den er beschreiben würde, falls er sich cycloidisch bewegte, zusammenfallen würden, wenn das Pendel in sehr kleinen Bogen schwänge: so kann man diese kleinen Kreisbogen als cycloidisch, und so als gleichzeitig, betrachten. Auf diese Weise nähert man sich in der Praxis, durch ein sehr einfaches Mittel, einem vollkommenen Isochronismus.

18. Die Erfahrung hat gezeigt, daß zwei Pendel von gleicher Länge ihre Schwingungen nicht in gleicher Zeit vollenden, wenn sie sich an Stellen von verschiedener geographischen Breite befinden. Die Schwingungszeit wird nämlich durch die Größe der Schwerkraft und durch die Länge des Pendels bestimmt. Wenn aber die Schwerkraft vermehrt oder vermindert wird, so ist es einleuchtend, daß dieses auf die Dauer der Schwingungen Einfluß haben muß. Auf der Erde, die an den Polen platt gedrückt ist und unter dem Aequator erhöht, ist die Schwerkraft geringer in der Nähe des Poles, größer unter den Polen. Da auf der Erde ferner die mittelpunktsichende Kraft oder die Centrifugalkraft allmählig geringer wird, je nachdem man sich vom Aequator entfernt, so wird die Schwerkraft

auch aus diesem Grunde in demselben Grade größer werden, wie man sich den Polen nähert. Aus diesen beiden, in Verbindung wirkenden, Ursachen werden die Schwingungen des Pendels langsamer, wenn man sich dem Aequator, schneller wenn man sich den Polen nähert.

19. Wenn die geographische Breite dieselbe bleibt, wird die Schwerkraft sich nicht verändern; folglich werden Pendel von gleicher Länge in gleichen Zeiten schwingen, wenn sie unter gleicher Breite aufgehängt sind. Mit Rücksicht auf die Anzahl der Schwingungen und die Pendellängen hat man folgende Regeln, die mathematisch bewiesen werden können:

- 1) Die Schwingungen der Pendel geschehen in Zeiten, die im Verhältniß stehen zu den Quadratwurzeln ihrer Längen; und
- 2) Die Längen der Pendel stehen im Verhältniß zu den Quadraten der Schwingungszeiten.

Daraus folgt:

- 1) daß die Anzahl der Schwingungen in einer gegebenen Zeit in umgekehrtem Verhältnisse zu den Quadratwurzeln ihrer Längen stehe; und
- 2) daß die Längen in umgekehrtem Verhältnisse zu den Quadraten der Anzahl der Schwingungen stehen, so daß ein Pendel, welches in einer gegebenen Zeit doppelt so viele Schwingungen, als ein anderes, macht, nur den vierten Theil der Länge desselben haben wird.

Wenn die Zeit, worin ein Pendel seine Schwingungen macht, gegeben ist, und ebenfalls die Länge desselben, so kann man daraus die Länge eines andern Pendels finden, dessen

Schwingungszeit gegeben ist. Ist die Länge gegeben, so kann man die Anzahl der Schwingungen finden. Nächste Nummer wird hiervon Beispiele geben.

20. Wir wissen, daß ein Pendel von $440\frac{1}{2}$ Par. Linien (457 Linien Rheintl. Maaf) eine Schwingung in Einer Secunde macht, oder 3600 in der Stunde. Verlangt man nun, diesem zufolge, die Anzahl der Schwingungen zu erfahren, die ein Pendel von der Länge 10 Zoll oder 120 Linien in Einer Stunde macht, so wird man diese finden, wenn man sagt: Die Anzahl der Schwingungen des großen Pendels, oder 3600, verhalten sich zu den Schwingungen des kleinen Pendels, wie die Quadratwurzel aus der Länge des kleinen Pendels zu der Quadratwurzel aus der Länge des großen Pendels; d. h.

$$\sqrt{120} : \sqrt{440\frac{1}{2}} = 3600 : x$$

Die Quadratwurzel von 120 ist 10,954; von $440\frac{1}{2}$ ist die Quadratwurzel 20,988, folglich

$$10,954 : 20,988 = 3600 : x$$

$$\text{und } x = \frac{3600 \times 20,988}{10,954} = 6897^*)$$

Ein Pendel von der Länge 10 Zoll oder 120 Linien macht auf diese Weise 6897 Schwingungen in der Stunde.

Um die Länge eines Pendels zu finden, von dem die Anzahl der Schwingungen gegeben ist, folgt man der Regel in

*) Diese Berechnung kann auch so geführt werden:

$$\begin{aligned} \sqrt{120} : \sqrt{440\frac{1}{2}} &= 3600 : x \\ 120 : 440\frac{1}{2} &= 3600^2 : x^2 \\ x^2 &= \frac{3600^2 \times 440\frac{1}{2}}{120} = \frac{12960000 \times 440\frac{1}{2}}{120} = 47574000 \end{aligned}$$

wovon die Quadratwurzel:

$$x = 6897.$$

Nr. 19: Die Länge des bekannten Pendels verhält sich zu der Länge des unbekanntes Pendels oder x , wie die Quadratzahl der Schwingungen des unbekanntes Pendels zu der Quadratzahl der Schwingungen des bekannten Pendels. Nimmt man nun in Rücksicht des unbekanntes Pendels an, daß die Anzahl der Schwingungen 7200 in der Stunde sei, so wird man folgende Proportion haben:

$$440\frac{1}{2} : x = 7200^2 : 3600^2$$

oder, indem das letzte Verhältniß dadurch verkürzt wird, daß man mit 3600^2 dividirt, und daß die Verhältnisse umgekehrt werden

$$2^2 : 1^2 = 440\frac{1}{2} : x \text{ oder}$$

$$4 : 1 = 440\frac{1}{2} : x, \text{ und hieraus}$$

$$x = \frac{440\frac{1}{2} \times 1}{4} = 110\frac{1}{8}$$

Damit ein Pendel also 7200 Schwingungen in der Stunde (oder Eine Schwingung in einer halben Secunde machen kann) muß seine Länge $110\frac{1}{8}$ Linie oder 9 Zoll $2\frac{1}{8}$ Linie Par. Maaß ($9\frac{1}{2}$ Zoll Rheinl. Maaß) sein. Man sieht, daß es demnach nicht schwierig ist, die Länge der Pendel zu finden, wenn die Anzahl der Schwingungen in einer Stunde gegeben ist. Auf diese Weise hat man Tabellen verfertigt, um die Längen der Pendel zu bestimmen.

21. Das ganze Gewicht des einfachen oder mathematischen Pendels wird in dem schwingenden Körper vereint gedacht; die verschiedenen Theile des zusammengesetzten oder körperlichen Pendels haben nach ihrer Ausdehnung und der eigenthümlichen Schwere der Theile, woraus das Pendel zusammengesetzt ist, größeres oder geringeres Gewicht (13). Nichts destoweniger kann man das ganze Gewicht in einem einzigen

Punkte vereint betrachten, den man den Schwingungsmittelpunkt oder das Oscillationscentrum nennt. Die Anzahl der Schwingungen, welche das einfache Pendel macht, ist gleich der Anzahl der des zusammengesetzten Pendels, bei welchem die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes von dem Aufhängungspunkte der Länge des einfachen Pendels gleich ist.

22. Man kann durch Berechnung den Schwingungsmittelpunkt in dem zusammengesetzten Pendel finden, aber nicht ohne große Schwierigkeit, besonders wenn die verschiedenen Theile, woraus das Pendel zusammengesetzt ist, eine wenig regelmäßige Gestalt haben; doch sind diese Berechnungen von keinem Nutzen, weder für die Künstler selbst, welche die Uhr verfertigen, noch bei der Anwendung des Pendels in Uhren. Darum ist hier auch nicht von dieser Berechnung die Rede. Ich will nur bemerken, daß der Schwingungsmittelpunkt sich dem Aufhängungspunkte desto mehr nähert, wenn die Pendelstange ein bedeutendes Gewicht hat, und daß er sich dagegen weiter entfernt, wenn die Stange leicht, und der schwingende Körper schwer ist. Der Schwingungsmittelpunkt eines Cylinders und Parallelepipedums, eines Prismas (oder überhaupt eines jeden Körpers, der überall dieselbe horizontale Durchschnittsfläche hat) liegt in $\frac{2}{3}$ der Länge des Pendels vom Aufhängungspunkte, also $\frac{1}{3}$ von dem untersten Punkte, der den Schwingungsbogen beschreift.

23. Das Pendel erleidet während der Schwingung einen Widerstand in der Luft und einen Reibungswiderstand am Aufhängungspunkte; diese beiden Hindernisse der Bewegung müssen so viel als möglich vermindert werden, wie die nächste Nummer lehrt.

24. Der Reibungswiderstand, den das Pendel am Aufhängungspunkte erleidet, vermindert beständig die Schwingungs-

bogen des Pendels, und wird die Bewegung zuletzt ganz aufgehoben. Wenn man annimmt, daß das Pendel bei einer Uhr angebracht ist, sieht man ein, daß es nothwendig sei, eine äußere Kraft anzubringen (2), welche den Verlust der Bewegung des Pendels ersetzen kann, und diese Kraft in Verhältniß zur Reibung und zum Widerstande der Luft zu bringen. Diese Kraft, welche dazu dient, den Verlust der Bewegung zu ersetzen, wirkt auf die Freiheit der Pendelschwingungen. Das Pendel mißt die Schwingungen durch seine natürliche Bewegung, und, je mehr es in seiner Schwingung durch eine von außen wirkende Kraft gehindert ist, desto weniger genau mißt es die Zeit, da jene Kraft nicht immer ganz gleichförmig sein kann. Man sieht denn ein, daß man um die Wirkung der äußern oder ersetzenden Kraft so gering als möglich zu machen, suchen muß, die Reibung und den Widerstand der Luft zu dem möglichst geringen Grade zu vermindern.

Von der Aufhängung des Pendels.

25. Man kann das Pendel auf zwei Arten aufhängen, entweder mittelst einer Feder oder einer Schneide. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die letzte Art den Vorzug hat, daß die Bewegung des Pendels nicht so schnell aufgehoben wird, als wenn es mittelst einer Feder aufgehängt ist, *) und schon

*) Ferdinand Berthoud hat in seinem Werke: „*Essai sur l'Horlogerie*,“ seine Erfahrungen über die Aufhängung mitgetheilt, wodurch er bewiesen hat, daß das Pendel, welches mittelst einer Feder aufgehängt ist, um ein Viertel größeren Widerstand in seiner freien Bewegung erleidet, als das, welches mittelst einer Schneide aufgehängt ist, und aus diesen und andern Gründen glaubt er der Aufhängung mittelst einer Schneide den Vorzug geben zu müssen.

aus diesem Grunde haben mehrere Künstler die Aufhängung mittelst einer Schneide vorgezogen. Außerdem fürchtet man, daß eine so dünne Platte oder Lamelle, wie die Aufhängungsfeder ist, durch das bedeutende Gewicht des Pendels leicht etwas verlängert werden könnte, besonders, da das Gewicht auf die Feder mit einer Kraft wirkt, welche durch die Schwingungen vergrößert wird.

Die nächste Nummer wird daher eine gute Aufhängungsart angeben.

26. Tab. I, Fig. 2, zeigt den Träger (die Unterlage), welcher das Pendel unterstützt. Dieses Stück ist von gegossenem Messing, sehr stark und an das Uhrgehäuse festgemacht. Es kann ins Holz eingelegt und durch mehrere Schrauben befestigt werden. *) *aa* ist ein überaus fester und starker viereckiger Rahmen, der von zwei Zapfen getragen wird, die sich am Ende der beiden Schrauben *bb* befinden. Dieser Rahmen kann sich um die beiden Zapfen bewegen, doch nicht ohne bedeutenden Reibungswiderstand. Die beiden Einschnitte oder Ninnen (Pfannen) *dd* sind dazu bestimmt, die Schneide des Pendels zu tragen, wie man in Fig. 3 sieht, wo *d* die Ninne ist. Dieselbe Figur zeigt den Obertheil der Pendelstange, worauf die Schneide angebracht ist. Die Platten *ee*, Fig. 2, sind auf dem Rahmen *aa* angebracht, um zu verhindern, daß sich die Schneide verschiebe.

*) Man kann auch den Träger an einen metallenen Bock (*chevalet*) befestigen, der das Uhrwerk trägt, und dieser Bock kann wiederum an eine solide Mauer festgemacht werden. Dieses Mittel, wie vortreflich es übrigens sein kann, führt aber beim Transportiren der Uhr Unbequemlichkeiten mit sich, deren man überhoben ist, wenn das Pendel in dem Uhrgehäuse hängt. In jedem Falle kann man, ich bemerke es absichtlich noch einmal, beim Aufhängen nicht sorgfältig genug sein; denn ein Fehler von dieser Seite reicht hin, den Gang der Uhr unregelmäßig zu machen.

27. Um die Reibung so gering als möglich, und zugleich unveränderlich zu machen, muß man beobachten:

- 1) daß die Schneide aus vorzüglichem Stahle gemacht sei, der sich gut härten läßt;
- 2) daß auch die Vertiefung oder Rinne aus vorzüglichem Stahle bestehe. Es würde noch besser sein, starke Platten von harten Steinen, z. B. von orientalischem Saphir, im Rahmen *aa* einzufassen und darin die Vertiefungen zu machen;
- 3) daß der Winkel der Schneide beinahe ein Rechter oder 90° ,*) und etwas abgerundet, oder wenigstens nicht scharf, sei;
- 4) daß die Schneide auf allen Punkten ruhe, und aus dem Grunde ist es nothwendig, daß die Kante (Der Winkel) derselben durchaus gleichlaufend mit der Rinne sei; auch ist es überaus wichtig, daß die Kante der Schneide, wie auch die Rinne gut polirt seien;
- 5) daß die Schneide und die Rinne eine hinreichende Länge haben, dem Gewichte des Pendels angemessen. Ein Pendel, dessen Gewicht doppelt so groß, als das eines andern Pendels ist, erfordert eine doppelt so lange Schneide. Die größere Länge macht keine Veränderung in Rücksicht der Größe des Reibungswiderstandes, aber sie bewahrt die verschiedenen Theile des Messers und der Rinne vor Abnutzung.

*) Eine schärfere Schneide, z. B. eine, deren Winkel 45° wäre, würde wohl leichter gehen, man würde dabei aber mehr der Gefahr ausgesetzt sein, daß sie sich in die Rinne hineinbearbeitete.

28. Indem man den oben angeführten Regeln folgt, macht man die Reibung überaus gering und sehr constant oder unveränderlich. Doch ziehen mehrere ausgezeichnete Künstler die Aufhängung mittelst einer Feder vor, und man hat dabei nicht die Gefahr zu befürchten, welche durch Abnutzung entstehen könnte. Die Aufhängung mittelst einer Schneide ist der Gefahr ausgesetzt, zernagt zu werden, und in diesem Falle entsteht eine merkliche Unregelmäßigkeit. Aus diesem Grunde habe ich Bedenken getragen diese Aufhängungsart bei astronomischen Pendeluhren anzuwenden, und mich der Aufhängung mittelst Federn bedient, welche Art außerdem noch einen andern Vortheil darbietet, den ich späterhin anführen werde. Auf folgende Weise habe ich meine Pendel aufgehängt. Die Erfahrung hat mir gezeigt, daß sie zweckmäßig sei.

Tab. 1, Fig. 4 und 5, zeigt den Träger (Pendellöben) *Aaa*, an welchem das Pendel mittelst der Feder aufgehängt ist. Er ist von gegossenem Messing, sehr stark und fest, von beinahe $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, und in ein Loch eingepaßt, das in die Hinterseite des Uhrgehäuses gebohrt ist. Eine Schraubenmutter (Mutterschraube) *c* hält den Träger fest, und die Schraube *d* (Fig. 5), welche durch die Platte *A* geht, und in das Holz eingeschraubt werden kann, verhindert den Träger sich umdrehen zu können, wenn er in seine rechte Lage gebracht ist. In dem Theile *aa* ist ein vertikaler Einschnitt, dessen Breite ungefähr zwei Linien, und dessen Tiefe einen Zoll hat. In diesen Einschnitt, dessen Seiten ganz gleichlaufend sind, drückt man den Kopf *e* hinein, worin die Aufhängungsfeder gesetzt ist. Die Feder selbst muß von vorzüglichem Stahle gemacht sein, beinahe von der Dicke eines Kartenblattes, und der Härte einer gewöhnlichen Uhrfeder, d. h., weißblau. Der Kopf dieser

Feder ist aus zwei messingenen Platten gebildet, mit mehreren Stiften an den obersten Theil der Feder befestigt. Durch diesen Kopf geht ein Loch von ungefähr $\frac{3}{4}$ bis 1 Linie Weite, worin ein Stift *e* eingesetzt ist, der dazu dient, die Feder in einer in den Träger gemachten Rinne zu tragen, wie man in Fig. 5 sieht. An das unterste Ende der Feder sind ebenfalls zwei messingene Platten genietet, in welche man ein Loch zu einem Stifte bohrt, der sowohl durch die Platten als durch die Feder geht. Diese Feder hat die Gestalt, welche Fig. 5, *f*, zeigt; sie ist nämlich oben breiter, als unten. In der Mitte der Feder ist, der Länge nach, eine Ausfeilung oder ein Ausschnitt von ungefähr zwei Linien Breite; hierdurch giebt man der Feder eine größere Breite, ohne daß sie dadurch zu steif wird. An den Secundenpendeln, die ich verfertigt habe, ist der Kopf der Feder 10 Linien breit, und die Feder selbst hat dicht am Kopfe dieselbe Breite, während der unterste Theil nur eine Breite von $7\frac{1}{2}$ Linien hat; die Entfernung zwischen den obersten und untersten Platten ist 12 bis 13 Linien. Fig. 6 zeigt den Haken *a*, von der Seite gesehen; er ist an die Pendelstange *b* festgeschraubt, und auf solche Weise verfertigt, daß man ihn an den untersten Stift der Aufhängungsfeder hängen kann, wie Fig. 4 zeigt.

In der Folge wird eine meiner astronomischen Pendeluhren beschrieben werden, und dadurch Gelegenheit gegeben, von der Aufhängungsfeder ausführlicher zu sprechen.

Von den Mitteln, den Widerstand der Luft so gering als möglich zu machen.

29. Der Widerstand, den ein in Bewegung gesetzter Körper von der Luft erleidet, steht im Verhältniß zu seinem

Umfange und zum Quadrate seiner Geschwindigkeit. Ein Körper, der sich mit derselben Geschwindigkeit, wie ein anderer, bewegt, dessen Oberfläche nur die Hälfte von jenem ausmacht, wird nur halb so vielen Widerstand erleiden, als jener größere Körper.

30. Die Geschwindigkeit und das Gewicht eines Pendels bestimmen die Größe der Bewegung desselben, und durch diese wird der Widerstand der Luft überwunden. Wenn man annimmt, daß die Geschwindigkeit zweier Pendel gleich ist, so ist es nur das Gewicht, welches die Kraft verändern kann, die das Pendel unter seiner Bewegung hat, und je größer das Gewicht eines Pendels im Vergleich zu einem andern ist, desto mehr Kraft hat es, um den Widerstand der Luft zu überwinden. Hieraus folgt also, daß man zum Pendel eine Materie von großem specifischen Gewichte gebrauchen, und suchen muß, die Fläche des Körpers, welche der Luft Widerstand leistet, so gering als möglich zu machen.

31. Da die Kugel unter allen Formen, die man einem Körper geben kann, diejenige ist, welche die größte Masse in die kleinste Oberfläche einschließt, so könnte diese zu dem schwingenden Theile des Pendels am tauglichsten scheinen, da aber die Bewegung desselben nur nach Einer Richtung hin und her geschieht, und der Widerstand der Luft nur auf die zwei Seiten des Pendels wirkt, so sieht man leicht ein, daß die Linsenform sich noch besser, als eine Kugel, zum Pendel eigne, und aus diesem Grunde bedient man sich dieser am häufigsten.*)

*) Ferdinand Berthoud hat durch seine Versuche bewiesen, daß ein linsenförmiges Pendel ein Zehntel weniger von seiner Bewegung verliert, als ein kugelförmiges.

32. Wenn man den Reibungswiderstand und den Widerstand der Luft zu dem möglichst geringen Grade gebracht hat, so hat man vieles für die Vollkommenheit des Pendels gethan. Indessen ist noch ein großes Hinderniß für die Genauigkeit, nämlich das, welches durch die Temperaturveränderung entsteht, wodurch das Pendel verlängert oder verkürzt wird, und so nach den verschiedenen Graden der Wärme und Kälte ungleich schwingt, (nicht gleichviel Zeit zu einer Schwingung gebraucht). Das folgende Kapitel handelt von der Wirkung der Temperatur auf die Metalle, und von der Art, die Wirkung derselben auf das Pendel zu compensiren oder auszugleichen.

Zweites Kapitel.

Von der Wirkung der Temperatur auf die Metalle. Vom
Pendel und der Compensation desselben.*)

(Tab. I. und II.)

Erster Abschnitt.

Von der Wirkung der Temperatur auf die Metalle.

33. Die Temperatur bewirkt, daß sich die Körper ausdehnen und zusammenziehen. Die Wärme bringt Ausdehnung, die Kälte Zusammenziehung hervor.

34. Die festen Körper im Allgemeinen dehnen sich unter der Einwirkung der Temperatur weniger aus, und ziehen sich weniger zusammen, als die flüssigen. Das Quecksilber dehnt sich mehr aus als die festen Metalle. Die Metalle ziehen sich in einem sehr verschiedenen Grade zusammen, und dehnen sich in einem eben so verschiedenen Grade aus. Mehrere Naturforscher haben sich bemüht, die verschiedenen Ausdehnungen zu bestimmen; aber unter allen Ausdehnungs-Tabellen, welche bisher

*) Unter „Compensation“ versteht man den Mechanismus, der bei Uhren gebraucht wird, um die Wirkung einer veränderten Temperatur auf den Regulator zu heben dieser möge nun Pendel oder Kruke sein.

erschienen sind, kann man annehmen, daß keine so vollkommen seien, als diejenigen, welche auf Laplace's und Lavoisier's Versuche gegründet sind.

Folgende Tabelle kann zur Grundlage der Berechnungen über die Compensation der Pendel dienen.

Tabelle

über das Verhältniß der Ausdehnung mehrerer Metalle vom Eispunkte des Wassers bis zum Siedepunkte, wenn man annimmt, daß die Länge der Stange, welche zum Versuche gebraucht wird, 1,00000 am Eispunkte sei.

Metalle am Siedepunkte des Wassers.	Ausdehnung in Decimalbrüchen.	Ausdehnung in gewöhnlichen Brüchen.
Platin	0,000857	$\frac{1}{1167}$
Nicht gehärteter Stahl	0,001079	$\frac{1}{927}$
Weiches Schmiedeeisen	0,001220	$\frac{1}{819}$
Gezogenes Rundeseisen	0,001235	$\frac{1}{810}$
Gold, Pariser-Probe	0,001552	$\frac{1}{644}$
Messing	0,001873	$\frac{1}{533}$
Feines Silber	0,001910	$\frac{1}{524}$
Blei	0,002343	$\frac{1}{427}$
Zink	0,002942	$\frac{1}{340}$
Quecksilber	0,018100	$\frac{1}{55}$

Obenstehende Angaben sind für die Uhrmacherkunst hinreichend; die Angabe für Zink ist von Smeaton. Weitläufigere Tabellen finden sich in *Biot's „Traité de physique,“* in *Ure's „Dictionary of Chemistry“* und mehreren Werken.

Längen-Ausdehnung

folgender Metalle vom Eispunkte bis zum Siedepunkte des Wassers für Stangen, die eine Toise oder einen französischen Faden lang sind.

	Linien.
Eisen	1,054.
Messing	1,623.
Zink	2,542.
Quecksilber	15,638.
Welches an Ausdehnung beträgt für einen Zoll von:	
Eisen	0,0146.
Messing	0,0225.
Zink	0,0353.
Quecksilber	0,2172.

35. Das Glas erleidet beinahe dieselbe Ausdehnung, wie das Platin; es dehnt sich etwas mehr oder weniger aus, nach den verschiedenen Theilen, woraus es zusammengesetzt ist. Auch muß man bemerken, daß dieselben Metalle nicht immer denselben Grad von Ausdehnung haben. Das Messing z. B. dehnt sich mehr oder weniger aus, je nachdem das Kupfer einen größern oder geringern Zusatz von Zink erhalten hat. Das Eisen wird nach dem verschiedenen Grade der Reinheit sich mehr oder weniger ausdehnen. Dasselbe gilt von allen Metallen, und man sieht folglich ein, daß es, um eine vollkommene Compensation zu erreichen, nicht hinlänglich sei, ohne weiteres den Regeln zu folgen, die auf die Ausdehnungs-Tabellen gegründet sind, sondern daß es nothwendig sei, die Compensation durch Versuche zu prüfen.

36. Die Ausdehnung und Zusammenziehung der Metalle geschieht im Verhältniß zu ihrer Länge. Eine Metallstange, deren Länge drei Fuß, deren Breite und Dicke aber nur eine

Linie ist, dehnt sich bei demselben Wärmegrade weder mehr noch minder in der Länge aus, als eine andere Stange von derselben Länge, aber zwei bis drei Mal so großen Dicke; doch wird die dickere Stange der Einwirkung der Temperatur länger widerstehen.

37. Wenn man den Ausdehnungsgrad einer Stange von einer gegebenen Länge kennt, ist es leicht die Ausdehnung einer Stange von derselben Materie, aber von einer andern Länge, zu finden. Hat man z. B. eine Stange von 40 Zoll, deren Ausdehnung 0,55 Linien ist, und eine andere Stange von 50 Zoll, so wird man die Ausdehnung dieser letztern durch folgende Proportion finden:

$$40 : 50 = 0,55 : x.$$

$$x = \frac{50 \times 0,55}{40} = \frac{5 \times 0,55}{4} = 0,6875 \text{ Lin.}$$

38. In dem folgenden Abschnitte wird man den Einfluß der Temperatur auf das Pendel sehen. Was wir von der Wirkung der Temperatur gesagt haben, ist hinreichend, um die Regeln festzusetzen, welche für die Compensation nothwendig sind.

Zweiter Abschnitt.

Vom Einflusse der Wärme und Kälte auf das Pendel und auf die Abmessung der Zeit vermittelt desselben und von der Compensation.

Vom Pyrometer und der Art, das Pendel in einem Pyrometer zu prüfen. Vom Quecksilber-Pendel.

39. Man weiß aus dem vorhergehenden Abschnitte, daß die Temperatur auf die Metalle im Allgemeinen Einfluß hat, woraus folgt, daß sich das Pendel in der Wärme verlängert, in der Kälte verkürzt. Die Temperatur wechselt stets ab, und

diese beständige Abwechslung verändert beständig die Länge des Pendels. Die Dauer der Schwingungen hängt von der Länge des Pendels ab, und da diese sich beständig verändert, verändert sich ebenfalls die Schwingungszeit. Im Sommer verlängert sich das Pendel und macht langsamere Schwingungen; im Winter dagegen wird es kürzer, und die Schwingungen werden schneller. Die Erfahrung hat uns, übereinstimmend mit dem, was wir theoretisch schließen können, von dieser Wahrheit überzeugt.

40. Diese Veränderung in der Länge des Pendels ist indessen nicht so groß, daß sie in hohem Grade der genauen Zeitmessung schaden könnte, und die Pendel, welche in Uhren angewandt werden, die zum Gebrauche im täglichen Leben bestimmt sind, haben keine Compensation nöthig, um so weniger, da sich solche Uhren gewöhnlich in keiner besonders verschiedenen Temperatur befinden. So verhält es sich aber nicht mit den astronomischen Uhren; diese müssen streng genau sein, und aus diesem Grunde ist es durchaus notwendig, eine vollkommene Compensation zu gebrauchen. Man hat gefunden, daß in unserm Klima eine Pendeluhr, welche in der Kälte des Winters regulirt ist, im Sommer täglich gegen 20 Secunden zu langsam geht; und daß umgekehrt eine Uhr, welche in der Sommerwärme regulirt ist, im Winter eben so viel zu schnell gehen wird. Die Compensation wird auf diese Weise unumgänglich notwendig.

41. Man erreicht diese Compensation durch die Zusammensetzung der Pendelstange aus zwei Metallen von sehr verschiedener Ausdehnungskraft, die man so verbindet, daß die Wirkung der Temperatur auf das eine, die Wirkung derselben auf das andere aufhebt, so daß der schwingende Körper, die

Pendellinse, oder, um sich genauer auszudrücken, der Schwingungsmittelpunkt des Pendels dabei immer in gleicher Entfernung vom Aufhängungspunkte bleibt. Es ist nicht von Nöthen, sich bei der Beschreibung der weniger vollkommenen Compensationsmittel, die man gebraucht hat, aufzuhalten; ich werde daher gleich zu der Beschreibung eines Compensationspendels übergehen, das ich in den letzten meiner astronomischen Pendeluhren gebraucht habe. *)

42. Tab. II, Fig. 1, zeigt das Compensationspendel; *aa* sind zwei Stangen von Eisen, an ihren Enden an zwei Stücke Messing *bb* und *cc* durch hinreichend starke Stifte befestigt, welche durch dieselben gehen; *dd* sind zwei Sinkstangen, welche an die Messingstücke *bb* und *ee* festgemacht sind. Die zwei Stangen *aa* gehen durch das Stück *ee*, und die Löcher in diesem Stücke, welche zum Durchgange dienen, sind gehörig groß, so daß sich die Stangen frei bewegen können. Die Mittelstange, an deren obersten Ende der Aufhängungshaken angebracht ist, besteht aus Eisen, und geht frei durch das oberste Messingstück *bb*, aber ohne Wackeln. Das unterste Ende dieser Stange geht in ein Messingrohr hinein, das man besser in Fig. 2 sieht. Dieses Rohr ist mit dem untersten Ende durch

*) Die Compensationsweise, welche ich beschreiben will, ist in einer astronomischen Pendeluhr gebraucht, die ich dem Befehle Sr. Majestät, des Königs, zufolge, verfertigt habe, und welche Allerhöchstdieselben geruhten, dem Obristen von Fallon in Wien zu schenken. Da diese Uhr eine von denen ist, worauf ich alle mögliche Sorgfalt, sowohl mit Rücksicht auf die Verfertigung als auf die Wahl der Principien verwendet habe, so glaube ich nicht besser thun zu können, als die Compensationsweise anzugeben, welche bei derselben gebraucht ist. Man wird aus dieser Beschreibung sehen, daß ich ein einfaches und sicheres Mittel angewandt habe, wodurch die Astronomen selbst die Compensation vollkommen machen können, ohne das Pendel von seinem Aufhängungspunkte zu nehmen, und beinahe, ohne den Gang der Uhr zu stören.

eine Schraube an das Messingstück *ee*, Fig. 1, befestigt. Die Mittelstange geht beinahe ganz bis zum Stücke *ee* in dieses Rohr hinein, ungefähr bis auf einem halben Zoll, und ist an einem Stift *m*, Fig. 2, befestigt, der ganz durch das Rohr geht. Der Stift hat einen platten Kopf und geht zugleich durch das Rohr und die eiserne Stange, durch Löcher, die zu diesem Zwecke durch das Rohr und die Stange gebohret sind.

Die Linse *L*, welche man mittelst der Schraubenmutter *n* auf und abschieben kann, hängt in *ee* an einem starken Stifte, der sowohl durch *ee*, als durch die Linsenstange geht. Man könnte die Linsenstange auch durch eine Schraubenmutter befestigen, wodurch dasselbe erreicht werden würde. *p*, Fig. 1, noch anschaulicher in Fig. 3, ist ein kleines Gewicht, daß man nach Belieben längs der Mittelstange auf und ab schieben kann.*)

Es ist nun leicht einzusehen, wie diese Einrichtung auf das Pendel wirkt. Wenn die Wärme auf das Pendel wirkt, wird es einleuchtend, daß das Stück *ee* hinab geht, oder sich vom Aufhängungspunkte entfernt; denn die Mittelstange, wie auch das Messingrohr, werden durch die Wärme verlängert. Die Zinkstangen, an die Stücke *ee* und *bb* befestigt, verlängern sich ebenfalls durch die Wärme, und bringen durch ihre überaus große Ausdehnung das Stück *bb* weit höher hinauf, als *ee* hinab gegangen ist; aber die Verlängerung der zwei Stangen

*) Dieses Gewicht hat mit der Compensation nichts zu thun; dient aber dazu die Uhr nach Sternzeit oder Mittelzeit näher reguliren zu können, als es mit der Schraubenmutter geschehen kann, wie weiterhin im Buche davon die Rede sein wird. Diese Idee verdanken wir Huyghens, dem Erfinder der Pendeluhren; sie ist in seinem *Horologium oscillatorium (opera varia, Lugduni 1724, 1ster Theil p. 46)*, bekannt gemacht. Die Idee ist einfach, aber glücklich.

aa und der Stange, welche durch die Linse geht, drückt das Stück cc und die Linse L hinab; der obere Theil dieser letztern geht durch die Wärme in die Höhe, denn der unterste Rand, der sich auf die Schraubenmutter n stützt, kann nicht hinabgehen, und auf diese Weise geschieht diese Ausdehnung der Linse von unten aufwärts. Bei der Kälte treten die entgegengesetzten Wirkungen ein.

43. Indem man nun annimmt, daß die Summe der Ausdehnung der beiden Zinkstangen und der Linse gleich der Ausdehnung der Mittelstange und der beiden Stangen aa sei, so ist es klar, daß der Schwingungsmittelpunkt des Pendels unter der Einwirkung der Wärme dieselbe Entfernung von seinem Aufhängungspunkte behalten hat, und daß die Compensation genau ist, wie sie es auch, entgegengesetzten Wirkungen zufolge, in der Kälte sein wird.

44. Die Maaße, welche wir nun gleich angeben werden, sind diejenigen, welche zu einer ganz genauen Compensation passen, vorausgesetzt, daß die mittlere Eisenstange ihrer ganzen Länge nach, vom Aufhängungspunkte an bis ee wirkt, also ohne Rücksicht auf das Messingrohr.

3oll. Linien.

Die ganze Länge der mittlern Eisenstange, die Aufhängungsfeder mitgerechnet	35
Die Länge jeder Eisenstange aa , von dem einen Stifte bis zum andern	23
Die Länge der Stange, welche durch die Linse geht, von cc bis an die Schraubenmutter, welche die Linse trägt	7 6
Die Länge der Zinkstangen, von dem einen Stifte bis zum andern	22 3

Zoll. Linien.

Die Entfernung von dem Unterstüzungspunkte der Linse an der Schraubenmutter bis an den Schwingungsmittelpunkt, sehr nahe an 5 3

45. Folgende Berechnung zeigt, daß die Maaße, welche oben angegeben, richtig sind. Wenn man die Länge der Mittelstange zu der Länge der Stangen aa und der Stange, welche durch die Linse geht, addirt, hat man $35 + 23 + 7\frac{1}{2} = 65\frac{1}{2}$ Zoll. Fügt man nun die 5 Zoll 3 Linien der Linse von der Schraubenmutter bis an den Schwingungsmittelpunkt des Pendels zu der Länge der Zinkstangen: so hat man $22\frac{1}{4} + 5\frac{1}{4} = 27\frac{1}{2}$ Zoll, deren Ausdehnung die Ausdehnung von $65\frac{1}{2}$ Zoll Eisen compensiren soll.

Wir wissen, daß die Ausdehnung des Eisens ist:

	0,001220 oder $\frac{1}{819}$.
des Zinks	0,002942 oder $\frac{1}{340}$.
des Bleies	0,002848 oder $\frac{1}{351}$.

Da aber die Stangen von Zink sind, und das Innere der Linse aus Blei besteht, muß man die Mittelausdehnung dieser Metalle suchen, berechnet nach dem Verhältnisse des Zinks, welches hier 22 Zoll 3 Lin. ist, und des Theils der Linse, welcher in die Compensationsrechnung kömmt, und der 5 Zoll 3 Lin. beträgt, wo man dann die Mittelgröße der beiden Ausdehnungen $\frac{1}{342}$ *) haben wird, welcher Bruch bei der Compensationsrechnung zum Grunde gelegt wird. Unter dieser Voraussetzung, wird man, um zu finden, ob das Verhältniß der Maaße richtig sei, so schließen: Die Ausdehnung des Eisens ist $\frac{1}{819}$, die des Zinks und Bleies $\frac{1}{342}$, also verhält sich die Ausdeh-

*) Siehe hierüber Nr. 49, wo diese Berechnung ausgeführt wird.

nung des Zinks und Bleies zu der des Eisens, wie 819 zu 342, welches uns folgende Proportion giebt:

$$819 : 342 = 65\frac{1}{2} : x.$$

$$x = \frac{342 \times 65\frac{1}{2}}{819} = 27\frac{3}{91} \text{ Zoll.}$$

46. Man sieht also, daß der Unterschied der in Nr. 44 gegebenen Maaße (wo die Summe der Länge des Zinks und die $5\frac{1}{4}$ Zoll der Länge der Linse im Ganzen $27\frac{1}{2}$ Zoll ausmachen), und derjenigen, die wir durch Berechnung erhalten haben, nur $\frac{1}{7}$ Zoll ist, welche Größe als Null betrachtet werden kann bei einem Pendel, das erst die absolute Genauigkeit durch Untersuchung im Pyrometer erhalten soll, und nach dem, was dieses angiebt, berichtigt wird. Uebrigens ist der Einfluß, den $\frac{1}{7}$ Zoll von der Länge des Zinks zu viel haben kann, sehr gering, und wird unter einer Temperaturveränderung von 40 Gr. Reaum. eine Verkürzung von 0,0025 oder $\frac{1}{400}$ Linie verursachen, zufolge der Ausdehnung, welche in Nr. 34 angegeben ist. Wir wissen aber aus Berechnung und Erfahrung, daß eine Veränderung von $\frac{1}{100}$ Linie in der Länge des Pendels eine Veränderung von Einer Secunde in 24 Stunden in dem Gange der Uhr hervorbringen würde; also wird die Veränderung von 0,0025 oder $\frac{1}{400}$ Linie in der Länge des Pendels, selbst unter einer so bedeutenden Temperaturveränderung, wie die von 40 Graden, nur $\frac{1}{4}$ Secunde in 24 Stunden ausmachen.

47. Wir müssen jetzt von dem Gebrauche des Messingrohres Rechenschaft ablegen, welche ich bei dem so eben beschriebenen Compensationspendel gebraucht habe, und von dem Vortheile, den dieses Rohr gewährt, um zu einer streng richtigen Compensation zu gelangen.

Dieses Rohr ist gar nicht in die so eben gemachte Rech-

nung gekommen, und die Mittelstange ist in ihrer ganzen Länge bis zum Stücke *ee* gerechnet. Es ist offenbar, daß die Compensation zu gering gewesen sein würde, wenn das Rohr, oder bloß ein Theil davon, an der Ausdehnung Antheil gehabt hätte; denn, da das Messing eine größere Ausdehnungskraft hat, als das Eisen, so würden die Zinkstangen in diesem Falle nicht die gehörige Länge gehabt haben, um hinreichend zu compensiren. Um sich also eines Messingsrohres bedienen zu können, muß man nothwendigerweise den Zinkstangen eine größere Länge geben, als die von 22 Zoll 3 Lin., welche in Nr. 44 für ein Pendel ohne Rohr angefezt sind.

48. Die Maaße für ein Compensationspendel mit Messingrohr sind folgende:

Die Linse hat einen Durchmesser von 7 Zoll, von welchen man sehr genau rechnen kann, daß die Länge, welche von der Schraubenmutter bis an den Schwingungsmittelpunkt, an der Compensation Antheil nimmt, ausmache . . . 5 Zoll 3 Linien.		
Die Zinkstangen, jede	24	— " —
Die Eisenstangen <i>aa</i> , jede	24	— 9 —
Die Mittelstange, die Aufhängungsfeder mitgerechnet	35	— " —
Das Messingrohr	12	— " —
Die Stange, welche durch die Linse geht	7	— 6 —

Da aber die eiserne Mittelstange an die Mitte des Messingrohres befestigt ist, d. h., 6 Zoll von der Schraubenmutter, so sind die Längen, welche zur Grundlage der Berechnung dienen sollen, wodurch das angegebene Maaß geprüft wird, 29 Zoll Eisen und 6 Zoll Messing, im Ganzen 35 Zoll für die ganze Mittelstange, die Aufhängungsfeder mitgerechnet.

49. Um durch Berechnung die Genauigkeit dieser Maaße

zu prüfen, sagt man: Die ganze Länge der Stangen, die den Schwingungsmittelpunkt hinabziehen (nämlich: die Mittelstange vom Aufhängungspunkte bis an den Stift, der durch das Messingrohr geht, die Eisenstangen *aa* und die Stange, welche durch die Linse geht), ist 29 Zoll + 24 Zoll 9 Lin. + 7 Zoll 6 Lin. = 61 Zoll 3 Lin. Eisen, und der Theil des Messingrohres welcher gebraucht wird, ist 6 Zoll. Die Zinkstangen, welche den Schwingungsmittelpunkt des Pendels in die Höhe bringen, sind 24 Zoll; der Theil der Linse, welcher dieselbe Wirkung hervorbringt, ist 5 Zoll 3 Lin. Blei, welches zusammen 29 Zoll 3 Lin. Zink und Blei ausmacht.

Wenn nun die Ausdehnung von 61 Zoll 3 Lin. Eisen und 6 Zoll Messing der Ausdehnung von 24 Zoll. Zink und 5 Zoll 3 Lin. Blei gleich ist, so ist die Compensation gut und die angegebenen Maaße sind passend.

Um sich hiervon zu überzeugen, muß man sagen:

Die Ausdehnung der 61 $\frac{3}{4}$ Zoll Eisen läßt sich ausdrücken

$$\text{durch} \dots\dots\dots \frac{61,25}{819}$$

$$\text{Die Ausdehnung der 6 Zoll Messing durch} \dots\dots\dots \frac{6}{533}$$

$$\text{Die ganze Ausdehnung ist daher} \dots\dots\dots \frac{61,25}{819} + \frac{6}{533}$$

für 67 $\frac{1}{4}$ Zoll; nachdem nun diese Brüche addirt sind, dividirt man sie mit 67 $\frac{1}{4}$, und erhält, nach Ausführung der Rechnung einen Bruch, welcher 1 zum Zähler und 781,6 zum Nenner hat.

Endlich macht man eine ähnliche Berechnung für die Ausdehnung des Zinks und Bleies, indem man sagt:

Die Ausdehnung der 24 Zoll Zink läßt sich ausdrücken

$$\text{durch} \dots\dots\dots \frac{24}{340}$$

$$\text{Die Ausdehnung der } 5\frac{1}{4} \text{ Zoll Blei durch} \dots\dots\dots \frac{5,25}{351}$$

Die ganze Ausdehnung dieser 29 $\frac{1}{4}$ Zoll Zink und Blei

$$\text{ist also} \dots\dots\dots \frac{24}{340} + \frac{5,25}{351}$$

Diese zwei Brüche zusammengelegt und ihre Summe mit 29,25 dividirt, geben einen Bruch, der, nach Verkleinerung, wenn der Zähler 1 ist, 341,9 zum Nenner hat.

Wenn man diese zwei Zahlen 781,6 und 341,9 gefunden hat, wird man folgende Proportion haben:

$$781,6 : 341,9 = 67,25 : x.$$

$$x = \frac{341,9 \times 67,25}{781,6} = 29,42.$$

Diese 29,42 drücken die Länge aus, welche das Zink und das Blei nach der Berechnung haben müßten, um eine vollständige Compensation hervorzubringen. Der Unterschied des Maaßes für Blei und Zink, das in Nr. 48 angegeben ist, nämlich 29,25 Zoll, und desjenigen, das durch Berechnung gefunden, oder 29,42, beträgt also:

$$29,42 - 29,25 = 0,17 \text{ Zoll.}$$

Also sind die Zinkstangen $\frac{17}{100}$ Zoll zu kurz. Aus der Tabelle über die Längenausdehnungen wissen wir, daß sich ein Zoll Zink bei 80 Gr. Reaum. 0,0353 Lin., oder bei 40 Gr. 0,01765 ausdehnt; für 0,17 Zoll wird die Ausdehnung, also 0,0030 Lin. sein. Durch diese Verlängerung aber, wird die Uhr 0,3 verlieren oder zu langsam gehen (nicht einmal

$\frac{1}{3}$ Secunde in 24 Stunden bei einer Temperaturveränderung von 40 Gr.).

50. Dieses Verlieren oder zu Langsamgehen von kaum $\frac{1}{3}$ Secunde in 24 Stunden bei einer Temperaturveränderung von 40 Gr. kann man beinahe als Null ansehen. Doch kann man diesem durch das Messingrohr abhelfen. Wir wissen, daß die eiserne Mittelstange des Pendels an der Mitte des Rohres durch den Stift befestigt ist, der durch das Rohr und die Stange geht, und daß die Ausdehnung der Mittelstange also, von ihren 29 Zoll Eisen und 6 Zoll Messing herrührt (48). Nehmen wir nun an, daß die Stange an dem Rohre an dem dritten Theil seiner Länge, oder in 4 Zoll Entfernung, vom Stücke *ee* befestigt sei, so würde die Ausdehnung nach 31 Zoll Eisen und 4 Zoll Messing bestimmt werden, d. h., es würde eine Ausdehnung für 2 Zoll Eisen mehr, aber zugleich für 2 Zoll Messing weniger sein.

Wir sehen aus der Tabelle der Längenausdehnungen, Nr. 34, daß sich ein Zoll Eisen bei einer Temperaturveränderung von 80 Gr. Reaum. ausdehnt 0,0146 Lin.
ein Zoll Messing 0,0225 —

Der Unterschied in der Ausdehnung ist also für jeden Zoll bei einer Temperaturveränderung von 80 Gr. Reaum. 0,0079 —
von 2 Zoll 0,0158 —
welches, wenn die Temperaturveränderung 40 Gr. wäre, für 2 Zoll ausmachen würde: 0,0079 —

Wäre der Stift in der Mitte befestigt, oder 6 Zoll von *ee*, so würde das Pendel durch die Wärme verlängert 0,0030 —

Wenn derselbe Stift nun an dem dritten Theil des Rohres

oder 4 Zoll von *ee*, also 2 Zoll von der Mitte des Rohres befestigt ist, so wird das Pendel durch die Wärme um 0,0079 — 0,0030 = 0,0049 Lin. verkürzt.

Es giebt also zwischen der Mitte und einem Drittel des Rohres einen Punkt, wo die Compensation ganz genau ist.

Um diesen Punkt zu finden, wo man den Stift von der Mitte des Rohres setzen muß, so daß die Compensation der Rechnung zufolge vollständig wird, sagt man:

Die Ausdehnung eines Zoll Messings beläuft sich bei einer Temperaturveränderung von 80 Gr. Reaum. auf: 0,0225 Lin.
eines Zoll Eisens 0,0146 —

Der Unterschied der Ausdehnung eines Zoll Messings und eines Zoll Eisens ist also 0,0079 —
aber bei einer Temperaturveränderung von nur 40 Gr. Reaum., wird der Unterschied in der Ausdehnung nur die Hälfte ausmachen, oder: . 0,00395 —

Wir wissen aber aus Nr. 49, daß das Pendel 0,0030 Lin. zu wenig compensirte; um nun zu finden, wie weit man den Stift hinunter führen, oder ihn *ee* nähern muß, um eine vollständige Compensation hervorzubringen, macht man folgende Rechnung: wenn man den Stift einen Zoll hinunterführt, so dehnt sich die Mittelstange 0,00395 Lin. weniger aus, wie weit muß man ihn von der Mitte hinunterführen, um bei der mittelsten Eisenstange eine Ausdehnung von 0,0030 Lin. weniger zu erhalten? Dies geschieht so:

$$0,00395 \text{ Lin.} : 1 \text{ Zoll} = 0,0030 \text{ Lin.} : x.$$

$$x = \frac{1 \text{ Zoll} \times 0,0030}{0,00395} = 0,7593,$$

oder im gewöhnlichen Bruche $\frac{3}{4}$ Zoll.

Um also eine vollständige Compensation zu erreichen, muß

man den Stift $1\frac{1}{2}$ Zoll unter das Mittelloch des Rohres setzen, und die Entfernung zwischen *ee* und diesem Stifte, wird also $5\frac{2}{3}$ Zoll.

51. Man hat auf diese Weise, der Berechnung zufolge, eine vollständige Compensation, ist aber doch noch nicht sicher, daß die Uhr bei der Anwendung eines solchen Pendels bei der größten Wärme und Kälte einen vollkommen gleichmäßigen Gang haben werde, da man, wie wir bemerkt haben (35) durchaus nicht sicher ist, daß sich die gebrauchten Metalle ganz genau in den Verhältnissen ausdehnen, die zur Grundlage der Berechnung gedient haben, und wie sie die Tabelle über die Ausdehnung angiebt.

52. Es ist daher nothwendig das Pendel durch pyrometrische Versuche zu prüfen, und wenn man fände, daß dasselbe nicht ganz so genau wäre, wie die Berechnung zu sein schiene, so wäre es leicht, diesem durch das Messingrohr abzuhelfen, und zu dem Endzwecke ist es passend, durch dieses und die Eisenstange mehrere Löcher über und unter der Stelle zu bohren, wo der Stift der Berechnung gemäß befestigt ist. Compensirte das Pendel zu wenig im Pyrometer, so brauchte man nur den Stift hinunterzuführen; compensirte es dagegen zu viel, so könnte man ihn in die Höhe führen.

Je mehr Löcher zum Wechseln durch das Rohr und die Messingstange nahe an einander gebohrt sind, desto mehr kann man sich einer vollständigen Compensation nähern. Bohrt man 5 Löcher für jeden Zoll, so wird die Entfernung zwischen zwei auf einander folgenden $\frac{1}{5}$ Zoll sein, und die Vermehrung oder Verminderung der Compensation, welche man durch die Versetzung des Stifts, der durch die Stange und das Rohr geht, in das folgende Loch hervorbringen könnte, würde $\frac{1}{5}$ von

0,00395, beinahe 0,0008 Lin. sein, welches eine Verbesserung in dem täglichen Gange gleich 0,08 oder $\frac{2}{25}$ Secunde, bei einer Temperaturveränderung von 40 Gr., hervorbringen würde.

53. Ehe wir dazu übergehen, die Wichtigkeit eines Pendels im Pyrometer zu prüfen, muß ich bemerken, daß es überflüssig sein würde, zu diesem Zwecke Versuche anzustellen, wenn man nicht vorher daran gedacht hätte, diesem wichtigen Theile der astronomischen Pendeluhr, eine, in jeder Rücksicht durchaus solide Construction zu geben. Man muß besonders die Aufmerksamkeit auf die Zusammendrückung richten, welche durch die Sinkstangen statt finden könnte; diese tragen das Gewicht der ganzen Linse, welches wenigstens 12 Pfund ist; und, hätten diese Stangen nicht die gehörige Dicke, könnten sie entweder zusammengedrückt oder gekrümmt werden; da das Sink nicht die Härte und Festigkeit des Eisens hat. Die Erfahrung hat mir gezeigt, daß es passend sei, die Sinkstangen beinahe doppelt so dick zu machen, als die Eisenstangen. Nimmt man an, daß die Eisenstangen eine Dicke von 3 Linien haben, so muß man den Sinkstangen eine Dicke von 5 bis $5\frac{1}{2}$ Lin. geben, und dann braucht man weder Zusammendrückung noch Krümmung zu fürchten. Man muß ferner bemerken, daß es nothwendig sei, daß die Stifte, welche die Sinkstangen an die zwei Stücke *ee* und *cc* befestigen, hinreichend dick, beinahe $1\frac{1}{2}$ Lin. seien, und daß sie die Sinkstangen der ganzen Länge der Löcher nach (nicht in einzelnen Punkten, sondern überall) tragen; denn ohne diese Vorsicht müßte man befürchten, daß sie sich, vermittelt des Gewichtes der Linse, in das Sink hineinarbeiteten, oder dessen Masse zusammendrückten, welches eine Verlängerung verursachen würde, die hinreichend wäre, wesentliche Abweichungen in dem Gange

der Uhr zu bewirken. *) Die Art, die Zinkstangen durch Stifte zu befestigen, welche durch die Stangen und die Stücke gehen, wodurch sie gehalten werden, ist die allgemein gebräuchliche; doch ist es einleuchtend, daß es noch besser sein würde, in die Stücke *ee* und *bb* versenkte, auf dem Boden flache, Löcher zu machen, und die Zinkstangen darin gehen zu lassen, so daß sich ihre flachen Enden in allen Punkten an den flachen Boden der Versenkungen anschließen. Bei der Befolgung dieser Methode, würden am Ende der Zinkstangen gehörig große Flächen sein, so daß sie nicht durch das Gewicht des Pendels zusammengedrückt werden könnten. Dessenungeachtet würde es nothwendig sein, Stifte zu haben, welche durch die Stücke *bb* und *ee*, wie auch durch die Zinkstangen, gingen, aber nur um die verschiedenen Theile des Pendels zusammenzuhalten oder ihr Auseinanderfallen zu verhindern; diese Stifte müßten kleiner, als die Löcher in den Zinkstangen, sein; denn durch ein solches Mittel würde man sicher, daß die Enden der Stangen frei bis auf den Boden der Versenkungen hinunter gingen, wenn das Pendel aufgehängt wäre.

Es ist beinahe überflüssig zu bemerken, daß die Stange, welche durch die Linse geht, an das Stück *ee* unbeweglich befestigt sein muß. Der Haken, welcher zur Vereinigung des

*) Die Erfahrung hat mich gelehrt, wie nothwendig es sei, große Stifte zu gebrauchen, und sie so zu verfertigen, daß sie an allen Punkten tragen oder in der ganzen Länge der Zinklöcher anliegen. Mein erstes Compensationspendel, das ich einige Tage nach einander im Pyrometer hangen ließ, verlängerte sich von einem Tage bis zum andern, allerdings nur sehr wenig, jedoch zu viel, um eine vollkommene Genauigkeit des Pendels erwarten zu lassen. Nach einiger Ueberlegung errieth ich die Ursache dazu; ich machte die Löcher größer, bis 1½ Lin. weit, und richtete die Stifte so ein, daß sie d'ieselbe Gestalt, wie das Anwenbige der Löcher, erhielten. Darnach veränderte das Pendel seine Länge nicht mehr.

Pendels mit der Aufhängungsfeder dient, muß ebenfalls in das oberste Ende der mittelsten Eisenstange fest hineingeschraubt werden, und der Stift, welcher durch den untersten Theil der Aufhängungsfeder geht, und den Haken und das Pendel trägt, muß gehörig stark und fest sein, um sich nicht durch das Gewicht des Pendels biegen zu lassen. Die Linse muß sich frei längs der Stange bewegen, welche durch dieselbe geht, aber ohne das geringste Wackeln oder Schlottern. Nachdem diese Vorsichtsregeln beobachtet sind, prüfe man die Compensation durch den Gebrauch des Pyrometers, welches wir nun beschreiben wollen.

Beschreibung eines Pyrometers zur Prüfung und Verbesserung der Compensation des Secundenpendels.

54. Das Pyrometer, welches ich construirt und zur Prüfung der Compensation der Pendel gebraucht habe, ist in seinen Haupttheilen (Hauptprincipien) ganz so, wie das von Ferdinand Berthoud.*) Doch unterscheidet es sich in mehreren Rücksichten von dem seinigen, und besonders dadurch, daß ich zwei Steinpfeiler gebraucht habe, welche die Quer-Stangen tragen, die bei dem Aufhängungspunkte und dem Schwingungsmittelpunkte des Pendels angebracht sind. Durch dieses Mittel wird das Instrument solider und sicherer, als wenn nur Ein Pfeiler gebraucht wird, woran man nicht zweifeln kann, wenn man beide Methoden vergleicht. Das ist der Grund, welcher mich bestimmt hat, zwei Pfeilern den Vorzug zu geben. Ich räume übrigens gern ein, daß dieses Instrument nicht pas-

*) Ferdinand Berthoud's Pyrometer ist in seinem Werke „*Essai sur l'Horlogerie*," Tom. II., Chap. 19, beschrieben.

send sein würde, die streng genauen Verhältnisse der Ausdehnung der Metalle zu finden; man muß aber bedenken, daß dies Pyrometer nicht zu diesem Zwecke bestimmt ist, sondern nur, um sich zu vergewissern, daß das Pendel unter einer bedeutenden Temperaturveränderung (35 Gr. Reaum.) dieselbe Länge behalte, welches dieses Instrument mit einer Sicherheit angeben kann, die nichts mehr zu wünschen übrig läßt. *)

55. Fig. 7, Tab. I, zeigt das Pyrometer; *aa* sind zwei Steinpfeiler, welche von Fußstücken aus Holz *bb* getragen werden; *cc* und *dd* sind zwei Eisenstangen, 3 Fuß lang, 2 Zoll breit, $\frac{3}{4}$ Zoll dick. Diese Stangen werden von den Pfeilern getragen und gehen in Löcher hinein, die in den Stein gebauen sind. Sie haben eine Entfernung von $440\frac{1}{2}$ Par.-Lin., von der Mitte der einen Stange bis zur Mitte der andern gerechnet. *AB* ist ein hölzerner Kasten, dessen inwendige Tiefe ungefähr 10 Zoll ist, und welcher an dem obersten Theile *A* eine Glashür, an dem untersten *B* eine andere Thür hat; die Seiten von dem obersten Theile dieses Kastens sind ausgeschnitten, damit die Eisenstangen hindurch gehen können, und die Löcher sind länger der Höhe, und weiter der Breite nach, als

*) Im Jahre 1816 verfertigte ich dieses Pyrometer; nachdem es fertig war, hatte ich eine ältere astronomische Pendeluhr, der Sternwarte der Kopenhagener Universität gehörend, bei mir stehen, die nach einer andern von *Mudge* und *Dutton* konstruirt, und genau mit Rücksicht auf die Maasse der Compensation, copirt war. Ich vermutete, daß die Compensation dieser Uhr nicht ganz genau sei, und prüfte sie deshalb im Pyrometer, welches mir zeigte, daß das Pendel bei einer Temperaturveränderung von 35° Reaum., welche wir bei uns ungefähr auf einem Observatorium haben können, 0,05 Lin. verlängert würde, welches im Sommer einen Verlust von 5 Sekunden verursachen müßte, wenn man annähme, daß die Uhr in der Kälte des Winters regulirt sei. Mit großer Zufriedenheit erfuhr ich später, daß das Resultat, welches ich durch das Pyrometer gefunden hatte, dem entsprach, welches sich aus den astronomischen Beobachtungen ergab, nach welchen man den Gang der Uhr bestimmt hatte.

die Stangen breit und dick sind, damit diese frei hindurch gehen können, ohne das Holz zu berühren. Hier, inwendig mit Tuch gefütterte, hölzerne Platten, welche genau um die Stangen passen, drücken sanft gegen die Seiten des Kastens, so daß die äußere Luft nicht hinein dringen kann. Der unterste Theil *B* des Kastens ist etwas breiter, als der oberste Theil, und seine innere Höhe ist ungefähr 12 Zoll. Dieser Theil des Kastens ist inwendig mit Eisenblech gefüttert, so wie auch die innere Seite der Thür *B*. Zwischen der Abtheilung *A* und der Abtheilung *B* des Kastens ist ein Boden, in dessen Ecken 4 Löcher von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gebohrt sind, so wie auch ein Loch in der Mitte, das 3 bis 4 Zoll lang und $2\frac{1}{2}$ Zoll breit ist; durch dieses Mittel kann die Wärme, wenn der unterste Theil des Kastens erwärmt wird, dem obersten mitgetheilt werden.

In der Mitte der obersten Stange ist ein hinreichend großes Loch gebohrt, worin ein Träger (Der Pendelloben) befestigt ist, dem in Fig. 5 gezeigten ähnlich, so daß das Pendel, welches man prüfen will, und dort aufhängt, sich zwischen der Stange und dem Boden des Kastens befindet. Die Pendellinse befindet sich auf ähnliche Weise zwischen der Stange *ad* und dem Boden des Kastens, und hängt ungefähr $\frac{3}{4}$ Zoll von der Stange. Der Schwingungsmittelpunkt des Pendels, der sich in dem obern Theile der Linse befindet, trifft gerade die Mitte der Stange, denn wir haben angenommen, daß die Entfernung zwischen beiden Stangen $440\frac{1}{2}$ Lin., gleich der Länge des einfachen Secundenpendels, und folglich die Entfernung von dem Bewegungspunkte der Aufhängungsfeder, oder von der Aufhängungsachse des Pendels, bis zum Schwingungsmittelpunkte ist.

Der Zeiger, welcher sich inwendig in dem Kasten, Fig. 7,

über die Scheibe *e* bewegt, giebt an, ob das Pendel durch die Wärme oder Kälte verlängert oder verkürzt wird. Diese Scheibe wird von einer Platte getragen, die man besser Tab. II. Fig. 4, sieht. Die Platte ist an die unterste Stange des Pyrometers durch zwei Schrauben befestigt, welche durch Löcher gehen, die in die Stange gebohrt sind, und deren Enden in die Platte hineingeschraubt werden. Der Hebel *ab* ist wie ein Winkelhaken gebildet, und an eine Achse befestigt, von deren beiden Zapfen, der eine in die Platte hineingeht, der andere in einem Stege läuft. Dieser Hebel wirkt auf den Rechen *c* wie es die Zeichnung zeigt, und dieser greift wiederum in ein Getriebe an der Mitte der Scheibe ein. Rechen und Getriebe bewegen sich um Zapfen von passender Größe, und werden von Stegen zurückgehalten. Der Zapfen des Getriebes, welcher durch die Scheibe geht, ist gehörig lang, um einen Zeiger zu führen, und eine lange cylindrische Spiralfeder, die auf eine passende Weise an der Achse des Getriebes angebracht ist, wirkt so, daß sich der Stiel des Rechens *c* mit seinem Knopfe *e* beständig an den Hebel *b* lehnt. Durch dieses Mittel folgt der Rechen regelmäßig allen Bewegungen des Hebels *b*, welcher sich durch das Gewicht des Armes *a* immer weiter von dem Stiele entfernen würde, wenn die Spiralfeder nicht durch ihre Schnellkraft den Knopf *e* an den Hebel zurückführte.

Der Hebel *ab* ist aus zwei Stücken zusammengesetzt, welche an eine und dieselbe Achse befestigt sind, und wovon das eine beweglich ist, so daß man, wenn die Schraubenmutter *d* gelöst wird, die Lage des Armes *a* nach Bedürfniß gegen den Hebel *b* verändern kann. Der Construction dieses Instrumentes gemäß, schreitet der Zeiger vorwärts, wenn der Arm *a* sinkt; dagegen geht der Zeiger zurück, wenn sich der Arm hebt. Der

Hebel *b*, dessen Länge von der Achse bis ans Ende, 5 Zoll beträgt, ist doppelt so lang, als der Arm *a* bis zum Berührungspunkte; folglich durchläuft *b* mit dem Ende zwei Linien, wenn *a* Eine durchläuft. Der Radius des mit Zähnen versehenen Theils des Rehens *c* ist drei Mal so lang, als das Stück vom Knopfe *e* bis an die Achse des Rehens, wodurch bewirkt wird, daß der mit Zähnen besetzte Bogen desselben eine drei Mal so große Bewegung macht, als der Knopf *e*, und diese dreifache Bewegung des Rehens, mit der doppelten Bewegung des Hebels *b* vereinigt, bringt den mit Zähnen besetzten Theil dahin, 6 Linien zu durchlaufen, wenn sich der Arm *a* Eine Linie hebt oder senkt. Da der Umkreis des Getriebes gerade 6 Linien ist, macht das Getriebe Einen Umlauf, wenn sich der Arm *a* Eine Linie bewegt, und da die Scheibe in 100 Theile getheilt ist, giebt jede Eintheilung also eine Bewegung von $\frac{1}{100}$ Linie des Armes *a* an.

Die Art und Weise, das Pendel im Pyrometer zu prüfen.

56. Um die Compensation des Pendels im Pyrometer zu prüfen, fängt man damit an, sich davon zu versichern, daß es eine passende Länge habe, so daß es seine Schwingungen in Einer Secunde macht. Darauf bohrt man ein Loch am Schwingungsmittelpunkte, dessen Entfernung, wie wir schon gesagt haben, $440\frac{1}{2}$ Lin. von dem Punkte ist, um welchen sich das Pendel bewegt, oder von seiner Bewegungsachse; man befestigt darauf einen Stift in diesem Loche, und macht ihn von passender Länge, so daß er den Arm *a* des Hebels *ab*, der sich mit seinem Gewichte an den Stift anlehnen, tragen kann, und der Bewegung desselben folgen wird. Darauf läßt man das Pendel

gegen 2 Stunden in der Kälte stehen; und, wenn der Versuch, wie es am passendsten ist, im Winter in einer kalten Stube und an einem kalten Tage gemacht wird, so wird das Thermometer, im Innern des Kastens hangend, unter den Eispunkt sinken. Wenn jene 2 Stunden verlaufen sind, kann man annehmen, daß alle Theile des Pendels gleichmäßig von der Kälte durchdrungen sind, und man zeichnet nun die Eintheilung der Scheibe auf, wo der Zeiger stehen geblieben ist. Wenn dieses geschehen ist, bringt man zwei oder drei glühende eiserne Kugeln in den inwendigen Kasten *B*, und verschließt sorgfältig die Thür des Kastens *AB*. Die Hitze dieser Kugeln wird sich in dem Kasten verbreiten, und das Thermometer, welches hier hingestellt ist, wird den Wärmegrad angeben, den man erhalten hat. Man erhitzt unterdessen andere Kugeln, um diese mit jenen zu vertauschen, und unterhält auf diese Weise zwei Stunden lang eine gleichmäßige Wärme in dem Kasten, damit alle Theile des Pendels von der Hitze gut durchdrungen werden können. Darauf beobachtet man wieder den Zeiger, und, wenn er sich auf derselben Abtheilung befindet, worauf er in der Kälte stand, kann man die Compensation als richtig ansehen. Wenn der Zeiger dagegen vorgerückt ist, so ist solches ein Beweis, daß sich das Pendel verlängert hat und nicht gehörig compensirt; geht er zurück, so ist die Compensation zu groß. In beiden Fällen kann man diesem Fehler durch den Stift abhelfen, welcher durch die Mittelstange und das Rohr geht. Ist die Compensation zu groß, soll man den Stift hinauf, ist sie zu klein, hinabführen. Darauf fängt man die Versuche von neuem an, und fährt damit so lange fort, bis der Zeiger des Pyrometers seine Stelle nicht mehr verändert, weder, wenn das Pendel von der Wärme, noch, wenn es von der Kälte durch-

drungen ist, und nun erst kann man dasselbe als einen vorzüglichen Regulator ansehen. Ich muß ferner bemerken, daß es gut ist, sich davon zu versichern, daß die steinernen Pfeiler während der Versuche nicht die Temperatur verändert haben, und, um in der Rücksicht sicher zu sein, sind die beiden Thermometer (gezeigt in Fig. 7, Tab. I.) auf den Steinpfeilern angebracht. Wenn diese Pfeiler während der Versuche nicht denselben Wärmegrad bewahrten, so würde ihre Ausdehnung oder Zusammenziehung, wenn auch in der Wirklichkeit beinahe unmerklich, doch die Entfernung zwischen der Stange *cc* und der Stange *dd* etwas verändern können, und dies würde die Versuche weniger genau machen, wie man leicht einsieht; sorgt man aber nur dafür, während der Versuche dieselbe Temperatur in dem Zimmer zu bewahren, worin das Pyrometer steht, so werden die Pfeiler auch dieselbe Temperatur, und folglich dieselbe Länge behalten, um so mehr, da Stein an und für sich nur eine geringe Ausdehnungskraft hat, und die Masse der Pfeiler gar zu bedeutend ist, als daß eine geringe Veränderung in der Temperatur diese in einigen Stunden in dem Grade durchdringen könnte, daß dadurch einige Veränderung in ihrer Länge bewirkt werden sollte.

57. Ehe wir unsere pyrometrischen Versuche zur Prüfung der Compensation anfangen, haben wir vorausgesetzt, daß alle nöthigen Vorsichtsregeln mit Rücksicht auf die Construction des Pyrometers beachtet wären, so daß von dieser Seite Nichts ungenaue Resultate veranlassen könnte. Eine dieser Vorsichtsregeln besteht darin, den Eisenstangen einigen Spielraum in den Löchern der Pfeiler zu geben, so daß sie sich bei der Einwirkung der Wärme frei verlängern können, ohne unter ihrer Ausdehnung den Boden der Löcher zu berühren, weil die Pfei-

ler dadurch von einander entfernt würden. Auch muß der Träger, an welchem das Pendel aufgehängt ist, gehörig fest und solide sein. Wir haben schon in Nr. 55 bemerkt, daß der Kasten selbst, die Stangen nicht berühren darf; daher macht man die Durchgangslöcher etwas größer, als die Stangen; die Platten jedoch, welche sie bedecken, und sanft gegen die Seiten des Kastens drücken, verhindern die äußere Luft durch die Oeffnungen einzudringen. Da Feuchtigkeit und Trockenheit das Holz beständig verändern, so würden die Stangen nicht in gleicher Entfernung bleiben, wenn die Seiten des Kastens darauf Einfluß haben könnten. Es ist auch wesentlich nothwendig alle mögliche Sorgfalt auf den Eingriff des Nockens in das Getriebe zu verwenden; die Zähne müssen ganz genau und in gehöriger Anzahl vorhanden sein. Das Getriebe in der Mitte kann 25 Zähne haben, wo dann jeder Zahn den Zeiger dahin bringen wird, 4 Grade der Eintheilung zu durchlaufen. Es ist fast überflüssig zu bemerken, daß das Pyrometer auf einer festen und unbeweglichen Grundlage stehen muß.

58. Das auf diese Weise geprüfte Pendel nähert sich sehr einer absoluten Vollkommenheit; doch wird Nichts seine vollkommene Genauigkeit besser darthun, als die Vergleichung des Ganges der Uhr mit den Fixsternen, bei höchst verschiedenen Temperaturen. Wenn die Verzeichnisse über den Gang angäben, daß die Wärme und Kälte noch einen geringen Einfluß auf den Regulator hätten, so würde der Astronom diesem Uebelstande leicht selbst abhelfen können. Zu diesem Zwecke muß man zuerst das Pendel hemmen, und den Supplementstift, welcher mit der Uhr folgt, in ein Loch setzen, oberhalb oder unterhalb desjenigen, worin der Hauptstift gesetzt ist. Darauf nimmt man diesen aus seinem Loche heraus, rückt ihn ein bis zwei Löcher hinauf

oder hinab, wie man es nöthig findet, und drückt ihn fest ins Loch hinein; endlich nimmt man den Supplementstift weg, welchen man nur einstweilen gebrauchte, um das Auseinanderfallen der einzelnen Theile des Pendels zu verhindern, während man die Veränderung machte. Der Beobachter könnte auf diese Weise von Jahr zu Jahr mit Verbesserungen fortfahren, bis der Gang der Uhr zeigte, daß die Compensation vollkommen genau wäre.

59. Das hier beschriebene Compensationspendel, ist ohne Zweifel eins der einfachsten, solidesten und sichersten, welche man gebrauchen kann. Es giebt viele verschiedene Compensationspendel, wovon die Künstler Gebrauch gemacht haben. Diese Pendel haben entweder Hebel oder zusammengesetzte Metallstäbe (wie die Compensations-Unruhen), oder sind auf andere Weise eingerichtet; die eine Art derselben ist aber äußerst fehlerhaft in den Principien ihrer Construction; die andern, obgleich besser, können doch nicht dem hier beschriebenen vorgezogen werden, und ich glaube, daß Jeder, welcher die einfacheren Methoden vorzieht, und zu beurtheilen versteht, wie weit man sich auf die Wirkungen verlassen könne, welche man hervorbringen wünscht, kein Bedenken tragen wird die Vorzüge desselben zu erkennen. Doch erfordert dieses Apparat viele Arbeit und bedeutende Sorgfalt in der Ausführung, und wird also kostbar. Für diejenigen, welche eine Verringerung der Kosten und der Arbeit bezwecken sollten, giebt es ein Mittel, die Arbeit einfacher und etwas wohlfeiler zu machen, welches in dem Gebrauche des Quecksilbers zur Compensation besteht. Diese Idee ist von Graham, der schon im Jahre 1715 der erste Erfinder des Compensationspendels war. *)

*) Georg Graham, Uhrmacher in London und Mitglied der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften daselbst, war mit Recht, durch vorzügliche und nützliche

Vom Pendel mit Quecksilbercompensation.

60. Graham's Quecksilber-Pendel nähert sich sehr dem einfachen Pendel, in so fern die Stange desselben sehr dünn und von geringem Gewichte ist, während das Quecksilber, welches in einem cylindrischen Glasgefäße enthalten ist, und an die Stelle der gewöhnlichen Linse tritt, allein den größten Theil von dem Gewichte des Pendels in sich vereinigt, und auf diese Weise hat der Regulator den Vortheil, daß sein Schwingungsmittelpunkt der Mitte des Glasgefäßes mit Quecksilber sehr nahe ist. Die Pendelstange senkt durch ihre Verlängerung bei der Wärme das Gefäß, worin das Quecksilber ist; diese flüssige Materie aber, wird durch ihre größere Ausdehnungskraft gehörig im Gefäße steigen, so daß sie den Schwingungsmittelpunkt so viel hebt, als die Verlängerung der Stange denselben senkte. Durch Berechnung kann man die Höhe finden, welche man der Quecksilbersäule geben muß, damit die Compensation genau werden kann, und zu dem Ende muß das Quecksilber beinahe doppelt so hoch steigen, als die Verlängerung der Eisenstange beträgt, da der Schwingungsmittelpunkt der Mitte der Quecksilbersäule sehr nahe ist. Durch Kenntniß von den Verhältnissen der Ausdehnung des Eisens, des Glases und des Quecksilbers kann man die passende Höhe des Quecksilbers berechnen,

Erfindungen in der Kunst, die er übte, berühmt. Man verdankt ihm die Cylinderrhemung, welche noch sehr häufig gebraucht wird, ferner die Anterhemung, welche beinahe ohne Ausnahme in den vollkommeneren astronomischen Pendeluhren gebraucht wird, und die man in mehr als Einem Jahrhunderte, durch nichts Besseres zu ersetzen vermocht hat. Erfindungen der Art machen sicher dem Erfinder Ehre, und beweisen die Ueberlegenheit seines Genies. Was Graham's Quecksilberpendel betrifft, siehe: „*Philosophical Transactions*“ Jan. and Febr. 1726.

und das Resultat würde sehr genau sein, wenn man sich darauf verlassen könnte, daß das Glas und die angewandten Metalle genau dieselbe Ausdehnung hätten, welche die Tabellen hierüber angeben; welches aber, wie vorhin bemerkt, nicht immer der Fall ist (35).*) Es ist hinreichend, wenn man hier sagt, daß man, wenn man der Quecksilbersäule eine Höhe von 6 Zoll 2 Lin. Par. M. (6'' 5''' Nbl. M.) giebt, einer vollkommenen Genauigkeit sehr nahe sei, wovon man sich indessen durch den Gang der Uhr überzeugen muß.

61. Man sieht nicht leicht den Grund ein, warum man nicht öfterer die Quecksilber-Compensation bei Pendeln gebraucht, obgleich diese durch ihre Einfachheit und durch die Leichtigkeit, womit sie ausgeführt werden kann, die Aufmerksamkeit auf sich ziehen muß. Man hat vermuthlich gefürchtet, daß übereinstimmend mit dem, was Mehrere bemerkt haben, die Bewegung, welche das Quecksilber unter den Schwingungen hat, obgleich diese sehr gering ist, einige Unregelmäßigkeiten verursachen könne; welches aber von der Erfahrung durchaus nicht bestätigt ist. In der Wirklichkeit ist ja auch diese Bewegung des Quecksilbers bei jeder Schwingung gleich, und daher kann sie auf keine Weise schaden, so lange sich die Schwingungsbogen nicht merklich verändern.***) Andere haben befürchtet, daß die große Masse

*) Die Ausdehnung des Glases wird von verschiedenen Naturforschern verschieden angegeben. Wir haben so z. B.:

Glas (in Röhren) . . . 0,0008613	=	$\frac{1}{1161}$	(Dulong und Petit).
— (in Platten) . . . 0,0008909	=	$\frac{1}{1122}$	(Lavoisier und Laplace).
— (in Stangen) . . . 0,0008079	=	$\frac{1}{1238}$	(Noy).

Bei dem Quecksilberpendel mit Glasgefäßen, muß auf die Ausdehnung des Glases Rücksicht genommen werden, in so fern sich das Gefäß durch die Wärme ein wenig ausdehnt, und das Quecksilber also sinkt. Es wirkt also der Compensation entgegen, oder bewirkt, daß die Quecksilbersäule höher sein muß, als sonst.

***) Es würde sogar möglich sein, daß die Bewegung des Quecksilbers im Gefäße während der Schwingungen des Pendels, anstatt den schädlichen Einfluß auf

Quecksilber, welche im Gefäße enthalten ist, allzu lange dem Einflusse der Temperatur der äußern Luft widerstehen sollte, während die Pendelstange, welche dünn und ganz frei ist, schnell von der Wärme und Kälte durchdrungen, sich schon verlängert oder verkürzt haben würde, und daß keine gehörig schnelle Compensation beim Quecksilberpendel statt finden könnte; aber auch diese Furcht ist nur wenig gegründet; denn wenn auch die Temperaturveränderungen in der äußern Luft schneller vor sich gingen, als es in der Wirklichkeit geschieht, so ist es doch gewiß, daß diese Veränderungen weit weniger schnell in dem Innern eines Observatoriums, und in demselben Verhältnisse weit weniger schnell in dem Uhrgehäuse geschehen, so daß Zeit genug da ist, damit alle Theile des Pendels in einem beinahe völlig gleichen Grade von der Wärme und Kälte durchdrungen werden können. Außerdem verändert sich die Temperatur nicht so plötzlich von einem Extreme zum andern, sondern erst mehrere Grade in ein bis zwei Stunden, oder in noch längerer Zeit.

die Regelmäßigkeit zu haben, wie mehrere Uhrmacher derselben beigesetzt haben, die ganz entgegengesetzte Wirkung hervorbringen könnte; der Grund welcher zu diesem Gedanken führt, ist folgender: Wir wissen, daß die Schwingungen eines Pendels nicht durchaus gleichzeitig oder isochronisch sind, und daß die größeren Schwingungen langsamer vollendet werden, als die kleineren, und zwar desto langsamer, je größere Ausdehnung sie erhalten; bei dem Quecksilberpendel aber, nähert sich der Schwingungsmittelpunkt, besonders in den äußersten Theilen der Schwingungen, durch die Lage, welche das Quecksilber annimmt, der Aufhängungsachse. Der Schwingungsmittelpunkt, welcher auf diese Weise gehoben ist, giebt den Schwingungen etwas größere Schnelligkeit, je nachdem diese an Größe zunehmen. Dieses könnte vielleicht zum Theil, oder sogar ganz, den Fehler im Isochronismus berichtigen, besonders, wenn die Bogen so klein sind, wie bei der astronomischen Pendeluhr. Uebrigens ist dieses nur ein augenblicklich gefaßter Gedanke, der nicht weiter geprüft ist, und welchen ich nur den Naturforschern zur Untersuchung verlege, die sich für diesen Gegenstand interessieren möchten.

62. Aus dem Gesagten hat man schon gesehen, daß man die Unvollkommenheiten, welche man dem Quecksilberpendel beigelegt hat, nicht zu fürchten braucht; man würde sich noch mehr davon versichern, wenn man das Pendel so einrichtete, daß dieselbe Quecksilber-Masse, welche in einem einzigen Gefäße enthalten ist, in zwei Gefäße vertheilt würde; denn alsdann würde derselbe körperliche Inhalt oder dieselbe Quecksilbermasse der umgebenden Luft eine größere Oberfläche darbieten, oder für die Einwirkung der Temperatur empfänglicher sein, und durch dieses Mittel würde das Quecksilber schneller von der Wärme und Kälte durchdrungen werden. Diesem Principe zufolge schlage ich vor, das Quecksilberpendel so zu construiren, wie Tab. II. Fig. 5, zeigt. In *a* sieht man den untersten Theil der Pendelstange, welcher viereckig ist, aber eine größere Breite, als Dicke hat. Diese Stange endigt sich in eine Schraube, welche die regulirende Schraubenmutter *b* trägt; *c* ist ein Messingrohr, welche sich ohne Wackeln längs der Stange *a* bewegen kann. Dieses Rohr ist mit dem untersten Ende an die Platte oder den Teller *dd* gelöthet, welcher letztere oval ist und eine gehörige Stärke besitzt, um das Gewicht des Quecksilbers tragen zu können, ohne sich zu biegen. Der Teller *dd* wird von dem Stücke *e* gehalten, welches auf der Schraubenmutter *b* ruht. Die Schraube, welche die Schraubenmutter hält, geht durch ein Loch, welches sowohl durch das Stück *e*, als durch die Platte *dd* geht. Zwei cylindrische Glasgefäße *g* und *h* sind auf die Platte *dd* so gestellt, wie es die Zeichnung zeigt; zwei, an der Platte befestigten, und die Gefäße von unten umgebenden Messingringe, dienen dazu, diese an derselben Stelle zu halten, während das Stück *ik*, das man noch besser in Fig. 6 sieht, und das an dem Rohre *c* durch

zwei Schrauben befestigt ist, die Gefäße durch Umfassung von oben hält. Diese Gefäße sind 7 Zoll hoch, und das Quecksilber steigt ungefähr 6 Zoll 5 Lin. in denselben. *) Man kann ein Gewicht brauchen, das an der Stange *a* auf- und abgeschoben werden kann, wie in Fig. 3 gezeigt ist, um den Gang der Uhr so genau als möglich so reguliren zu können, wie es in Nr. 42 und deren Anmerkung angegeben.

63. Das auf diese Weise construirte Pendel, wird sich sehr einer genauen Compensation nähern; aber nur durch den Gang der Uhr, mit den Fixsternen verglichen, kann man sich von der strengen Genauigkeit der Compensation versichern. Wäre diese etwas schwach, so würde es leicht sein, die Quecksilbermasse auf eine passende Weise zu vermehren; im entgegengesetzten Falle müßte man dieselbe vermindern, indem man etwas Quecksilber aus den Gefäßen herausnehme, doch nur wenig aufs Mal, und gleich viel aus beiden Gefäßen. Auf diese Weise würde man mit geringer Mühe eine vollständige Compensation erhalten.

Anmerkung. Trüge man Bedenken, gläserne Gefäße wegen ihrer Zerbrechlichkeit zu gebrauchen, so könnte man sich eiserner Gefäße statt dieser bedienen; da aber eiserne Gefäße mit Kupfer gelöthet sind, so müßte man befürchten, daß diese, an den gelötheten Stellen, vom Quecksilber angegriffen würden. Um dem aber vorzubeugen, so könnte man sie inwendig mit einer Lage Emaille oder Glas belegen, und dann würde das Quecksilber keinen Schaden verursachen können. Die eisernen Gefäße würden sich mehr ausdehnen und zusammenziehen, als die gläsernen, folglich

*) Graham räth die Gefäße mit dem Quecksilber anzukochen (wie ein Barometer), um die Luft wegzuschaffen, welche sich zwischen dem Glase und dem Metalle befindet.

müßte man, wenn man jene gebrauchte, den Quecksilbersäulen eine größere Höhe geben, als wenn die Gefäße von Glas wären. Die eisernen Gefäße würden den Vortheil gewähren, daß man ihnen leicht die Gestalt geben könnte, welche man für die passendste hielte, entweder um die Luft zu durchschneiden und zu durchdringen, oder um so schnell als möglich, den Wärme-grad der umgebenden Luft anzunehmen.

Indessen müssen wir bemerken, daß die gläsernen Gefäße, vermöge ihrer Durchsichtigkeit, den besondern Vortheil gewähren, daß man untersuchen kann, in wie fern das Quecksilber von allen Luftblasen frei sei. Im entgegengesetzten Falle müßte man diese auf die angegebene Weise wegschaffen, da sie, wie bekannt, der richtigen Compensation schaden.

Drittes Kapitel.

Von der Unruhe und der Spiralfeder. Von der Compensation an der Spiralfeder und vermittelst der Unruhe selbst. Vom Isochronismus der Schwingungen vermittelst der Spiralfeder.

(Tab. III.)

Erster Abschnitt.

Von der Unruhe; von der Spiralfeder; von den Mitteln, die Wirkung der äußern Bewegungen so viel als möglich zu vermindern, vom Reibungswiderstande an den Zapfen der Unruhe, vom Widerstande der Luft.

64. Die Unruhe ist der Regulator derjenigen Uhren, welche äußern Bewegungen ausgesetzt sind. Wir wissen, daß die Unruhe ein kreisförmiger Körper ist, der mit seiner Achse concentrisch ist, und in allen möglichen Lagen in vollkommenem Gleichgewichte bleibt. Die Enden der Unruhachse haben Zapfen, die in passenden Löchern gehen, und auf diese Weise die freie Bewegung des Regulators erleichtern. Das Pendel schwingt vermöge der Schwerkraft, die Unruhe durch die Wirkung einer sehr elastischen spiralförmigen Feder, welche die Spirale oder die Spiralfeder genannt wird. Man sieht die Unruhe, so wie

auch die Spiralfeder, auf Tab. III. Fig. 1. 2. 3. — Fig. 3 zeigt dieselbe, von der Seite gesehen, und zwischen dem Kloben (Coerer Unruhkloben) *C* und der Potence (unterer Unruhkloben) *B* eingesetzt; *aa* ist die Unruhe; *bb* die Achse, deren Zapfen sowohl in dem Kloben, als in der Potence gehen; *cc* ist die Spiralfeder; *d* ein Spiralhalter (Spiralpflock), der an die Platte *A* mit einem Zapfen befestigt ist. Dieser Spiralhalter ist mit einem Loche versehen, das mit der Platte *A* gleichlaufend ist; man steckt das äußerste Ende der Spiralfeder in das Loch des Spiralhalters hinein, und macht es durch einen Stift fest. Der innerste Umgang dieser Spiralfeder ist an die Spiralkrolle befestigt; diese ist cylindrisch und mit einem Loche durchbohrt. In diesem Loche befestigt man das innerste Ende der Spiralfeder durch einen Stift auf dieselbe Weise, wie wir bei dem äußern Spiralgange erwähnt haben. Dieselbe Rolle ist genau auf die Unruhachse gepaßt. Fig. 4 zeigt das Profil der Löcher, welche die Zapfen halten; *b* ist eine Vertiefung für das Del, und *d* eine Platte von gehärtetem Stahle, gut polirt und durch eine Schraube befestigt. Die Enden der Zapfen gehen gegen solche Platten; *c* ist wie ein Tropfen, oder zum Theil wie ein stumpfer Kezel gebildet, dessen Scheitel (Spitze) abwärts geht und beinahe die Platte *d* berührt. Diese Form bewirkt, daß sich das Del immer in der Nähe der Löcher und in den Löchern zu halten sucht, worin die Zapfen gehen. Hier hat man bloß Löcher in Messing angenommen.

65. Die Unruhe würde, wenn sie in Bewegung gesetzt wäre, beständig schwingen; die Reibung der Zapfen aber und der Widerstand der Luft werden die Bewegung allmählig aufheben. Um die Schwingungen der Unruhe zu unterhalten, braucht

man nothwendiger Weise eine äußere Kraft, die den Verlust der Bewegung ersetzen kann. Diese Kraft muß geringer oder größer sein, je nachdem die Unruhe geringere oder größere Reibung erleidet. Damit aber die Schwingungen dieses Regulators gehörig frei, und so wenig als möglich, durch die Einwirkung äußerer Bewegungen gestört werden, muß man die Unruhe auf solche Weise einrichten, daß die Reibung und der Widerstand der Luft so gering als möglich werden, ohne jedoch verschiedene andere Eigenschaften der Unruhe aus der Acht zu lassen, die zur genauen Abmessung der Zeit nothwendig sind.

66. Die äußern Bewegungen oder Erschütterungen einer Uhr mit Unruhe haben auf die Schwingungen dieses Regulators Einfluß, und vermehren oder vermindern die Ausdehnung derselben, was einen schädlichen Einfluß auf die Regelmäßigkeit des Ganges der Uhr haben könnte, in so fern man nicht die nothwendigen Vorsichtsregeln getroffen hätte, um diesen Einfluß so gering als möglich, zu machen. Dem Gesagten gemäß sieht man denn, daß es wesentlich nothwendig sei:

- 1) den Einfluß der äußern Bewegung auf die Schwingungen der Unruhe so viel als möglich zu vermindern;
- 2) die Reibung zu einem so geringen Grade als möglich zu vermindern;
- 3) den Widerstand der Luft gegen die Unruhe so viel als möglich zu vermindern.

Von den Mitteln, den Einfluß der äußern Bewegungen auf die Unruhe, so viel als möglich zu vermindern.

67. Die Bewegungen, welchen Uhren ausgesetzt sind, haben, wie wir bemerkt, auf die Schwingungen der Unruhe Einfluß, und verändern die Ausdehnung ihrer Schwingungsbogen. Es giebt kein Mittel, wodurch dieser Einfluß ganz aufgehoben werden kann; man ist aber im Stande die Wirkung desselben in solchem Grade zu vermindern, daß er auf keine merkliche Weise den regelmäßigen Gang der Uhr stört. Diejenigen Bewegungen der Uhr, die nach einer geraden Linie geschehen, welche durch den Mittelpunkt der Unruhe geht, verändern die Schwingungen nicht, weil der Einfluß dieser Bewegung auf der einen Seite dieser Linie, durch den Einfluß derselben Bewegung auf der andern Seite der Linie aufgehoben wird. Es giebt aber nicht leicht irgend eine äußere Bewegung, ohne daß sie mehr oder weniger kreisförmig ist; denn wie wenig auch die Bewegung, welche die Uhr erleidet, von der geraden Linie, welche wir genannt haben, abweicht, geschieht die Bewegung doch mehr oder weniger in einem Kreise, und auf diese Bewegungen muß man seine Aufmerksamkeit richten, da sich gerade durch diese die Ausdehnung der Schwingungsbogen verändert. Wenn man annimmt, daß die äußere Bewegung in der Ebene der Unruhe und durchaus in einem Kreise geschieht, so betrachtet man den ungünstigsten Fall, der jemals eintreffen kann, und erreicht man es dann, den Einfluß einer solchen Bewegung sehr gering zu machen, so ist man sicher, denselben noch geringer gemacht, oder fast ganz gehoben zu haben, in dem Falle, wo die Bewegung nur in geringem Grade in einem Kreise geschieht, was beinahe

immer der Fall ist, wenn eine Taschenuhr getragen wird, oder wenn sich eine Secuhr an Bord befindet.

Nimmt man an, daß die Unruhe zwei Schwingungen in der Secunde mache, daß der Schwingungsbogen 175 Gr. sei, und daß die äußere Bewegung der Uhr in einem Kreise in der Ebene der Unruhe geschehe, und eine Größe von 25 Gr. in einer halben Secunde habe, so wird die Bewegung der Unruhe 7 Mal schneller sein, als die der Uhr, und es wird einleuchtend, daß die Bewegung der Unruhe nicht mehr als ein Siebentel der Ausdehnung vermehrt oder vermindert werden könne, d. h., die größten Bogen werden 200 Gr., die kleinsten 150 Gr. sein. Nehmen wir nun an, daß die Unruhe 4 Schwingungen in der Secunde mache, daß die Schwingungsbogen noch 175 Gr. seien, und daß die äußere Bewegung der Uhr in einem Kreise 25 Gr. in einer halben Secunde ausmache: so wird die Bewegung der Unruhe 14 Mal schneller, als die der Uhr, und die Schwingungsbogen werden auf diese Weise nur um $\frac{1}{4}$ verändert werden; die größten Bogen werden dann, bei der angenommenen äußern Bewegung, $187\frac{1}{2}$ Gr., die kleinsten $162\frac{1}{2}$ Gr. werden. Der ersten Annahme zufolge, würden die Bogen um 50 Gr. verschieden sein; zufolge der letzten, wenn die Schwingungen doppelt so schnell geschähen, würden die Bogen nur um 25 Gr. verschieden sein, woraus man schließen kann, daß man durch die Vermehrung der Schwingungen in einer gegebenen Zeit, während die Ausdehnung der Bogen dieselbe bleibt, den Einfluß der äußern Bewegungen der Uhr vermindern werde, und im Allgemeinen: je größer die Geschwindigkeit der Unruhe ist, desto besser wird sie den äußern Bewegungen widerstehen.

68. Wie richtig auch diese Regel sein mag, so hat doch die Anzahl der Schwingungen der Unruhe und die Geschwindigkeit derselben eine gewisse Gränze; denn die Erfahrung hat gezeigt, daß zu schnelle Schwingungen die Reibungen der verschiedenen Theile der Uhr allzu sehr vermehren, und daß diese Reibungen die Maschine verderben würden. Man hat daher eingesehen, daß man eine Mittelgröße zwischen den schnelleren und langsameren Schwingungen nehmen, und die Anzahl der Schwingungen nicht größer machen muß, als es der Solidität und der ganzen Zusammensetzung der Uhr angemessen ist.

69. Die Erfahrung hat uns glücklicher Weise die Regeln gelehrt, denen wir in dieser Rücksicht folgen sollen: Man erreicht nämlich seinen Zweck dadurch, daß man der Unruhe nicht weniger als 4, und höchstens 5 bis 6 Schwingungen in der Secunde giebt. Fünf Schwingungen passen besonders für Uhren, die getragen werden sollen, vier Schwingungen für diejenigen, welche weniger heftigen Bewegungen ausgesetzt sind, z. B. für Seeuhren mit der gewöhnlichen Aufhängung in Compasssuspension. Die Schwingungsbogen sind übrigens an Ausdehnung verschieden, nach der Beschaffenheit der verschiedenen Hemmungen, womit man die Uhren versieht; es ist aber hier noch nicht die Stelle diese Sache zu betrachten.

Von der Reibung der Unruhzapfen und den Mitteln, diese so gering als möglich zu machen.

70. Bevor ich die passenden Mittel angebe, die Reibung der Unruhzapfen zu dem möglichst geringen Grade zu bringen, ist es nothwendig zu erklären, was man unter dem Ausdrucke Bewegungsmoment (lebendige Kraft) versteht. Bei dieser Bewegung des Regulators muß man zwei Gegenstände betrachten;

der eine ist die Masse oder das Gewicht der Unruhe, der andere die Geschwindigkeit derselben. Die Masse, multiplicirt mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, giebt das Bewegungsmoment an.

71. Dies Bewegungsmoment muß das größt mögliche, mit Rücksicht auf den Reibungswiderstand der Unruhzapfen sein; denn durch diese Wirkung wird der Reibungswiderstand der Zapfen überwunden. Man kann der Unruhe auf zwei Arten dasselbe Bewegungsmoment geben, indem man ihr entweder größeres Gewicht und einen kleineren Durchmesser, oder einen größeren Durchmesser und geringeres Gewicht oder geringere Masse giebt. Der Durchmesser bestimmt die Geschwindigkeit eines Punktes im Umkreise der Unruhe, und dieser Punkt wird doppelt so große Geschwindigkeit haben, als ein anderer Punkt im Umkreise einer andern Unruhe, deren Durchmesser die Hälfte des Durchmessers der größern Unruhe ist, und welche ebenso viele Grade schwingt, wie die erste. Man kann die Geschwindigkeiten also durch die Durchmesser ausdrücken. Wenn man annimmt, daß das Gewicht einer Unruhe 16, und die Geschwindigkeit derselben Unruhe ebenfalls 16 sei, so wird man das Bewegungsmoment $16 \times 16^2 = 4096$ haben. Nehmen wir ferner an, daß das Gewicht einer andern Unruhe gleich 4 sei, deren Geschwindigkeit 32, so wird man das Bewegungsmoment 4×32^2 haben, welches wiederum 4096 giebt.

72. Man weiß, daß der Reibungswiderstand im Verhältniß steht zu den durchlaufenen Räumen, multiplicirt mit der Masse oder dem Gewichte. Wenn man annimmt, daß die Schwingungen der größern und kleinern Unruhe 360 Grade sind, so wird die Bewegung der Zapfen in ihren Löchern für beide Unruhen gleich sein, und, von der Seite betrachtet, wird

die Reibung ebenfalls gleich; es ist also nur das Gewicht der Unruhen, welches Verschiedenheit in der Reibung verursachen kann. Wir haben angenommen (71), daß das Gewicht der größern Unruhe 4, und das der kleinern 16 sei; und so verhält sich denn die Reibung der größern Unruhe zu der Reibung der kleinern, wie 4:16 oder 1:4; d. h., die Reibung der größern Unruhe ist 4 Mal geringer, als die der kleinern. Wir sehen also ein, daß eine Unruhe von einem großen Durchmesser, aber geringerem Gewichte einen geringeren Reibungswiderstand hat, als eine andere Unruhe von größerem Gewicht, aber geringerem Durchmesser, wenn das Bewegungsmoment für beide gleich ist.

73. Aus dem Vorhergehenden sieht man nun, daß es nicht zweckmäßig ist, eine zu kleine Unruhe zu gebrauchen; denn man müßte das Gewicht in diesem Falle allzu sehr vermehren, um das notwendige Bewegungsmoment zu erhalten, wodurch man die Reibung zu bedeutend machen würde. Es ist ebenfalls nicht passend, die Unruhe so leicht zu machen, daß das ganze Bewegungsmoment durch einen allzu großen Durchmesser hervorgebracht würde; denn ein solcher Regulator würde nicht die nöthige Festigkeit haben, und eher die Eigenschaften eines Windfanges, als die eines Regulators besitzen. Zwischen diesen beiden Gränzen giebt es ein passendes Mittel, dessen Nichtigkeit die Erfahrung dargethan hat, und den Maassen folgend, welche man bei der Unruhe in Uhren finden, deren Gang sich als vortrefflich gezeigt hat, wird man eine leichte und sichere Anleitung haben. *)

*) Couet, ein ausgezeichneter Uhrmacher, welcher in einer Reihe von Jahren in dem Etablissement der Herren Breguet und Sohn gearbeitet hat, machte

74. Die größere oder geringere Reibung der Zapfen des Regulators, hängt nicht allein von dem größeren oder geringeren Gewichte der Unruhe ab, sondern auch von der Beschaffenheit der Zapfen selbst, und der Löcher, worin diese gehen. Die Dicke der Zapfen, ihre größere oder geringere Härte, ihre Politur, ihre Länge, die Materie, woraus die Löcher gemacht sind, die Beschaffenheit des Oels, welches man anwenden muß, das Verhältniß zwischen dem Durchmesser der Zapfen und der Löcher, alles dieses verursacht größere oder geringere Reibung. Man muß daher die Mittel anwenden, welche es zur Verminderung der Reibung durch die Zapfen selbst giebt; man muß ferner diejenigen gebrauchen, wodurch die Reibung, welche man nicht vermeiden kann, wenigstens so constant oder unveränderlich als möglich gemacht wird. Diese Mittel bestehen in Folgenden:

- 1) die Zapfen von so geringer Dicke zu machen, als es ihre Stärke erlaubt; da die Reibung der Zapfen im Verhältniß zum Durchmesser steht, so haben die von kleinerem Durchmesser weniger Reibung;
- 2) die Zapfen ganz glatt, wohl polirt und hinreichend hart zu machen, damit sie ihre Politur bewahren können;
- 3) Löcher in harten Steinen zu gebrauchen, z. B. in Saphiren oder orientalischen Rubinen, um die Zapfen darin gehen zu lassen;

Untersuchungen über die zweckmäßigsten Durchmesser, und das zweckmäßigste Gewicht, welche man den Unruhen geben muß. Er hat sich, wie er mir selber gesagt hat, vorgenommen, seine Untersuchungen in dieser Rücksicht, so weit es ihm seine Zeit erlaubt, fortzusetzen, und unsere Kunst durch Bekanntmachung der Resultate, wozu er sich angeht, zu bereichern.

- 4) die Enden der Zapfen gegen Platten von harten Steinen laufen zu lassen; und, wenn es eine Secuhr ist, die horizontal (Waagerecht) aufgehängt ist, oder ein Chronometer, das immer in horizontaler Lage bleibt, das Ende des Zapfens, der die Unruhe trägt, gegen einen flachen, glatten und wohl polirten Diamanten laufen zu lassen;
- 5) den Zapfen Del zu geben, um die Reibung zu vermindern, so wie auch die Abnutzung und das Kosten zu verhüten.

Die größt mögliche Freiheit der Schwingungen des Regulators, Beständigkeit der Reibung, welche statt findet und welche man nicht verhüten kann, sind bei einer Uhr von größter Wichtigkeit. Nichts trägt so sehr zur Vollkommenheit derselben bei, als steinerne Löcher, worin man die Zapfen der Unruhe gehen läßt; es ist aber überaus wichtig, daß diese Steine gut geformt sind, damit das Del sich an den Stellen halten kann, die gegen einander reiben, und es ist durchaus nothwendig, daß die Löcher aufs Beste polirt sind, damit die Zapfen ihre Politur bewahren können. — Fig. 5, Tab. III. zeigt ein steinernes Loch mit seiner Decke; *a* ist der Stein, in dessen Mitte das Loch zum Zapfen gehohlet ist; dieser Stein ist auf die bekannte Weise in eine Messingeinfassung *d* eingesetzt; der Stein *a* ist auf der einen Seite, welche gegen die Steindecke *b* gelehrt ist, erhaben (convex), und diese Decke ist ebenfalls in eine Messingeinfassung gesetzt, wie man dies bei *c* sieht; die flache Seite des Steines ist mit einer Vertiefung fürs Del versehen, und das Loch selbst ist sehr kurz; es ist nicht viel tiefer, als weit. Dieses Loch ist nicht ganz cylindrisch, sondern enger in der Mitte, als am Ende, wie man es in Fig. 6 sieht, wo die innere Form desselben in größerem Maaße gezeigt ist. Durch dieses Mittel wird das Del,

welches an Flüssigkeit verloren hat, und der Schmutz, welcher sich im Loche sammeln könnte, weniger hinderlich sein, und die Kanten der Löcher, welche weiter absteigen, können den Zapfen nicht beschädigen, so wie es zuweilen geschieht, wenn die Löcher cylindrisch und die scharfen Kanten nur wenig abgerundet sind. Auf der erhabenen Seite des Steins braucht dann keine Versenkung zu sein; es ist hinreichend, daß die Kante des Loches ein wenig abgerundet ist; die Steindecke *b* muß beinahe den Scheitel der Erhabenheit des Steines *a* berühren, und hier darf zwischen diesem Steinloche und der Steindecke ein nur kleiner Spielraum (Luft) sein; denn durch dieses Mittel wird das Del, welches sich zwischen der Platte und der Erhabenheit des durchbohrten Steines befindet, vermittelst der Anziehung oder Cohäsion beständig wiederum ins Loch zu gehen suchen, so wie das Del, welches man in der Versenkung angebracht hat, allmählig austrocknet.

75. Das Del hat einen überaus großen Einfluß auf die Regelmäßigkeit der Uhren. Einige Arten Del sind zum Dickwerden und Austrocknen geneigt; andere greifen die Metalle an, und in beiden Fällen wirken sie äußerst schädlich. Man hat durch chemische Mittel die Oele zu verbessern gesucht; ich habe eine große Anzahl solcher präparirten Oele geprüft; die Resultate aber, zu welchen ich auf diese Weise gelangt bin, lassen mich glauben, daß reines, natürliches Del, wie man es aus durchaus reifen Oliven durch Einschnitte in dieselben, ohne zu starkes Pressen erhält, das beste ist, welches man in der Uhrmacherkunst gebrauchen kann. Dieses will ich vorzüglich empfehlen; es ist aber nicht leicht zu bekommen. Was übrigens Taschenchronometer und Seeuhren betrifft, so ist das Del nicht für diejenigen Theile der Hemmung notwendig, welche gegen einander gehen, und von der Seite ist viel gewonnen; nur die

Zapfen müssen nothwendiger Weise geölt werden, dadurch aber, daß man diese an der Unruhe und dem Hemmungsrade sehr fein macht, und daß man den angegebenen Regeln (74) folgt, macht man die Wirkung des Oels sehr gering, so daß, wenn man auch nicht das allerbeste Del hat, dasjenige, dessen man sich bedienen muß, in geringerem Grade auf den regelmäßigen Gang der Uhr Einfluß haben wird. Ueberhaupt, wo es nicht möglich ist, einem Uebel durchaus abzuhelfen, ist schon viel gewonnen, den schädlichen Einfluß desselben vermindern zu können.

76. Es ist, wie wir (74) bemerkt haben, nothwendig, daß die Zapfen der Unruhe wohl ausgeführt, d. h., hinlänglich hart und wohl polirt sind. Die zweckmäßigste Form dieser Zapfen ist diejenige, welche man in Fig. 7 sieht, die einen Theil von der Achse der Unruhe zeigt, welche sich in einen Zapfen endigt. Die Achse und der Zapfen sind in dieser Figur sehr vergrößert dargestellt, um ihre richtige Gestalt desto besser sehen zu können. Der Zapfen hat keinen Ansatz, sein größter Durchmesser ist aber dem der Achse gleich, und von da, bis an die Spitze, welche in das Steinloch hineingeht, und beinahe ganz cylindrisch ist, wird es dünner. Dieser Zapfen ist also nicht ganz kegelförmig, sondern etwas eingeböhlt, und nähert sich der Gestalt, welche in der Zeichnung gezeigt ist. Indem man die Zapfen auf diese Weise verfertigt, macht man sie sehr stark und solid, wie fein auch der Theil ist, welcher in das Steinloch hineingeht. Es ist unumgänglich nothwendig, den Durchmesser des Zapfens kleiner, als den des Steinloches zu machen, damit nicht das Del, welches früher oder später weniger flüssig wird, die freie Bewegung des Zapfens im Steinloche hindert. Die Regel, welche man im Allgemeinen und mit glücklichem Erfolge in Rücksicht des Durchmessers der

feinen Zapfen im Verhältniß zu der Weite der Löcher befolgt, ist: den Durchmesser des Zapfens $\frac{1}{3}$ kleiner, als den des Loches zu machen. Wenn die Zapfen größer sind, wie bei den größten Seeuhren, die in Compafsuspensionen aufgehängt sind, kann ein Spielraum von $\frac{1}{7}$ des Durchmessers des Loches hinreichend sein.

77. Die Spiralfeder könnte der freien Bewegung der Unruhe hinderlich sein, wenn sie auf solche Weise angebracht wäre, daß sie die Zapfen gegen die Seiten der Löcher drückte. Um dieses aber zu verhüten, muß man dafür sorgen, daß der Mittelpunkt der Spiralfeder und der Unruhe genau in Einem Punkte zusammentreffen, und daß die Spiralfeder, nachdem sie an den Spiralhalter befestigt ist, ihre natürliche Form behalte, und weder gegen die eine, noch gegen die andere Seite drücke. Nur der geschickte und geübte Arbeiter versteht die Spiralfeder wohl anzubringen, etwas, was von großer Wichtigkeit ist, da die Spiralfeder, wie wir in der Folge sehen werden, als die Seele der Uhr zu betrachten ist.

Vom Widerstande der Luft gegen die Unruhe.

78. Wir haben gesehen, daß die Verminderung des Widerstandes der Luft bei der Construction des Pendels nicht gleichgültig ist, folglich muß sie es noch weniger bei der Unruhe sein, weil diese eine weit größere Geschwindigkeit, aber geringere Masse hat, um diesen Widerstand zu überwinden, und daher mehr, als das Pendel, davon angegriffen wird. In dessen hängt es nicht von uns ab, diesen Widerstand der Luft ganz unbedeutend zu machen; denn dies ließe sich nur dadurch thun, daß man der Unruhe einen sehr kleinen Durchmesser gäbe;

wir haben aber (72) gesehen, daß die kleinen Durchmesser die Reibung vermehren, deren Wirkung weit schädlicher ist als der Widerstand der Luft. Doch verändert sich glücklicher Weise die Dichtigkeit der Luft nur wenig, und kann daher nicht Ursache zu bemerkbaren Unregelmäßigkeiten im Gange der Uhr werden. *) Da es also nicht von uns abhängt, den Widerstand der Luft dadurch zu vermindern, daß wir den Durchmesser sehr klein, und die Schwingungen weniger schnell und von geringerer Ausdehnung machen, so können wir weiter nichts thun, als daß wir der Unruhe, deren Durchmesser und Geschwindigkeit bestimmt sind, die vortheilhafteste Form geben, so daß die umgebende Luft so wenig als möglich auf diese wirke. Zu diesem Zwecke muß man die Krone der Unruhe scharf machen, um die Luft desto besser durchschneiden zu können; man muß ferner die Unruhe ringförmig machen; denn auf diese Weise wird sie das größte Gewicht oder die größte Masse bei der geringsten Widerstandsfläche haben. Nach demselben Principe muß man sie aus einem Metalle von großem specifischen Gewichte machen. Das Platin wird in der Rücksicht das vortheilhafteste sein, nach dem Platin das Gold, nach dem Golde das Messing. Was die Compensations-Unruhe betrifft, so erleidet diese einen weit größeren Widerstand durch die Luft, als die gewöhnliche Unruhe, und gerade bei der Compensations-Unruhe kann man nicht größere Vortheile, geringerer oder beinahe nichtsagender Unbequemlichkeiten wegen, aufopfern; Alles, was man in der Rück-

*) Wir werden in der Folge auf diesen Gegenstand, dem Widerstande der Luft gegen die Unruhe, zurückkommen, und dann aus den, zu diesem Zwecke angestellten Versuchen sehen, daß wir uns jeder Besorgniß, dieses angenommene Hinderniß für den regelmäßigen Gang der Uhr betreffend, überheben können. Siehe die im Anhang aufgenommene Abhandlung, betitelt: „Von der Wirkung der Luft auf den Regulator der Längenuhren.“

sicht thun kann, besteht darin, die verschiedenen Theile des Regulators so zu bearbeiten, daß sie die Luft mit dem möglichst geringen Widerstande durchschneiden können. Wir werden hierauf zurückkommen, wenn die Compensations-Unruhe abgehandelt wird (92).

Wenn die Reibung der Unruhe möglichst geringe gemacht, und der Widerstand der Luft, so weit es geschehen kann, vermindert ist, so hat die Unruhe eine große Vollkommenheit erreicht, um die Zeit zu messen; doch wird der Einfluß der Temperatur, oder der Kälte und Wärme, eine Quelle zu großen Unregelmäßigkeiten sein. Der folgende Abschnitt wird von diesem schädlichen Einflusse, so wie von der Art und Weise, die Wirkungen desselben zu compensiren oder auszugleichen, handeln.

Zweiter Abschnitt.

Vom Räder; von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf die Unruhe, auf die Spiralfeder und auf die Dauer der Schwingungen der Unruhe.

Von der einfachen Compensation an der Spiralfeder.

79. Um die Wirkungen der Compensation an der Spiralfeder richtig zu verstehen, muß man den Gebrauch und die Wirkung des Räder kennen lernen. *) Wir wissen, daß die Schnelligkeit der Schwingungen der Unruhe von der Kraft der Spiralfeder abhängt, und daß die Schwingungen desto schneller sind, je mehr Kraft die Spiralfeder hat; desto langsamer, je weniger Kraft diese hat. Die Kraft der Spiralfeder hängt von der Dicke und Breite des Metallbandes ab, woraus sie besteht, d. h., von den Umgängen der Spiralfeder, so wie auch von der

*) Der Räder tritt in gewöhnlichen Uhren einer neuern Construction, an die Stelle des Räderwerkes der ältern Uhren.

Länge desselben. Wenn die Dicke und Breite des Spiraldrahtes bestimmt ist, wird sich die Kraft nach der Länge verändern, so daß die Kraft der Spiralfeder vermehrt wird, wenn man sie verkürzt; dagegen wird die Kraft geschwächt, wenn die Spiralfeder verlängert wird. Um eine gegebene Anzahl Schwingungen der Unruhe hervorzubringen, muß man eine Spiralfeder von passender Kraft bei derselben anbringen, welche zunächst die Anzahl der Schwingungen regulirt; um aber den höchsten Grad von Genauigkeit zu erreichen, bedient man sich des Rädlers, welcher, indem er den äußersten Umgang der Spiralfeder verlängert oder verkürzt, geringere oder größere Kraft hervorbringt, je nachdem es erforderlich ist. Die folgende Nummer beschreibt den sehr einfachen Mechanismus des Rädlers.

80. Fig. 8, Tab. III, zeigt die Unruhe *aa* mit ihrer Spiralfeder *b*, deren äußerster Umgang durch den Spiralthalter *o* an den Kloben befestigt ist; der innerste Umgang derselben ist durch die Spiralarolle an die Achse der Unruhe befestigt, wie es (64) erklärt ist. Auf dem Kloben *A* sieht man das Stück *ee*, gewöhnlich der Knopf genannt, worin das Loch für den Zapfen der Unruhe ist. Das Stück *gm*, oder der Räder, ist auf diesen Knopf mit geringer Reibung gepaßt, so daß das Ende *m* den Bogen von *F* bis *L* durchlaufen kann; der entgegengesetzte Theil *g* wird auf diese Weise längs einem Theile des äußersten Umganges der Spiralfeder folgen. Zwei Schrauben, an diesen Knopf *ee* angebracht, verhindern mit ihren Köpfen den Räder, sich in die Höhe zu heben, und diese Schrauben halten zugleich die Klobensteindecke, wogegen das Ende des Zapfens läuft. In Fig. 9 sieht man den Kloben von unten, und die Spiralfeder in der Lage, welche sie haben würde, wenn sie an der Unruhe oder deren Achse angebracht

wäre. Man sieht dort den Arm des Mückers mit den beiden Stiften m und n , welche den äußersten Umgang der Spiralfeder umfassen; dieser hat nur einen sehr kleinen Spielraum zwischen den beiden Stiften, welche den Theil b der Spiralfeder hindern, während der Schwingungen der Unruhe, freies Spiel zu haben, während der ganze übrige Theil der Spiralfeder wirksam ist, wenn sich die Unruhe bewegt. Man sieht dadurch, daß man, wenn man den Mückers gegen p führt, den wirkenden Theil der Spiralfeder vermindert, wodurch diese stärker wird, und schnellere Schwingungen macht; verlängert man dagegen den wirkenden Theil der Spiralfeder dadurch, daß man den Mückers gegen b führt, so wird die Spiralfeder schwächer, und die Schwingungen langsamer; auf diese Weise kann man mittelst des Mückers, der Unruhe, je nachdem es erforderlich ist, größere oder geringere Geschwindigkeit geben.

81. Die beiden Stifte des Mückers haben, wie wir bemerkt, nur eine sehr geringe Entfernung von einander. Ist die Entfernung so groß, daß der äußerste Umgang der Spiralfeder, selbst bei den größten Schwingungen, die Stifte nicht berühren kann, so ist es einleuchtend, daß sie keine Wirkung haben, und je nachdem die Stifte einander näher stehen, werden sie eine größere Wirkung hervorbringen. Nimmt man also an, daß einer dieser Stifte beweglich ist, so daß man den Spielraum der Spiralfeder vermehren oder vermindern kann, so sieht man leicht ein, daß dies auf die Dauer der Schwingungen Einfluß haben wird, und daß die Schwingungen schneller werden, wenn man die Stifte einander nähert. Dieses hat zu der einfachen, aber sinnreichen Compensation, welche wir bald beschreiben werden, Veranlassung gegeben.

Von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf die Dauer der
Schwingungen der Unruhe.

82. Die gleiche Dauer der Pendelschwingungen wurde durch den Einfluß der Wärme und Kälte, oder durch die Veränderungen in der Temperatur, gestört; mit den Schwingungen der Unruhe geschieht dieses in einem noch höheren Grade. Die Veränderung der Pendelschwingungen wird nur durch die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Pendelstange verursacht; die Veränderungen in den Schwingungen der Unruhe rühren aber nicht nur von der Ausdehnung und Zusammenziehung der Unruhe selbst her, sondern auch von denselben Wirkungen auf die Spiralfeder. Die Wärme vergrößert die Unruhe, verlängert die Spiralfeder, und diese beiden Ursachen machen die Schwingungen langsamer, und bringen die Uhr selbst dahin, langsamer zu gehen oder zu verlieren. Die Kälte bringt die entgegengesetzte Wirkung hervor, d. h., sie zieht die Unruhe zusammen und verkürzt die Spiralfeder, welches die Schwingungen schneller macht, und den Gang der Uhr beschleunigt. Diese Veränderungen sind sehr bemerkbar, selbst bei gewöhnlichen Uhren, und bei dieser Art, kann man mit Vortheil die Compensation an der Spiralfeder anwenden; in Längenuhren (Secuhren) aber würde dieses Mittel nicht hinreichend sein, und keinesweges die Regelmäßigkeit hervorbringen, welche man von diesen Maschinen fordert, und welche zu den Längen-Bestimmungen nothwendig ist. Hier muß man die vollkommene Compensation anwenden, welche man mittelst der Unruhe selbst erhält.

Von der einfachen Compensation an der Spiralfeder.

83. Um die Wirkungen des Compensators, welchen man an der Spiralfeder anbringt, wohl zu verstehen, ist es zweckmäßig, über die Wirkung nachzudenken, welche die Thä-

tigkeit der Wärme und Kälte auf zwei Metallplatten hat, die so vereinigt sind, wie Fig. 10, Tab. III, zeigt. AB stellt eine zusammengesetzte Stange vor, deren eine Platte aa von Messing, deren andere bb von Stahl ist, und welche beide wohl zusammengelöthet sind. Wenn man diese zusammengesetzte Platte der Einwirkung der Wärme aussetzt, werden die beiden Metalle sich ausdehnen; wir wissen aber, daß Messing sich weit mehr ausdehnt, als Stahl, daß daher die Platte aa , wenn sie im Begriffe ist, sich mehr als bb zu verlängern, die zusammengesetzte Platte in der Richtung nach D biegen werde, wenn man annimmt, daß das unterste Ende A fest, das oberste Ende B aber, beweglich ist. Wenn man die Platte dagegen dem Einflusse der Kälte aussetzt, wird die entgegengesetzte Wirkung statt finden; aa wird sich mehr zusammenziehen, als bb , und B nöthigen, nach der entgegengesetzten Richtung, nach C , zu gehen. Die Bewegung dieser Platte ist sehr merkbar; um sich davon zu überzeugen, braucht man eine solche Platte nur über die Flamme einer Spirituslampe zu halten; die Krümmung wird gleich sehr bedeutend.

84. Nehmen wir nun an, daß die zusammengesetzte Platte die Gestalt $ABCD$ hat, Fig. 11, Tab. III, und daß der äußere Theil von Stahl, der innere von Messing ist; nehmen wir ferner an, daß der Theil B fest ist und seinen Maß nicht verändern kann: so wird sich der Theil A durch die Wirkung der Wärme gegen e krümmen, wodurch der Theil D sich e nähern wird; indem die Wärme aber zugleich auf den Theil CD wirkt, wird D sich dadurch noch mehr e nähern, so daß die ganze Bewegung bedeutend wird, mehr oder weniger nach dem Wärmegrade, dem $ABCD$ ausgesetzt ist. Die Richtung der Bewegung Dz , wenn $ABCD$ der Kälte ausgesetzt wird,

ist der Richtung im vorbergehenden Falle entgegengesetzt, und D wird sich gegen f bewegen, oder, was dasselbe ist, sich B nähern, während die Wärme D von B entfernt. Durch die Wirkung der Wärme wird sich $ABCD$ öffnen, und sich durch die Kälte schließen. Aus dem, was (81) gesagt ist, wissen wir, daß ein kleiner Spielraum zwischen den Stiften schnellere Schwingungen hervorbringt; daß dagegen ein größerer Spielraum die Schwingungen weniger schnell macht. Dadurch, daß man den Compensator $ABCD$ auf dem Rücken anbringt, so daß der Theil B durch eine Schraube und einen Fuß an diesen befestigt ist, und daß der Theil D beweglich bleiben kann, sieht man ein, wenn man das Auge auf Fig. 12 richtet, daß sich der Spielraum der Spiralfeder nach dem Einflusse der Temperatur auf den Compensator verändern wird. Durch die Wärme wird sich D dem festen Stifte s nähern, und die Spiralfeder wird weniger Spielraum erhalten. Die Kälte verursacht das Entgegengesetzte; die Spiralfeder wird mehr Spielraum erhalten. Die Wirkung der Wärme auf die Unruhe und auf die Spiralfeder, welche die Schwingungen weniger schnell macht, wird durch die Annäherung der Spiralfeste compensirt; die Wirkung der Kälte, welche die Schwingungen schneller macht, wird in gleichem Grade compensirt, indem sich die Stifte von einander entfernen. Dieser Compensator wirkt, wie man hier sieht, auf eine sehr einfache Weise, und kann überall mit Nutzen angewandt werden, wo nur die Frage nach einer Annäherung zur Genauigkeit ist, welche Genauigkeit jedoch größer ist, als diejenige, welche man, von den einfachen Uhren im täglichen Leben, verlangen kann.

Dritter Abschnitt.

Von der Compensation vermittelt der Unruhe; vom Luftwiderstande gegen diesen Regulator; von der Gleichzeitigkeit der Schwingungen der Unruhe.

85. Die vollkommenste Compensation ist diejenige, welche vermittelt der Unruhe selbst statt findet, und nur durch diese kann man einen vollkommen genauen Gang bei abwechselnder Temperatur hoffen. *) Das Princip der Compensation vermittelt der Unruhe ist äußerst einfach und sinnreich; denn die Wärme, welche die Schwingungen der Unruhe weniger schnell machen würde, verringert zu gleicher Zeit den Durchmesser der Compensations-Uhr; die kleinere Unruhe wird aber schneller schwingen, so daß dadurch eine vollständige Compensation hervorgebracht wird. Die Kälte hingegen würde die Schwingungen beschleunigen, indem sie aber zu gleicher Zeit den Durchmesser der Unruhe vergrößert, wird diese in solchem Grade langsamer schwingen, daß die genaue Compensation auch hier statt finden kann.

86. Fig. 13, Tab. III, zeigt die compensirende Unruhe; ea und eb sind die Arme der Unruhe, welche die zwei Bogen ac und bd tragen, die mit der Achse der Unruhe concentrisch sind, und unweit ihrer Enden die Massen c und d tragen. Die Bogen ac und bd sind beide aus zwei Metallen von verschiedener Ausdehnungskraft zusammengesetzt, wovon sich das Innere durch Wärme und Kälte weniger ausdehnt und zusammenzieht,

*) Mehrere berühmte Künstler, wie Ferdinand Berthoud und Thomas Mudge, haben geglaubt, den Einfluß der Temperatur durch die Compensation, welche auf die Spiralfeder wirkt, verbessern zu können; aber der erste dieser Künstler verließ selbst diese Methode und folgte nachher der Compensationsweise vermittelt der Unruhe selbst, da wo es auf große Genauigkeit ankam.

als das Äußere. Aus dem, was (83) von der zusammengesetzten Metallstange gesagt ist, sieht man leicht ein, daß die Wärme die compensirenden Massen c und d dem Mittelpunkte der Unruhe näher bringt; die Kälte bringt sie dagegen weiter vom Mittelpunkte weg, und durch diese Bewegung kann man die Wirkung der Temperaturveränderungen compensiren.

87. Die Compensation wird stärker oder schwächer sein, je nachdem die compensirenden Massen näher am, oder weiter vom Ende der zusammengesetzten Bogen angebracht werden, und je nachdem sie mehr oder weniger Gewicht haben. Je weiter die Massen c und d gegen das Ende der Bogen hin angebracht sind, desto größer wird ihre Bewegung durch die Veränderung der Temperatur, indem sie sich dem Mittelpunkte der Unruhe entweder nähern oder sich von demselben entfernen, was dasselbe wäre, als wenn die Unruhe kleiner oder größer würde. Schwerere Massen bringen auch eine größere Compensation hervor, als leichtere. Man sieht also, daß man im Stande ist, die Compensation nach Bedürfniß stärker oder schwächer zu machen; und, fände man z. B. die Compensation zu stark, so hätte man nichts weiter zu thun, als die Massen c und d näher nach a und b zu bringen oder sie zurückzuziehen. Wenn dagegen die Compensation zu schwach wäre, so könnte man diesem Uebelstande dadurch abhelfen, daß man c und d vorrückte oder sie von a und b entfernte, und wäre dies nicht hinreichend, so müßte man das Gewicht der compensirenden Massen vermehren. Die Schrauben an a und b oder oo , welche in der Richtung der Arme der Unruhe angebracht sind, dienen zur Regulirung der Schnelligkeit; nähert man diese dem Mittelpunkte der Unruhe, so werden die Schwingungen schneller; entfernt man sie vom Mittelpunkte, so werden

sie langsamer. Fig. 15 zeigt den Steg, worin die regulirende Schraube angebracht ist; Fig. 16 zeigt sowohl den Steg, als die regulirende Schraube.

88. Nur durch wiederholte Versuche und bisweilen langwierige Proben kommt man zu einer vollkommenen Compensation. Es ist hier hinreichend, die Wirkungsweise der Compensation angegeben zu haben; in der Folge werden wir Gelegenheit haben, auf diesen wichtigen Gegenstand zurückzukommen, und dann werden wir die Weise, die Compensation zu reguliren, näher entwickeln.

89. Die compensirenden Unruhen erfordern eine große Genauigkeit in der Ausführung. Die einander gegenüber liegenden Theile müssen genau von derselben Dicke und demselben Gewichte, und die zusammengesetzten Bogen durchaus concentrisch mit der Achse der Unruhe sein. Diese müssen auch genau dieselbe Länge haben und die compensirenden Massen auf solche Weise angebracht sein, daß der Kreisbogen von der Mitte der einen Masse bis zur Mitte der andern, genau die Hälfte von dem Umkreise der Unruhe ausmacht, oder, was dasselbe ist, die Massen müssen genau in denselben Durchmesser der Unruhe gestellt sein. Ohne diese Vorsichtsregeln ist es unmöglich, daß die Unruhe ihr Gleichgewicht unter den verschiedenen Temperaturen bewahren könne; denn, wenn man auch annimmt, daß das Gleichgewicht in der Mitteltemperatur hervorgebracht ist, so wird die Ungleichheit in der Bewegung der Bogen bei einem andern Wärme- oder Kälte-Grade die eine der compensirenden Massen dem Mittelpunkte der Unruhe näher bringen oder weiter davon entfernen, als die andere; und die Unruhe wird nicht mehr im Gleichgewichte sein, was den schädlichsten Einfluß auf den Gang der Uhr haben wird, besonders wenn sie getragen, und folglich in vertikaler Lage gebraucht werden soll. Die compensirenden

Massen *c* und *d* werden, so wie wir erwähnt haben, von den compensirenden Bogen getragen, und diese gehen in die Fuge (Kerbe) der Massen hinein, welche man in Fig. 14 sieht. Diese Fuge muß eine passende Breite haben, so daß kein Spielraum zwischen dem Bogen und der Masse, aber doch so viel Raum ist, daß man ohne Anstrengung diese Masse längs dem Bogen bewegen kann. Fig. 14 zeigt auch die Schraube, welche die Masse an den Bogen heftet.

90. Mit Rücksicht auf die Wahl der Metalle, aus welchen man die compensirende Unruhe zusammengesetzt hat, ist es, wie wir bemerkt haben, richtig, zwei Metalle von einer höchst verschiedenen Ausdehnungskraft zu wählen, damit eine hinreichende Beweglichkeit in den Bogen verursacht, und auf diese Weise die nothwendige Compensation hervorgebracht werden kann. Stahl und Messing werden im Allgemeinen gebraucht, und, wenn man den Stahl härtet, erhält die Unruhe mehr Festigkeit, bewahrt besser ihre Form, und man ist nicht so sehr der Gefahr ausgesetzt, sie so leicht zu verbiegen, als diejenigen, welche nicht gehärtet sind. Mehrere Künstler haben die compensirenden Bogen aus Platin und Messing zusammengesetzt; diese Methode aber, obgleich sehr gut, ist bis jetzt nicht allgemein geworden. *)

91. Es ist durchaus nothwendig, die beiden Metalle, welche die compensirenden Bogen bilden, allenthalben genau zu vereinigen; denn, fände nicht der vollkommenste Zusammenhang zwischen den beiden Metallen statt, so würde dieses Unregelmäßigkeit in ihren Bewegungen, und folglich auch in dem Gange

*) Das Platin ist sehr weich; aus diesem Grunde muß man, wenn man es zu Compensations-Unruhen gebraucht, auf diese Unruhen Besüßer (parachutes) andringen, um die Bogen der Unruhe zu schonen, und sie bei einem Falle der Uhr so viel als möglich am Verbiegen zu hindern.

der Uhr veranlassen. Die Methode, das Messing um den Stahl zu gießen, wird gewöhnlich in England gebraucht, und diese Methode ist gut; man kann aber auch das Messing mit Silberloth an den Stahl löthen, und diese Methode ist wenigstens eben so gut, wie die erstere, wenn man nur dafür sorgt, daß die Lötung, welche sich zwischen beiden Metallen befindet, gleiche Dicke im ganzen Umkreise der Urruhe habe. *)

*) Ein sehr berühmter englischer Uhrmacher hat bekannt gemacht, daß die Methode, die Bogen der Compensations-Urruhe zu löthen, nicht gut sei und der Beweis, den er anführt, besteht darin, daß das Metall, welches zur Lötung der beiden Platten dient und eine dritte Platte bildet, durch Wärme und Kälte eine schnellere Bewegung erhält, als die beiden andern Metalle. (Dieser Ausdruck ist nicht recht verständlich, man kann aber wohl annehmen, daß er unter „schnellere Bewegung“ eine größere Ausdehnung oder Zusammenziehung durch Wärme oder Kälte versteht.) Er behauptet, daß diese schnellere Bewegung, die der Bogen hindere. Wer aber etwas darüber nachdenken will, wird bald das Unrichtige dieser Behauptung finden, da die, durch die Lötung gebildete Metallplatte, welche zwischen beiden Metallen ist, eine stärkere Ausdehnungskraft, als Stahl, und eine schwächere, als Messing hat. Diese kann daher keinesweges die Bewegung der Bogen hindern, eine Wirkung, welche nur statt finden würde, wenn die Lötung größere oder geringere Ausdehnungskraft, als die beiden Metalle, hätte. Es ist im Gegentheil erwünscht, daß sich zwischen diesen beiden Metallen von höchst verschiedener Ausdehnungskraft ein drittes befindet, dessen Ausdehnungskraft zwischen beiden den Mittelweg hält. Fordert man einen Beweis hierfür, will ich nur Reguets Thermometer anführen, ein Instrument, empfindlicher als jedes andere Thermometer, und dessen Spiralsdraht aus drei Metallen zusammengesetzt ist, wovon die beiden äußeren aus Platin und Silber bestehen, das mittlere aus Gold ist, dessen Ausdehnungskraft zwischen der des Platins und des Silbers liegt. Da dieses Instrument, so konstruirt, augenblicklich die Temperaturveränderung zeigt, so kann man des Uebelstandes wegen, der hier, wie man behauptet, statt findet, unbesorgt sein. Aus eigener Erfahrung weiß ich auch sehr gut, daß die gelötheten Urruhen eben so gut, wenn nicht gar besser sind, als die andern, und daß sie die wünschenswerthe Empfindlichkeit und die gleichmäßigste Bewegung haben. Die tragbaren Metallthermome er haben ferner bewiesen, daß die Methode, die compensirenden Urruhen oder die Compensationsbogen, zu löthen, zweckmäßig sei. Ich habe mehrere hundert dieser Instrumente verfertigt, welche alle mit Silber gelöthete, gehärtete Metall-Bogen aus Stahl und Messing haben; ihre Empfindlichkeit ist so groß, wie nur immer zu wünschen steht, und man kann nicht daran zweifeln, daß ihre Bewegung ganz gleichmäßig sei, da der Zeiger des Instruments einen sehr großen Raum durchläuft, wenn auch die Bewegung des Bogens sehr gering ist, und

Von dem Widerstande der Luft gegen die Compensations-Unruhe.

92. Der Widerstand der Luft gegen die Compensations-Unruhe ist bedeutender, als gegen die gewöhnlichen Unruhen; jene haben größere Geschwindigkeit und bieten der Luft größere Widerstandsflächen dar, als die Unruhen, welche sich in gewöhnlichen Uhren befinden. Dieser Widerstand wird überhaupt in den größeren Seeuhren durch den großen Durchmesser der Unruhe bemerkbar, wie wir nachher aus den Versuchen sehen werden, welche ich über diesen Gegenstand angestellt habe. Dieser Widerstand vermindert die Schwingungen so sehr, daß man, um denselben eine passende Größe (Ausdehnung) zu geben, genöthigt wird, die bewegende Kraft zu vermehren, je nachdem die Unruhe größeren Widerstand durch die Luft erleidet. Doch sind wir nicht im Stande, diesen Widerstand zu einem überaus geringen Grade zu bringen, weder dadurch, daß wir der Unruhe einen kleinen Durchmesser geben, noch durch Verminderung ihrer Geschwindigkeit; denn man würde dadurch reelle Vortheile für sehr unbedeutende Uebelstände aufopfern, wie wir schon (78) bemerkt haben, als wir den Widerstand der Luft gegen die Unruhen gewöhnlicher Uhren betrachteten. Alles was man thun kann, besteht darin, die Flächen der Compensations-Unruhen, welche Widerstand leisten, so viel als möglich zu vermindern, und sie scharf zu machen, damit sie die Luft desto besser durchschneiden können. Man vermindert den körperlichen Inhalt der compensirenden und regulirenden Massen, und also zugleich den Widerstand der Luft, dadurch, daß man dieselbe

habere die geringste Ungleichheit in der Bewegung des zusammengesetzten Bogens zeigen würde, wenn solche in der That vorhanden wäre; der Zeiger aber bewegt sich immer mit der größten Regelmäßigkeit.

aus einem Metalle von großem specifischen Gewichte verfertigt, aus Gold, oder auch aus Platin, welches in dieser Rücksicht noch besser sein würde. Indem man den compensirenden Massen die Gestalt giebt, welche in Fig. 13 und 14, Tab. III, gezeigt ist, werden sie natürlich die Luft besser durchschneiden, als diejenigen, welche derselben eine breite Fläche entgegenstellen. Was die regulirenden Schrauben betrifft, so wird es gut sein, ihren Köpfen die Gestalt der Pendellinsen zu geben, oder sie wenigstens sehr flach zu machen, und die Kanten abzurunden. Durch diese Mittel wird der Widerstand der Luft von geringer Bedeutung, oder wenigstens sehr geschwächt sein.

Vom Isochronismus der Schwingungen der Unruhe und von der cylindrischen Spiralfeder. *)

93. Die Schwingungsbogen der Unruhe werden immer kleiner, je länger die Uhr geht; denn die Reibung wird durch Schmutz und Verdickung des Oels vermehrt, und hindert also das Räderwerk seine ganze Kraft dem Regulator mitzutheilen, und selbst dieser erhält durch die Verdickung des Oels an seinen Zapfen einen neuen Widerstand gegen die Bewegung, welches noch eine Ursache zur Verminderung der Schwingungsbogen ist. Die Erschütterungen, denen eine Taschenuhr beim Tragen ausgesetzt ist, oder welche die Längenuhren auf der See aushalten müssen, wirken auch mehr oder weniger auf die Schwingungen der Unruhe, und verändern mehr oder weniger die Ausdehnung der Schwingungsbogen der regulirenden Unruhe. Diese Ver-

*) Ist es erlaubt, die Spiralfeder die Seele der Uhr zu nennen, so wird sie eine vernünftige Seele, wenn sie isochronisch ist. (Louis Berthoud.)

änderungen in der Ausdehnung der Schwingungsbogen sind der vollkommenen Regelmäßigkeit im Gange derjenigen Uhren, welche zu einer genauen Zeitmessung bestimmt sind, überaus schädlich. Zwei talentvolle Männer haben dieses Hinderniß gehoben, und uns die Mittel angegeben, die großen und kleinen Schwingungen der Uhrube von gleicher Dauer (gleichzeitig, isochronisch) zu machen. *)

94. Der passende Isochronismus der Schwingungen der Uhrube ist die Grundlage für die Genauigkeit der Längenuhren. Die beiden berühmten Künstler, denen wir die Entdeckung der Eigenschaft verdanken, daß die Spiralfeder isochronisch wird, sind auf verschiedenen Wegen zu demselben Ziele gelangt. Pierre le Roys Methode folgt man häufigsten; diese gründet sich darauf, daß eine sehr kurze Spiralfeder, die in ihrer ganzen Länge von gleicher Dicke ist, unter den Schwingungen der Uhrube in einem weit stärkeren Verhältnisse gespannt wird, als eine längere; die größeren Schwingungsbogen werden demnach in kürzerer Zeit vollendet, als die kleineren. Eine sehr lange Spiralfeder dagegen wird durch dieselben Schwingungen weit weniger, oder in einem weit geringeren Verhältnisse gespannt, als die erste, und dadurch werden die großen Schwingungen langsamer vollendet, als die kleinen. Zwischen diesen beiden Längen, giebt es aber eine Mittellänge, wo die großen und kleinen Schwingungen von gleicher Dauer sind, und in der Wirklichkeit hat die Erfahrung dieses vollkommen bestätigt. Ferdinand Berthouds Methode, die Spiralfeder

*) Pierre le Roy und Ferdinand Berthoud haben uns die Mittel angegeben, wodurch es ihnen gelungen ist, einen vollkommenen Isochronismus vermittelst der Spiralfeder hervorzubringen.

isochronisch zu machen, gründet sich auf ein, von Pierre le Roy's ganz verschiedenes Princip, indem er den Isochronismus durch die Form der Spiralfeder, und nicht durch ihre Länge, erreicht hat. Ferdinand Berthoud machte die Gänge der Spiralfeder verhältnißmäßig dünner, en fouet (wie ein Peitschenband), je nachdem sie sich weiter von dem Mittelpunkte entfernten. Durch dieses Mittel konnte eine kürzere Spiralfeder, wie le Roy's, auch isochronisch werden.

95. Beide Methoden können mit Nutzen angewandt werden; überall aber, wo man sich le Roy's bedienen kann, verdient diese wegen des Vortheils, einen Faden von gleicher Dicke anwenden zu können, vorgezogen zu werden. Bei Taschenuhren, deren Gestalt nicht immer den Gebrauch einer sehr langen Spiralfeder erlaubt, kann man genöthigt werden, seine Zuflucht zu Ferdinand Berthoud's Methode zu nehmen; unter der Ausföhrung stößt man aber auf die große Schwierigkeit, welche damit verbunden ist, die Dicke des Spiralfederdrahtes in einem genauen, und durchaus passenden, Verhältniße zu vermindern.

96. Wir werden in der Folge auf diesen Gegenstand, den Isochronismus oder die Gleichzeitigkeit, zurückkommen, und dann auch das Verhältniß angeben, welches man als das zweckmäßigste zwischen der Dauer der größten und kleinsten Schwingungen der Uhr ansieht; denn die Erfahrung hat bewiesen, daß es, um bei einer Längenuhr einen Gang zu erhalten, der in langer Zeit regelmäßig bleiben soll, gut ist, bis zu einem gewissen Punkte von dem vollkommenen Isochronismus abzuweichen, wie wir es unter der Regulirung der Längenuhren anführen werden. Die notwendigen Proben in dieser

Rücksicht können nicht statt finden, ehe die Uhr geht, und ehe die verschiedenen Theile derselben zu ihrer ganzen Vollkommenheit gelangt sind. Folglich kann an dieser Stelle noch nicht davon die Rede sein. Siehe daher Kap. XIV.

97. Die Gestalt der Spiralfeder in Längenuhren ist Fig. 17 og 18, Tab. III., gezeigt, wo man sieht, daß die Spiralfeder cylindrisch ist; auf diese Weise sind die Umgänge der gegenseitigen Berührung weniger ausgesetzt, wenn die Schwingungen überaus groß sind. Der Uhrmacher kann auch diese Art Spiralfedern leichter selbst verfertigen, als diejenigen, welche ganz flach sind.*) Die Spiralfedern in Längenuhren, werden gewöhnlich entweder aus Gold oder aus Stahl verfertigt. Wenn man Stahl gebraucht, kann man diesen entweder mit Hülfe des Feuers härten oder ihn auch dadurch hart machen, daß man ihn kalt streckt. Am häufigsten härtet man den Stahl nicht mit Hülfe des Feuers, sondern macht ihn nur durch kaltes Strecken hart, wo die Erfahrung gelehrt hat, daß er auf diese Weise durch Zusammenpressen die durchaus nothwendige Schnellkraft oder Elasticität erhält. Bei dem Härten der Spiralfeder mit Hülfe des Feuers, muß man nämlich fürchten, sie spröde zu machen, welcher Furcht man überhoben ist, wenn man sie durch Strecken hart macht. Die Art, die Spiralfedern von Stahl zu machen ist zugleich die leichteste und kürzeste, weil man den großen Vortheil hat, sich flachen und hartgezogenen Draht zu Spiralfedern von allen Maaßen verschaffen zu können. Ich bediene mich jedoch des

*) Eine Form, die den Spiralfedern mehr Schnellkraft, und der Uhr während der Schwingungen mehr Freiheit giebt, als irgend eine andere, scheint die spärliche Form zu sein.

16 bis 18 karäthigen Goldes zu den Spiralfedern, die ich fertigfertige, und habe allen Grund mit der Anwendung dieses Metalles zufrieden zu sein, da es aller Schnellkraft, welche man wünschen kann, fähig ist, und dem ungehärteten Stahle nicht nachsteht. Obgleich die Ausarbeitung der goldenen Spiralfedern weitläufiger und mühsamer ist, als der stählernen, wozu man ganz fertigen Draht hat, so habe ich mich doch nicht entschließen können, eine Methode aufzugeben, welche mir die Erfahrung hinreichend als gut bewährt hat, um so mehr, da sie noch außerdem den großen Vortheil gewährt, daß diese Spiralfedern nicht vom Rost angegriffen werden können, welches fast immer, früher oder später, mit den stählernen Spiralfedern geschieht, welche man in Seeuhren gebraucht.*)

*) Mit Rücksicht auf den Vorzug, welche mehrere Künstler den Spiralfedern aus gehärtetem Stahle vor denen geben, welche nicht gehärtet oder von Gold sind, will ich folgende Stelle aus Arnold anführen, da das Urtheil eines so erfahrenen und berühmten Künstlers, alles mögliche Gewicht hat, und ein Glaubensartikel für Jeden sein muß, der noch zweifeln könnte. In dieser Stelle heißt es, wie folgt:

„The chronometer no. 56, which was tried by the astronomer royal five and twenty years since, had and still has, the same spring of tempered steel. M. Everard's chronometer no 68 had, and still has, the same spring of gold. And the marine chronometer no. 82 had, and I believe still has a spring of hard roller steel. Experience is in favour of all three: I think the gold and tempered steel will retain its identity longer than the other.“

„Der Chronometer Nr. 36, welcher von dem Königl. Astronomen vor 25 Jahren geprüft ist, hatte, und hat noch dieselbe Spiralfeder von gehärtetem Stahle. Hr. Everard's Chronometer Nr. 68 hatte, und hat noch dieselbe Spiralfeder von Gold. Und die Seeuhr Nr. 82 hatte, und ich glaube, hat noch eine Spiralfeder von hartgezogenem Stahle. Die Erfahrung spricht für alle drei. Ich glaube, daß die Spiralfedern aus Gold und aus gehärtetem Stahl ihre Unveränderlichkeit länger bewahren werden, als die aus ungehärtetem Stahl.“

Arnold hat demnach gleiches Glück gehabt mit Spiralfedern von gehärtetem Stahle, von ungehärtetem Stahle und von Gold. Da nun Alles gleich ist, mit Rücksicht auf die notwendige Elasticität, so ist es einleuchtend, daß die Spiralfedern den Vorzug verdienen, welche nicht der Gefahr des Rostens ausgesetzt sind.

Anmerkung. Durch Versuche, auf einem Instrumente angestellt, das dazu dient, die größere oder geringere Schnellkraft der Spiralfedern zu bestimmen, hat man gefunden, daß diejenigen, welche von 18 karätigem Gold sind (wenn dasselbe einen Zusatz von dem reinsten Kupfer hat, und auf die allgemein bekannte Weise gezogen ist), ihre Schnellkraft völlig bewahren, obgleich sie einer sehr großen Spannung bis 360 Gr., und selbst darüber, unterworfen werden.

Dieses ist nicht in demselben Grade mit Spiralfedern von kalt gezogenem Stahle der Fall, wovon man sich durch folgende Versuche überzeugt hat:

Man hat Rindstahl, so rein als möglich, von $\frac{1}{2}$ Linie Dicke genommen; man hat diesen durch das Ziehheisen gehen lassen (ohne ihn zu glühen), um ihn zu einem flachen Drahte, $\frac{2}{3}$ Linien dick und $\frac{7}{16}$ Lin. breit, zu bringen; dieser Draht war so hart, daß er beim Biegen fast wie Glas zersprang; man bildete darauf eine Spiralfeder aus demselben, und brachte diese bei einer Uhrbe an; indem man nun dieser Spiralfeder eine Spannung von 360 Graden gab, hat sie über einen Grad nachgegeben. Da dieser Versuch mehrere Male mit anderem hart gezogenen Stahle wiederholt wurde, gab er, bis auf eine Kleinigkeit, dieselben Resultate. Man hat die nämlichen Versuche mit Stahl gemacht, der nur wenig gezogen war, und die Veränderungen beliefen sich auf das Doppelte, Dreifache u. s. w., und auf noch mehr bei ausgeglühtem Stahle. Es ist daher wichtig die Spiralfedern zu härten und sie blau anlaufen zu lassen, um ihnen eine große Schnellkraft zu geben.

18 karätiges Gold, wenn es mit dem reinsten Kupfer legirt und auf die erwähnte Weise gezogen ist, bewahrt seine

Schnellkraft völlig, selbst wenn es 360 Gr. und noch mehr gespannt wird; es kann daher mit Vortheil in Chronometern gebraucht werden. Es hat außerdem den großen Vortheil, nicht zu rosten, und man bedient sich desselben daher zweckmäßig in Seeuhren. Man muß bemerken, daß die goldenen Spiralfedern schwerere compensirenden Massen an der Uhr erfordern, um die größere Ausdehnung und Zusammenziehung zu berichtigen, welche sie, in Vergleich mit den stählernen, durch Wärme und Kälte erleiden.

Viertes Kapitel.

Von der bewegenden oder treibenden Kraft.

(Triebkraft.)

98. Um den Verlust der Bewegung des Regulators in den Uhren zu ersetzen, welcher durch die Reibung und den Widerstand der Luft entsteht, theilt man dem Regulator durch eine Reihe von Rädern und Getrieben, die eine zunehmende Geschwindigkeit haben, und durch die Hemmung eine äußere Kraft mit, die bewegende Kraft. Diese Kraft muß hinreichend groß sein, um die Inertie der bewegenden Theile, den Reibungswiderstand, welchen die verschiedenen Theile der Uhr erleiden, zu überwinden, und um die Geschwindigkeit der Bewegung zu unterhalten, welche man von dem Regulator fordert. Nur durch Versuche oder durch Erfahrung, kann man genau die Größe der bewegenden Kraft für eine Uhr bestimmen. Es ist nämlich schwierig, die Größe des Reibungswiderstandes des Räderwerkes, der Hemmung, des Regulators, so wie die Inertie der bewegenden Theile, anzugeben; folglich ist es nur bis zu einem gewissen Grade möglich, die Kraft durch Berechnung ausfindig zu machen, welche erforderlich ist, um dieselben zu überwinden.

99. Die bewegende Kraft wird entweder durch die Schwerekraft oder durch die Schnellkraft (G), d. h., entweder durch Gewichte oder durch Federn, hervorgebracht. Die Gewichte können nur in feststehenden Uhren angewandt werden; die Federn in denjenigen, welche Erschütterungen ausgesetzt sind. Jene wirken durch eine Schnur, die um eine Walze geht, welche mit dem ersten Rade der Uhr in Verbindung gesetzt ist. Die Wirkung des Gewichts ist immer dieselbe; die bewegende Kraft, durch dieses Mittel hervorgebracht, muß für die gleichförmigste gelten, und Gewichte verdienen den Federn in allen Fällen vorgezogen zu werden, wo man sie nur gebrauchen kann. In Taschenuhren kann man nur Federn anwenden, welche entweder unmittelbar oder vermittelt eines dazwischen kommenden, abgekürzten Kegels, der Schnecke, auf das Räderwerk wirken.

100. Die Construction einer Federuhr ist gewöhnlich so, daß die größte Gleichheit der bewegenden Kraft eine notwendige Bedingung für den regelmäßigen Gang wird.*) In diesem Falle ist es durchaus notwendig, die Schnecke zu gebrauchen. Bei Seeuhren hat man sich im Allgemeinen ohne Ausnahme bestrebt, die strengste Gleichheit in der bewegenden Kraft hervorzubringen, und zu dem Ende gebraucht man als Berichtigungs-Mittel die Schnecke, auf welcher das erste Rad angebracht ist, um die Kraft der Feder bis zum Räderwerke zu verpflanzen. Die Schnecke hat die Gestalt eines abgekürzten Kegels, und die Feder theilt derselben ihre Wirkung durch eine Kette mit, die sich in einer spiralförmigen Rinne, welche in die Oberfläche der Schnecke eingeschnitten ist, auf- und abwickelt.

*) Wie in den gewöhnlichen Spindeluhren.

Wenn die Feder gespannt ist, wirkt sie auf den Theil der Schnecke, welcher ihrer Achse am nächsten ist, oder auf einen kurzen Hebel; allmählig aber, wie die Feder beim Abwickeln ihre Spannung oder Kraft verliert, erstreckt sich ihre Wirkung auf die Theile der Schnecke, welche verhältnißmäßig weiter von der Achse entfernt sind, oder auf längere Hebel. Auf diese Weise sieht man ein, daß man durch eine zweckmäßige Form der Schnecke, oder durch die Bestimmung der Länge dieser Hebel nach der stets abnehmenden Kraft der Feder die Wirkung derselben ganz gleich oder gleichmäßig machen kann.*)

101. Die Erfahrung hat uns indessen gezeigt, daß es keinesweges durchaus nothwendig ist, eine Schnecke anzuwenden, um den Gang einer Seeuhr regelmäßig zu machen, und daß man derselben alle Regelmäßigkeit, welche sich nur wünschen läßt, geben kann, durch den Gebrauch eines Zahnfederhauses, das man auf das erste Getriebe des Räderwerkes wickeln läßt. Diese Art bietet durch ihre Einfachheit große Vortheile dar, und man ist auf diese Weise auch den Uebelständen überhoben, welche von dem zusammengesetzten Mechanismus mit der Schnecke und der Hülfskraft fast unzertrennlich sind, so wie auch der Gefahr, daß die Kette springt.**)

*) In diesem Kapitel beschränken wir uns auf die allgemeinen Betrachtungen über die bewegende Kraft in den Uhren. In den folgenden Kapiteln, welche die Chronometer, Seeuhren und astronomischen Pendeluhren abhandeln, wird es die passende Stelle sein, von der Schnecke, dem Zahnfederhause und dem Gewichte in astronomischen Pendeluhren zu reden.

***) Vor ungefähr 70 Jahren konstruirte Pierre Le Roy seine Seeuhr, ohne von der Schnecke Gebrauch zu machen. Der Gang dieser Uhr zeigte schon damals hinlänglich, daß man die Schnecke entbehren könnte. Die Seeuhren, welche jetzt bei den Herren Breguet und Sohn ausgeführt werden, sind sehr oft ohne Schnecke. Der Gang Einer derselben, No. 3056, welche sich in der kostbaren Instrumentensammlung unsers berühmten Astronomen, Schumacher, befindet, ist in den astronomischen Nachrichten für 1823 mitgetheilt.

102. Man kann übrigens eine beinahe vollkommene Gleichmäßigkeit durch das Zahnfederhaus erhalten, wenn die Uhr nach einem solchen Plane gearbeitet ist, daß das Federhaus einen großen Durchmesser hat; denn in diesem Falle kann man eine sehr lange Feder gebrauchen, die viele Umgänge um den Federstift macht. Von diesen Umgängen braucht man nur wenige für den Gang der Uhr, und es wird daher einleuchtend, daß der Unterschied in der bewegenden Kraft, wenn die Uhr aufgezogen und wenn sie beinahe abgelaufen ist, nicht groß sein kann, und daß dieser Unterschied desto geringer sein wird, je länger die Feder ist, welche die bewegende Kraft abgiebt. Diese langen und biegsamen Federn gewähren überdies den Vortheil, daß sie besser ihre Schnellkraft bewahren, und weniger leicht zerbrechen, als die starken und kurzen Federn, welche man gewöhnlich in Uhren mit Schnecken gebraucht. Diese letzte Eigenschaft der Feder ist von großem Werthe, besonders in einer Seeuhr; denn wenn die Feder in dieser springt, wird der Seefahrer dadurch aller Vortheile eines auf Reisen so wichtigen Instrumentes beraubt.

103. Durch die, in der vorhergehenden Nummer angegebenen Mittel, wird man sich in den Stand gesetzt sehen, die Ungleichheit der bewegenden Kraft bis auf einen geringen Grad vermindern zu können; man erreicht es aber doch nicht völlig, die Ungleichheit ganz zu heben. Es ist einleuchtend, daß die Feder mit etwas größerer Kraft wirken wird, wenn die Uhr neulich aufgezogen ist, und daß sie dagegen verhältnißmäßig etwas schwächer wirken wird, wenn sie sich, während die Uhr

Dieser Gang ist vorzüglich und beweist vollkommen, daß man ausgezeichnete Seeuhren construiren kann, ohne die Schnecke zu gebrauchen.

geht, allmählig abwickelt. Indessen hat diese geringe Ungleichmäßigkeit der bewegenden Kraft keinen weitem Einfluß auf den Gang des Chronometers oder der Seeuhr, vorausgesetzt, daß man die Spirale, oder die regulirende Feder, gehörig isochronisch macht; denn dann werden die größeren oder geringeren Schwingungsbogen des Regulators oder der Unruhe in gleichen Zeiten vollendet werden, und also keine Veränderung im Gange der Uhr bewirken.

104. Was nun die Feder selbst betrifft, so ist es wesentlich, daß sie aus einem weichen, und keinesweges spröden Stahle gemacht sei, der einer vorzüglichen Härtung fähig ist, die so gleichmäßig als möglich sein muß; dafür müssen aber diejenigen sorgen, welche sich mit der Verfertigung der Federn abgeben, und nur wenn man sich an die wendet, welche dafür bekannt sind, die besten Federn zu liefern, kann man diese gehörig gut erwarten. Es ist besser breite aber dünne, als schmale und dicke, Federn zu gebrauchen, da sich die breiten nicht so leicht werfen oder Schläge im Federhaufe machen, oder, was dasselbe ist, sich besser als die schmalen Federn in derselben Ebene auf- und abwickeln, und auch nicht so leicht gegen den Boden oder den Deckel des Federhauses reiben. Die Kanten müssen auch wohl abgerundet und polirt sein, um den Reibungswiderstand im Innern des Federhauses zu vermindern.

105. Es ist auch überaus wichtig, daß die Umgänge der Feder nicht an einander reiben, während sie sich im Federhaufe abwickeln, weil diese Reibung, welche nicht immer gleich sein wird, die Kraft der Feder verändert; hierbei haben die Federfabrikanten besonders Gelegenheit ihre Geschicklichkeit zu zeigen.

106. Wir haben (103) gesehen, daß der Isochronismus der Schwingungen der Uhr bei dem Gange einer Seeuhr die Ungleichmäßigkeit in der bewegenden Kraft aufheben kann. Bei den astronomischen Pendeluhrn ist die bewegende Kraft beständig dieselbe (99); diese Eigenschaft der bewegenden Kraft aber, welche von großer Bedeutung ist, bringt doch nicht vollkommen die Wirkung hervor, welche wünschenswerth wäre. Nachdem die Uhr einige Zeit gegangen, wird die Reibung entweder durch die Verdickung des Oels, oder durch andere Ursachen vermehrt; die ersetzende Kraft, welche dem Regulator mitgetheilt wird, wirkt also stets weniger stark, und die Schwingungen des Pendels werden daher allmählig kleiner, so wie der Reibungswiderstand zunimmt. Die größeren oder kleineren Schwingungsbogen eines Pendels sind aber nicht ganz gleichzeitig oder isochronisch (16); die kleineren Bogen werden in kürzerer Zeit vollendet, als die größeren; folglich werden die Schwingungen des Pendels nach und nach schneller, je nachdem sich die ersetzende Kraft, welche dem Regulator durch das Räderwerk und die Hemmung mitgetheilt wird, vermindert, und die astronomische Pendeluhr wird zu schnell gehen.*) Dieser Nichtisochronismus der Schwingungen des Pendels ist daher der Grund, daß selbst die strengste Genauigkeit in der

*) Wenn man das Pendel in sehr kleinen Bogen schwingen läßt (17), ist es wohl wahr, daß die Veränderung im Gange durch die Vermehrung der Reibung sehr gering und nur von den Astronomen bemerkt wird; aber besonders diese gebrauchen die Pendeluhrn und bedürfen eines Instrumentes von der größten Genauigkeit. Die Veränderung ist noch weniger gleichgültig, wenn die Pendeluhr dazu bestimmt ist, der Seeuhr als Regulator zu dienen; denn es können, besonders im Winter, sehr lange Zeiträume eintreten, in welchen der Himmel mit Wolken bedeckt ist, und wo die Uhr also nicht mit den Fixsternen oder der Sonne verglichen werden kann; es ist daher wichtig, daß diese in der Zwischenzeit einen durchaus gleichmäßigen Gang bewahre.

Gleichheit der bewegenden Kraft, welche beim Gebrauche der Gewichte statt findet, eine nicht so große Gleichmäßigkeit hervorbringt, als man glauben sollte.

107. Man muß daher wünschen, daß die bewegende Kraft bei einer astronomischen Pendeluhr in demselben Verhältnisse vermehrt werden könnte, wie der Widerstand, welcher durch die Reibung verursacht wird, wächst, wenn das Del dicker wird. Um dieses zu bewirken habe ich bei meinen astronomischen Pendeluhren, an dem Gewichte das die bewegende Kraft abgiebt, ein Gefäß von derselben Gestalt und Größe, wie das Gewicht, angebracht, worin man von Zeit zu Zeit, je nachdem es erforderlich ist, ein Hagelkorn von passendem Gewichte wirft, um auf diese Weise die bewegende Kraft zu vermehren, so daß die Pendelschwingungen immer genau dieselbe Ausdehnung behalten.

108. Es ist nothwendig bei den astronomischen Pendeluhren eine Hülfskraft zu gebrauchen, welche den Gang der Uhr, während sie aufgezogen wird, unterhalten kann (Siehe Kap. X.). Dasselbe gilt von den Seeuhren mit Schnecke. Dieser Mechanismus wird am Schlusse dieses Werkes (Kap. XIII., im ersten Abschnitte) beschrieben; folglich wird es in dieser Rücksicht überflüssig sein, hier ins Einzelne zu gehen. Ich will bloß bemerken, daß diese Hülfskraft die Arbeit bedeutend vermehrt, und daß man unter der Ausföhrung die größte Sorgfalt anwenden muß, um sicher zu sein, daß diese das ausrichtet, was sie soll. Durch den Gebrauch des Zahnfederhauses in Seeuhren statt der Schnecke (101), wird der Mechanismus dieser Hülfskraft entbehrlich; denn die Zahnfederhäuser haben die natürliche Beschaffenheit, die Uhr während des Aufziehens im Gange zu

halten. Bei den astronomischen Pendeluhrn könnte man sich der Schnur ohne Ende bedienen, welche ehemals angewandt wurde, und dann würde man keiner Hülfskraft bedürfen; denn die Schnur ohne Ende wird ebenfalls ihrer Natur gemäß die Uhr während des Aufziehens im Gange halten. Indessen hat dieses Mittel andere Unvollkommenheiten, und, damit eine astronomische Uhr vollkommen sein könne, ist es nothwendig, daß das Gewicht so wirke, wie es in der Folge angegeben werden wird, und daß eine Hülfskraft den Gang während des Aufziehens unterhalte.

Mit Rücksicht auf das oben (101) Bemerkte, daß der Gebrauch einer Schnecke keinesweges durchaus nothwendig sei, um den Gang einer Seeuhr regelmäßig zu machen, sei es mir noch erlaubt, um diese Behauptung zu rechtfertigen, einen Bor=Chronometer zu nennen, der vor ungefähr 10 Jahren in dem von mir, nach meinem sel. Vater fortgesetzten Etablissement ausgeführt wurde und ohne Schnecke geht; auf Reisen, sowohl nach Island, als nach Westindien u. s. w., geprüft worden ist, und immer einen sehr guten und zuverlässigen Gang gezeigt hat. Er gehört der königlichen dänischen Marine, und ist, wenn er nicht auf Reisen war, auf dem königl. Seekarten=Archiv, wo die Chronometer der königl. dänischen Marine aufbewahrt werden, täglich mit einer astronomischen Pendeluhr verglichen worden.

Fast in einem noch höheren Grade regelmäßig ist indessen der Gang eines Bor=Chronometers, welcher gleichfalls

keine Schnecke hat, von einer ganz neuen Construction ist, und welchen ich im Anfange vorigen Jahres, der königl. dän. Marine zu überliefern die Ehre hatte. Um ohne Hülfe der Schnecke eine gleichmäßige, und möglichst beständige Kraft hervorzubringen, sind in demselben zwei ungewöhnlich lange und sehr elastische Triebfedern, von 11 Fuß Länge, in Einem einzigen Federhause angebracht. Die Hemmung dieser Uhr, ist meines Vaters „freie Doppelrad=Zirkelhemmung,“ die man im ersten Anhange dieses Werkes beschrieben findet.

Der Hauptvorteil bei der Construction der Chronometer ohne Schnecke und Kette, besteht hauptsächlich darin, daß man auf diese Weise, wie oben bemerkt, den Unfällen entgeht, die bei dem zusammengesetzten Mechanismus der Schnecke und der Hülfskraft statt finden könnten, so wie man auch nicht wie sonst, das Zerspringen der Kette zu fürchten braucht. Zugleich wird die Triebfeder wegen der ungewöhnlichen Länge und großen Elasticität, weniger dem Zerspringen ausgesetzt sein, als die steifen und dabei kurzen Federn, die gewöhnlich in Chronometer mit Schnecke gebraucht werden. Da man in dieser Seeuhr ferner zwei solcher ungewöhnlich langen und elastischen Triebfedern in Einem einzigen Federhause angewendet hat, so würde der Chronometer, selbst wenn es als möglich gedacht werden könnte, daß eine solche Feder zerspränge, doch zu gehen fortfahren, vermittelt der Triebkraft der andern Feder.

Diese Garantie, daß weder Kette noch Feder in einem, zu Längen=Beobachtungen auf der See bestimmten Instrumente zerspringen können, wodurch es, bei einem solchen Unfalle durchaus unbrauchbar werden würde, scheint nicht ohne Wichtigkeit zu sein.

Eine dem Gegenstande dieses Kapitels „der Triebkraft“ fremde Sache, die ich jedoch bei Erwähnung dieser Seeuhr

nicht unberührt lassen kann, ist die bedeutende Verminderung des Reibungswiderstandes bei der Doppelrad-Zirkelhemmung meines Vaters; Erfahrung hat mich überzeugt, daß die Ausdehnung der Schwingungsbogen der Unruhe in einem Chronometer mit der Hemmung meines sel. Vaters bei gleicher Triebkraft bedeutend größer ist, als in einem mit Earnshaw's Hemmung, und es kann wohl kaum einen besseren Beweis für einen verminder-ten Reibungswiderstand geben, als eine größere Freiheit und eine größere Ausdehnung der Schwingungsbogen der Unruhe.

Was die vorhin erwähnte Regelmäßigkeit und Genauigkeit im Gange des genannten Chronometers betrifft, muß ich be-merken, daß er auf dem königl. Seekarten-Archiv, täglich mit einer sehr guten astronomischen Pendeluhr, oder einem sogenan-ten „Regulator“ verglichen, und das er später auf einem der königl. Schiffe geprüft worden ist, auf zweien Seereisen, wovon die erste nach Liverpool und Island ging, und wo es also Ge-legenheit gab, den Chronometer bei sehr verschiedenen Tempera-turen zu beobachten; der Gang zeigte sich bei diesen verschiede-nen Beobachtungen so durchaus befriedigend, daß diese Seeuhr der königl. Fregatte „Bellona“ — als diese im August vorigen Jahres ihre Reise um die Welt antrat — vom königl. See-karten-Archiv als Haupt-Chronometer mitgegeben wurde, mit dem Prädikate: „sehr zuverlässig.“

Die auf dem Archive über den Chronometer angestellten Vergleichungen sind folgende:

Täglicher Gang des Vor-Chronometers (ohne Schnecke)
von Louis Urban Jürgensen Nr. XXII.

Die Vergleichenungen sind mit einer astronomischen Pendeluhr von Kessels, welche Mittelzeit geht, gemacht. Acceleration ist mit —, Retardation mit + bezeichnet. Der Gang ist jedesmal aus dem nächst vorhergehenden Stande abgeleitet.

1840.	Die Pendeluhr.	Der Chronometer.	Stand des Chronometers in Vergleich mit der Pendeluhr.	Täglicher Gang in Vergleich mit der Pendeluhr.	Temperatur nach Weanmur.
April 15	23h, 21' 50" 0	23h, 27' 50" 0	—6' 0" 0		12°, 0
16	23 23 4 0	23 29 5 0	—6 1 0	—1", 0	11, 0
17	22 43 20 0	22 49 22 0	—6 2 0	—1, 0	11, 0
18	23 2 5 0	23 8 8 0	—6 3 0	—1, 0	12, 0
19	22 56 25 0	23 2 28 5	—6 3 5	—0, 5	12, 0
20	22 54 20 0	23 0 24 5	—6 4 5	—1, 0	12, 0
21	23 6 45 0	23 12 50 0	—6 5 0	—0, 5	11, 0
22	22 59 10 0	23 5 16 0	—6 6 0	—1, 0	11, 5
23	23 6 40 0	23 12 47 0	—6 7 0	—1, 0	12, 0
24	22 52 30 0	22 58 38 5	—6 8 5	—1, 5	12, 0
25	22 53 20 0	22 59 29 5	—6 9 5	—1, 0	12, 0
26	22 51 45 0	22 57 55 5	—6 10 5	—1, 0	14, 0
27	22 50 59 0	22 57 10 0	—6 11 0	—0, 5	14, 5
28	23 1 10 0	23 7 21 5	—6 11 5	—0, 5	14, 5
29	22 45 20 0	22 51 32 0	—6 12 0	—0, 5	14, 0
30	21 1 40 0	21 7 52 5	—6 12 5	—0, 5	14, 0
Mai 1	22 7 40 0	22 13 53 0	—6 13 0	—0, 5	13, 5

Zwischen Mai 1 und August 8, machte der Chronometer mit der königlichen Corvette „Flora“ die Reise nach Island, Petersburg und zurück nach Kopenhagen.

Anmerkung. Der Minutenzeiger der Pendeluhr war unterdessen gestellt worden.

Bei den mit dem Chronometer an Bord angestellten Vergleichungen, und aus dem Stande gegen mittlere Zeit, sowohl vor als nach der Reise, zeigte es sich, daß der Gang sich sowohl auf der Reise als auf dem festen Lande beinahe völlig gleich geblieben war.

1840.	Die Pendelubr.	Der Chronometer.	Stand des Chronometers in Vergleich mit der Pendelubr.	Täglicher Gang in Vergleich mit der Pendelubr.	Temperatur nach Reaumur.
August 8	0h, 11', 10", 0	0h, 11', 45", 0	— 35" 0		16°, 5
9	23 2 25 0	23 2 59 5	— 34 5	+0", 5	17, 0
10	23 5 55 0	23 6 29 0	— 34 0	+0, 5	17, 5
11	22 59 40 0	23 0 13 5	— 33 5	+0, 5	17, 5
12	23 11 15 0	23 11 48 5	— 33 5	0, 0	17, 5
13	23 12 45 0	23 13 18 0	— 33 0	+0, 5	16, 5
14	23 9 5 0	23 9 38 5	— 33 5	—0, 5	16, 5
15	23 12 15 0	23 12 48 5	— 33 5	0, 0	16, 0
16	23 11 15 0	23 11 49 0	— 34 0	—0, 5	15, 5
17	23 13 5 0	23 13 40 0	— 35 0	—1, 0	15, 5
18	23 13 20 0	23 13 55 5	— 35 5	—0, 5	15, 5
19	23 13 55 0	23 14 31 5	— 36 5	—1, 0	15, 0
20	23 2 20 0	23 2 57 5	— 37 5	—1, 0	15, 5
21	23 9 30 0	23 10 8 5	— 38 5	—1, 0	15, 5
22	23 36 30 0	23 37 9 5	— 39 5	—1, 0	17, 0
23	22 33 30 0	22 34 10 5	— 40 5	—1, 0	17, 0
24	23 14 5 0	23 14 46 5	— 41 5	—1, 0	17, 4
25	23 11 10 0	23 11 52 5	— 42 5	—1, 0	17, 0

Den 26^{ten} August wurde die Seeuhr der Fregatte „Belona,“ auf einer Reise um die Welt, als Haupt-Chronometer mitgegeben.

Fünftes Kapitel.

Vom Räderwerke und der Berechnung der Räder und Getriebe.

(Tab. IV.)

109. Das Räderwerk theilt durch eine Reihe von Rädern und Getrieben die Wirkung der bewegenden Kraft dem Regulator mit. Die Geschwindigkeit der Räder wird allmählig vermehrt, so wie sie weiter von der bewegenden Kraft entfernt sind, und sie verlieren an Kraft, im Verhältniß zu ihrer Geschwindigkeit. Die Kraft des letzten Rades oder Hemmungsrades muß hinreichend sein, um den Verlust der Bewegung zu ersetzen, den der Regulator durch den Luftwiderstand und durch die Reibung erleidet. Die Kraft des ersten Rades muß im Verhältniß zu der Anzahl der Umläufe des letzten Rades stehen, und nach der größeren oder geringeren Geschwindigkeit dieses Rades vermehrt oder vermindert werden. Setzt man die Kraft des letzten Rades gleich 1, und nimmt an, daß die Anzahl der Umläufe desselben, während das erste Rad Einen Umlauf macht, 4800 sei, so muß auch die bewegende Kraft 4800 Mal größer sein, als die Kraft dieses letzten Rades. Dieses gründet sich

geradezu auf die einfachen mechanischen Grundsätze von Last und Kraft, die in umgekehrtem Verhältniß der Bewegungen stehen; doch ist hierbei noch keine Rücksicht auf die Reibung genommen.

110. Die Geschwindigkeit wird durch die Verbindung zweier Räder von verschiedenen Durchmessern vermehrt, indem das Rad, welches den größten Durchmesser hat, das Rad mit dem kleinern Durchmesser herumführt. Dieses kleinere Rad wird Getriebe genannt. Das Getriebe macht eine um so viel Mal größere Anzahl Umläufe, in Beziehung auf das Rad, als der Durchmesser desselben kleiner ist, als der des Rades. Man sieht, daß es leicht ist, die Geschwindigkeit des letzten Rades willkürlich zu vermehren, durch eine solche Verbindung mehrerer Räder und Getriebe, daß das erste Rad ein Getriebe führt, mit welchem auf derselben Achse oder concentrisch ein anderes Rad verbunden ist, das noch ein anderes Getriebe führt, mit einem dritten Rade verbunden, welches wiederum ein Getriebe führt, mit einem viertem Rade verbunden u. s. w. Diese Verbindung der Räder und Getriebe wird das Räderwerk genannt; und durch Anwendung desselben, kann die bewegende Kraft in einer hinlänglich langen und gegebenen Zeit auf den Regulator wirken, ehe es nothwendig ist, jene zu erneuern, oder wie man sich gewöhnlich ausdrückt, die Uhr aufzuziehen. Das Räderwerk führt ferner die Zeiger, welche die Zeit angeben.

111. Tab. IV., Fig. 1, zeigt eine Sammlung von Rädern und Getrieben. *A, B, C, D* sind die Räder; *p, q, r* die von den Rädern geführten Getriebe. In Maschinen wirken diese gewöhnlich durch das Eingreifen von Zähnen,

welche in ihren Umkreis eingeschnitten sind, auf einander. Die Anzahl der Zähne muß im Verhältniß zu den Durchmessern stehen. Die Geschwindigkeit des Rades D wird sich zu der Geschwindigkeit des Rades A verhalten, wie das Produkt der Durchmesser (oder Radien) der Räder, zu dem Produkte der Durchmesser (oder Radien) der Getriebe; drücken wir D 's Geschwindigkeit durch V , und A 's durch v aus, so haben wir folgende Proportion:

$$ab \times pc \times qg : pd \times qf \times rh = V : v.$$

112. Die Anzahl der Zähne der in einander greifenden Räder, muß im Verhältniß zu den Durchmessern stehen.

Beispiel. Laßt uns annehmen, daß der Durchmesser des Rades 30 Linien, und daß der des Getriebes, oder des kleinern Rades 3 Linien, und daß die Anzahl der Zähne des Rades 120 sei, wie viele Zähne soll dann das Getriebe haben? Man sagt: 30 Lin. (Der Durchmesser des Rades): 3 Lin. (Dem Durchmesser des Getriebes) = 120 : x .

$$x = \frac{120 \times 3}{30} = 12.$$

Man findet auf diese Weise 12 Zähne für das Getriebe.

Da die Anzahl der Zähne beständig im Verhältniß zu den Durchmessern steht, so sieht man, daß man die Größe derselben durch die Anzahl der Zähne selbst ausdrücken, und folglich diese Zahlen in der Berechnung über die Umläufe der Räder gebrauchen kann. Wenn die Anzahl der Zähne eines Rades gegeben ist, so wie auch der Durchmesser desselben und die Anzahl der Zähne des Getriebes, so kann man daraus durch Berechnung den Durchmesser des letzteren finden. Doch in der Praxis findet man mit Leichtigkeit die Größe der Getriebe oder ihre

Durchmesser nach den Regeln, welche man im nächsten Kapitel finden wird.

113. Zur Berechnung der Umläufe der Räder werden hier einige Aufgaben hinzugefügt.

Erste Aufgabe. Die Anzahl der Umläufe des letzten Rades in einem Räderwerke zu finden, welches aus 5 Rädern und 4 Getrieben besteht, von denen das erste Rad 100, das zweite 80, das dritte 60 und das vierte 50 Zähne hat. (Das fünfte kommt gar nicht in Betrachtung, da es nicht eingreift.) Das erste Getriebe hat 20, das zweite 16, das dritte 10, das vierte 8 Zähne.

Erste Weise. Aus Nr. 111 wissen wir, daß das Produkt der Durchmesser der Räder, sich zum Produkte der Durchmesser der Getriebe verhält, wie die Geschwindigkeit des letzten Rades, zu der Geschwindigkeit des ersten Rades, welche Geschwindigkeit wir mit 1 bezeichnen wollen; folglich ist die Geschwindigkeit des Rades

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{dem Produkte der Anzahl der Radzähne} \times 1}{\text{dem Produkte der Anzahl der Getriebzähne.}} \\ &= \frac{100 \times 80 \times 60 \times 50 \times 1}{20 \times 16 \times 10 \times 8} \\ &= \frac{24\,000\,000 \times 1}{25\,600} = 937\frac{1}{2} \end{aligned}$$

Die Geschwindigkeit des letzten Rades, oder was dasselbe ist, die Anzahl der Umläufe desselben, während eines Umlaufes des ersten Rades, ist also $937\frac{1}{2}$.

Zweite Weise. Durch Division der Anzahl der Zähne eines jeden Rades in die Anzahl der Zähne des ins Rad eingreifenden Getriebes, und durch Multiplication aller dieser Quo-

tienten mit einander, und nachher mit v oder der Geschwindigkeit des ersten Rades, welche wir durch 1 ausgedrückt haben, kommt man zu demselben Resultate; denn

$$\begin{aligned} V &= \frac{100}{20} \times \frac{80}{16} \times \frac{60}{10} \times \frac{50}{8} \times 1 \\ &= 5 \times 5 \times 6 \times 6\frac{1}{4} \times 1 = 937\frac{1}{2}. \end{aligned}$$

114. Zweite Aufgabe. Die Anzahl der Umläufe des letzten Rades in einem Räderwerke zu finden, wo die Getriebe die Räder führen.

Erste Weise. Wenn die Getriebe die Räder führen, verhält sich die Geschwindigkeit des letzten Rades zu der Geschwindigkeit des ersten Getriebes, wie das Produkt der Durchmesser der Getriebe zu dem Produkte der Durchmesser der Räder, oder: wie das Produkt der Getriebzähne zu dem Produkte der Radzähne. Bezeichnet man also die Geschwindigkeit des letzten Rades mit v und die des ersten Getriebes mit V , so wird man haben $v : V =$ das Produkt der Getriebzähne: dem Produkte der Radzähne, woraus gefunden wird

$$v = \frac{\text{dem Produkte der Getriebzähne}}{\text{dem Produkte der Radzähne}} \times V$$

(Siehe Tab. IV, Fig. 1.) Nimmt man nun an, daß das Rad A 60, B 48, und C 42 Zähne habe, (D kommt nicht in die Rechnung, da es keinen Eingriff bildet); ferner, daß das Getriebe p 12, q 8, r 7 Zähne habe, und daß die Anzahl der Umläufe r 's in einer gegebenen Zeit 2700 sei, so wird die Anzahl der Umläufe A 's in derselben Zeit sein

$$\frac{12 \times 8 \times 7}{60 \times 48 \times 42} \times 2700 = 15.$$

Die Geschwindigkeit r 's verhält sich also zu der Geschwindigkeit A 's, wie 2700 : 15. Das heißt: r 's Geschwindigkeit

ist $\frac{2700}{15}$ oder 180 Mal größer als A 's.

Zweite Weise. Um sowohl des Multiplicirens der Anzahl der Radzähne mit einander, als des der Getriebzähne überhoben zu sein, braucht man nur die Anzahl der Zähne eines jeden Getriebes mit der Anzahl der Zähne des durch das Getriebe geführten, Rades zu dividiren, diese Quotienten mit einander zu multipliciren, darauf das Produkt mit der Zahl zu multipliciren, welche die Umläufe des ersten Getriebes ausdrückt, und man wird zu demselben Resultate gelangen;

$$v = \frac{7}{42} \times \frac{8}{48} \times \frac{12}{60} \times 2700.$$

$$= \frac{1}{6} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times 2700 = \frac{1}{180} \times 2700 = 15.$$

Die Geschwindigkeit von r oder v ist also 180 Mal größer als die von A .

Die beiden folgenden Aufgaben betreffen besonders die Berechnung der Räder und Getriebe in Uhren.

115. Dritte Aufgabe. Die Anzahl der Zähne des letzten Rades (Hemmungsrades) zu finden, das mit die Unruhe 16 800 Schwingungen in der Stunde machen kann, (oder während das Minutenrad Einen Umlauf macht) wenn die Anzahl der Zähne der andern Räder und Getriebe gegeben ist.

Anmerkung. Die Unruhe macht zwei Schwingungen für jeden Zahn des Hemmungsrades, also, wenn das Rad z. B. 20 Zähne hätte, würde die Unruhe während Eines Umlaufes des Rades 40 Schwingungen machen.

Auslösung. Man berechnet zuerst die Anzahl der Umläufe des Hemmungsrades, während das Minutenrad Einen Umlauf macht. Darauf dividirt man die Hälfte der Anzahl

der Unruh-Schwingungen mit der gefundenen Anzahl Umläufe des Hemmungsrades, und wird auf diese Weise die Anzahl der Zähne finden, welche letzteres haben muß. (Siehe Fig. 2 Tab. IV.) Laßt uns annehmen, daß die Anzahl der Zähne der Räder und Getriebe folgende sei:

B Das Minutenrad (Großes Bodenrad) habe 80 Zähne

C Erstes Mittelrad (Kleines Bodenrad) habe 60 "

D Zweites Mittelrad (Kronrad) habe . . . 56 "

a Das Minutenrad-Getriebe kommt, wie man leicht einsieht, nicht mit in Rechnung.

b Das Getriebe des ersten Mittelrades habe . 8 "

c Das Getriebe des zweiten Mittelrades habe 8 "

d Das Hemmungsrad-Getriebe habe . . . 7 "

Man findet denn nach Nr. 111 und 113, daß die Anzahl der Umläufe des Hemmungsrades *E* 600 sei; die Hälfte der Unruh-Schwingungen ist $\frac{16\ 800}{2} = 8\ 400$, dividirt mit 600 giebt

diese Zahl: $\frac{8400}{600} = 14$, welches die verlangte Anzahl der Zähne

des Hemmungsrades ist.

116. Vierte Aufgabe. Es wird gefragt, wie viele Stunden eine Uhr gehen kann ohne aufgezo- gen zu werden, wenn die Anzahl der Zähne im Federhausrade oder im Schneckenrade sammt den Umgängen der Schnecke und die Anzahl der Zähne im Minutenrad-Getriebe gegeben sind.

Tab. IV, Fig. 2. *A* ist das Federhausrad, welches in das Minutenrad-Getriebe *a* eingreift, das Einen Umlauf in der Stunde macht. Laßt uns nun annehmen, daß das Federhausrad 96 Zähne, das Minutenrad-Getriebe 8 Zähne habe, und daß die Feder

drei Umgänge machen könne, bevor ihre Wirkung von der Stellung aufgehoben wird, so wird das Federhaus Einen Umlauf in 12 Stunden machen; denn die Anzahl der Zähne desselben 96, dividirt mit der Anzahl der Getriebzähne oder 8 giebt: $\frac{96}{8} = 12$. Diese 12 Stunden, multiplicirt mit drei Umgängen, die das Federhaus machen kann, giebt 12×3 oder 36 Stunden, welche die Uhr zwischen jedem Aufzuge gehen kann.

Man kann ferner die Anzahl der Zähne bestimmen, welche das Federhaus haben muß, wenn die Umläufe desselben, und die Anzahl der Zähne im Minutenrad-Getriebe gegeben sind, sammt der Zeit in welcher die Uhr zwischen jedem Aufzuge gehen soll. Werden demnach die Umläufe des Federhauses, wie vorhin, zu 3 ange setzt und nimmt man ferner an, daß die Uhr 30 Stunden gehen soll, so wird das Federhaus Einen Umlauf in 10 Stunden machen, und muß folglich 10 Mal so viele Zähne haben, als das Minutenrad-Getriebe; geben wir diesem also 8 Zähne, so wird die Anzahl der Zähne des Federhauses $10 \times 8 = 80$. Die Berechnung wäre natürlich dieselbe, wenn die Uhr eine Schnecke hätte, und die Anzahl ihrer Umgänge bestimmt wäre.

Damit eine Uhr 8 Tage gehen könne, ohne aufgezogen zu werden, braucht man gewöhnlich noch ein Rad und ein Getriebe, welche zwischen dem Federhause und dem Minutenrad-Getriebe liegen. Laßt uns nun annehmen, daß das Federhausrad 96, das erste oder zwischenliegende Getriebe 12, das zwischenliegende Rad 80 und das Minutenrad-Getriebe 10 Zähne habe: so wird man einsehen, daß das zwischenliegende Rad nur Einen Umlauf in 8 Stunden macht, und daß folglich das Federhausrad nur

Einen Umlauf in $\frac{96}{12} \times 8$ oder 64 Stunden machen kann, so daß die Uhr mit $3\frac{1}{2}$ Umläufen des Federhauses über 8 Tage gehen wird. Man kann auf dieselbe Weise, indem man mehrere zwischenliegenden Räder anbringt, die Uhr so einrichten, daß sie einen Monat oder ein Jahr gehen kann, ohne aufgezogen zu werden. *)

117. Wir haben jetzt gesehen, wie man die Berechnung über die Umläufe der Räder und Getriebe macht, wenn die Anzahl der Zähne gegeben ist; wir werden nun die Weise kennen lernen, welche angewandt wird, um die passende Anzahl Zähne zu finden, welche man den Rädern und Getrieben geben muß, wenn sie eine gewisse Anzahl Umläufe bewirken sollen. Diese Berechnung wird auf folgende Weise ausgeführt.

In einem Räderwerke kann man eine größere oder geringere Anzahl Räder und Getriebe anwenden, je nachdem man die Räder kleiner oder größer machen will; laßt uns hier aber annehmen, daß die Anzahl der Räder und Getriebe gegeben sei: so fängt man damit an, die Anzahl der Zähne zu bestimmen, welche die Getriebe haben müssen, und diese Anzahl multiplicirt man mit einander; worauf das Produkt noch mit der verlangten Anzahl Umläufe multiplicirt werden muß. Darauf dividirt man nun dieses letzte Produkt successive mit den Primzahlen**), nach

*) Dieses Mittel darf man allein bei Pendeluhren gebrauchen, und selbst diese läßt man nicht gern über 8 Tage gehen. Bei deren Berechnung treten dann die Umläufe des Walzenrades an die Stelle der des Federhauses oder der Schnecke in den Uhren, wo die bewegende Kraft von der Schnellkraft einer Feder herrührt.

**) Unter Primzahlen versteht man solche Zahlen, worin nur 1 und die Zahl selbst aufgehen, oder solche, die sich nicht ohne Rest mit einer andern ganzen Zahl theilen lassen s. B. 7, 11 etc.

der Reihe, bis man als letzten Quotienten 1 erhält, und zwar auf folgende Weise: Zuerst dividirt man das ganze Produkt mit 2, wenn diese darin aufgeht, und fährt auf diese Weise fort, die Quotienten zu dividiren, so lange die Division mit 2 aufgeht, ohne einen Rest zu hinterlassen. Wenn 2 nicht länger aufgeht, fängt man mit 3 an (falls diese Zahl in den Quotienten aufgeht) und fährt damit fort, so lange die Quotienten sich ohne Rest mit dieser Zahl theilen lassen. Wenn man nicht länger mit 3 theilen kann, versucht man die folgende Primzahl oder 5, und auf diese Weise fort, bis der Quotient zuletzt 1 wird. Darauf macht man aus den gefundenen Primzahlen oder Faktoren so viele Loose oder Partialprodukte, als Räder im Räderwerke sind, und diese Theile geben dann die Anzahl der Zähne in den verschiedenen Rädern an.

118. Folgende Beispiele werden dieses Verfahren erläutern:

Erstes Beispiel. Simfte Aufgabe. Die Anzahl der Rad- und Getriebzähne in einem Räderwerke von 3 Rädern und 3 Getrieben zu finden, so daß das letzte Getriebe 200 Umläufe während eines Umlaufes des ersten Rades macht.

Nach der vorhin gegebenen Regel muß man zuerst die Anzahl der Getriebzähne bestimmen. Laßt uns folgende Zahlen wählen:

Dem ersten Getriebe werden 12, dem zweiten 10, dem dritten 8 Zähne gegeben. Wenn man nun diese Zahlen mit einander, und darauf mit den gegebenen Umläufen multiplicirt, wird man erhalten:

$$12 \times 10 \times 8 \times 200 = 192000.$$

Nun sucht man zuerst die einzelnen Faktoren oder Prim-

zahlen, welche in dieses Produkt aufgehen können, und zwar auf folgende Weise:

$$\begin{aligned}
 192000 &: 2 = 96000 \\
 &: 2 = 48000 \\
 &: 2 = 24000 \\
 &: 2 = 12000 \\
 &: 2 = 6000 \\
 &: 2 = 3000 \\
 &: 2 = 1500 \\
 &: 2 = 750 \\
 &: 2 = 375 \\
 &: 3 = 125 \\
 &: 5 = 25 \\
 &: 5 = 5 \\
 &: 5 = 1.
 \end{aligned}$$

Nun macht man passende Loose (Partialprodukte oder zusammengesetzte Faktoren), aus diesen Primzahlen (einzelnen Faktoren), welche auf folgende Weise vertheilt werden können:

$$\begin{aligned}
 5 \times 5 \times 3 \times 2 &= 150 \\
 5 \times 2 \times 2 \times 2 &= 40 \\
 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 &= 32.
 \end{aligned}$$

Die Zahlen 150, 40, 32 lassen sich bei den Rädern anwenden, wodurch das letzte Getriebe 200 Umläufe machen wird, wovon man sich durch Befolgung der in Nr. 113 dargestellten Methode überzeugen kann; denn

$$\begin{aligned}
 150 : 12 &= 12\frac{1}{2} \\
 40 : 10 &= 4 \\
 32 : 8 &= 4 \\
 \text{und } 12\frac{1}{2} \times 4 \times 4 &= 200.
 \end{aligned}$$

Anmerkung. Wären diese Zahlen nicht passend für die Räder, indem die Zähne mit Rücksicht auf die Größe, welche man den Rädern geben muß, entweder zu grob oder zu fein würden, so könnte man diese Primzahlen auch auf andere Weise vertheilen, wie z. B.

$$5 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 80$$

$$5 \times 3 \times 2 \times 2 = 60$$

$$5 \times 2 \times 2 \times 2 = 40.$$

Diese Zahlen 80, 60, 40 werden auf ähnliche Weise zu den gegebenen Umläufen passen, wie folgende Probe zeigt.

$$80 : 12 = 6\frac{2}{3}$$

$$60 : 10 = 6$$

$$40 : 8 = 5$$

$$6\frac{2}{3} \times 6 \times 5 = 200.$$

119. Zweites Beispiel. Sechste Aufgabe. Die Anzahl der Zähne in einem Räderwerke zu finden, das aus 5 Rädern besteht und in welchem das letzte Getriebe 4400 Umläufe machen soll.

Laßt uns die Anzahl der Getriebzähne zu 10, 8, 8, 6, 6 setzen. Das Produkt dieser Zahlen

$$\text{ist: } 10 \times 8 \times 8 \times 6 \times 6 = 23\,040.$$

Durch Multiplication dieser Zahl mit den^e gegebenen Umläufen hat man:

$$23\,040 \times 4\,400 = 101\,376\,000.$$

Sucht man nun die Primzahlen oder die einzelnen Faktoren dieser Zahl, so haben wir:

101 376 000	:	2	=	50 688 000
	:	2	=	25 344 000
	:	2	=	12 672 000
	:	2	=	6 336 000
	:	2	=	3 168 000
	:	2	=	1 584 000
	:	2	=	792 000
	:	2	=	396 000
	:	2	=	198 000
	:	2	=	99 000
	:	2	=	49 500
	:	2	=	24 750
	:	2	=	12 375
	:	3	=	4 125
	:	3	=	1 375
	:	5	=	275
	:	5	=	55
	:	5	=	11
	:	11	=	1.

Aus diesen Primzahlen kann man folgende 5 Loose bilden:

$$5 \times 5 \times 2 = 50$$

$$5 \times 3 \times 3 = 45$$

$$11 \times 2 \times 2 = 44$$

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$$

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32.$$

Diese Zahlen 50, 45, 44, 32 und 32 geben die verlangten Umläufe; denn nach Nr. 113 ist:

$$50 : 10 = 5$$

$$45 : 8 = 5\frac{5}{8}$$

$$44 : 8 = 5\frac{1}{2}$$

$$32 : 6 = 5\frac{1}{3}$$

$$32 : 6 = 5\frac{1}{3}.$$

Multipliziert man diese Quotienten, so findet man die Umläufe:

$$5 \times 5\frac{5}{8} \times 5\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{3} \times 5\frac{1}{3} = 4\,400.$$

Man könnte ferner auch diese Primzahlen auf folgende Weise vertheilen:

$$11 \times 3 \times 2 = 66$$

$$5 \times 5 \times 2 = 50$$

$$5 \times 2 \times 2 \times 2 = 40$$

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$$

$$3 \times 2 \times 2 \times 2 = 24.$$

Durch diese Zahlen werden ebenfalls die verlangten Umläufe hervorgebracht; denn:

$$66 : 10 = 6\frac{3}{5}$$

$$50 : 8 = 6\frac{1}{4}$$

$$40 : 8 = 5$$

$$32 : 6 = 5\frac{1}{3}$$

$$24 : 6 = 4.$$

$$6\frac{3}{5} \times 6\frac{1}{4} \times 5 \times 5\frac{1}{3} \times 4 = 4\,400.$$

Diese Methode dient also dazu im Allgemeinen die Anzahl der Zähne in jedem Räderwerke zu finden. Folgende Beispiele sind dagegen besonders bei Uhren gebräuchlich.

120. Drittes Beispiel. Siebente Aufgabe. Die Anzahl der Zähne in einem Räderwerke zu finden, wenn die Uhr 16 800 Schwingungen in der Stunde oder in der Zeit machen soll, worin das Mi-

nutenrad Einen Umlauf macht, und wenn die Anzahl der Zähne im Hemmungsrade 14 ist.

Bei Einem Umlaufe des Hemmungsrades wird die Unruhe 28 Schwingungen machen, also wird das Hemmungsrade $\frac{16800}{28}$
 = 600 Mal herumlaufen, während die Unruhe 16 800 Schwingungen macht. Nun kommt es bloß darauf an, die Anzahl der Zähne in einem Räderwerke zu finden, das aus 3 Rädern zusammengesetzt ist, und dessen letztes Getriebe, welches das vierte Rad oder das Hemmungsrade trägt, 600 Umläufe macht, während das erste Rad ein Mal herumläuft.

Indem man nun 3 Getriebe mit 8 Zähnen anwendet, findet man, den vorher gegebenen Regeln gemäß,

$$600 \times 8 \times 8 \times 8 = 307\,200$$

für welche Zahl die Primzahlen oder die einzelnen Faktoren: 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 5, 5, gefunden werden. Diese können in folgende Loose oder Partialprodukte zerlegt werden: $5 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 80$; $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 64$; $5 \times 3 \times 2 \times 2 = 60$, Zahlen, die sehr gut zu den Rädern einer Uhr gebraucht werden können.

121. Achte Aufgabe. Die Anzahl der Zähne in einem Räderwerke zu finden, wo das Secundenrad Einen Umlauf in der Minute, oder die Unruhe 18 000 Schwingungen in der Stunde (d. h., während Eines Umlaufs des Minutenrades) machen soll.

Da das Secundenrad Einen Umlauf in der Minute macht, wird die Geschwindigkeit desselben natürlicher Weise 60 Mal größer sein als die des Minutenrades; denn dieses macht nur

Einen Umlauf in 60 Minuten; folglich wird die Uhrzeit $\frac{18000}{60}$ oder 300 Schwingungen in der Minute machen. Wenn das Hemmungsrad 15 Zähne hat, wird es Einen Umlauf für 30 Schwingungen, oder 600 Umläufe in der Stunde, während Eines Umlaufs des Minutenrades, vollenden. Das Hemmungsrad, welches 600 Umläufe in der Stunde macht, wird also $\frac{600}{60}$ Mal in der Minute, oder in der Zeit umlaufen, in welcher das Secundenrad Einen Umlauf macht. Man muß daher zuerst die Anzahl der Zähne im Secundenrade berechnen, damit die Uhrzeit, während Eines Umlaufs desselben, 300 Schwingungen machen, oder damit das Hemmungsrad $\frac{600}{60}$ oder 10 Mal in Einer Minute umlaufen kann; zweitens muß man die Anzahl der Zähne im Minutenrade und im Mittelrade ausfindig machen, damit das Getriebe des Secundenrades 60 Umläufe machen kann, während das Minutenrad Einen macht.

Da das Hemmungsrad 10 Umläufe macht, während das Secundenrad Ein Mal herumläuft, so ist es klar, daß dieses 10 Mal so viele Zähne haben muß, als das Getriebe des Hemmungsrades; braucht man also ein Getriebe mit 8 Zähnen, so muß die Anzahl der Zähne im Secundenrade 8×10 oder 80 sein.

Um die Anzahl der Zähne in den beiden andern Rädern zu finden, bestimmt man zuerst die Anzahl der Zähne in den Getrieben. Diese wollen wir zu 12 und 10 setzen, und man wird dann für das Minutenrad 90 und für das Secundenrad 80 Zähne finden. Hätten die Getriebe 8 Zähne gehabt, so

würde man 64 und 60 für die Anzahl der Zähne in den Rädern gefunden haben. Hier folgt die Probe:

$$90 : 12 = 7\frac{1}{2}$$

$$80 : 10 = 8$$

$$\text{und } 7\frac{1}{2} \times 8 = 60$$

$$64 : 8 = 8$$

$$60 : 8 = 7\frac{1}{2}$$

$$\text{und } 8 \times 7\frac{1}{2} = 60.$$

Anmerkung. Die Berechnung der Räderwerke, wodurch man den Gang der Planeten nachahmt, ist weit verwickelter; da diese Einrichtungen aber, wenn sie mit Uhren in Verbindung gesetzt werden, nicht mit dem Zwecke dieser Schrift, der genauen Ausmessung der Zeit, in Verbindung stehen, kann hier nicht davon die Rede sein. Denjenigen, welche sich hiermit näher bekannt zu machen wünschen, wird des berühmten Antide Janvier's „*Des Révolutions des corps célestes par le mécanisme des rouages,*“ Paris 1812 die beste Anleitung geben.

Sechstes Kapitel.

Von den Eingriffen; von der Figur der Zähne und dem Reibungswiderstande der Zapfen des Räderwerkes.

(Tab. IV und V.)

Erster Abschnitt.

Von den Eingriffen und der Größe der Getriebe.

122. Die Eingriffe der Räder und Getriebe in einer Uhr erfordern die größte Genauigkeit; wenn die Eingriffe schlecht ausgeführt sind, wird die bewegende Kraft nicht gleichmäßig auf den Regulator wirken, und die Uhr wird unregelmäßig gehen; außerdem werden die verschiedenen Theile der Uhr schneller abgenutzt werden, weil eine Uhr, deren Räder und Getriebe keine guten Eingriffe bilden, eine allzu bedeutende bewegende Kraft erfordert, um den schädlichen Einfluß der Reibung zu überwinden, und den Verlust der Kraft, welcher durch die Fehler in den Eingriffen verursacht wird, zu ersetzen.

123. Die Eingriffe können fehlerhaft sein, entweder weil die Durchmesser der Getriebe nicht in dem richtigen Verhältnisse zu den Durchmessern der Räder stehen, oder weil die Räder zu wenig oder zu tief in die Getriebe eingreifen, oder end-

lich, weil die Figur der Nads und Getriebzähne nicht so ist, wie sie sein sollte.

1°. Ständen die Durchmesser der Getriebe nicht im rechten Verhältniß zu den Durchmessern der Räder, so würden die Zähne der Räder und Getriebe entweder mit ihren Enden gegen einander stämmen, oder es würde einen Stoß in dem Eingriffe geben, und in beiden Fällen würde Kraft verloren gehen und das Eingreifen ungleichförmig werden.

2°. Griffen die Getriebe zu tief oder zu wenig in die Räder ein, würde entweder ein Fallen statt finden, oder die Zähne würden auf eine schädliche Weise gegen einander reiben; es würde hierdurch ferner Kraft verloren gehen, und Ungleichförmigkeit beim Eingreifen verursacht werden.

3°. Wäre die Figur der Nads und Getriebzähne nicht richtig, so würde eine ungleichförmige Führung der Getriebe die Folge sein, so wie auch der Regulator, wie in den vorigen Fällen, eine unregelmäßige Einwirkung durch die bewegende Kraft erhalten würde.

124. Es ist demnach von größter Wichtigkeit, den Durchmessern der Getriebe das richtige Verhältniß zu den der Räder zu geben; genau den Punkt zu bestimmen, bis zu welchem das Rad in das Getriebe eingreifen soll; und den Nads und Getriebzähnen die Figur zu geben, welche geeignet ist, die Eingriffe möglichst gleichförmig und regelmäßig zu machen.

Von der Größe der Getriebe.

125. Der Durchmesser oder der Radius des Getriebes verhält sich zu dem Durchmesser oder dem Radius des Rades, wie die Anzahl der Getriebzähne zu der Anzahl der Nads-

zähne.*) Wenn daher ein Rad mit 50 Zähnen und einem Durchmesser von 20 Linien in ein Getriebe mit 10 Zähnen eingreift, so wird der Durchmesser des Getriebes 4 Linien sein; denn

$$50 : 10 = 20 : x$$

$$\text{Also } x = \frac{20 \times 10}{50} = 4.$$

In der Praxis weicht indessen der Durchmesser der Getriebe mit Rücksicht auf die kleinere oder größere Anzahl Zähne, welche dieselben bekommen, etwas davon ab, wie man in der Folge sehen wird (142); man hat in dieser Rücksicht leichte Mittel, den Durchmesser der Getriebe zu bestimmen, und man erhält besonders durch Preudhomme's Proportionalzirkel, die nothwendige Genauigkeit. Dieses sinnreiche und nützliche Instrument verschafft uns sehr wichtige Vortheile. Preudhomme's Schrift: „*Considérations pratiques sur les engrenages*,” welche in Genf herausgekommen ist, zeigt hinreichend den Gebrauch dieses Instruments, das eigentlich in den Händen aller Uhrmacher sein sollte, so wie auch die Schrift selbst, welche eine sichere und sinnreiche Art angiebt, sich der Vollkommenheit eines Eingriffes zu versichern. Nachstehenden Regeln folgt man gewöhnlich in der Praxis um die Größe der Getriebe zu bestimmen:

Ein Getriebe mit 16 Zähnen muß einen so großen Durchmesser haben, wie die Oeffnung eines Triebmaaßes das vollkommen 6 Getriebzähne umspannen kann, von der äußeren Seite des ersten Zahns

*) Hier ist von dem ursprünglichen (primitiven) Radius die Rede, wie man aus dem Folgenden sehen wird.

bis zur äußeren Seite des sechsten Zahnes gerechnet.

- Ein Getriebe mit 15 Zähnen muß einen etwas kleineren Durchmesser haben, als 6 volle Zähne, oder einen etwas größeren als fünf Zähne und die Spitze des sechsten.
- Ein Getriebe mit 14 — muß 6 Zahnspitzen zum Maaß haben.
- Ein Getriebe mit 12 — 4 Zähne und die Spitze des 5ten, oder was dasselbe ist, $4\frac{1}{2}$ Zähne; zu Pendeluhrn werden 5 volle Zähne genommen.
- Ein Getriebe mit 10 — 4 volle Zähne.
- Ein Getriebe mit 8 — 4 Zahnspitzen, weniger $\frac{1}{4}$ des Raumes zwischen zwei Zähnen; zu Pendeluhrn werden 4 Zahnspitzen gebraucht.
- Ein Getriebe mit 7 — etwas weniger als 3 volle Zähne; zu Pendeluhrn 3 volle Zähne und $\frac{1}{4}$ des Raumes zwischen zwei Zähnen.
- Ein Getriebe mit 6 — reichlich 3 Zahnspitzen; zu Pendeluhrn 3 volle Zähne.

Wenn die Getriebe die Räder führen, müssen sie einen etwas größern Durchmesser haben.

Zweiter Abschnitt.

Von der Figur der Zähne.

126. Um die vortheilhafteste Figur, welche man den Zähnen geben muß, besser kennen zu lernen, ist es nothwendig, hier die Eigenschaften der krummen Linien: Cycloide, Epicycloide und Hypocycloide darzustellen. Die Cycloide oder Radlinie ist eine krumme Linie, von einem Punkte in der Peripherie eines Kreises, welcher längs einer geraden Linie hinrollt, beschrieben. Siehe Tab. IV, Fig. 3. Wenn der Kreis A längs BD hinrollt, wird der Punkt E , welcher in der Peripherie des Kreises liegt, die Cycloide oder Radlinie BED beschreiben. Die Länge BD ist gleich der Peripherie des Kreises A . Die Epicycloide wird von einem Kreise beschrieben, welcher sich über einen Theil der Peripherie eines andern Kreises hinbewegt, (siehe Tab. IV, Fig. 4); wenn der Kreis A längs CMD hinrollt, wird der Punkt E die Epicycloide CED beschreiben. Bewegt A sich inwendig auf der Peripherie des Kreises, so würde ein Punkt des Kreises A noch eine Art Cycloide beschreiben, nämlich $GE'H$, welche Hypocycloide genannt wird. Dieselbe krumme Linie würde entstehen, wenn der beschreibende Kreis anstatt des Durchmessers TE' einen andern hätte, welcher der Unterschied zwischen dem Durchmesser dieses und des ursprünglichen oder festen Kreises, also gleich der Entfernung von E' nach einem gegenüberstehenden Punkte G' , wäre.

127. Wenn der Durchmesser des beschreibenden oder erzeugenden Kreises, gleich der Hälfte des festen Kreises wäre, also z. B. KN , und dieser sich inwendig in demselben bewegte: so würden die verschiedenen Punkte der Peripherie KON die gerade Linie FKJ beschreiben, während KON den ganzen

festen Kreis durchliese. (Man kann sich leicht von dieser Eigenschaft überzeugen, wenn man einen Kreis in Pappe schneidet, gleich $FGCJN$, und in diesem Kreise einen andern von der Größe KON laufen läßt; denn dann wird man sehen, daß ein Punkt, wie K in der Peripherie KON , den Durchmesser des festen Kreises durchlaufen wird). Die Richtigkeit des Vorhergehenden läßt sich auf folgende Weise dathun: der Durchmesser des kleinen Kreises oder KN ist die Hälfte des Durchmessers des großen Kreises; die Hälfte der Peripherie KON muß also gleich einem Viertel der Peripherie des festen Kreises, oder gleich NJ sein. Der Punkt K würde nach F kommen, wenn die Bewegung des Kreises KN längs NF geschähe; ebenfalls würde der Punkt K nach J kommen, wenn die Bewegung längs KJ geschähe; und der Punkt N würde in beiden Fällen nach K kommen. Wenn nun ein Viertel des Kreises KON längs einem Achtel des großen Kreises hinrollte, so würde sich der Punkt O in G' befinden, und der Punkt K in R ; denn KO ist gleich RG' , da KO die Sehne zu 90° in KON ist, und RG' ist die Hälfte der Sehne, welche 90° in einem Kreise entspricht, der doppelt so groß, als KON ist. Man könnte dieses auf solche Weise für alle Punkte in FJ beweisen.

128. Man sieht in Fig. 4, daß CMD gleich der Peripherie des beschreibenden Kreises A ist, und daß, wie wir gesagt haben, der Punkt E die Epicycloide CED beschreibt, während der Kreis A sich längs CMD bewegt. Dieselbe Epicycloide würde von dem Punkte E beschrieben werden, wenn sich A frei um seinen Mittelpunkt bewegte (Dieser wird aber als fest angenommen), und wenn sich zugleich der Kreis $CJNF$ um seinen Mittelpunkt drehte. Auf ähnliche Weise würde, wenn sich der Kreis A frei um seinen Mittelpunkt bewegte, wäh-

rend sich $CJNF$ um den seinigen drehte, oder der Kreis KON ebenfalls um seinen Mittelpunkt ginge, während sich der große Kreis umdrehte, die Hypocycloiden $HE'G$ und FKJ beschrieben werden, von denen, wie erwähnt, die letzte eine gerade Linie werden würde.

129. Eine der Eigenschaften der Cycloide, Epicycloide und Hypocycloide ist, daß die Linie, welche man vom Berührungspunkte bis an den beschreibenden Punkt ziehen kann, immer senkrecht auf der krummen Linie steht. Fig. 5, Tab. IV, zeigt eine Cycloide EeD , von dem Erzeugungskreise ADE beschrieben. Der beschreibende Punkt E , wie auch der Berührungspunkt A , verändern ihre Lage jeden Augenblick, während sich der Kreis längs der geraden Linie A bewegt; indem wir aber für einen Augenblick den Punkt A als unveränderlich annehmen, auf solche Weise, daß sich der Kreis ADE ein wenig um diesen Punkt A drehen kann, wird der Punkt E den kleinen Theil Ee des osculirenden, oder damit zusammenfallenden, Kreises HEG beschreiben, welcher Theil, wie wir annehmen, unendlich klein ist, so daß wir den Bogen Ee der Cycloide als einen Kreisbogen, oder als einen Theil des Kreises HEG , betrachten können. AE steht senkrecht auf dem Kreise, da sie der Radius desselben ist; sie muß aber auch senkrecht auf der Cycloide stehen, da diese in Ee mit dem Kreise ADE zusammenfällt. Dasselbe könnte man mit Rücksicht auf alle Punkte der Cycloide, Epicycloide und Hypocycloide beweisen.

130. U , Tab. V, Fig. 1, sei ein Rad ohne Zähne, und der kleine Kreis N ein Getriebe ohne Zähne, welches, wie man annimmt, allein durch gegenseitige Berührung vom Rade geführt wird. Man sieht leicht ein, daß das Rad bei dem angenommenen Eingriffe mit der ganzen Kraft wirken werde,

weil es senkrecht auf das Ende des Radius des Getriebes wirkt. Außerdem wird dieser Eingriff so wenig Reibung verursachen als nur möglich; denn das Eingreifen geschieht allein durch die Berührung zweier Punkte und in einerlei Richtung.

131. Wenn man daher die Zähne der Räder und Getriebe auf solche Weise bilden könnte, daß die Räder stets mit gleicher Kraft auf die Getriebe und nach Einer Richtung, beständig senkrecht auf den Radius des Getriebes, wirken würden; so würde man den möglichst vollkommenen Eingriff hervorbringen. Untersuchen wir in dieser Rücksicht das Eingreifen der Radzähne in die der Getriebe; nehmen wir an, daß der Radius RT ein Getriebzahn sei, daß die Linie RMS , die durch den Berührungspunkt M geht, senkrecht auf PT stehe, und daß die Linie SC senkrecht auf RMS sei, so ist es leicht zu beweisen, daß das Getriebe, von RC in dem Punkt R der Linie PT geführt, mit derselben Kraft geführt werden wird, wie diejenige, welche wir in Nr. 130 angenommen haben.

132. Wenn das Loth Z , welches, wie man annimmt, mit dem Lothe Y im Gleichgewicht ist, anstatt auf den Hebel CM zu wirken, auf einen halb so großen Hebel, oder auf CV wirkte, so würde, den Grundsätzen der Statik gemäß, Z 's Kraft verdoppelt werden; wenn aber der Hebel PX nur die Hälfte von PM wäre, so ist es einleuchtend, daß die Kraft in X doppelt so groß sein müßte, als die in M , um mit dem Gewichte Y im Gleichgewicht zu sein. Wenn daher CV seine Kraft PX mittheilte, so würden Y und Z noch im Gleichgewichte sein. Dies würde ferner statt finden, wenn ein Viertel oder ein Achtel von CM auf ein Viertel oder ein Achtel von PM wirkte, und überhaupt in jedem Falle, wo die Entfernung des

Punktes *V* von *C* in demselben Verhältniß stände, wie die Entfernung des Punktes *X* von *P*.

133. In dem Falle, wo das Rad auf den Hebel *PR* wirkt, und wo man die Linie *SMR* als senkrecht auf *PR* annimmt, wird die Kraft des Rades, welche nach der Richtung *SMR* hin wirkt, durch die Linie *CS* dargestellt werden können; folglich, weil $CS : PR = CM : PM$ (da *CSM* und *PRM* ähnliche Dreiecke sind), wird die Wirkung von *CS* auf *PR* gleich der Wirkung von *CM* auf *MP* sein.

134. Aus der vorigen Nummer, können wir also folgenden Schluß ziehen: das Rad theilt dem Getriebe eine Kraft mit, die immer gleich derjenigen ist, welche wir (130) angenommen haben, wenn die Linie, welche durch den Berührungspunkt *M* der beiden Kreise geht, senkrecht auf dem Radius des Rades und dem des Getriebes oder senkrecht auf dem Radzahne und dem Getriebzahne steht.

135. Nehmen wir an, daß die Getriebzähne die in Fig. 2, Tab. V, gezeigte Gestalt *A, B, D, F* haben, welche Figur würde in diesem Falle für die Zähne des Rades *CM* am zweckmäßigsten sein, um das Getriebe mit einer beständig gleichen Kraft, dem Principe in Nr. 133 gemäß, führen zu können? Wenn ein Kreis z. B. *CM* einen Kreis, wie *ABDF* von kleinerem Durchmesser, führt, so wird nach Nr. 128 ein Punkt, wie *D* eine Epicycloide über dem großen Kreise beschreiben. Diese Epicycloide ist in *CDE* gezeigt, und indem wir die Zähne des Rades von dieser Figur machen, wird das Getriebe immer mit gleicher Kraft geführt, zufolge Nr. 129, wo bewiesen ist, daß die Linie *DM* senkrecht auf dem Getriebzahne steht.

136. Welche Krümmung würde sich am besten für die Zähne der Räder eignen, um nach richtigen Principien eingreifen

zu können, wenn der Getriebzahn eine, gegen den Mittelpunkt des Getriebes gerichtete Ebene wäre, so wie CD , Tab. V, Fig. 3? Um nun dieses zu untersuchen, beschreiben wir zuerst den Kreis $MDdC$, dessen Radius nur die Hälfte des ursprünglichen Radius des Getriebes ist, so daß das ursprüngliche Rad HM auf einmal sowohl das ursprüngliche Getriebe, als auch den Kreis $MDdC$ führt, von welchen sich jenes um seinen Mittelpunkt C , dieser sich um den Punkt O dreht. Durch die Umdrehung des Kreises $MDdC$ wird der Punkt D die Epicycloide HD über der Peripherie des Rades, nach Nr. 128 beschreiben. Es ist aus der Geometrie bekannt, daß der Winkel im Halbkreise, d. h., der Winkel, welcher seinen Scheitelpunkt in der Peripherie des Kreises hat, und dessen Schenkel durch die Endpunkte des Durchmessers gehen, ein Rechter ist; folglich steht DM senkrecht auf CD . DM steht ferner senkrecht auf der Epicycloide, nach Nr. 129; also ist die Linie, welche man von dem Berührungspunkte der beiden Kreise bis an den beschreibenden Punkt, oder, was dasselbe ist, bis auf den Radius (oder den Getriebzahn) ziehen kann, senkrecht auf diesen; eine Bedingung, welche Nr. 130 und 131 zufolge gefordert wird. Also: wenn der Getriebzahn eine, gegen den Mittelpunkt des Getriebes gerichtete Ebene ist, so soll der Zahn des Rades eine Epicycloide sein, von einem Kreise beschrieben, dessen Durchmesser die Hälfte von dem des Getriebes ist, und der sich längs der Peripherie des Rades hinbewegt.

137. Man sieht nun, daß das Eingreifen von Rad und Getriebe immer nach diesen Grundsätzen geschehen wird, wenn die Krümmung des Getriebzahnes und des Radzahnes von einem und demselben Erzeugungskreise beschrieben wird,

welcher sich inwendig in dem ursprünglichen Getriebe dreht, um den Getrieb Zahn zu beschreiben, der also nach einer Hypocycloide gebildet wird, und sich auswendig auf dem ursprünglichen Rade bewegt, um den Radzahn zu beschreiben. Siehe Fig. 4, Tab. V. Der Kreis DMC ist kleiner, als das ursprüngliche Getriebe AME und der Mittelpunkt desselben liegt in der Linie MF . Wenn sich dieses Getriebe von M bis A , und das Rad sich von M bis B dreht, so wird sich der Erzeugungskreis von M bis D bewegen, und der Punkt D wird eine Hypocycloide ADG , auf der Fläche des Getriebes, eine Epicycloide BDH , auf der Fläche des Rades beschreiben, übereinstimmend mit Nr. 128. Diese beiden Cycloidallinien werden in dem Punkte D zusammenfallen, indem sie durch denselben Erzeugungskreis beschrieben sind. Die Linie DM wird senkrecht auf beiden stehen, und indem man also den Radzähnen die Figur BDH , und den Getriebzähnen die Figur ADG giebt, werden sie beständig mit gleichförmiger Kraft in einander greifen.

138. Nach der vorhergehenden Nummer würde der Getrieb Zahn hohl werden, welches bei der Verfertigung mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden wäre. Für die Getriebzähne ist die erhabene (convexe) Form die zweckmäßigste; um aber diese zu erreichen, wird es nothwendig, daß der Erzeugungskreis einen größeren Durchmesser hat, als der Radius des Getriebes, wie man in Fig. 5, Tab. V, sieht. MB ist das Rad, MA das Getriebe, und MD der Erzeugungskreis, welcher die Epicycloide BaD auf der Ebene des Rades, und eine kleine Hypocycloide ADE auf der Ebene des Getriebes beschrieben hat; diese ist erhaben, und kann zur Bildung von Zähnen gebraucht werden, die in der Uhrmacherkunst anwendbar sind.

139. Bei der bisherigen Betrachtung der Eingriffe, wurde die Wirkung der Zähne immer in und nach der Mittelpunktslinie hin angenommen. *) Da der Eingriff nur von dieser Linie aus statt haben darf, würde es von keinem Nutzen sein, bei der Form zu verweilen, welche für Rad- und Getriebzähne geeignet wäre, damit die Führung geschehen könne, bevor sich der Rad- und Getriebzahn in der Mittelpunktslinie befände. Wir wollen nur bemerken, daß es schwieriger ist, die Rad- und Getriebzähne, bei Getrieben mit nur wenigen Zähnen, so zu bilden, daß der Eingriff nicht statt findet, ehe der Rad- und Getriebzahn in die Mittelpunktslinie kommt, als bei Getrieben mit vielen Zähnen. Der Beweis hierfür ist folgender: *DA*, *DB* und *DC*, Fig. 6, Tab. V, seien drei Ebenen in einem Getriebe mit 8 Zähnen, welche von den Zähnen im Rade *MN* geführt werden. Nehmen wir an, daß das Rad einen 5 Mal so großen Durchmesser hat, als das Getriebe, so wird die Anzahl der Radzähne 5 Mal so groß sein, als die Anzahl der Getriebzähne, oder 40; ein Zahn mit dem Zwischenraume, der an der Seite desselben ist, wird also 9° einnehmen, denn 360° mit 40, als der Anzahl der Zähne getheilt, giebt 9; folglich ist der Bogen *BE* = 9° . Wenn man nun von *E* aus, eine Epicycloide beschreibt, welche *AD* in *G* berührt, und die entgegengesetzte Seite des Zahnes *GH* von derselben epicycloidischen Figur macht, so sieht man sich genöthigt, um dem Zahne hinreichenden Raum zu geben, den Getriebzahn bis *HB* wegzuschneiden, und dieser wird daher sehr geschwächt werden. Um aber nicht so

*) Mittelpunktslinie oder Centrumlinie wird die gerade Linie genannt, welche den Mittelpunkt des Rades mit dem des Getriebes verbindet.

viel vom Getriebzähne wegzuschneiden, könnte man den Radzahn bis *FK* verkleinern; in diesem Falle würde aber die Spitze *F* des Zahnes nicht in dem Augenblicke auf *AG* wirken, in welchem der folgende Zahn, *BL*, in der Mittelpunktslinie wäre; sondern *BL* würde auf diese Weise *BD* geführt haben, bevor er in die Mittelpunktslinie gekommen wäre.

Im Praktischen sieht man sich indessen im Stande, sehr gute Eingriffe mit Getrieben von 8, 7, ja sogar 6 Zähnen zu verfertigen, indem man den Rad- und Getriebzähnen die vortheilhafteste Krümmung giebt, und, ehe die Härtung der Getriebe vorgenommen wird, zu dem Ende die Eingriffe in dem Eingriffszirkel prüft, um, wenn es nöthig thäte, die Getriebzähne nachgeben zu können, bis die Führung des Rades und des Getriebes so leicht und gleichmäßig als möglich wäre.

140. Bei den Kronrädern oder Kammrädern sind die Zähne parallel (gleichlaufend) und in diesem Falle werden sie keine epicycloidische, sondern eine cycloidische Figur bekommen, damit der Eingriff gleichförmig sein könne. Die Uhren aber, wovon in diesem Werke die Rede ist, haben kein Kronrad, denn dieses wird nur in Spindeluhren gebraucht.

141. Man sieht leicht ein, wie schwierig es in der Praxis sein würde, den Rad- und Getriebzähnen eine streng richtige Figur zu geben, indessen nähert sich der geübte und geschickte Arbeiter dieser sehr bei der Ausführung. Doch das sicherste Mittel, um die Eingriffe so vollkommen als möglich zu machen, ist, den Rädern und Getrieben recht viele Zähne zu geben; denn dann braucht das Getriebe nicht so weit vom Rade geführt zu werden (nicht so tief einzugreifen), und die Kraft wird mehr gleichmäßig verpflanzt. Die Eingriffe der Räder und Getriebe mit vielen Zähnen werden auch geringere Reibung verursachen; und eine

Uhr, die auf diese Weise eingerichtet ist, wird einen kräftigeren Regulator haben, als eine andere, deren Räder und Getriebe weniger Zähne haben, wenn die bewegende Kraft übrigens gleich ist.

142. Aus Nr. 125 und folgende sieht man, daß man zwei verschiedene Radien der Getriebe und Räder unterscheidet, nämlich den ursprünglichen oder primitiven und den vollen oder totalen. Der ursprüngliche Radius und dessen Ueberschuß machen den vollen Radius aus; der Ueberschuß des ursprünglichen Radius ist der abgerundete Theil der Räder und Getriebezähne. Bei den Rädern und Getrieben, die eine bedeutende Anzahl Zähne haben, wird dieser Ueberschuß geringer sein, als bei denen, die nur wenige Zähne haben, welches, dem Gesagten zufolge, bewirkt, daß sich die Größe der Getriebe (oder das Verhältniß zwischen ihrem Durchmesser und dem des Rades) nach der größeren oder geringeren Anzahl Zähne, welche die Räder und Getriebe haben, etwas verändert. Wenn die Getriebe nur wenige Zähne haben, muß der Zwischenraum zwischen denselben groß sein. Bei einem Getriebe mit 6 Zähnen, muß der Zwischenraum zwei Drittel ($\frac{2}{3}$), die Zähne ein Drittel ($\frac{1}{3}$) einer ganzen Eintheilung sein, nämlich von der Vorderseite eines Zahnes, bis zur Vorderseite des nächsten Zahnes; allmählig, so wie die Anzahl der Zähne zunimmt, können diese voller, und die Zwischenräume kleiner werden. Umgekehrt müssen Räder, welche Getriebe mit wenigen Zähnen führen, vollere, dickere Zähne haben, als diejenigen, welche in Getriebe mit mehreren Zähnen eingreifen.

Es ist fast überflüssig zu bemerken, wie wichtig es ist, daß die Zähne einander vollkommen gleich sind, sowohl der Größe als der Entfernung nach, und daß ihre Enden oder Spitzen gleich weit vom Mittelpunkte entfernt sind; dieses gilt

sowohl von den Rad- als von den Getriebzähnen. Die Härte und Politur der Getriebe vermindert die Reibung bei den Eingriffen, und die Leichtigkeit der Räder vermindert den durch die Inertie verursachten Widerstand.

Dritter Abschnitt.

Von der Reibung der Zapfen des Räderwerkes.

143. Es ist überaus wichtig, die Reibung der Zapfen des Räderwerkes auf die kleinst mögliche Größe zurückzuführen, und sie unveränderlich zu machen, damit sich die bewegende Kraft mit aller nur denkbaren Gleichmäßigkeit bis zum Regulator verpflanzen könne, welches nothwendig ist, um so viel als möglich, dieselbe Ausdehnung der Schwingungsbogen unterhalten zu können. Die Reibung der Zapfen des Räderwerkes entsteht durch den Druck der bewegenden Kraft und durch das Gewicht der Räder. Die Räder, welche der bewegenden Kraft am nächsten sind, erfordern dicke Zapfen, um eine hinreichende Stärke zu haben, und um sich nicht in die Löcher hineinzuarbeiten, und diese zu erweitern, wodurch die Reibung vermehrt, und zugleich der wahre Eingriffspunkt nach und nach verändert würde. So wie sich die Räder allmählig weiter von der bewegenden Kraft entfernen, müssen die Zapfen weniger dick sein, weil sie einen geringeren Druck erleiden und größere Geschwindigkeit haben, als die Zapfen der ersten Räder und Getriebe, und weil es nothwendig ist, die Reibung so viel als möglich zu heben, da diese sonst die Kraft verschlingen würde, welche bis zur Hemmung verpflanzt werden soll, um die Bewegung des Regulators zu unterhalten.

144. Die Zapfen müssen hart, rund und wohl polirt sein; ihre Ansätze flach, nicht zu groß, und mit wohl abgeschrägten Kanten, um sich nicht in das tragende Stück hineinzuarbeiten. Die Löcher müssen rund, glatt und nicht größer sein, als es die freie Bewegung der Zapfen, mit Del umgeben, erfordert. Ihre Seiten müssen mit den Zapfen parallel sein, damit sie in allen Punkten, ihrer ganzen Länge nach, den Druck der Zapfen tragen können. Löcher in Messing oder Gold, müssen hinreichend gehämmert werden, damit die Poren der Metalle gehörig zusammengetrieben sein können, um nicht zu geschwind abgenutzt zu werden. Die Versenkungen zum Dese müssen groß genug sein, um eine hinreichende Menge Del aufzunehmen, damit dieses nicht zu geschwind austrockne, oder durch Vermischung mit den abgeschabten Metalltheilen zu geschwind dick werde. Die Wellen, welche den Getriebzähnen nahe sind, müssen conisch sein, aber so, daß der dickere Theil dem Zapfen am nächsten ist, weil sich das Del alsdamm vermittelst der Attraction oder Anziehung am Zapfen hält, und sich nicht bei den Getriebzähnen einschleicht, welches besonders in sehr flachen Uhren, wo diese Vorsichtsregel versäumt ist, oft geschieht. Was die Zapfen des Hemmungsrades betrifft, so muß man diese in Steinlöchern und mit den Enden gegen Platten von Stein oder gehärtetem Stahle laufen lassen. Uebrigens folgt man dabei den Regeln, die in Nr. 74 drittes Kapitel, mit Rücksicht auf die Reibung der Zapfen des Regulators, gegeben sind.

Anmerkung. Nichts scheint in so hohem Grade im Stande zu sein, die Reibung der größeren Zapfen des Räderwerkes zu vermindern, und unveränderlich zu machen, als die Anwendung von Steinlöchern. Doch hat die Erfahrung genugsam bewiesen, daß es beinahe schädlich ist, die Zapfen der Schnecke, des Mi-

nutenrades und Mittelrades in Steinlöchern gehen zu lassen; denn man sieht, daß fast in allen Uhren, wo solches statt findet, die großen Zapfen nach einigen Jahren mehr oder weniger beschädigt sind, während die feinen Zapfen der Hemmungstheile, welche in Stein gehen, sich unverlezt erhalten. Deshalb ist es nicht allein hinreichend, sondern sogar besser, die Zapfen der Schnecke, des Minutenrades und des Mittelrades in Löchern aus vorzüglichem Messing oder Gold gehen zu lassen; man kann sogar die Zapfen des Secundenrades überaus gut in Messing oder Gold laufen lassen, welches letztere doch nicht feiner als 18-karäthig sein darf.

Siebentes Kapitel.

Von der Hemmung im Allgemeinen. Beschreibung der ruhenden Steincylinderhemmung und der ruhenden Doppelrad-Hemmung oder *échappement duplex*. Beschreibung der Ankerhemmung zu Taschenuhren.

(Tab. VI, VII, X und XX.)

Erster Abschnitt.

Von der Hemmung im Allgemeinen.

145. Die Hemmung ist derjenige Theil der Uhr, welcher dem Regulator die Kraft mittheilt, welche ihm durch das Räderwerk zugeführt wird (siehe 7); die Hemmung ersetzt den Verlust der Bewegung, den der Regulator durch die Reibung der Zapfen und durch den Widerstand der Luft erleidet; sie zählt ferner auch die Anzahl der Schwingungen.

146. Es giebt eine große Menge verschiedener Hemmungen, und kein Theil der Uhrmacherkunst hat den Scharfsinn in solchem Grade in Anspruch genommen, als die Construction der Hemmungen; die Gelehrten und Künstler haben in dem verwichenen Jahrhunderte mit einander gewetteifert, um die Mittel ausfindig zu machen, diesen so wichtigen Theil der Uhr

immer mehr zu vervollkommnern. Doch sind die wirklichen Verbesserungen nur nach und nach, und langsamen Schrittes gemacht, wobei es vieler Arbeit und vieler Versuche bedurfte, um den Grad der Vollkommenheit zu erreichen, zu dem man jetzt durch die bessern Hemmungen gelangt ist.

147. Die Hemmungen können auf 4 Klassen zurückgeführt werden, nämlich:

- 1) die zurückfallenden Hemmungen (à recul);
- 2) die ruhenden Hemmungen (à repos);
- 3) die einfachen, freien Hemmungen (libres simples);
- 4) die freien Hemmungen mit beständiger Kraft (à remontoir d'égalité).

Die zurückfallenden Hemmungen (échappemens à recul), welche die ältesten sind, werden noch gewöhnlich in einfachen Uhren des täglichen Lebens gebraucht. Sie haben den Vorzug, daß sie leicht verfertigt werden können, wenig kosten und keines Oeles bedürfen. Dieses bewirkt, daß eine, mit solcher Hemmung versehene Uhr länger geht, ohne rein gemacht zu werden, als eine andere, deren Hemmung Oel nöthig hat. Diese Hemmungen haben aber einen höchst schädlichen Einfluß auf die Regelmäßigkeit der Schwingungen der Unruhe, indem sie nicht den Einfluß der Veränderung in der bewegenden Kraft und der vermehrten Reibung des Räderwerkes berichtigen. Die ruhenden Hemmungen berichtigen dagegen größtentheils die Ungleichmäßigkeiten der bewegenden Kraft und der Reibungen des Räderwerkes, und Uhren mit dieser Art Hemmung, haben einen weit höheren Grad von Regelmäßigkeit, als diejenigen, welche mit einer zurückfallenden Hemmung versehen sind. Sie haben aber den Fehler, daß das Oel, welches man, an den gegeneinander reibenden Stellen, gebrauchen muß, Veran-

lassung giebt, daß die Uhr ihren Gang allmählig verändert, so wie das Del an Flüssigkeit verliert. Die freie Hemmung muß besonders vorgezogen werden; denn, nachdem der Regulator den Stoß des Hemmungsrades empfangen hat, vollendet er frei seine Schwingung, und wird durchaus nicht durch den Druck oder die Reibung des Hemmungsrades, in seiner Bewegung gehindert, welches mehr oder weniger bei der ruhenden Hemmung statt findet. Diese Hemmung wendet man auch besonders mit großem Nutzen in den Längenuhren an, die zu der genauesten Zeitmessung bestimmt sind. Die freie Hemmung mit beständiger (unveränderlicher) Kraft hat außer dem trefflichen Vortheile, daß ihre Schwingungen ganz frei sind, auch den, daß die Stöße, welche der Regulator erhält, immer von gleicher oder beständiger Kraft sind, und daß der Widerstand, den der Regulator bei dem Freimachen der Auslösung erleidet, immer gleich ist. Ferner kann man bei der Anwendung dieser Hemmung mit der größten Sicherheit erwarten, daß die Uhr regelmäßig gehen werde; denn die Veränderung der bewegenden Kraft und die Reibung, welche durch die Abnutzung der Zapfenlöcher und durch die Verdickung des Oels an den Zapfen des Räderwerkes verursacht wird, hat nicht den geringsten Einfluß auf die Freiheit der Schwingungen und die Gleichheit der Schwingungsbogen. Die Sorgfalt aber, mit welcher diese Hemmungen ausgeführt werden müssen, weil sie so überaus zusammengesetzt sind, setzt ungewöhnlich einsichtsvolle und geschickte Arbeiter voraus, wenn sie allgemeiner werden sollen; bisjezt werden sie selten gebraucht.

148. Da der Zweck dieses Werkes die Angabe der Mittel ist, wodurch man die Zeit vermittelst Uhren aufs Genaueste abmessen kann, so wird es ohne Zweifel hinreichend

sein, anstatt der Beschreibung einer großen Anzahl Hemmungen, die Zeichnungen und Principien derjenigen zu geben, welche man mit dem größten Vortheile anwendet, und deren Vortreflichkeit durch die Erfahrung erwiesen ist. Diejenigen, welche die große Anzahl Hemmungen kennen zu lernen wünschen, welche bis auf unsere Zeit verfertigt sind, werden die Beschreibung derselben in den Werken mehrerer Verfasser finden, wo dieser wichtige Theil der Zeitmessung behandelt wird, und in diesen Erfindungen oft tiefe Gedanken und zuweilen Spuren von wahrem Genie bemerken. Besonders in Ferdinand Berthoud's: „*L'Histoire de la mesure du temps par les horloges*“ wird man eine gedrängte, aber genaue Beschreibung einer großen Anzahl Hemmungen finden, welche nach und nach erfunden sind, und in hohem Grade zur Vervollkommnerung der Kunst beigetragen haben. Diejenigen, welche hier erwähnt werden sollen, sind von denen, welche Ferdinand Berthoud beschrieben hat, verschieden; und die ruhende Doppelrad-Hemmung, welche so vorzüglich in Uhren vom zweiten Range ist, die eine Regelmäßigkeit haben sollen, welche sich der des Chronometers nähert, ist gar nicht in den Werken des erwähnten berühmten Verfassers genannt. Nachdem wir zuerst die Steincylinderhemmung beschrieben haben, werden wir zur ruhenden Doppelradhemmung übergehen.

Zweiter Abschnitt.

Die Steincylinderhemmung.*)

149. Die Grundregeln, nach welchen diese Cylinderhemmung ausgeführt werden muß, sind eigentlich dieselben, wie

*) Die Steincylinderhemmung ist seit mehreren Jahren in Uhren angewandt; die hier beschriebene ist aber eine neuere Erfindung des ältern Hrn. D r e g u e t

bei der einfachen Cylinderhemmung. Obgleich die Principien dieser letzten hinlänglich bekannt sind, will ich sie hier doch kürzlich anführen, damit man desto besser die Natur dieser Hemmung kennen lerne.

Diese Principien sind folgende:

- 1) Des Cylinders größter Durchmesser (Der von der einen äußern Seite desselben, bis zur andern) muß fast gleich der Entfernung zweier Zähne des Hemmungsrades sein, wie *a, b*, Fig. 1 Tab. XX. Ferner muß der innere Durchmesser (von der einen innern Seite bis zur andern) ein klein wenig größer sein als die Länge eines Zahnes, wie *d, e* derselben Figur.
- 2) Die Anzahl Grade auf dem Umkreise des Cylinders, bestimmt die Linie bis zu welcher dieser eingeschnitten werden soll. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man am besten die Hälfte weniger 20 Gr. wegschneidet, d. h. 160 Gr.; so daß 200 Gr. zurückbleiben. Siehe Figur 8 *AEDB*.
- 3) Die Lippen des Cylinders, — die Theile auf welche die geneigten oder Hebeflächen des Rades wirken — müssen so gestaltet sein, daß die erste abgerundet, und die andere nach innen zu abgeschrägt ist; *A* und *B*, Fig. 8.
- 4) Das Rad muß so gestellt sein, daß die Mitte des Zahnes in den Mittelpunkt des Cylinders fällt, wie in Fig. 1 bei *f* und in *de*.
- 5) Die Hebung dieser Hemmung muß im Ganzen 40 Gr. betragen; 20 Gr. an der einen, und ebenso viel an der andern Lippe.

in Paris. Sie verdient in mehreren Rücksichten den andern vorgezogen zu werden.

- 6) Der Zahn oder die Hebefläche sollte so geformt sein, daß sie den Cylinder mit einer gleichförmigen Bewegung so führte, daß wenn das Rad (oder richtiger der Zahn des Rades) ein Viertel, die Hälfte oder drei Viertel seines Weges zurückgelegt hätte, der Cylinder genau in demselben Verhältnisse vorgeschritten wäre; da aber der Widerstand der Spiralfeder am Ende der Hebung des Zahnes stärker wird, als im Anfange, so läßt man die Hebung anfangs stärker sein als zuletzt. Zu dem Ende schrägt man die Hebefläche vorne stärker ab, als hinten, wie man in Fig. 1 bei den verschiedenen Zähnen sieht.
- 7) Die Spiralfeder muß so gestellt sein, daß die Lippen des Cylinders immer gleich weit vor dem Zahne oder der Hebefläche hervorstehen, da sich die Uhr sonst nicht nach einem Stillstande selbst in Gang setzen könnte, weil der Zahn einen zu großen Widerstand an dem meist hervorragenden Zahne finden würde.

Dies sind die allgemeinen Regeln für die Cylinderhemmung, von welcher Construction sie auch sein möge. Man macht bei dieser Hemmung das Rad gewöhnlich aus Stahl*) und den Cylinder aus gehärtetem Stahl. Obgleich eine solche Metallhemmung sehr gut ist, nutzt sie sich doch sehr leicht ab, und man hat Beispiele, daß sie nach wenigen Jahren ganz verschliffen gewesen ist. Um dieser Unvollkommenheit abzuhelfen

*) Cylinder-Räder wurden vor mehreren Jahren immer von Messing gemacht. Der Verfasser, welcher mehrere Uhren mit Cylinderräder von Stahl ausgeführt hatte, die sich als vortreflich zeigten, machte im Jahre 1805 in der ersten französischen Ausgabe dieses Werkes darauf aufmerksam, wie zweckdienlich es sei, diese Räder aus Stahl zu verfertigen, was jetzt auch allgemein befolgt wird.

hat man steinerne Cylinder statt stählerner angewandt. Die beste Art diese Hemmung einzurichten, ist die hier beschriebene, von Breguet erfundene.

Tab. XX. Fig. 3 zeigt den Theil des Cylinders, auf welchen das Rad wirkt; er ist aus Rubin geschliffen, und nach den oben angeführten Regeln, mit Rücksicht auf Größe, Form u. s. w. ausgeführt. Fig. 4 zeigt den Theil der den Steincylinder trägt; *abc* ist eine cylinderförmige Vertiefung in welche der Stein befestigt wird. Fig. 9 ist die Achse auf welche man den Cylinder setzt, und welche die Unruhe trägt, die bei *ub* aufgenietet wird. Den Cylinder setzt man auf die Welle *cd* auf welche er genau paßt. Die Zapfen *e* und *f* sind weder conisch noch cylinderförmig, sondern so wie man in der Zeichnung sieht. Sie bewegen sich in Stein, so daß diese Form den Löchern nicht nachtheilig sein kann, sondern für das Ganze nützlich ist, indem sich die Zapfen freier bewegen können.

Wenn der Cylinder auf seine Achse gesetzt und zugleich die Unruhe auf dieselbe befestigt ist, kann man ihn auf folgende Weise plantiren. Zuerst macht man für den oberen Zapfen einen kleinen stählernen Steg mit einem Rohr wie Fig. 7 zeigt. In dieses Rohr faßt man bei *ab* einen Stein mit Zapfenloch. Die Form dieses Steines und dessen Durchschnitt, sieht man in Fig. 5 und 6. Der inwendige Durchmesser des Rohres ist so groß, daß sich die Unruhabse frei in demselben, der äußere so, daß sich der Cylinder frei um denselben bewegen kann. Ist der Steg auf diese Weise eingerichtet, kann man die Achse und den Zapfen des Cylinders hineinsetzen wie Fig. 10 zeigt. Man sieht, daß der Cylinder fast eine ganze Umdrehung zu machen im Stande ist, da der Nern des Stegs gerade in den Einschnitt *gk* hineingehen kann. Für den unteren

Zapfen *f* bringt man in der Uhr einen Kloben *K* Fig. 2 an, der ebenfalls mit einem Steinloche versehen ist.

Fig. 2 zeigt das Rad mit seinem Getriebe, wo die Form der Zähne sehr von der bei der gewöhnlichen Cylinderhemmung verschieden ist; die Krümmung der Hebeflächen ist aber gerade dieselbe.

Man bemerkt, daß das Rad nicht mehr als die Dicke eines Kartenblattes von oben in den Cylinder hineingeht.

Anmerkung. Del ist für diese Hemmung ganz unentbehrlich. Die dickere Form der Zähne an der Stelle, wo sie in den Cylinder eingreifen, macht, daß sich das Del, mittelst der größeren Attraction hier hält, welches einen wesentlichen Vortheil gewährt.

Von der ruhenden Doppelrad-Hemmung oder *échappement duplex*.

150. Die ruhenden Hemmungen haben die Unvollkommenheit, daß das Del welches sie gebrauchen, einen höchst schädlichen Einfluß auf die Regelmäßigkeit hat, indem dadurch ein allmähliges Verlieren der Uhr bewirkt wird, wie wir in Nr. 147 bemerkt haben. Dies ist vorzüglich bei den Cylinderhemmungen der Fall, wo sich die Wirkung des Hemmungsrades unter der Ruhe auf einen überaus großen Umfang, nämlich auf den äußern, so wie auch auf den innern Durchmesser des Cylinders erstreckt, und dadurch eine bedeutende Reibung verursacht, welche noch größer wird, wenn das Del seine Flüssigkeit verloren hat. Dieser Umstand hat daher die Idee zu einer Haken- oder Birguls-Hemmung (*échappement à virgule*) hervorgerufen, wodurch die Reibung sehr unbedeutend gemacht werden würde, wenn sich das Del darin halten

könnte; die Erfahrung hat aber auch hinreichend gezeigt, daß die Hakenhemmung das Del nicht lange an den an einander reibenden Stellen hält; daß dieses im Gegentheil häufig davon abläuft, und diese Hemmung daher nicht mit Vortheil angewandt werden kann, obgleich sie nach außerordentlich guten Principien construirt ist. Die Doppelrad-Hemmung *) tritt daher jetzt sehr oft, und mit großem Vortheile, an die Stelle der Cylinder- und Hakenhemmung, und Uhren, welche mit dieser Hemmung versehen sind, bewahren lange Zeit eine große Regelmäßigkeit, da die Reibung unter der Ruhe sehr gering ist, und da sich das Del, welches man bei der Rolle anbringt, welche die Ruhe bildet, dort halten kann und nicht herausläuft.

Fig. 1, Tab. VI, zeigt den Grundriß, Fig. 2 das Profil der Doppelrad-Hemmung. *A* und *B* sind die zwei Hemmungsräder, an einer gemeinschaftlichen Achse befestigt. Das erste wirkt beim Spiele der Hemmung auf den Impulsions-Zahn *C*, der von der Achse der Unruhe getragen wird, und auf diese Weise vom Rade *A* die Stöße (Impulse) erhält, die zur Unterhaltung der Bewegung oder der Schwingungen des Regulators erforderlich sind. Das große Rad *B* ruht während der Schwingungen auf der Rolle *D*, die mit der Achse der Unruhe

*) Die Grundidee der Doppelrad-Hemmung verdanken wir Jean Baptiste Dutertre, der im vorigen Jahrhunderte eine Hemmung nach einem ähnlichen Principe erfand. Siehe Liont's Uhrmacherkunst. S. 101. — Tab. 41, Fig. 16.

In Dänemark ist sie vor einigen und dreißig Jahren von dem Verfasser eingeführt, der durch die Verfertigung einer nicht unbedeutenden Anzahl Uhren mit dieser Hemmung, sie ausgebreitet und dazu beigetragen hat, daß sie besonders in den letzten Jahren nicht selten in den Kopenhagener Uhren angewandt worden ist, so daß sie jetzt sogar die gewöhnliche Cylinderhemmung verdrängen zu wollen scheint.

concentrisch ist, und bringt dadurch die Ruhe der Hemmung hervor, während der Schwingung der Unruhe, nachdem der Stoß des Rades *A* gegen den Zahn *C* statt gefunden hat. Der kleine Einschnitt, oder die Kerbe *a* ist in die Rolle gemacht, um die Spitzen der Zähne des großen Hemmungsrades frei hineintreten zu lassen, wenn die Kerbe während der Schwingung gerade vor das äußerste Ende des Zahnes kömmt, welcher auf der Rolle ruht, und durch dieses Mittel, kann sich das Rad von der Rolle los machen und einen Zahn weiter fortschreiten. Fig. 2 zeigt die Lage der verschiedenen Theile der Hemmung. Die beiden Räder, das kleine Rad (Impulsionsrad, Stoßrad *A*) und das größere Rad (Das ruhende Rad *B*), sind concentrisch auf der Achse des Getriebes *E* befestigt. Das Rad *A* ist in dieselbe Ebene gestellt, wie der Zahn oder der Hemmungstheil *C*, und das Rad *B* ist so gestellt, daß es auf die Mitte der Rolle *D* wirken kann, welche einen Theil von der Achse der Unruhe ausmacht; der Zahn *C* ist ebenfalls an dieselbe Achse befestigt.

151. Das Spiel der Hemmung ist folgende: Während des Ganges der Uhr haben die Hemmungsräder eine Bewegung von der Linken zur Rechten, oder in der Richtung von *B* nach *C*, und durch das Bestreben der Räder, sich in dieser Richtung zu drehen, ruht das Ende des Zahnes *b* im Rade *B* auf dem Umkreise der Rolle *D*, bis sich die Kerbe *a*, durch die Bewegung der Unruhachse von der Rechten zur Linken, gerade vor dem Zahne *b* befindet. In diesem Augenblicke fällt der Zahn *b* in die Kerbe der Rolle, bleibt hier einen Augenblick, und läßt dann wieder los, so daß das Rad *A* durch das Treiben des Räderwerkes, indem es von der Linken zur Rechten geht, auf den hervorstehenden Theil des Impulsions-

Zahnes *C* wirken kann, der sich in einer passenden Lage befinden muß, um von dem Radzahne *e* den erforderlichen Stoß zu erhalten, damit die Schwingung des Regulators in der Richtung von der Rechten zur Linken statt finden könne. Durch die Wirkung der Spiralfeder wird die entgegengesetzte Schwingung, nämlich die von der Linken zur Rechten, hervorgebracht werden, und die Kerbe geht also wieder der Spitze des Zahnes im Rade *B* vorbei; diesmal wird aber das Rad, indem es in die Kerbe einfällt, nur wenig zurückgehen, und während der Schwingung fortfabren auf dem Umkreise der Rolle zu ruhen, und das ist Alles, was während dieser Schwingung statt findet.

Man sieht denn, daß die Unruhe nur bei jeder zweiten Schwingung durch die Wirkung der Hemmung die nothwendigen Stöße erhält, um die Schwingungen zu unterhalten.

152. Die Regeln, nach welchen man mit Vortheil diese Hemmung construiren kann, sind folgende:

1°. Der Durchmesser der Rolle *D* muß so klein sein, als es die Verfertigung nur erlaubt, d. h., $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der Entfernung zwischen zwei Zahnspitzen des Rades *B*.

2°. Dieses Rad muß eine Hebung von 20° auf die Rolle bewirken, und 25° , wenn die Rolle sehr klein ist.

3°. Es ist passend, einen Fall von 5° bis 10° zu haben, wenn das große Rad die Rolle los läßt, bis das kleinere Rad oder das Stoßrad, auf den Hemmungstheil oder den Zahn *C*, fällt.

4°. Das Stoßrad *A* muß, durch seine Wirkung auf den Zahn *C*, die Unruhe 30° bis 35° heben; folglich muß dieser Zahn einen passenden Durchmesser haben, um eine Hebung von 40° hervorzubringen; denn die 10° , welche zum Falle dienen, lassen 30° zurück für die Wirkung des Rades *A* auf den Zahn *C*.

Erste Anmerkung. Die praktische Regel, deren man sich bedienen kann, um den Radius des Impulsions-Zahnes C im Verhältniß zu dem Radius des Stoßrades zu bestimmen, so daß eine Hebung von 30° , und ein Fall von 10° statt finden könne, ist folgende:

Für ein Rad mit 12 Zähnen nehme man $\frac{2}{3}$ von dem Radius des Stoßrades als Radius für den Zahn.

Für ein Rad mit 13 Zähnen nehme man $\frac{2}{3}$ von dem Radius des Stoßrades als Radius für den Zahn.

Für ein Rad mit 14 Zähnen nehme man $\frac{2}{4}$ von dem Radius des Stoßrades als Radius für den Zahn.

Für ein Rad mit 15 Zähnen nehme man $\frac{2}{5}$ von dem Radius des Stoßrades als Radius für den Zahn.

Zweite Anmerkung. Mit Rücksicht auf die wechselseitige Größe der Hemmungsräder, hat man folgende praktische Regel: wenn die Anzahl der Zähne in den Rädern wie gewöhnlich 15 ist, so soll sich der Durchmesser des Stoßrades zu dem des Rußrades verhalten, wie 5 zu 7.

Dritte Anmerkung. Wenn die Hemmung gesetzt oder gestellt ist, muß man sich wohl davon versichern, daß der Zahn C , während er unter den Schwingungen der Unruhe den Spitzen der Zähne in dem Rade A vorbeigeht, den erforderlichen Spielraum habe, so daß sich die Zähne nicht fest haken; es ist sogar gut, daß dieser Spielraum, größerer Sicherheit halber, etwas reichlich ist.

153. Man wird leicht bemerken, wie unbedeutend die Reibung in dieser Hemmung dadurch gemacht ist, daß die Rolle, um welche die Reibung während der Ruhe des Hemmungsrazes statt findet, nur einen kleinen Durchmesser hat. Außerdem bewirkt der größere Durchmesser des Rades *B*, daß es mit geringerem Drucke auf der Rolle ruht, als es mit dem Rade *A* der Fall sein würde, wenn dieses die Ruhe bewirkte, und dadurch wird die Reibung noch mehr vermindert. Man sieht auch ein, daß die in die Rolle gemachte Kerbe, sehr zum Halten des Deles geeignet ist, und daß man eine bedeutende Menge darin anbringen kann, damit es nicht gar zu schnell vertrockne, welches eine sehr große Gleichmäßigkeit der Reibung bewirkt. Die Länge der Zähne im Rade *B* bewirkt auch, daß das Del nicht bis zum Innersten der Zähne hineinfließt, sondern sich im Gegentheil an den Spitzen hält.

154. Wenn man diese Hemmung möglichst vollkommen verfertigen will, ist es gut, das große Rad *B* von Stahl und sehr leicht zu machen; eine Steinrolle, entweder von Rubin oder Saphir, zu gebrauchen; und besonders für die gute Politur derselben, und die Abrundung der Kanten der Kerbe Sorge zu tragen, um die Abnutzung der Zahnspitzen zu verhüten. Ob das Rad gehärtet ist oder nicht, ist ziemlich gleichgültig. Das kleine Rad, welches keines Deles bedarf, kann von Messing, und der Zahn *C* mit einer Palette von Rubin oder Saphir versehen sein, auf welche die schrägen Spitzen des Rades *A* wirken können, wie die Zähne des Steigrades auf die Lappen der Spindel. Damit die Hemmungsräder ihre richtige Lage gegen die Achse der Uhrbewegung bewahren können, ist es notwendig, alle Zapfen der Hemmung in Steinlöchern gehen zu lassen.

Man kann indessen mit geringeren Kosten eine Hemmung erhalten, die gute Dienste leisten wird, wenn man die Rolle von Stahl und ganz hart macht, und das große Rad von Stahl. Das kleine Rad kann von Messing sein, und auf einen gutgehärteten Impulsionszahn von Stahl wirken. Unter den vielen Uhren, die ich auf diese Weise ausgeführt, habe ich keine einzige gefunden, worin die Rolle das Geringste gelitten, oder sich nicht unbeschädigt erhalten hätte.

Anmerkung. Wenn die Anzahl der Schwingungen der Unruhe in einer Uhr mit der Doppelrad-Hemmung besonders groß ist z. B. 18 000 in der Stunde, so ist es keinesweges nothwendig, Mittel anzuwenden, um das Ausschwenken (Ausschwingen) zu verhüten, besonders wenn der Besitzer der Uhr dafür sorgt, sie nicht zu großen Kreisbewegungen während des Aufziehens oder bei dem Herausnehmen aus der Tasche, auszusetzen. Ein einfacher Anschlagstift, wie man ihn in Cylinderuhren gebraucht, kann nicht in Uhren mit Doppelrad-Hemmung angewandt werden; hier würde man nur einen beweglichen Anschlagstift gebrauchen können, weil die Unruhe während des Ganges der Uhr beinahe einen ganzen Umgang oder 360 Grade beschreibt. Dieser bewegliche Anschlagstift ist aber von Schwierigkeiten begleitet, und es ist daher eben so gut, gar keinen zu gebrauchen.

Dritter Abschnitt.

Von der freien Ankerhemmung zu Taschenuhren.

155. Die freie Hemmung muß vorzüglich in Uhren gebraucht werden, die zur genauesten Abmessung der Zeit bestimmt sind; denn durch diese Art Hemmungen wird die freie Bewe-

gung der Unruhe nur sehr wenig gestört. Die freie Ankerhemmung, welche hier beschrieben werden soll, bietet manche Vortheile dar, welche ihr den Vorzug vor andern Hemmungen geben. Durch diese Hemmung kann die Unruhe überaus große Schwingungen beschreiben, und ihr Spiel ist sehr sicher. Man kann sie, wie die ruhende Doppelradhemmung, welche wir so eben beschrieben haben, mit Vortheil in Uhren vom zweiten Range gebrauchen, die eine Genauigkeit haben sollen, welche sich der des Chronometers nähert. Die ursprüngliche Idee dieser Hemmung scheint man Thomas Mudge, einem englischen Uhrmacher und ausgezeichneten Künstler, verdanken zu können. Diejenige, welche wir jetzt beschreiben wollen, ist auf eine vollkommnere Weise eingerichtet.

156. Die Ankerhemmung hat ihren Namen von dem sie meist charakterisirenden Theile, der einem Anker ähnlich ist.

Fig. 1, Tab. VII, zeigt den Grundriß der Hemmung; Fig. 2 ihr Profil; in dieser Figur ist das Hemmungsrad aber nur mit punktirten Linien angedeutet, da es größtentheils vom Anker gedeckt wird.

Das Hemmungsrad *A* Fig. 1, wirkt abwechselnd auf die schiefen Ebenen (Hebeflächen) des Ankers. Die beiden Querstücke *ax* und *ez* desselben bringen Ruhe und Hebung hervor; nämlich Ruhe, wenn sich der Radzahn gegen die Kreisbogen *ax* und *ez* stützt, und Hebung, wenn der Zahn, aufhörend auf diesen Bogen zu ruhen, die Hebeflächen durchläuft, welche die passende Neigung haben, und diese Querstücke enden.

157. Dieser Anker hat an und für sich keine Schwingung oder Bewegung hin und her, sondern erhält seine Bewegung von der Unruhe, und theilt dagegen dieser wiederum die

Wirkung der bewegenden Kraft auf folgende Weise mit: Der Anker ist außerhalb des kleinen Querstücles *ez* etwas verlängert, und hat hier eine Gabel, welche der Bewegung dieses Stücles so folgt, daß wenn das Rad auf die Hebefläche *a*, und nachher auf die Hebefläche *e* wirkt, die Gabel eine abwechselnde Bewegung nach entgegengesetzten Richtungen macht, wodurch der Theil *d* sich wechselsweise auf der rechten und linken Seite der Linie befinden wird, welche durch die Achse des Ankers und die der Uhrube geht.

Diese Gabel hat drei Zinken *fdf*; von denen sich zwei *ff* in der Ebene des Ankers befinden, wo sie einen Halbmond bilden; die dritte oder das Stück *d* erhebt sich über dieselbe, wie man sehr deutlich in Fig. 2 sieht, und streckt sich gegen die Achse der Uhrube aus. Wir werden den Gebrauch davon sogleich sehen. Die Achse der Uhrube hat einen cylindrischen Ring oder eine Rolle *bc* von derselben Höhe, wie die oberste Gabelzinke. Diese Rolle hat einen bogenförmigen Einschnitt *m*, Fig. 1, geeignet, das so eben erwähnte Stück *d*, frei vorbeigehen zu lassen, wenn durch die Schwingung der Uhrube diese Höhlung gerade vor das Stück *d* geführt wird, welches zu derselben Zeit vermittelst der Hebung vorüber geht; denn die waagerechte Gabel und der Anker, welchen diese führt, üben in demselben Augenblicke durch Auslösung und Hebung, auf solche Weise, wie erwähnt werden wird, ihre abwechselnde Bewegung aus.

158. Der Zahn *r*, welcher am Fuße der Rolle *bc* angebracht ist, wie man besonders in Fig. 2 sieht, zeigt sich wechselsweise wirksam und unwirksam, zwischen den Seiten *n* und *n* der Gabelkerbe, in zwei Zeiträumen, welche einander über-

aus nahe liegen; und hiervon hängt das Spiel der ganzen Hemmung ab.

159. Indem der kleine cylindrische Zahn r mit der Unruhe schwingt, geht er in die Kerbe zwischen den beiden Gabelzinken, und schiebt während der Schwingung die Seite der Kerbe welcher er begegnet vorwärts. Er löst auf diese Weise die Ruhe des Rades auf dem Anker aus, und bringt dasselbe auf die Hebefläche e , und spielt hier also eine wirksame Rolle.

In dem Augenblicke, wo dieser Stoß (Impuls) gegeben ist, und die Hebung angefangen hat, wird die Kerbe, durch die Hebung des Rades auf dem Anker getrieben, schneller zu gehen suchen, als der Zahn r , welcher sich noch darin befindet, und dieser wird nun, durch den Hintertheil der Kerbe, die ihm geschwinder folgt, als er ihr flieht, zu der Seite geführt, nach welcher er schon geht. Dies ist die unwirksame Rolle der Unruhe, die aber für das Rad wirksam wird.

Die beiden Gabelzinken oder Hälften des Halbmondes f und g , werden während der gewöhnlichen Thätigkeit der Hebung nichts zu thun haben, und beim Vorübergehen des Zahnes r , von diesem nicht berührt. Ihr Vorhandensein sichert aber die Wirkung des Zahnes, daß er in die Kerbe zurücktritt, wenn die Unruhe zurückschwingt; beschützt ihn auch gegen die Wirkung eines zufälligen Stoßes, der ihn aus seiner Lage bringen könnte, wenn das Stück d verhindern würde, sich gerade vor die Höhlung in der Rolle $b c$ der Unruhe in dem Augenblicke zu befinden, wo die Schwingung diese zurückführt; die Gabel würde in diesem Falle dadurch zu Hülfe kommen, daß sie vom Zahne r berührt und auf die zweckmäßigste Weise geführt würde.

160. Sobald die Hebung zu Ende ist, wird das ganze System, oder die Zusammensetzung des Ankers und der Gabel, durch die beiden Stifte i und s gehalten, welche die ganze Ausdehnung der Bewegungen des Ankers und der Gabel bestimmen. Der folgende Zahn des Hemmungsrades wird dann in Ruhe gebracht sein; die Unruhe setzt ihre Schwingung frei fort, den Zahn r , der so eben die zwei erwähnten Rollen gespielt hat, mit sich führend. Am Ende des Schwingungsbogen wird, wenn dieser zu groß würde, der Zahn r noch eine dritte Rolle spielen, nämlich der äußern Seite der Gabelzinke begegnen, gegen welche er schwingt, und auf diese Weise das sogenannte Ausschwenken verhüten.

Beim Zurückschwingen geht der Zahn r in die Kerbe der Gabel, und spielt in entgegengesetzter Richtung dieselbe doppelte Rolle, sowohl die wirksame, als auch die unwirksame, welche er bei der vorhergehenden Schwingung gespielt hat; er löst auf der einen Seite aus, erhält gleich darauf einen Stoß von der andern Seite, und setzt auf diese Weise seine Schwingung fort.

161. Man muß bemerken, daß der Durchgang des Zahnes r durch die Kerbe der Gabel eben so lange dauert, als der Durchgang des Stückes d durch die Höhlung der Rolle, welche auf der Achse der Unruhe sitzt. Dieses Stück d , es möge nun durch die Höhlung gehen, oder nach diesem Durchgange auf der einen oder andern Seite der Rolle in Ruhe verbleiben, berührt die Höhlung gar nicht, sondern kommt ihr nur sehr nahe, und wird auf diese Weise auf seiner Wanderung oder in seiner Ruhe geleitet, in dem Falle, daß ein äußerer Stoß zur Störung des Spieles der Hemmung beitragen sollte, und besonders, damit der Zahn r , wenn er zurückkehrt zwischen die Gabelzinken, ganz frei gehen könne, ohne daß es zu befürchten

stände, daß er gegen die Enden derselben stieße oder hinter diese zurückgehe. Ohne diese Einrichtung würde die Gabel durch eine äußere Bewegung der Uhr, die in der Ebene der Gabel geschäbe, ausschwenken können, wodurch die Uhr natürlicher Weise stehen bleiben würde.

162. Fig. 2 zeigt, wie wir bemerkt haben, die Hemmung im Profil. *AA* ist das Hemmungsrade, welches nur mit Punkten bezeichnet ist; *XZ* der Anker, *G* die Gabel, *H* die Achse der Unruhe, welche den Zahn *r* trägt, der den Stoß von der Kerbe *nn*, Fig. 1, erhält; *bc* zeigt den Theil, der das Ausschwenken vermittelst des Stückes *d* verhindert.

163. Nachstehenden Regeln muß man folgen, um diese Hemmung gut auszuführen:

1°. Um die Entfernung zwischen dem Mittelpunkte des Rades und dem Punkte zu bestimmen, um welchen die Bewegung des Ankers geschieht, zieht man von der Mitte dieses Rades bis an den äußersten Punkt einer seiner Zähne eine gerade Linie *ka* oder einen Radius zum Rade. Nun zieht man einen andern Radius *ke*, welcher sich in der Mitte des dritten Zwischenraumes endigt, vom Zahne *a* gerechnet, den wir so eben genannt haben. Darauf zeichnet man die Peripherie des Rades zwischen diesen beiden Radien.

Auf dem Ende des ersten Radius *ka* zieht man eine gerade Linie *ah* von unbestimmter Länge senkrecht auf den Radius, oder eine Tangente zur Peripherie des Rades.

Auf dem Ende des zweiten Radius errichtet man eine senkrechte Linie *ep*, die der ersten in einem Punkte *q* begegnet; dieser Punkt ist der Mittelpunkt für die Bewegung des Ankers.

2°. Die Entfernung von der äußeren bis zur inneren Ruhe, bei den Hebeflächen des Ankers, oder von a bis e , muß gleich dem Bogen sein, der die Entfernung zwischen zwei auf einander folgenden Zähnen einnimmt, $2\frac{1}{2}$ Mal genommen, wie Fig. 1 zeigt.

3°. Die Ruheflächen ax und ez müssen concentrisch mit der Achse des Ankers sein. Man könnte sie ein wenig schräg machen, um das Spiel der Hemmung so sicher als möglich zu machen, dieses würde aber ein kleines Zurückweichen des Rades verursachen).

4°. Jede der schiefen Ebenen (Hefeflächen) des Ankers, muß eine Neigung von wenigstens 5 Gr. haben, so daß der Bewegungsbogen der Gabel nicht unter 10 Grad wird.

Die Bestimmung der Entfernung zwischen den Bewegungsmittelpunkten des Ankers und der Unruhe geschieht auf folgende Weise:

5°. Die Gabel muß eine Hebung der Unruhe von wenigstens 40 Gr. bewirken. Daher muß man den Anker, wenn er fertig ist, an seinen Platz stellen, und ihn in Wirksamkeit treten lassen. Siehe Fig. 3. Durch zwei Linien oder Radien, die von dem Mittelpunkte des Ankers ausgehen, bemerkt man die Größe des Weges, den die Gabel durchläuft, an der Stelle, wo die Unruhachse ist, als Folge der Hebung des Ankers durch das Rad. Nachdem man eine gerade Linie von der Achse der Unruhe bis zum Mittelpunkte der Bewegung des Ankers gezogen hat, zieht man von der Unruhachse, auf beiden Seiten der Mittelpunktslinie, Linien, die einen Winkel von 20 Gr. mit dieser, und von 40 Gr. unter einander, bilden. Die Durchschnittspunkte dieser Linien mit den beiden Radien, vom Mittelpunkte des Ankers gezogen, zeigen an, wie groß die Entfernung des Zahnes r , von

seinem Berührungspunkte an gerechnet), bis zum Mittelpunkte der Achse der Unruhe sein soll um eine Hebung von 40° zu bewirken.

Oder was dasselbe ist: die Entfernung vom Mittelpunkte des Ankers bis zum Führungspunkte des Zahnes r muß beinahe 4 (3,9) Mal größer sein, als die Entfernung vom Mittelpunkte der Achse der Unruhe bis zum Führungspunkte des Zahnes r , wenn eine Hebung der Unruhe von 40° verlangt wird, und die Hebeflächen des Ankers 5° inclinirt sind.

6°. Die Länge der schiefen Ebenen des Ankers, welche die Hebeflächen bilden, muß etwas kleiner sein, als die Hälfte der Entfernung von dem einen Zahne des Rades bis zum folgenden.

7°. Die vorderste Seite der Hemmungradzähne hat eine bedeutende Neigung, welche zwischen das Centrum und die Peripherie des Rades hin gerichtet ist; die Zähne müssen auch am Ende etwas schräg sein, ungefähr 5° .

8°. Der Arm des Ankers spielt zwischen den Stiften i und s und stützt sich auf dieselben, nachdem die Hebung bewirkt ist, welches das Ausschwenken der Unruhe verhütet.

164. Die Zähne des Rades müssen von der hinteren Seite ausgehöhlt sein, damit der Anker etwas zwischen die Zähne hineingehen kann, ohne sie zu berühren. Man thut wohl, die Zähne am Ende ihre volle Dicke behalten zu lassen; auf diese Weise wird der Zahn breit genug um einen kleinen Einschnitt oder ein kleines Loch darin zu machen, worin sich das Del halten und lange flüßig bleiben kann.

Der Anker und die Gabel, welche von Zapfen getragen werden, müssen in vollkommenem Gleichgewichte sein.

Das Rad kann aus Messing gemacht werden, oder noch besser, aus einer wohl gehämmerten Mischung von ungefähr $\frac{2}{3}$ reinem

Silber und $\frac{1}{3}$ 18 karäth. Gold, und die Hebeflächen des Ankers von Rubin. Wenn die Gabel aus Messing, oder vorzüglich aus der erwähnten Metallmischung, verfertigt, und der Zahn *r* Fig. 1, aus Rubin gemacht wird, erreicht man den großen Vortheil, das Del beim Zahne entbehren zu können.

Tab. X zeigt die Anker- oder Gabelhemmung, so wie sie die Fabrikarbeiter in Liverpool zu verfertigen pflegen; da sie aber der jetzt beschriebenen nachsteht, so halten wir es für überflüssig, dieser ausführlicher zu erwähnen, um so mehr, da eine Betrachtung der Zeichnung hinreichend sein wird, um die Einrichtung derselben zu verstehen.



Achtes Kapitel.

Beschreibung zweier freien Hemmungen für Secuhren und
Taschenchronometer.

(Tab. VIII und IX.)

Erster Abschnitt.

Beschreibung von Arnold's freier Hemmung.

165. Die freie Hemmung ist diejenige, welche man in Secuhren und Taschenchronometern gebraucht; sie hat den in Nr. 147 erwähnten Vortheil, daß die Schwingungen in derselben mit überaus großer Freiheit geschehen, da die Unruhe nicht durch den Druck des Hemmungsrades gegen ihre Achse gestört wird, wie man aus nachfolgender Beschreibung sehen wird, und wie es immer mehr oder weniger mit den ruhenden Hemmungen der Fall ist. Bei der freien Hemmung kann die Unruhe sehr große Schwingungsbogen beschreiben, und also ein bedeutendes Bewegungsmoment haben; diese Hemmung hat ferner die unschätzbare Eigenschaft, keines Oeles zu bedürfen. Die, welche hier beschrieben werden soll, ist nach Arnold's Principien und gerade dieselbe, welche er zu seinen größeren und kleineren Längenuhren gebraucht.

166. Tab. VIII, Fig. 1 und 2 zeigt den Grundriß und das Profil der Hemmung. *A* in Fig. 1 ist das Hemmungsrad, welches durch seine Bewegung von *r* nach *s* mit der gekrümmten oder abgerundeten Seite seiner Zähne auf den Einschnitt *uv* des Kreises *B* wirken kann, der von der Achse der Unruhe getragen wird, wie man in Fig. 2 sieht, wo *aa* diese Achse zeigt. *oo*, Fig. 1, ist eine biegsame und überaus elastische Feder, die einen Sperrzahn *c* trägt, der dazu dient, die Bewegung des Hemmungsrades zu heben oder aufzuhalten, indem er sich auf eine passende Weise den Zähnen dieses Rades widersetzt. Das Rad ist nämlich so ausgedreht, daß sich der hervorstehende Theil der Zähne inwendig gegen den Sperrzahn *c* stützt, wie man in Fig. 2 sieht, wo der Radzahn *r* den Sperrzahn *c* berührt, dessen unterster Theil gegen den Boden des Rades hin einen passenden Spielraum hat. Das Ende der Hemmungsfeder *oo*, welches von der Achse der Unruhe am entferntesten ist, ist durch eine Schraube und einen Stift (Fuß) an den Kleinboden der Uhr befestigt, und bleibt daher unbeweglich, während der Theil der Hemmungsfeder, welcher nahe an der Achse der Unruhe ist, sich durch Biegung der Achse des Hemmungsrades nähern kann. Durch diese Bewegung wird der Zahn des Hemmungsrades vom Sperrzahne *c* ausgelöst, und kann sich auf diese Weise frei in der Richtung von *r* nach *s* bewegen. Der Steg *D* Fig. 1, hat, wie die Zeichnung andeutet, eine Stellschraube, gegen welche sich der Sperrzahn *c* stützt, und welche die Hemmungsfeder aufnimmt, wenn diese, nachdem sie sich gegen den Mittelpunkt des Hemmungsrades gebogen hat, um dieses auszulösen, vermittelst ihrer Schnellkraft wieder ihre vorige Lage einnimmt. Auf diese Weise kann sich die Lage des Sperrzahnes gar nicht mit Rücksicht auf das Hemmungsrad und die

Achse der Unruhe verändern. In die Hemmungsfeder ist eine kleine sehr schwache und vorzüglich elastische Feder (Auslösungsfeder) *nn* befestigt, die sich gegen das Ende dieser Feder stützt; der Zahn *e*, welcher von der Rolle *C* getragen wird, die an die Achse der Unruhe befestigt ist, wie man in Fig. 1 und 2 sieht, kann auf das Ende der kleinen Feder wirken. Wenn die Bewegung der Rolle *C* in der Richtung von *u* nach *o*, Fig. 1, geschieht, so wird der Zahn *e* die Feder *nn* nur biegen, und vorbeigehen, ohne eine andere Wirkung hervorzubringen; wenn die Bewegung der Rolle *C* dagegen in der Richtung von *o* nach *u* geschieht, wird der Zahn, indem er auf *nn* wirkt, die Hemmungsfeder *oo* gegen den Mittelpunkt des Hemmungsrades biegen.

167. Nach der Beschreibung der verschiedenen Theile dieser Hemmung in der vorigen Nummer, ist es leicht das Spiel derselben zu fassen.

Das Hemmungsrad *A* sucht sich vermittelst der Wirkung des Räderwerkes in der Richtung von *r* nach *s* zu bewegen; der Zahn *c* der Hemmungsfeder *oo* aber, gegen welchen sich der Radzahn *r* stützt, verhindert diesen weiter zu gehen. Während die Unruhe in der Richtung von *u* nach *o* schwingt, hat die Rolle *C*, welche an die Achse der Unruhe befestigt ist, dieselbe Bewegung wie diese, und indem der Zahn *e* die kleinere Feder *nn* biegt, geht er ohne weitere Wirkung vorbei; durch die Einwirkung der Spiralfeder schwingt nun die Unruhe in einer, der ersten Schwingung entgegengesetzten Richtung von *o* nach *u*; nun wird aber der Zahn *e*, indem er auf die kleinere Feder *nn* wirkt, welche sich an die Hemmungsfeder lehnt, diese hinlänglich biegen, so daß der Zahn *c*, indem er sich auf diese Weise dem Mittelpunkte des Hemmungsrades nähert und den

Radzahn auslöst, der sich an ihn lehnte, das Hemmungsrad frei vorbeigehen lassen kann, damit dieses mit dem Radzahne s auf den Einschnitt uv des Kreises B wirken, und also der Unruhe den nothwendigen Stoß geben kann, um ihre Bewegung oder ihre Schwingungen zu unterhalten. Man sieht, daß die Unruhe bei dieser Hemmung nur bei jeder zweiten Schwingung einen Stoß vom Hemmungsrade erhält.

168. Die Regeln für die Construction dieser Hemmung sind folgende:

1°. Der Durchmesser des Kreises B , muß doppelt so groß sein, als die Entfernung zwischen zwei Zahnsitzen des Hemmungsrades, oder: der Radius des Kreises B muß der Entfernung zwischen zwei Radzähnen gleich sein, von der Spitze des einen, bis zur Spitze des andern gerechnet.

2°. Der Sperrzahn e , welcher die Bewegung des Hemmungsrades aufhebt, muß die Neigung haben, welche die Zeichnung angiebt, damit die Neigung dieses Zahnes eine ganz kleine Zurückweichung des Hemmungsrades bewirken kann, während sich die Hemmungsfeder durch die Wirkung des Zahnes e biegt, um das Rad auszulösen. Auf diese Weise wird die Hemmungsfeder das Hemmungsrad mit größt möglicher Sicherheit aufhalten, indem sich der Sperrzahn ein wenig in die Zähne desselben festhaken wird. Ohne diese Vorsicht könnte es zuweilen eintreffen, daß der Radzahn, welcher hätte gehemmt werden sollen, mittelst einer zitternden Bewegung der Hemmungsfeder dem Sperrzahne vorbeigleiten könnte, und in diesem Falle würde der Radzahn unweit des Kreises B gegen den Umkreis desselben fallen, welches große Unregelmäßigkeit in dem Gange der Uhr hervorbringen würde, wie man leicht einsieht.

3°. Die kleine Feder *nn* kann auf solche Weise gestellt werden, daß sie gegen den Mittelpunkt des Kreises *B* oder der Rolle *C* gerichtet ist. Damit das Spiel der Hemmung desto sicherer sein kann, ist es übrigens vorzuziehen, den Zahn *e* lieber ein wenig vor der Mittelpunktslinie wirken zu lassen, als hinter derselben, wenn dies geschieht, um das Hemmungsrad auszulösen, und daher kann sich das Ende der kleinen Feder *nn*, gegen welches der Zahn *e* wirkt, ein wenig, doch beinahe unmerklich von der Mittelpunktslinie nach der Seite entfernen, wo es nöthig thut.

4°. Der Einschnitt des Kreises *B*, d. h., die Ebene, welche die Stöße vom Hemmungsrade empfängt, muß gegen den Mittelpunkt des Kreises *B* hin gerichtet sein, oder muß in gleicher Richtung mit dem Radius des Kreises *B* liegen.

5°. Der Hemmungskreis muß in Beziehung auf das Rad so angebracht sein, daß ein hinreichender Spielraum zwischen der Peripherie des Kreises und den Spitzen der zwei Zähne ist, welche den Kreis umfassen. Der Spielraum muß bei beiden Zähnen gleich sein, welches man durch eine passende Stellung des Sperrzahnes der Hemmungsfeder, erreicht.

6°. Die Krümmung der Radzähne muß so sein, daß diese so gleichmäßig als möglich führen, und daß das Rad unter der ganzen Führung so viel als möglich senkrecht auf den Einschnitt im Kreise *B* wirkt.

7°. Die Lage des Einschnittes *uv* mit Rücksicht auf den kleinen Auslösungszahn *e* muß so beschaffen sein, daß das Hemmungsrad, nachdem es vom Sperrzahne *e* ausgelöst ist, mit seinem Zahne so gegen den Einschnitt falle, als es die Sicherheit erfordert. Dieser Fall muß in einem Chronometer, der getragen wird,

etwas größer sein, als in Seeuhren, die in Compassuspensionen hängen, den sogenannten Borchronometern, weil diese weniger kreisförmigen Bewegungen in der Ebene der Unruhe ausgesetzt sind, als die Taschenchronometer.

8°. Der kleine Zahn *e* muß die Hemmungsfeder hinreichend auslösen, d. h., eine gehörig starke Hebung bewirken, damit diese Feder nicht eher gegen die Schraube im Stege *D* zurückfalle, als in dem Augenblicke, wo sich der ausgelöste Radzahn ungefähr ein Viertel des Abstandes zwischen zwei Radzähnen von dem Sperrzahne *c* entfernt hat.

9°. Die Hemmungsfeder muß sehr leicht sein, und nicht mehr Kraft oder Spannung haben, als erforderlich ist, um nach der Wirkung des Auslöszahnes *e* mit der nöthigen Geschwindigkeit gegen die Stellschraube *D* zurückzufallen; denn sonst würde die Unruhe einen zu großen Widerstand erleiden, bei der Auslösung der Hemmungsfeder, welches die Bewegung des Regulators mehr oder weniger stören würde. Die kleine Feder *nn* muß aus demselben Grunde sehr schwach sein. Die biegsame Stelle der Hemmungsfeder, muß an dem, von der Achse der Unruhe, entferntesten Theile sein; dasselbe gilt von der kleinen Feder *nn*.

10°. Die Stells oder Anschlagschraube in *D* muß so weit als möglich in den Mittelpunkt des Stoßes der Hemmungsfeder gestellt sein, d. h., so, daß der Stoß der Hemmungsfeder gegen diese Schraube leichter gehoben werden wird, und daß man einem beständig schädlichen Zittern der Hemmungsfeder vorbeugt.

Anmerkung. Die Kraft der Hemmungsfeder und der kleinen Feder *nn* so wie der Platz für die Anschlagschraube in *D* können nicht durch Regeln bestimmt werden. Der mehr oder

weniger glückliche Ausfall hängt in dieser Rücksicht von der praktischen Fertigkeit und der feinen Genauigkeit des Künstlers ab.

169. Um diese Hemmung möglichst vollkommen und dauerhaft zu machen, muß man das Rad aus Messing und den Sperrzahn *e* aus hartem Stein, entweder aus Rubin oder orientalischen Saphir, verfertigen; der kleine Zahn *e* muß auch von Stein sein, und die kleine Feder *nn* aus Gold oder Messing bestehen. Der Einschnitt im Kreise *B* kann passend mit einer Palette von Stein versehen werden. Es ist sehr notwendig, daß die scharfen Kanten dieser Steine wohl abgerundet sind, besonders da wo Reibungswiderstand statt findet. Man sieht ein, wie vortheilhaft es ist, um jede Abnutzung zu verhüten, die Paletten von harten Steinen zu machen, oder wenn sie von Stahl sind, so gut als möglich zu härten, und die Stellen, wo die Reibung statt findet, im höchsten Grade zu poliren.

Zweiter Abschnitt.

Beschreibung von Carnshaw's freier Hemmung.

170. Tab. IX, Fig. 1 und 2, zeigt den Grundriß und das Profil der Hemmung. *A* Fig. 1, ist das Hemmungsrad, welches durch seine Bewegung in der Richtung von *s* nach *r* mit der geradlinigten, schrägen Seite seiner Zähne auf den Einschnitt *uv* des Hemmungskreises *B* wirken kann, der von der Achse der Unruhe getragen wird, wie man in Fig. 2 sieht, wo *aa* diese Achse zeigt. *oo*, Fig. 1, ist eine sehr biegsame und elastische Feder, die einen Sperrzahn *e* hat, der dazu dient, das Hemmungsrad zu hemmen oder aufzuhalten, indem

er auf passende Weise den Zähnen dieses Rades widersteht, wie man Fig. 1 und 2 sieht, wo sich der Radzahn *r* an den Zahn *c* der Hemmungsfeder lehnt. Das Ende der Hemmungsfeder *oo*, von der Achse der Unruhe am entferntesten, ist mittelst zweier Schrauben, an einen kleinen Steg befestigt, der auf dem Kleinboden der Uhr angebracht ist, und wird auf diese Weise unbeweglich, während sich der Zahn *c* auf dem Theile der Hemmungsfeder, welcher der Achse der Unruhe nahe ist, durch das Biegen der Feder von dem Mittelpunkte des Hemmungsrades entfernen kann. *) Der Steg *D*, Fig. 1, hat eine Anschlagsschraube, und gegen den Kopf derselben lehnt sich die Hemmungsfeder unweit des Sperrzahnes *c*, wie die Zeichnung zeigt; derselbe Kopf der Schraube nimmt die Hemmungsfeder auf, wenn diese, nachdem sie gebogen ist um das Hemmungsrade auszulösen, vermöge ihrer Elasticität ihre vorige Lage wieder einnimmt. Auf diese Weise kann sich die Lage des Sperrzahnes keinesweges mit Rücksicht auf das Hemmungsrade und die Achse der Unruhe verändern. Auf der Hemmungsfeder *oo* ist eine kleine und sehr elastische Feder *nn* (die Auslösungsfeder) befestigt, welche gegen das Ende der Hemmungsfeder anliegt; der Zahn *e*, welcher von der Rolle *C* getragen wird, die an die Achse der Unruhe befestigt ist, wie man in Fig. 1 und 2 sieht, wirkt auf das Ende dieser Feder. Wenn die Bewegung der Rolle *C* in der Richtung von *o* nach *v*, Fig. 1, geschieht, wird der Zahn *e* nur die kleine Feder *nn*

*) In Arnold's Hemmung nähert sich der Zahn der Hemmungsfeder dem Hemmungsrade, indem sich die Feder biegt; in Carnshaw's Hemmung dagegen entfernt sich die Hemmungsfeder vom Mittelpunkte des Hemmungsrades, indem sie sich biegt, um das Hemmungsrade auszulösen, so daß es in der Richtung von *s* nach *r* frei geht.

biegen, und ohne weitere Wirkung vorbeigehen; wenn dagegen aber die Bewegung der Rolle *C* in der Richtung von *v* nach *o* geschieht, wird der Zahn, indem er auf *nn* wirkt, die Hemmungsfeder *oo* biegen, während er dieselbe von dem Mittelpunkt des Hemmungsrades entfernt.

171. Nachdem wir in der vorigen Nummer die Theile dieser Hemmung beschrieben haben, ist es leicht, das Spiel derselben zu fassen. Das Hemmungsrad *A* sucht sich durch die Wirkung des Räderwerkes in der Richtung von *s* nach *r* zu bewegen; der Zahn *e* der Hemmungsfeder *oo* aber, verhindert das Rad weiter zu gehen, indem sich der Radzahn *r* gegen denselben lehnt. Während die Unruhe in der Richtung von *o* nach *v* schwingt, wird die Rolle *C*, welche an die Achse der Unruhe befestigt ist, dieselbe Bewegung wie diese haben, und der Zahn *e* wird, indem sich die Auslösungsfeder *nn* biegt, ohne irgend eine andere Wirkung vorbeigehen; die Unruhe schwingt vermittelst der Spiralfeder, in einer der ersten Schwingung entgegengesetzten Richtung, von *v* nach *o*, jetzt aber wird der Zahn *e*, durch seine Wirkung auf die Auslösungsfeder *nn*, welche sich an die Hemmungsfeder *oo* lehnt, diese hinlänglich biegen, damit der Sperrzahn *e*, indem er sich vom Hemmungsrade entfernt, und den Radzahn auslöst, der sich gegen diesen stützt, das Hemmungsrad frei vorbeigehen lassen kann, so daß dieses mit dem Zahne *s* auf den Einschnitt *uv* des Hemmungskreises wirken, und auf diese Weise der Unruhe den nöthigen Stoß geben kann, um die Bewegung oder Schwingung derselben zu unterhalten. Man sieht, daß die Unruhe vermittelst dieser Hemmung, eben so wie vermittelst Arnold's, nur bei jeder zweiten Schwingung einen Stoß vom Hemmungsrade bekommt.

172. Die Regeln für die Construction dieser Hemmung sind folgende:

1^o. Der Durchmesser des Kreises *B* muß doppelt so groß sein, als die Entfernung zwischen zwei Zahnspitzen des Hemmungsrades, oder: der Radius des Kreises *B* muß der Entfernung zweier Zähne gleich sein, von den Spitzen derselben gerechnet.

2^o. Der Sperrzahn *c*, welcher die Bewegung des Hemmungsrades aufhebt, muß die Neigung haben, welche die Zeichnung, Fig. 1, zeigt, so daß diese Neigung des Sperrzahnes eine ganz kleine Zurückweichung des Hemmungsrades bewirken kann, während sich die Hemmungsfeder durch die Wirkung des Zahnes *e* biegt, um das Rad auszulösen. Auf diese Weise wird die Hemmungsfeder das Hemmungsrad mit der größten Sicherheit anhalten, da sich die Zähne desselben ein wenig in den Sperrzahn hineinhaken werden. Ohne diese Vorsichtsregel zu beobachten, könnte es zuweilen eintreffen, daß der Radzahn, welcher hätte gehemmt werden sollen, vermittelt einer zitternden Bewegung der Hemmungsfeder dem Sperrzahne entgehen könnte, und in diesem Falle würde der Radzahn, welcher dem Kreise *B* am nächsten ist, gegen den Umkreis desselben fallen, welches, wie man leicht einsieht, eine Unregelmäßigkeit im Gange der Uhr verursachen würde.

3^o. Die Auslösungsfeder *nn* kann auf solche Weise gestellt werden, daß sie gerade gegen den Mittelpunkt des Kreises *B* oder der Rolle *C* gerichtet ist. Der Sicherheit wegen ist es übrigens besser, daß der Zahn *e* ein wenig vor der Mittelpunktlinie wirkt, als hinter derselben, wenn das Hemmungsrad ausgelöst werden soll; und daher kann sich das Ende der Aus-

lösungsfeder nn , gegen welches der Zahn e wirkt, ein wenig, doch beinahe unmerklich, von der Mittelpunktslinie nach der Seite entfernen, wo es nöthig thut.

4°. Der Einschnitt im Kreise B , d. h. die Ebene, welche die Stöße vom Hemmungsrade empfängt, muß senkrecht gegen die Mitte des Radius des Kreises gerichtet sein, oder die Neigung haben, welche die Zeichnung zeigt.

5°. Der Kreis B muß in Beziehung auf das Rad so gestellt werden, daß zwischen der Peripherie dieses Kreises und den Spitzen der beiden Zähne, die den Kreis umfassen, ein hinreichender Spielraum sein kann. Der Spielraum muß an beiden Zähnen gleich sein, welches durch eine passende Stellung des Sperrzahnes der Hemmungsfeder erreicht wird.

6°. Die Radzähne müssen so beschaffen sein, daß die Führung möglichst gleichmäßig geschieht; man muß ihnen zu diesem Zwecke die Neigung geben, welche die Zeichnung andeutet.

7°. Die Lage des Einschnittes uv in Beziehung auf den Zahn e muß so sein, daß das Hemmungsrad, nachdem es vom Sperrzahne e ausgelöst ist, mit seinen Zähnen, mit einem zur Sicherheit hinreichenden Falle, gegen den Einschnitt fallen kann. Dieser Fall muß bei den Chronometern, die getragen werden, ein wenig größer sein, als bei Seeuhren, die in Compaßsuspensionen hängen, weil diese nicht so leicht, als die Taschenchronometer, kreisförmigen Bewegungen in der Ebene der Unruhe ausgesetzt sind.

8°. Der kleine Zahn e muß die Hemmungsfeder hinlänglich auslösen, d. h., eine hinreichend starke Hebung hervorbringen, damit die Hemmungsfeder nicht eher gegen die An-

schlagschraube zurückfalle, als in dem Augenblicke, wo sich der ausgelöste Nadzahn ungefähr ein Viertel der Entfernung zweier Zahnspitzen von einander, vom Sperrzahne *c* entfernt hat.

9°. Die Hemmungsfeder muß sehr leicht sein, und darf nicht mehr Kraft oder Elasticität haben, als erforderlich ist, um nach der Wirkung des Zahnes *c* mit der nothwendigen Geschwindigkeit gegen die Anschlagsschraube *D* zu fallen; denn sonst würde die Unruhe zu großen Widerstand bei der Auslösung der Hemmungsfeder erleiden, welches die Bewegung des Regulators mehr oder weniger stören würde. Die Auslösungsfeder *nn* muß ferner aus demselben Grunde sehr schwach sein. Die biegsame Stelle der Hemmungsfeder muß möglichst weit von der Achse der Unruhe entfernt sein; dasselbe gilt von der Auslösungsfeder *nn*.

10°. Die Anschlagsschraube *D* muß so viel als möglich in den Mittelpunkt des Stoßes der Hemmungsfeder gestellt werden; denn auf diese Weise wird der Schlag derselben gegen die Schraube am besten vernichtet, und man verhütet bei der Hemmungsfeder ein Zittern, das immer schädlich ist.

173. Um diese Hemmung möglichst vollkommen und dauerhaft zu machen, wird das Rad aus Messing verfertigt, oder noch besser, aus einer wohlgehämmerten Mischung von ungefähr $\frac{2}{3}$ reinem Silber und $\frac{1}{3}$ 18-karäthigem Golde. Es ist ebenfalls gut, daß die Hebung, Auslösung und Ruhe von harten Steinen sind, entweder aus Rubin oder orientalischem Saphir. Wenn man die Auslösungsfeder von Gold oder Messing macht, verhütet man den Rost, welcher am Ende dieser Feder entsteht, wenn sie von Stahl ist. Diese Hemmung bedarf keines Oeles.

174. Wir sehen also aus der Beschreibung dieser beiden freien Hemmungen, daß der Druck des Hemmungsrades in Arnold's nach der Längenrichtung der Hemmungsfeder geschieht, während der Druck des Hemmungsrades in Earnshaw's Hemmung dagegen gegen die Längenrichtung dieser Feder geschieht. Mehrere Künstler haben daher gefürchtet, daß die sehr schwache Hemmungsfeder, in Earnshaw's Hemmung keine so sichere Haltung haben sollte, als in Arnold's. Die Erfahrung hat indessen bewiesen, das Earnshaw's Hemmung, wenn sie gut gefertigt ist, alle mögliche Sicherheit darbietet, und diese gebraucht man jetzt auch am meisten in den Chronometern; sie hat vielleicht Vorzüge vor Arnold's, in so fern sie geringern Reibungswiderstand hat, sich nicht so leicht anhalten läßt, und etwas leichter zu fertigen ist.

Neuntes Kapitel.

Von der ruhenden Ankerhemmung zu Pendeluhren.

(Tab. XII.)

175. Diese Hemmung ist von Graham erfunden. Da sie überaus bekannt ist, wird es überflüssig sein, sich bei der Beschreibung derselben aufzuhalten. Wir werden daher bloß die Regeln angeben, wornach man sie verfertigen muß.

Regeln, welche bei der Verfertigung der ruhenden Ankerhemmung zu beobachten sind.

176. 1°. Den Abstand vom Mittelpunkte der Bewegung des Ankers bis zum Mittelpunkte des Hemmungsrades zu bestimmen.

Der Abstand zwischen dem Mittelpunkte des Hemmungsrades und dem Bewegungsmittelpunkte des Ankers, ist von der Anzahl Zähne abhängig, welche der Anker umfassen soll; soll er viele Zähne umfassen, so wird dieser Abstand groß, sollen dagegen nur wenige Zähne umfaßt werden, so wird der Abstand geringer. Man läßt den Anker gewöhnlich nur wenige der Radzähne umfassen, wenn man eine starke Hebung bei

der Hemmung bezweckt, eine größere Anzahl dagegen, wenn man nur eine kleine Hebung, z. B. von 1 Gr. haben will.

Nachdem der Durchmesser des Rades, die Anzahl der Zähne desselben und die Anzahl der Zähne, welche die Paletten fassen sollen, bestimmt sind, beschreibe man einen Kreis, der durch alle Zahnspitzen geht, und bezeichne auf diesem Kreise an den Stellen, welche durch die Entfernung der Paletten von einander bestimmt sind, die Dicke dieser letzten, welche, wenn man nichts für den Fall rechnet, für jede Palette immer der Hälfte des Raumes zwischen zwei Zahnspitzen gleich sein muß. Nachdem dies geschehen ist, ziehe man zwei gerade Linien zwischen den Punkten, welche auf dem umschriebenen Kreise die Dicke der Paletten bezeichnen; diese Linien werden die Sehnen der Kreisbogen sein, welche sie bespannen. Man verlängere diese beiden Linien, bis sie einander durchschneiden; ihr Durchschnittspunkt wird dann das Centrum der Bewegung für die Paletten sein.

Um endlich die bogenförmigen Seiten der Paletten zu verzeichnen, beschreibe man aus dem Bewegungscentrum, das auf die angeführte Weise gefunden ist, als Mittelpunkt, zwei Kreisbogen, welche den umschriebenen Kreis in den vier Punkten schneiden, welche den Platz und die Dicke der Paletten angeben.

Um dieses deutlicher zu machen, sei *A* Fig. 1, Tab. XII, ein Hemmungsrad mit 15 Zähnen, zu welchem man zwei Paletten für die ruhende Hemmung anbringen will, welche 6 Zähne umfassen, oder den Theil des Kreises einnehmen sollen, der zwischen 7 Zahnspitzen liegt. Man beschreibe einen Kreis um das Rad, der durch alle Zahnspitzen geht; theile jeden der Räume *ce* und *br* in zwei gleiche Theile in den Punkten *z* und *s*;

ziehe die geraden Linien cz und rs , und verlängere sie, bis sie einander in i begegnen; der Punkt i wird dann das wahre Bewegungscentrum der Paletten sein.

Vom Punkte i ausgehend, ziehe man die beiden Kreisbogen kl und mn , welche den umschriebenen Kreis in den Punkten c, z und r, s durchschneiden; die bogenförmigen Ruheflächen der Paletten werden nach diesen Kreisbogen gebildet; denn die innere Ruhe wird ein Theil des kleineren Kreisbogens, die äußere ein Theil des größeren.

Da dieses Verfahren in der Praxis wegen der kleinen Entfernung, die zwischen den Punkten ist, welche die Dicke jeder Palette angeben, sehr beschwerlich, um nicht zu sagen, unmöglich wäre, mit Ausnahme des Falles, wo die Räder sehr groß wären: so ist es besser, nachdem man die Stelle für die Paletten auf dem Umkreise des Rades bestimmt hat, wie oben erwähnt ist, vom Mittelpunkte desselben ausgehend, die zwei Radien xu und $u'x$ zu ziehen, welche die Bogen rs und cz , welche die Dicke der Paletten bezeichnen, in zwei gleiche Theile theilen, und indem man von den Punkten u und u' ausgeht, wo diese Linien den Kreis durchschneiden, die beiden Senkrechten uw und $u'w$ zu ziehen, welche die Tangenten des Kreises sein werden. Nachdem dies ausgeführt, ziehe man die Linien rsi und csi gleichlaufend mit den beiden Linien uw und $u'w$, und der Punkt i , wo sie einander begegnen, wird das Bewegungscentrum der Paletten sein, das mit dem zusammenfallen muß, welches man ursprünglich gefunden hat; denn eine Sehne muß immer mit einer Tangente gleichlaufend sein, die den Kreis in einem Punkte berührt, der in der Mitte zwischen den Punkten liegt, in welchen die Sehne den Kreis schneidet. Dieses ist hier gerade der Fall; denn der Construction zufolge, ist der

Winkel xuw ein Rechter, und die Winkel $u'xr$ und $u'xs$, wenn wir uns die Linien xs und xr gezogen denken, sind gleich groß. Da die Sehne sr mit der Tangente $u'w$ gleichlaufend ist, so folgt daraus, daß die Linie oi , welche die verlängerte Sehne sr ist, mit derselben Tangente $u'w$ gleichlaufend sein muß. Ein ähnlicher Beweis kann für die Sehne cz geführt werden.

Wenn nicht von der äußersten Genauigkeit die Rede ist, so ist es, um die Entfernung zu bestimmen, worin der Mittelpunkt des Ankers von dem Mittelpunkte des Hemmungsrades gestellt werden soll, hinreichend, zwei Radien zu ziehen, welche die Dicke der Paletten auf dem um das Rad beschriebenen Kreise, in zwei gleiche Theile schneiden, und auf diesen Linien, von den Punkten, wo sie diesen Kreis schneiden, zwei senkrechte Linien zu errichten, deren Durchschnittspunkt das Bewegungscentrum der Paletten wird.

2^o. Um die Neigung der Hebeflächen der Paletten zu bestimmen, muß man vom Centrum des Ankers i die geraden Linien io und ip ziehen, welche einen Winkel oip bilden, halb so groß als der, den das Pendel durchlaufen soll; durch die Punkte tr , wo diese Linien die Bogen lt und nr schneiden, zieht man die gerade Linie rt , welche die Hebefläche rt bestimmt; man macht eine ähnliche Construction auf der andern Seite, indem man bemerkt, daß nachdem die Palette rt unter einem Winkel von 1 Gr. in das Rad eingetreten ist, die Palette ac außerhalb des Rades sein, und im Bessgriff stehen muß einzugreifen, wenn die andere aus dem Rade heraustritt.

Bei einer solchen Hemmung muß der Zahn r , wenn der Zahn c die Palette ac verläßt, den Kreisbogen nr nur sehr

wenig berühren, und weder auf die Ecke noch auf die Hebefläche fallen, worauf er nur allmählig wirken darf, so wie sich die Palette *rt* vom Rade entfernt, dasselbe gilt auch für die andere Seite.

3°. Die Dicke der Paletten, welche durch die Entfernung der concentrischen Kreisbogen von einander, als den Verlängerungen der Ruheflächen, bestimmt wird, muß etwas geringer sein, als die Hälfte des Zwischenraumes von einer Zahnspitze bis zur folgenden, um der Hemmung einen sehr geringen Fall zu geben, welcher erlaubt, daß, so wie die eine Palette aus dem Rade heraustritt, die andere hineintritt.

4°. Die äußere Seite der Radzähne muß ein wenig hohl sein, und die vorderste Seite oder Fläche muß die Neigung haben, welche die, diese Hemmung darstellende Zeichnung zeigt; dann wird sich der Zahn nur mit der Spitze gegen den Anker lehnen, welches nothwendig ist, damit die Paletten des Ankers nicht bei ihrem Eingreifen das Rad zum Zurückgehen bringen können.

177. Um die unter 1° angeführte Regel noch mehr zu erläutern, ist das Rad *A*, Fig. 1, mit nur 15 Zähnen gezeichnet. Denn in Fig. 2, wo das Rad *A* mit 30 Zähnen dargestellt ist (Der zu einer Secunden-Pendeluhr erforderlichen Anzahl), ist die Dicke der Paletten sehr gering, und der Theil des Kreises, den die Sehne bespannt, so klein, daß die Entfernung zwischen der verlängerten Sehne und der Tangente kaum sichtbar ist, woraus wiederum folgt, daß die Punkte *i* und *w* einander sehr nahe sind. In Fig. 1 dagegen, wo das Rad nur mit 15 Zähnen abgebildet ist, zeigt sich die Entfernung zwischen den Punkten *i* und *w* deutlicher.

178. Damit diese Hemmung dauerhaft sein könne, d. h., damit die fortgesetzte Reibung des Hemmungsrades gegen die Hebeflächen des Ankers und gegen die Ruheflächen nicht die geringste Abnutzung verursachen könne, ist es zweckmäßig:

1°. Das Hemmungsrad und den Anker in Löchern aus Rubin oder orientalischem Saphir gehen zu lassen, die nur wenig tief (kurz), wohl abgerundet und im höchsten Grade polirt sind. Es ist auch zweckmäßig, daß die Zapfen dieser Hemmungstheile mit ihren Ansätzen nicht gegen die Steine reiben, sondern daß sie nur mit dem abgerundeten Ende eine Steinplatte berühren;

2°. Den Anker mit zwei Hebeflächen von Rubin oder Saphir zu versehen, damit das Hemmungsrad nicht die geringste Abnutzung verursachen könne;

3°. Das Hemmungsrad zu justiren (d. h., die Entfernung zwischen den Zähnen desselben möglichst genau zu machen, so daß diese Entfernung überall gleich ist), und es darauf im Feuer zu vergolden, damit es nicht vom Oele angegriffen werde, und dieses sich auf solche Weise desto besser rein und fließend erhalten könne.

Sebntes Kapitel.

Entwürfe oder Risse u. s. w. zweier astronomischer
Pendeluhrn.

Tab. XVI, XVIII und XIX.

Erster Abschnitt.

Entwurf oder Riß einer astronomischen Pendeluhr mit ruhender Anker-Hemmung; Beschreibung des Mechanismus, welcher den Gang der Uhr während des Aufziehens unterhält, so wie einige Bemerkungen mit Rücksicht auf die Aufhängung des Pendels, und über einige verschiedene Methoden, Gleichzeitigkeit bei den Pendelschwingungen hervorzubringen.

179. Die Zeichnung von dieser Pendeluhr findet sich: Tab. XVIII und XIX. — Fig. 1 Tab. XVIII zeigt den eigentlichen Riß, oder das Werk, wie man es nach der Abnahme des Vorderboden sieht. a, a', a', a' sind die vier Pfeiler, welche die Entfernung beider Platten von einander bestimmen, und sowohl an den Groß- als auch an den Kleinboden vermittelst Schrauben befestigt sind, welches vor dem Festnieten der Pfeiler an den Großboden, den Vortheil hat, daß sich letzterer unter der Arbeit mit größerer Bequemlichkeit behandeln läßt, und außerdem besser eben gehalten werden kann. — Fig. 2

zeigt eine Seitenansicht der Uhr; sowohl in dieser, als auch in der vorigen Figur, ist *ab* die Walze (Cylinder), um welche die Schnur gewickelt ist, welche das Loth (Gewicht) trägt; die Achse der Walze endigt sich wie gewöhnlich in ein Viereck zum Aufziehen. *A* ist das Walzenrad, welches in das Getriebe *c* des Minutenrades *B* eingreift; letzteres greift wieder in das Getriebe *d* des Mittelrades *C*, welches das Getriebe *e* des, den Secundenzeiger tragenden, Hemmungsrades *D* führt.

Das Zeigerwerk (Vorlegewerk) sieht man in Fig. 2 von der Seite, und Fig. 3, Tab. XIX. von vorne. Der Minutenzeiger ist wie gewöhnlich auf dem Minutenrohre angebracht, das nur durch die Reibung auf der verlängerten Achse des Minutenrades festgehalten wird; die Stunden werden dagegen durch eine kleine Oeffnung am untern Theile des Zifferblattes, durch welche die anzugebende, auf der kleineren Scheibe oder dem Rade *H* eingravirte Stundenziffer gesehen werden kann, angezeigt. Diese Scheibe liegt nämlich dicht hinter dem großen Zifferblatte, nur mit so vielem Zwischenraum zwischen beiden, daß sie sich frei und ohne Berührung umdrehen kann; diese Umdrehung geschieht unter gleichförmigem Fortschreiten, da die Scheibe oder das Rad *H* von einem Getriebe geführt wird, weshalb es nöthig ist, die Oeffnung für die Stundenziffern im Zifferblatte so groß zu machen, daß drei derselben aufs Mal gesehen werden können, weil man sonst, wenn die Oeffnung nur so groß als Eine Stundenziffer wäre, zu gewissen Zeiten nur einen Theil dieser letzteren sehen könnte, nämlich beim Uebergang von der einen Stunde zur andern. Wenn drei Stundenziffern aufs Mal in der Oeffnung gesehen werden, bezeichnet man die anzugebende Stunde durch einen, auf dem großen Zifferblatt gravirten Strich oder Pfeil. — Die Scheibe mit den Stundenziffern könnte auch

so eingerichtet werden, daß sie für jede Stunde, bei der sechs-
zigsten Minute um eine Ziffer vorspränge, in welchem Falle die
Deffnung des großen Zifferblattes nur so groß als Eine Stun-
denziffer zu sein brauchte. Indessen hat das Eingreifen dies
vor der andern Methode mit den springenden Stunden voraus,
daß die Führung sanfter und gleichförmiger ist, so wie auch
weniger Reibung hat.

Der Gebrauch der Stundenziffern auf einer kleineren
Scheibe hinter der großen, gewährt den Vortheil, daß die Mi-
nuten und Secunden dadurch mehr hervorgehoben werden, indem
die großen Stundenziffern, die auf den gewöhnlichen Zifferblät-
tern angewandt werden, hier wegfallen, und es für den Astro-
nomen besonders von Wichtigkeit ist, die kleineren Zeittheile ge-
nau und deutlich unterscheiden zu können, wogegen die Stunde
fast immer als ihm bekannt angesehen werden kann, weshalb
diese auf dem Zifferblatt nicht vor den Minuten und Secunden
hervorgehoben werden darf.

Damit die Wirkung des Gewichts, oder der bewegenden
Kraft durch das Räderwerk und die Hemmung mit dem kleinst
möglichen Verlust, und der größt möglichen Gleichmäßigkeit dem
Regulator oder dem Pendel mitgetheilt werden kann, um die
Schwingungen desselben zu unterhalten, muß man mit Rücksicht
auf die Eingriffe vielen Fleiß und die größte Sorgfalt verwen-
den (122). Zur Bildung ebener (gleichförmiger) und guter
Eingriffe trägt nichts so viel bei, als die Räder und Getriebe
mit einer bedeutenden Anzahl Zähne zu versehen (141).

Berechnung der Uhr; Anzahl der Rad- und Getriebzähne.

180. Die Walze ist so lang, daß sie 17 Umgänge der Schnur fassen kann, und da Ein Umgang der Walze $13\frac{5}{7}$ Stunden entspricht, wird die Uhr also etwas über $9\frac{1}{2}$ Mal 24 Stunden gehen können.

Anzahl der Radzähne.

Das Rad A oder das Walzenrad	192 Zähne
Das Rad B oder das Minutenrad	192 —
Das Rad C oder das Mittelrad	180 —
Das Rad D oder das Hemmungsrade (Secundenrad)	30 —

Anzahl der Getriebzähne.

Das Getriebe c oder das Minutenrad-Getriebe	14 Zähne
Das Getriebe d oder das Mittelrad-Getriebe	24 —
Das Getriebe e oder das Hemmungsrade-Getriebe	24 —

Das Zeigerwerk (Vorlegewerk).

Das Minutenrohr	12 Zähne
Das Wechselrad	36 —
Das Wechselrad-Getriebe	14 —
Das Stundenrad mit 24 Stundenziffern	112 —
Das Stundenrad macht also Einen Umlauf in 24 Stunden.	

Die Zapfen der Räder werden nicht dicker gemacht, als es die Stärke erfordert, und der hinterste Zapfen des Hemmungsrades, so wie auch die beiden Zapfen des Ankers laufen mit den Enden gegen eine gehärtete und am Ende flache, polirte Stahlschraube, die in einem kleinen Stege angebracht wird, wie es in Fig. 2 deutlich gezeigt ist. Für den andern Zapfen

des Hemmungsrades, der den Secundenzeiger trägt, ist unter dem Zifferblatte auf dem Vorderboden ein Steg *s*, Fig. 2 und 3, angebracht, welches den Vortheil gewährt, daß der Secundzapfen bedeutend dünner sein kann, als es der Fall wäre, wenn er in der Platte liefe, da er alsdann bedeutend länger sein müßte.

Mechanismus an der Walze, der die Uhr während des Aufziehens gehen macht.

181. Wie Nr. 108 bemerkt, ist es bei astronomischen Pendeluhrn, die nicht mit einer Schnur ohne Ende versehen sind, durchaus nothwendig eine Hilfskraft anzuwenden, welche den Gang der Uhr während des Aufziehens unterhalten kann. Eine Zeichnung dieses Mechanismus sieht man Tab. XVIII und XIX, am deutlichsten in Fig. 1 und 4. Die Hilfsfedern *m* und *m*, Fig. 4, theilen der Uhr während des Aufziehens die Kraft zum Fortgehen mit. Diese Federn sind nämlich zwischen den Schenkeln (Armen) des Walzenrades angebracht, so daß das eine Ende der Federn mittelst einer Schraube und eines Fußes an dem großen Sperrade befestigt ist, das ganz dicht am Walzenrade liegt, während das andere Ende der Federn dagegen frei ist und gegen die entsprechenden Schenkel des Walzenrades anliegt. Eine kleine Schraube *l*, die in dem großen Sperrade eingeschraubt ist, bestimmt die größte Spannung, der die Federn *m* und *m* ausgesetzt werden können, indem der Schenkel des Walzenrades bei der Umdrehung des Sperrades und der Spannung der Federn dieser Schraube begegnet. Die Zähne des Sperrrades *fg*, Fig. 1, haben eine Neigung nach derselben Richtung als die Bewegung der Walze. Dieses Sperrrad führt

einen Sperrkegel *k* mit sich, der von der Feder *i* gegen das kleinere Sperrrad *h* gedrückt wird, das auf der Walze fest sitzt, und dessen Zähne nach der entgegengesetzten Richtung der Zähne des großen Sperrrades geneigt sind. — Um die verschiedenen Theile der Walze zu sammeln, oder um sie zusammenzusetzen, schraubt man zuerst die Hülfesfedern auf das große Sperrrad, dann stellt man letzteres gegen das Walzenrad, so daß es sich um ein Rohr in der Mitte des Walzenrades drehen kann, und um die gegenseitige Reibung dieser Räder zu vermindern, ist das Sperrrad ein klein wenig ausgedreht, so daß das Walzenrad selbiges nur in einem kleinen bogenförmigen Rande in der Nähe der Peripherie berührt, siehe *qr*, Fig. 4. Nachdem die Räder auf diese Weise gesammelt, Sperrkegel und Sperrfeder auf das große Sperrrad aufgeschraubt sind, werden diese Theile bei der Walze und deren Sperrrad angebracht, indem das Walzenrad, das sich um die Achse oder den Zapfen der Walze drehen soll, auf diese gesetzt wird. Eine dünne, wohl gehämmerte, runde Messingplatte *no*, Fig. 4, die mit ein wenig Schnellkraft über eine eingedrehte Vertiefung oder Rinne der Walzenachse geschoben, und an das Walzenrad festgeschraubt ist, hindert das Walzenrad und das Sperrrad *fg* sich von der Walze zu trennen, doch ohne die Bewegung oder Umdrehung derselben zu hemmen.

In Fig. 1 sieht man den Sperrkegel *G*, der sich um zwei, in die Platten des Gestelles gehenden Zapfen bewegt, durch sein eignes Gewicht gegen das große Sperrrad fällt und sich den Zähnen desselben entgegenstellt. Man sieht ein, daß das Loth, welches die Uhr treibt, und auf die Walze wirkt, auf diese Weise die Hülfesfedern spannen wird, die auf dem großen Sperrrade zwischen den Schenkeln des Walzenrades

angebracht sind, und daß diese Federn immer in gespanntem Zustande bleiben werden, so lange die Uhr geht, oder so lange das Loth auf die Walze wirkt; während des Aufziehens hört aber die Wirkung des Loths auf die Walze auf, es wird aber das große Sperrrad *fg*, Fig. 1, auch von der Seite gezeigt in Fig. 2, so vom Sperrfegel *G* zurückgehalten, daß die Hülfsfedern *m* und *m* mit ihrem freien Ende auf das Walzenrad wirken, und indem ihre Spannung nachläßt, gegen das Walzenrad drückend, den Gang der Uhr unterhalten. Man sieht ein, daß die Hülfsfedern eine hinreichende Kraft haben müssen, um den Gang der Uhr unterhalten zu können, und daß sie nicht die verlangte Wirkung haben würden, wenn sie zu schwach wären; natürlich dürfen sie eben so wenig steifer sein, als daß das Gewicht des Lothes sie während des Ganges der Uhr beständig in passender Spannung halten könne.

182. Die Hemmung dieser Pendeluhr ist die ruhende Ankerhemmung, wie sie im vorigen Kapitel beschrieben und Tab. XII, Fig. 2 gezeigt ist. Die Mittel diese Hemmung dauerhaft zu machen, so daß die wiederholten Reibungen des Hemmungsrades gegen die Hebe- und Ruheflächen des Ankers hier keine Abnutzung verursachen können, sind ebenfalls dort, Nr. 178, angegeben.

Hinsichtlich des bei dieser Uhr anzuwendenden Pendels, findet man im zweiten Abschnitt des zweiten Kapitels eine genaue Beschreibung desselben. Das Noth-Compensationspendel mit Messingrohr, welches den großen Vortheil gewährt, daß

der Astronom selbst (falls er es für nöthig halten sollte), mit Leichtigkeit die Compensation berichtigen kann, ohne erst das Pendel hinunternehmen zu dürfen und ohne des Gebrauches der Uhr beraubt zu sein, scheint deshalb und wegen der soliden Construction dieser Art Pendel den Vorzug erhalten zu müssen (47 u. f.). Für Pendeluhren, die nie transportirt werden, sondern immer an einer und derselben Stelle bleiben sollen, ist das Quecksilber-Compensationspendel ebenfalls empfehlenswerth.

In Nr. 25 u. folg. sind zwei Arten der Aufhängung des Pendels angegeben, nämlich die vermittelt einer Feder, und die vermittelt einer Schneide. Wie nun aber auch das Pendel aufgehängt wird, und ob auf der Rückwand des Uhrgehäuses, oder ob auf einem metallnen Bock (chevalet), der zugleich das Werk trägt, ist es immer von Wichtigkeit, daß der Aufhängungspunkt, oder der Punkt um welchen das Pendel schwingt, sich mit der Achse des Ankers in einerlei Ebene befindet. Diese Achse ist in *tu* Fig. 2 gezeigt; *vx* ist die, mittelst zweier Schrauben an die Achse befestigte, Gabel, die den Stift *z* auf die in Fig. 4 gezeigte Weise trägt, indem sich nämlich das Messingstück *yz* an welches der Stift festgeschraubt ist, um eine kleine, in *y* angebrachte Achse drehen kann, und so dem in ein Loch der Pendelstange gehenden Stift *z* erlaubt, durch sein eignes Gewicht darin zu ruhen. Macht man das Loch in der Pendelstange oben breiter als unten, herz- oder birnförmig, indem die Spitze nach unten gekehrt ist, und rundet man zugleich die Seiten des Loches etwas ab, so wird der Stift ohne Wackeln, und zugleich ohne sich im Geringsten zu klemmen, darin ruhen. An der Gabel ist ein kleiner, oben in Fig. 4 gezeigter, Mechanismus angebracht, der dazu dient mittelst der

Schrauben w und w , erstere in die, mit Rücksicht auf das Anker, passende Stellung zu bringen.

Die Aufhängung mittelst einer Feder, gewährt vor der mittelst einer Schneide den Vortheil, durch eine verhältnißmäßig passende Steifigkeit der Feder, zur Gleichzeitigkeit (Isochronismus) ungleich großer Pendelschwingungen beitragen zu können.

Eine andere Methode den Isochronismus der Pendelschwingungen hervorzubringen, besteht darin, das Pendel nach Huyghenss Principe (16) in sehr kleinen Bogen schwingen zu lassen, da Kreis und Cycloide in ihren kleineren Bogen fast ganz zusammenfallen; braucht man also kleine Schwingungsbogen, kann man sie als cycloidisch, und folglich als isochronisch betrachten.

Obgleich man noch immer mit der Anwendung dieser Methode fortfährt, muß man doch gestehen, daß der Isochronismus dadurch doch nicht mit mathematischer Genauigkeit erreicht wird; denn wird eine Unvollkommenheit auch vermindert, wird sie dadurch doch nicht gehoben; dieses hat einen neuen Vorschlag veranlaßt, der auch ins Werk gesetzt worden ist, und darin besteht, die Uhr mit einer Hemmung von solcher Beschaffenheit zu versehen, daß die mittelst derselben dem Pendel zur Unterhaltung der Schwingungen mitgetheilten Stöße oder Impulse beständig gleich stark bleiben können, wenn gleich die Kraft des Räderwerkes durch Staub, Abnutzung und verdicktes Del vermindert wird.

Dieser Gedanke ist schon in der ersten dänischen Ausgabe dieses Werkes vom Jahre 1804, ausgesprochen, indem dort eine Beschreibung so wie Zeichnung einer neuen Hemmung, vom Verf., mit gleich starker Impulsion für astronomische Pendeluhren

mitgetheilt wird; diese Hemmung muß als ein sicheres Mittel betrachtet werden, die hier erwähnte Schwierigkeit zu überwinden; denn ist die letzte Kraft, welche die Schwingungen des Pendels unterhält immer gleich groß, so müssen auch die Schwingungen beständig gleich groß sein, und gleich große Bogenschwingungen werden in gleichen Zeiten vollendet; auf diese Weise müßte das Problem gelöst sein.

Doch wird man leicht einsehen, daß diese Hemmung nur selten wird angewendet werden können, da ihre Ausführung mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist, und eine seltene Tüchtigkeit erfordert, welches manche abschrecken wird, von ihr Gebrauch zu machen.

Deshalb wird hier statt ihrer ein anderes, sehr einfaches Mittel angegeben, nämlich: nach und nach das Gewicht, welches die Uhr in Gang hält, zu vermehren. Nimmt man an, daß die Pendelschwingungen nach einigen Monaten an Ausdehnung verloren hätten, so zeigte dies eine Vergrößerung des Widerstandes im Räderwerke, entweder durch Verdickung des Oeles oder durch andere Ursachen. Dieser vergrößerte Widerstand wäre also auf keine Weise besser zu überwinden, als durch eine verhältnißmäßige Vergrößerung des Gewichts oder der bewegenden Kraft, und auf diese Weise würde man immer gleich große und also auch isochronische Schwingungsbogen erhalten können.

Die Pendeluhr müßte zu dem Ende mit mehreren kleinen Gewichten versehen sein, die nach und nach auf dem Hauptgewichte oder Lotze angebracht werden könnten, und das Pendel müßte, wie es übrigens gewöhnlich der Fall ist, mit einem Zeiger versehen sein, der, indem er unter den Schwingungen ein Stück eines eingetheilten Kreisbogens durchlief, genau die

Grade der Pendelschwingungen angeben könnte. Ein beim Zeiger und Gradbogen angebrachtes Vergrößerungsglas, würde dem Observator die Beobachtung der Größe der Schwingungsbogen erleichtern, damit diese durch eine passende Vermehrung des Gewichts der bewegenden Kraft, auf diese Weise genau ihre ursprüngliche Ausdehnung behalten könnten.

Die Mühe, welche damit verbunden wäre, von Zeit zu Zeit die Pendelschwingungen zu beobachten und nach Bedürfniß das Gewicht des Lothes zu vermehren, würde für den Astronomen sehr gering sein, und im Verhältniß zum Nutzen, der aus einem genauen Maaße der Zeit bei astronomischen Beobachtungen ersprießt, verschwinden.

Diese Methode den Isochronismus zu erreichen, würde noch einen bedeutenden Vortheil gewähren, indem das Pendel in weit größeren Bogen, als bisher gebräuchlich, schwingen könnte. Durch die größeren Bogen erhält man aber ein größeres Bewegungsmoment, wo der Einfluß des Deles weit geringer wird. Die größeren Schwingungsbogen geben noch einen andern Vortheil ab, indem nämlich die Erschütterungen, denen jede Pendeluhr, auch in den solidesten Gebäuden einer Stadt ausgesetzt ist, geringeren Einfluß auf die Schwingungen haben, und dieser Einfluß wird im Verhältniß zur Schnelligkeit der Schwingungen abnehmen.

Zweiter Abschnitt.

Entwurf oder Riß zu einer astronomischen Pendeluhr mit freier Doppelrad-Hemmung.

183. Tab. XVI, Fig. 1, stellt den Entwurf zu einer astronomischen Pendeluhr vor. *A* ist das erste Rad, concentrisch mit

der Walze oder dem Cylinder, um welche eine Schnur gewickelt ist, woran sich das Gewicht befindet; *ab* ist die Walze, deren Achse sich in ein Viereck endigt, so wie man dieselbe gewöhnlich verfertigt. Das Rad *A'* greift in das Getriebe *c* des Minutenrades *B'* ein; dieses wiederum in das Getriebe *d* des Rades *C'*, welches das Getriebe *e* des Rades *D* führt, das den Secundenzeiger trägt. *D* greift in das Getriebe *l* der Hemmungsräder *E* ein.

In den astronomischen Uhren gebraucht man gewöhnlich die ruhende Ankerhemmung. Die Regelmäßigkeit, welche man durch diese erreicht hat, beweist hinlänglich die Güte dieser Hemmung. Dennoch hat die Ankerhemmung den Fehler, der allen ruhenden Hemmungen gemein ist, daß die Ruhe des Hemmungsrades gegen den Anker, die Freiheit der Pendelschwingungen stört, und eine Reibung verursacht, welche wesentliche Veränderungen verursachen könnte, wenn sie durch die Abnutzung des Ankers oder Verdickung des Oels vermehrt würde.

Aus diesem Grunde haben wir in der Uhr, deren Beschreibung wir hier mittheilen, eine freie Doppelrad-Hemmung angebracht, nach denselben Regeln construirt, als die der Seeuhren, welche wir im ersten Anhang dieses Werkes beschreiben werden. Der Natur dieser Hemmung gemäß, werden die Schwingungen durchaus nicht durch das Hemmungsrade gestört, welches nur im Augenblicke des Stoßes auf das Pendel wirkt, welches einen großen Vortheil darbietet; man sieht aber leicht ein, daß der Secundenzeiger bei dieser Einrichtung nur jede zweite Secunde einen Sprung machen wird, welches doch nur eine geringe Unannehmlichkeit ist; denn nimmt man an, daß das Uhrgehäuse unten ausgeschlitten, und mit einer Glasscheibe ver-

sehen sei, so daß man die Bewegung des Pendels oder der Linse sehen kann: so wird der Beobachter den Zeitraum von zwei Secunden genau theilen können, wenn er mit dem Auge den Schwingungen des Pendels folgt, welche in einer Secunde geschehen.

Fig. 2 zeigt, wie die Hemmung dieser Uhr angebracht ist, und giebt die verschiedenen Theile derselben an. Das Rad *A* ist das Stoßrad (Impulsionsrad), welches mit seinen Zahnspitzen auf den Zahn *d* im Hemmungsbogen *CV* wirkt, dessen Bewegungsmittelpunkt in *l* ist.

Dieses Rad *A* und der Hemmungsbogen *CV* befinden sich in derselben Ebene, wie man Fig. 3 in *A* und *C* sieht.

Der Hemmungsbogen *CV*, Fig. 2 und 3, ist der Achse *lg* concentrisch aufgepaßt, woran der Arm *hk* befestigt ist, der den Stift *u* trägt, welcher dazu dient, dem Pendel die Wirkung der bewegenden Kraft mitzutheilen, die bis zur Hemmung fortgepflanzt wird, um die Bewegung des Regulators oder des Pendels zu unterhalten.

Das Rad *B* dient zur Ruhe, während das Pendel seine Schwingungen vollendet; es ist an dieselbe Achse befestigt, als das Stoßrad, und folgt der Bewegung desselben.

Der Anhalter (Aufhalter) der Hemmung *onr*, Fig. 2, bewegt sich um seine Achse *x*, und ruht vermittelst des kleinen Gewichtes *r* gegen das Ende der Anschlagsschraube *c*. Dieser Anhalter hat in *n* einen Sperrzahn oder eine Palette, gegen welchen sich die Zähne des Rades *B* während der Schwingungen lehnen.

Der Zahn *n* ist hinreichend lang oder hoch, damit der oberste Theil desselben mit dem Rade *B* in einer Ebene sein

könne; während sich der Arm o des Anhalters in einer Ebene unter diesem Nade befindet, wie man in Fig. 3 sieht.

In derselben Ebene, worin sich der Arm o des Anhalters befindet, ist auf dem Hemmungsbogen die Auslöschungsfeder mi befestigt, welche einen Einschnitt bei i hat, worin ein Nuzvinzahn von der Form, welche die Zeichnung zeigt, eingepaßt ist. Das Ende dieses Zahnes springt hervor, und wirkt während der Schwingungen des Pendels auf das Ende des Armes o .

Das Spiel der Hemmung.

184. Durch den Druck des Räderwerkes gegen das Getriebe, welches die beiden Hemmungsräder trägt, werden diese von der Linken zur Rechten in Bewegung gesetzt, d. h., in der Richtung von n nach d , Fig. 2; der Sperrzahn aber, oder die Palette n , verhindert die Räder am Herumgehen; die Spitze des Zahnes im großen Nade B wird sich gegen diesen Zahn n lehnen, und die Bewegung der Räder wird also gehemmt bis sich dieser Zahn wieder hinlänglich von dem Radzahne entfernt. Die Bewegung des Pendels in der Richtung von d nach r , oder von der Rechten zur Linken, wird dieselbe Bewegung auf die Auslöschungsfeder mi bewirken, und der Zahn i wird also das Ende des Armes o des Anhalters berühren, doch ohne andere Wirkung hervorzubringen, als sich zu entfernen, während sich die Feder während des Vorbeigehens biegt. Wenn diese Schwingung des Pendels zu Ende ist, wird dasselbe eine Schwingung in einer, der ersten Schwingung entgegengesetzten Richtung machen, d. h., in der Richtung von r nach d , von der Linken zur Rechten. Der Zahn i wird aufs neue gegen

das Ende des Armes o des Anhalters der Hemmung wirken, dieses Mal biegt sich aber die Hemmungsfeder nicht indem sie auf den Anhalter der Hemmung wirkt; sie hebt diesen nur so weit, daß sich der Zahn n vom Rade B entfernen, und daß sich dieses Rad mit dem Stoßrade A in Bewegung setzen kann. In diesem Augenblicke fällt dieses letzte Rad mit der Spitze eines Zahnes gegen den Zahn d des Hemmungsbogens, und giebt den zur Bewegung des Pendels nothwendigen Stoß.

Während das Rad A auf den Hemmungsbogen wirkt, und in dem Augenblicke, wo es beinahe den dritten Theil der Führung bewirkt hat, wird der Anhalter der Hemmung gegen das Ende der Anschlagschraube e fallen, und sich an der passenden Stelle befinden, um aufs neue die Bewegung der Räder zu hemmen. Auf diese Weise werden diese wechselseitig in Bewegung und Ruhe sein, und die Hemmung ihr Spiel fortsetzen.

Die Anzahl der Zähne im Räderwerke.

185. Die Walze muß eine hinreichende Länge haben, damit man die Schnur 15 Mal um dieselbe wickeln kann, und die Anzahl der Radzähne kann folgende sein, wenn die Uhr 8 Tage gehen soll:

1. Das Rad A' oder das Walzenrad . . . 156 Zähne
2. Das Rad B' oder das Minutenrad . . . 80 —
3. Das Rad C' oder das Mittelrad . . . 75 —
4. Das Rad D oder das Secundenrad . . . 60 —
5. Die Hemmungsräder 10 —

Die Anzahl der Getriebzähne.

- | | |
|--|----------|
| 1. Das Getriebe <i>c</i> oder das Minutenrad=
Getriebe | 10 Zähne |
| 2. Das Getriebe <i>d</i> oder das Mittelrad=
Getriebe | 10 — |
| 3. Das Getriebe <i>e</i> oder das Secundenrad=
Getriebe | 10 — |
| 4. Das Getriebe <i>l</i> oder das Hemmungsrad=
Getriebe | 20 — |

Was das Pendel betrifft, welches bei dieser Uhr angebracht werden kann, siehe das zweite Kapitel, welches die Regeln für die besten Compensations-Methoden enthält, die man bei Pendeln gebrauchen kann.

Es ist durchaus nothwendig, daß die Uhr während des Aufziehens geht; zu dem Ende muß man sich einer Hülfz-Bewegkraft bedienen. Der Mechanismus derselben ist in Fig. 4 dargestellt und in dem ersten Abschnitte des dreizehnten Kapitels erklärt.

Elftes Kapitel.

Entwürfe oder Risse zu zwei Taschenuhren.

(Tab. XIII.)

Erster Abschnitt.

Entwurf oder Riß zu einer Taschenuhr mit Ankerhemmung und
excentrischen Secunden.

186. Es wird vielleicht nicht ohne Nutzen sein, hier Entwürfe mehrerer Uhren zu geben, auf solche Weise eingerichtet, daß sie alle Eigenschaften vereinigen, die am meisten zu einem regelmäßigen Gange beitragen. Die Uhr, welche hier beschrieben werden soll, hat ein umdrehendes Federhaus mit Zähnen, und ist also ohne Schnecke. Das Federhaus ist hinreichend groß, um eine sehr lange Feder zu fassen, die viele Umgänge haben kann. Die Feder kann daher, nachdem sie passend gespannt ist, mit gehöriger Gleichheit mit den in Gebrauch kommenden Umgängen wirken, und kann in der Ruhe Umgänge genug haben, um nicht ihre Schnellkraft zu verlieren, und der Gefahr des Zerspringens ausgesetzt zu sein, nach dem in Nr. 102 Gesagten. Diese Einrichtung verschafft, außer dem Vortheile, daß die Uhr einfacher ist, zugleich den, daß sie wäh-

rend des Aufziehens geht. Die Uhr hat nur Einen Boden (den Großboden), der so dick ist, als es die Stärke erfordert. Die untersten Zapfen der meisten Räder und Getriebe gehen im Boden, die obersten in Stegen. Die Räder sind symmetrisch gestellt, welches das Auge anspricht.

187. Tab. XIII, Fig. 1 und 2, zeigt den Boden der Uhr; Fig. 2 zeigt die Seite, welche gegen das Zifferblatt gefehrt ist. *A* ist das Federhaus, welches zwischen dem Stege *a*, Fig. 2, und dem Stege *a*, Fig. 1, angebracht ist. Der Boden ist auf solche Weise ausgeschnitten, daß das Federhaus hindurchgehen und sich in der Oeffnung bewegen kann, welche im Boden gemacht ist. Das Viereck auf dem Federfliste, vermittelst wessen die Uhr aufgezogen wird, ist auf der Seite der Uhr angebracht, wo sich der Steg *a*, Fig. 1, befindet. Das Sperrwerk dagegen, liegt unter dem Zifferblatte auf dem Stege *a*, Fig. 2. Die auf den Stegen gemachten Punkte bezeichnen die Lage der Schrauben, welche diese Stücke festhalten; die Füße der Stege sind auf ähnliche Weise bezeichnet. Die Zähne des Federhauses sind auf der Seite, die gegen den Steg *a*, Fig. 1, gefehrt ist. *B* ist das Minutenrad (großes Bodenrad), dessen Getriebe in die Zähne des Federhauses eingreift. Der unterste Zapfen des Getriebes läuft in dem Boden, und der oberste im Stege *b*, Fig. 1. Das Rad ist oberhalb des Federhauses, zwischen diesem und den Steg *b* gestellt, und der Steg ist so hoch, daß das Rad auf beiden Seiten einen gehörigen Spielraum haben kann. Der Steg ist an den Boden befestigt durch zwei Füße und eine Schraube. Das Mittelrad *C* (kleines Bodenrad) ist zwischen den Boden und den Steg *c* gestellt, der mit zwei Füßen und einer Schraube an den Boden befestigt ist. Das Rad steht weit genug vom Boden entfernt, so daß ein passender

Spielraum da ist. *D* ist das Secundenrad, dessen unterster Zapfen im Boden, und dessen oberster im Stege *d* läuft. Der unterste Zapfen dieses Rades ist so lang, daß er durch das Zifferblatt geht, damit man auf demselben den Zeiger für die Secunden anbringen kann, welche excentrisch sind. Das Secundenrad liegt oberhalb des Mittelrades in einer Ebene, niedriger als das Minutenrad und die Unruhe, in *G* gezeigt. Der Steg *e* ist für das Hemmungsrad *E*, für den Anker und die Gabel *F*, deren unterste Zapfen im Stege *bb*, Fig. 2, und deren oberste Zapfen dagegen in jenem gehen, wie die Zeichnung zeigt. Das Hemmungsrad ist dagegen in dem Boden selbst angebracht, der für das Rad und den Anker ausgeschnitten ist.

Die Unruhe *G* bewegt sich zwischen dem Kloben und dem Federhause mit einem hinreichenden Spielraum, so daß sie frei gehen kann. Der Kloben hat dieselbe Höhe, als der Steg *b* für das Minutenrad.

188. Das Minutenrad-Getriebe ist seiner ganzen Länge nach, concentrisch mit der Achse und dem Getriebe selbst, durchbohrt.

Das Rad *B*, Fig. 2, ist an eine Achse genietet, welche sich durch den Reibungswiderstand im Getriebe hält. Diese Achse hat ein Viereck oberhalb des Steges *b*, Fig. 1; dieses Viereck ist an die Achse durch einen kleinen Stift befestigt, der von der Seite durch dieselbe geht. Das Rad *B*, Fig. 2, folgt also der Bewegung des Minutenrades. *D*, Fig. 2, ist das Wechselrad und Wechselrad-Getriebe, dessen unterster Zapfen im Boden, und dessen oberster Zapfen im Stege *d* geht. Auf dem Stege *a* ist eine Achse, im Mittelpunkte des Bodens, angebracht. Das Rad *C*, welches ein Rohr zum Minutenzeiger

hat, paßt auf dieser Achse und bewegt sich frei um dieselbe. Das Stundenrad *E* hat ein Rohr, welches sich frei um das Minutenrohr auf dem Rade *C* bewegt. Das Rad *E* trägt den Stundenzeiger. Mit dem Vierecke, auf dem Rade *B* angebracht, kann man die Uhr stellen, wie dies gewöhnlich in den Uhren geschieht, welche à Lépine genannt werden.

189. Die Hemmung dieser Uhr ist die im 7ten Kapitel beschriebene Ankerhemmung, doch mit dem Unterschiede, daß die Gabel, anstatt so gestellt zu sein, wie die Zeichnung dieser Hemmung zeigt, in diesem Nisse in die Verlängerung der Linie gestellt ist, die durch den Mittelpunkt des Rades und des Ankers geht. Man verfertigt sie nach den Regeln, die in jenem Kapitel angegeben sind. Um die Reibungen unveränderlicher zu machen, thut man wohl, die Zapfen des Hemmungsrades, des Ankers und der Unruhe in Löchern von Rubin gehen zu lassen. Die Spiralfeder muß sehr lang und in ihrer ganzen Länge gleich dick sein, so wie auch eine große Anzahl Umgänge haben (wenigstens 8—10); dadurch bewegt sie sich gleichförmig, und ihre Gänge werden sich, selbst unter den größten Schwingungen, nicht berühren. Der Räder ist auf dem Kloben angebracht, wie man in Fig. 8, Tab. 3, sieht. Da Wärme und Kälte einen größern Einfluß auf eine lange Spiralfeder haben, als auf eine kurze, so ist diese Uhr durch die Veränderung der Temperatur einer bedeutenden Abweichung unterworfen. Hieraus folgt, daß man eine Compensation anwenden muß, welche wenigstens zum Theil den schädlichen Einfluß der Temperaturveränderungen heben kann. Man kann hier zweckmäßig die einfache Compensation an der Spiralfeder gebrauchen, welche in Nr. 83 und 84 beschrieben ist.

190. Die Triebfeder muß lang genug sein, um ungefähr 9 Umgänge um den Federstift machen zu können; man kann sie die 4 Umgänge spannen, und wenn man die Anzahl der Zähne des Federhauses und der des Minutenrad-Getriebes so einrichtet, daß das Federhaus in 24 Stunden $2\frac{1}{2}$ Umgänge macht, sieht man, daß ungefähr $2\frac{1}{2}$ Umgänge in Ruhe sind, nachdem die Uhr aufgezogen ist. Auf solche Weise wird die Feder Gleichförmigkeit genug in dem Zuge der wirkenden Umgänge haben. Siehe Nr. 102.

191. Die Schwingungen der Unruhe müssen hinreichend schnell sein, um desto besser dem Einflusse der äußern Bewegungen widerstehen zu können, wenn die Uhr getragen wird. Uebereinstimmend mit dem, was in Nr. 69 gesagt ist, nehmen wir die Zahl der Schwingungen zu 5 in der Secunde an, und dann können die Räder und Getriebe folgende Anzahl Zähne erhalten:

Das Federhausrad	100 Zähne
Das Minutenrad (Großbodenrad)	80 —
Das Mittelrad (Kleinbodenrad)	60 —
Das Secundenrad	60 —
Das Hemmungsrad	15 —

Die Anzahl der Getriebzähne.

Das Minutenrad-Getriebe	12 Zähne
Das Mittelrad-Getriebe	10 —
Das Secundenrad-Getriebe	8 —
Das Hemmungsrad-Getriebe	6 —

Die Räder im Zeigerwerke müssen eine große Anzahl Zähne haben, damit der Spielraum des Minutenzeigers nicht

zu groß werde. *B*, *C* und *D* (Tab. XIII, Fig. 2), haben jedes 60 Zähne; das Wechselrad-Getriebe 6, und das Stundenrad 72 Zähne.

192. Man kann den Boden in einem Ringe (Falschboden) befestigen, wie es gewöhnlich bei Uhren à Lépine geschieht; der Ring muß hinlänglich hoch sein, damit sich das Zifferblatt, welches vollkommen flach sein muß, an den hervorstehenden Rand lehnen, und damit das Zeigerwerk (Vorlegewerk) gehörigen Raum haben könne, so wie auch der Steg und das Sperrwerk, welche unter dem Zifferblatte liegen. Man bedeckt das Werk mit einer Kapsel, welche die Uhr vor Staub bewahrt. Diese Kapsel hat zwei Löcher, das eine, um die Uhr aufzuziehen, das andere, um die Zeiger zu stellen. Was die Construction und Verfertigung dieser Uhr betrifft, so würde es nur von geringem Nutzen sein, jede Kleinigkeit zu detailliren, da der Uhrmacher, wenn er nur einiges Talent hat, selbst alles dieses bemerken wird. Die Form des Gehäuses und das Aeußere der Uhr sind nach der Mode und nach dem Geschmacke verschieden; die Regeln aber für die Construction sind nicht willkürlich, und es ist daher nützlich, diese anzuführen.

Zweiter Abschnitt.

Entwurf oder Riß zu einer Taschenuhr mit ruhender Doppelrad-Hemmung (Duplex).

193. Den Riß zu dieser Uhr sieht man Tab. XIII, Fig. 3 und 4; die letzte dieser Figuren zeigt die Seite des Bodens, welche gegen das Zifferblatt gekehrt ist, und Fig. 3 die, welche die Räder und die Stege der Räder trägt. Die

Berechnung des Räderwerkes dieser Uhr ist so, daß man es nach Belieben mit und ohne Secunden machen kann. Die Hemmung ist die ruhende Doppelrad-Hemmung, welche in 7ten Kapitel Nr. 149 und folgenden beschrieben ist. *A* ist das Federhaus, auf dieselbe Weise eingerichtet, wie das, welches im vorigen Abschnitte beschrieben ist. *B* ist das Minutenrad, *C* das Mittelrad, *D* das zweite Mittelrad oder Secundenrad, *E* die Hemmungsräder, *H* die Unruhe und *G* der Kloben.

194. Fig. 4 zeigt den Steg *aa* des Federhauses, den Steg *e* für die Zapfen der Hemmungsräder und den Steg *i* für den untersten Zapfen der Unruhe. *B*, *C*, *D* und *F* sind die Räder des Zeigerwerkes, von denen sich *B* um eine Achse mit Ansatz dreht, der in dem Steg *aa* am Mittelpunkte des Bodens festgeschraubt ist. Fig. 3 zeigt die Lage der verschiedenen Stege *a*, *b*, *c*, *e*.

Die Anzahl der Radzähne ist folgende:

Das Federhausrad	100	Zähne
Das Minutenrad	75	—
Das Mittelrad	64	—
Das Secundenrad	60	—
Die Hemmungsräder	15	—

Die Anzahl der Getriebzähne ist:

Das Minutenrad-Getriebe	10	Zähne
Das Mittelrad-Getriebe	10	—
Das Secundenrad-Getriebe	8	—
Das Hemmungsrad-Getriebe	6	—

Die Anzahl der Schwingungen wird also 18000 in der Stunde.

195. Das Minutenrad-Getriebe ist seiner ganzen Länge nach durchbohrt, und die Achse, welche das kleine Rad *C* des Zeigerwerkes trägt, wird durch den Reibungswiderstand in demselben gehalten, wie in der im vorigen Abschnitte beschriebenen Uhr. Die Uhr muß mit einer Kapsel oder einem Deckel versehen sein. Sie wird von hinten aufgezogen, und man kann die Zeiger durch ein Viereck stellen, das an der Achse des Rades *C* des Zeigerwerkes angebracht ist. Dieses Viereck geht durch ein Loch, das in die Kapsel gebohrt ist.

196. Was die Anzahl der Zähne im Zeigerwerke betrifft, so kann man dieselben Zahlen gebrauchen, wie bei der Uhr mit Ankerhemmung, die im vorigen Abschnitte beschrieben ist, indem man beobachtet, den Rädern des Zeigerwerkes viele Zähne zu geben, so daß der Minutenzeiger einen nur unmerklichen Spielraum hat. Es ist übrigens gleichgültig, ob die drei Räder *B*, *C* und *D* eine gleiche Anzahl Zähne und gleiche Größe haben, oder nicht. Man könnte dem Wechselrade einen Durchmesser geben, $\frac{1}{3}$ größer als der von *B* und *C*: dann würde *B* und *C* jedes 60, und das Rad *D* 90 Zähne haben. *D* würde dann nur 8 Umläufe in 12 Stunden machen; und wenn man dem Wechselrad-Getriebe 8 Zähne gebe, müßte das Stundenrad 64 Zähne haben. Durch dieses Mittel würde das Wechselrad-Getriebe einen guten Eingriff mit dem Stundenrade bilden, was schwerlich erreicht wird, wenn das Getriebe nur 6 und das Rad 72 Zähne hat, wie in der Uhr, die im vorigen Abschnitte beschrieben ist.

197. In dieser Uhr wird man die einfache Compensation an der Spiralfeder, Breguet's Methode gemäß, gebrauchen können (Siehe Nr. 85). Was die Spiralfeder betrifft, muß man das in Nr. 189 Gesagte beobachten.

Zwölftes Kapitel.

Entwurf oder Riß zu einer Uhr mit freier Federhemmung, concentrischen Secunden, Minuten und Stunden, deren Secundenzeiger 2 Sprünge in der Secunde macht.

(Tab. XIII.)

198. **M**an kann die freie Federhemmung, welche in Kap. VIII. beschrieben ist, als eine vorzügliche Hemmung betrachten, die viel zur Regelmäßigkeit einer Uhr beiträgt. Die Verfertigung derselben ist nicht sehr schwierig, und indem man den Rädern und Getrieben eine solche Anzahl Zähne giebt, daß die Unruhe 4 Schwingungen in der Secunde, oder 240 Schwingungen in der Minute, 14400 in der Stunde macht, wird der Secundenzeiger natürlicher Weise nur zwei Sprünge in der Secunde machen, welches für das Auge angenehm und für Observationen bequem ist. Man weiß, daß sich eine Uhr mit Federhemmung leicht anhalten läßt, und daß die Unruhe, wenn sie einmal zum Stehen gebracht ist, nicht wieder durch die Einwirkung des Räderwerkes allein, wie in den gewöhnlichen Uhren, zum Schwingen gebracht werden kann.

Aus diesem Grunde darf eine Uhr mit Federhemmung keinen kreisförmigen Bewegungen in der Ebene der Unruhe

ausgesetzt sein, da diese die Bewegung der Uhr eine Augenblick hemmen könnten; und die Uhr dann stehen würde. — Man muß daher alle Bewegungen vermeiden, selbst wenn sie in geringeren Grade kreisförmig sind, sowohl wenn die Uhr angezogen wird, als auch wenn man sie aus der Tasche herausnimmt. Da ich mehrere Uhren so, wie die hier beschriebene, gefertigt habe, deren Gang sehr regelmäßig gewesen ist, so kann ich mit Gewißheit versichern, daß diese Uhren Vorzüge haben, sowohl weil sie genau sind, als auch weil sie sicher und ohne große Schwierigkeit gefertigt werden können.

199. Die Figuren 5 und 6 zeigen den Nüz dieser Uhr; *M*, Fig. 5, zeigt den Großboden und *aaa* die Pfeiler, welche den Kleinboden tragen, der durch drei Schrauben befestigt ist, die in die Pfeiler hineingehen. Der Großboden hat zwei ausgedrehte Vertiefungen von denen die eine in der Mitte für das Secundenrad, die andere excentrisch für das Minutenrad oder das große Bodenrad ist. Die Vertiefung für das Secundenrad ist tiefer, als die für das Minutenrad, so daß das Minutenrad über dem Secundenrade und beinahe in der Oberfläche des Bodens geht. Die beiden Räder müssen gehörigen Spielraum haben, damit Nichts ihrer freien Bewegung hinderlich sein könne. Zwischen dem Federhause *A* und den Großboden ist nur der nothwendige Spielraum, und der Theil, worauf der Deckel ist, bewegt sich in einer zweckmäßigen Vertiefung, welche in den Kleinboden gemacht ist, damit das Federhaus Höhe genug haben, und damit man eine breitere Feder anwenden könne. Das Mittelrad *C* ist über dem Minutenrade angebracht, und greift in das Secundenrad-Getriebe, etwas oberhalb der Zähne des Federhauses *A* ein, d. h., das Secundenrad-Getriebe wird in dem Zwischenraume zwischen den Zähnen des

Federhauses und dem Kleinboden angebracht. Das Minutenrad-Getriebe ist seiner ganzen Länge nach durchbohrt, concentrisch mit dem Getriebe selbst. Der Zapfen des Secundenrad-Getriebes ist auf der Seite, die gegen das Zifferblatt gekehrt ist, lang genug, um durch dieses gehen zu können, und damit man darauf den Secundenzeiger anbringen könne, der sich über den Minuten- und Stundenzeigern bewegt.

200. *F, E, G, L* sind die Theile, woraus die Hemmung zusammengesetzt ist; *E* ist das Hemmungsrad, *G* die Hemmungsfeder und *L* die Unruhe. *H* ist eine Schraube, um die Feder *G*, nach Bedürfniß dem Mittelpunkte der Unruhe zu nähern, oder sie weiter davon zu entfernen. Die Schraube *K* hält die Hemmungsfeder schwach gespannt und erhält sie zugleich in ihrer Lage. Der obere Zapfen des Hemmungsrades geht im Stege *e*, der untere im Stege *E*, Fig. 6.

201. In Fig. 6 sieht man das Sperrwerk des Federhauses. *A, B, C* sind die Räder des Zeigerwerkes, und *D* ist das Stundenrad, welches in das Wechselrad-Getriebe des Rades *C* eingreift. Der obere Zapfen des Wechselrad-Getriebes läuft in dem kleinen Stege *e*, und der untere im Boden selbst. Die Achse, welche das kleine Rad *B* trägt, hält sich durch den Reibungswiderstand in dem Loche, welches durch das Minutenrad-Getriebe gebohrt ist; man bringt an dieser Achse ein Viereck auf der Seite an, welche gegen den Kleinboden gekehrt ist; das Viereck ist von der Seite durch einen kleinen Stift, der sowohl durch das Viereck, als durch die Achse geht, an diese befestigt.

202. Damit der Secundenzeiger zwei Sprünge in der Secunde machen könne, muß die Anzahl der Schwingungen

14400 in der Stunde sein. Die Räder und Getriebe können daher folgende Anzahl Zähne haben:

A) die Räder:

Das Federhausrad	90 Zähne
Das Minutenrad	80 —
Das Mittelrad	60 —
Das Secundenrad	60 —
Das Hemmungsrad	14 —

B) die Getriebe:

Das Minutenrad-Getriebe	10 Zähne
Das Mittelrad-Getriebe	10 —
Das Secundenrad-Getriebe	8 —
Das Hemmungsrad-Getriebe	7 —

Die Anzahl, 14400 Schwingungen in der Stunde, ist nicht so vortheilhaft, um den Wirkungen zu widerstehen, welche durch äußere Erschütterungen verursacht werden, wenn die Uhr getragen wird, als die Zahl 18000; da aber Uhren dieser Art besonders zu Observationen bestimmt sind, muß man dafür sorgen, daß sie nicht allzu heftigen Bewegungen ausgesetzt sind, und dann wird die Geschwindigkeit der Unruhe hinreichend sein, wovon ich mich durch Erfahrung überzeugt habe. Uebrigens kann man der Natur dieser Hemmung und der großen Freiheit derselben gemäß, die Unruhe Schwingungsbogen von über 360° , bis 480° beschreiben lassen, welches eine große Geschwindigkeit der Unruhe bewirkt, und zu gleicher Zeit ein großes Bewegungsmoment hervorbringt.

203. Die Hemmungsfeder muß gehörige Stärke und Schnellkraft haben, um die Zähne des Hemmungsrades schnell

anhalten oder hemmen zu können, nachdem sie durch die Wirkung des Auslösungszahnes ausgelöst ist; wenn dies nicht der Fall wäre, so würde das Spiel der Hemmung nicht sicher sein, und der Zahn des Hemmungsrades würde, anstatt durch den Sperrzahn der Feder gehemmt zu werden, gegen den Hemmungskreis fallen können, welches eine Reibung verursachen würde, die hinreichend wäre, die Bewegung der Unruhe ganz aufzuheben, oder wenigstens den regelmäßigen Gang der Uhr durchaus zu stören. Diese Kraft der Hemmungsfeder (Spannung) verursacht einen ziemlich großen Widerstand bei der Unruhe in dem Augenblick, wo sie die Feder vom Hemmungsrade auslösen soll. Es ist daher passend, daß die Unruhe ein sehr großes Bewegungsmoment hat, damit der Widerstand der Hemmungsfeder so gering als möglich im Verhältniß zu dem Bewegungsmomente der Unruhe werden könne, und damit die Freiheit der Schwingungen so wenig als möglich gestört werde. Daher muß die Unruhe schwer und groß sein, welches zu gleicher Zeit eine um so viel größere bewegende Kraft erfordert, als die Unruhe sehr große Schwingungsbogen beschreiben soll. Der Versuch, Uhren mit Federhemmung zu verfertigen, worin die Triebfeder (Hauptfeder) schwach wäre, würde daher unnütz sein, denn solche werden niemals gelingen.*)

204. Eine schwere Unruhe bewirkt, daß die Uhr in verschiedenen Stellungen schwieriger zu reguliren ist. In horizontaler Lage erleiden die Zapfen der Unruhe einen geringeren Reibungswiderstand, weil beinahe keine Reibung statt findet,

*) Es sei denn, daß man mehrere Federn, z. B. zwei, in einer und derselben Uhr gebrauchen wollte, deren Federhäuser beide in dasselbe Getriebe (Minutenrad-Getriebe) eingriffen. Nur in diesem Falle könnten die Federn schwach sein.

außer am Ende des Zapfens, der die Unruhe trägt. Wenn die Uhr in vertikaler Lage regulirt worden wäre, so würde sie in horizontaler zu schnell gehen; in vertikaler Lage hingegen, nimmt die Reibung an den Zapfen der Unruhe zu, weil die Zapfen ihrer ganzen Länge nach gegen die Wände der Löcher reiben, und die Uhr wird, vorausgesetzt daß sie in horizontaler Lage regulirt worden ist, in vertikaler Lage zu langsam gehen.

Diese Veränderung in der Reibung der Zapfen der Unruhe nach den verschiedenen Lagen derselben, steht, wie man leicht einsieht, immer im Verhältniß zu dem Gewichte der Unruhe. Blicke die Uhr beständig in derselben Lage, so würde man sie leicht reguliren können; wäre sie aber bald in vertikaler, bald in horizontaler Lage, so würde es durchaus nothwendig sein, sie so einzurichten, daß die Veränderung der Lage gar keinen Einfluß darauf haben könnte.

205. Man könnte zu dem Ende die Unruhe bequem aus dem Gleichgewichte bringen. Da die Unruhe in vertikaler Lage langsamer schwingt, könnte man sie so aus dem Gleichgewichte bringen, daß der Obertheil der Unruhe leichter würde. Der unterste Theil würde auf solche Weise schwerer, und die Schwingungen schneller vollendet werden, da die Schwere des untersten Theiles der Unruhe in vertikaler Lage die Schnelligkeit der Schwingungen befördern würde. Man könnte sich zu diesem Zwecke einer kleinen Schraube an der Unruhe bedienen, wie der Schraube *m*, Fig. 5. Diese Schraube ist an dem untersten Theile der Unruhe angebracht, welche mit der Schraube zugleich in vollkommenes Gleichgewicht gebracht werden muß, ehe man anfängt, die Uhr in verschiedenen Lagen zu reguliren. Wenn die Uhr aufgezogen und zum Gehen fertig ist, prüft

man ihren Gang in horizontaler Lage und regulirt denselben in dieser. Darauf beobachtet man den Gang der Uhr in vertikaler Lage, und wenn er zu langsam ist, entfernt man die Schraube ein wenig vom Mittelpunkte der Unruhe; hierdurch wird der Schwerpunkt weiter hinuntergebracht, und nun beobachtet man aufs neue den Gang der Uhr. Geht die Uhr noch zu langsam, fährt man fort, die Schraube noch weiter vom Mittelpunkte der Unruhe zu entfernen, bis die Uhr nicht mehr verliert. Doch erst nachdem man diese Versuche mehrere Male wiederholt hat, gelingt es die Uhr in verschiedenen Lagen zu reguliren. Man könnte auf gleiche Weise eine Schraube oben auf der Unruhe anbringen; man müßte sie dann aber dem Mittelpunkte der Unruhe nähern, damit der unterste Theil der Unruhe das Uebergewicht bekommen könnte, und man würde sich auf solche Weise in Stand gesetzt sehen, die Uhr in beiden Lagen reguliren zu können.

Doch darf man seine Zuflucht nicht zu diesem Mittel nehmen, den Gang der Uhr in verschiedenen vertikalen und horizontalen Lagen zu reguliren, außer in dem Falle, wo die Mittel nicht hinreichend sind, welche wir in der Folge angeben werden. Es ist zu wichtig, daß die Unruhe ihr vollkommenes Gleichgewicht hat, als daß man dasselbe ohne die äußerste Nothwendigkeit stören darf. Siehe Kap. XIV. zweiter Abschnitt, „Von der Regulirung der Uhr in verschiedenen Lagen.“

206. Es ist gut, daß die Zapfen der Unruhe in diesen Uhren mit Federhemmung in durchbohrten Rubinen gehen; da das Bewegungsmoment der Unruhe sehr groß ist, so werden Löcher in Gold oder Messing zu sehr der Gefahr ausgesetzt sein, abgenutzt zu werden. Der Sperrzahn der Hemmungsfeder

muß möglichst hart gemacht werden, so wie auch der Hemmungskreis. Ohne diese Vorsicht wird die Hemmung bald zu Grunde gerichtet sein. Der kleine Auslösungszahn auf der Achse der Unruhe, der die Hemmungsfeder vom Rade *E* auslöst, kann aus Stahl verfertigt und ganz gehärtet werden. Wenn die Zapfen des Hemmungsrades ebenfalls in durchbohrten Rubinen gingen, und wenn man die Hebung, Auslösung und Ruhe aus harten Steinen machte, so würde die Uhr sich noch mehr der Vollkommenheit nähern.

207. Es ist unumgänglich nothwendig, eine sehr lange Spiralfeder anzuwenden, die regelmäßig spielt, selbst unter den großen Schwingungen der Unruhe. Ohne diese Vorsicht könnten sich die Umgänge der Spiralfeder unter den Schwingungen berühren. Man weiß übrigens, daß eine lange Spiralfeder weniger Reibung an den Zapfen der Unruhe verursacht, weil sie mehr concentrisch mit den Zapfen arbeitet, als eine kurze Spiralfeder. Da Wärme und Kälte mehr Einfluß auf eine lange Spiralfeder haben, als auf eine kurze, so ist diese Uhr einer sehr großen Veränderung bei dem Temperatur-Wechsel unterworfen. Man muß daher eine Compensation anwenden, die wenigstens zum Theil den schädlichen Einfluß der Temperatur heben kann. Man kann mit Vortheil den Compensator gebrauchen, der in Nr. 83 und 84 beschrieben, und Tab. III in Fig. 11 gezeigt ist. Da der Nitz dieser Uhr so ist, daß sich zwischen der Unruhe und dem Kloben Raum genug findet, so giebt es kein Hinderniß, diesen einfachen Compensator zu gebrauchen. Auf gleiche Weise könnte man von einer Compensations-Unruhe Gebrauch machen, welche im Stande wäre, die Wirkungen der Temperaturveränderungen in einem noch höheren Grade zu berichtigen; wenn die Uhr aber nicht zu einem Gebrauch

bestimmt ist, der die größte Genauigkeit erfordert, wird diese einfache Compensation vermittelst der Spiralfeder hinlänglich sein. Es ist gut, daß die Uhr von hinten aufgezogen wird, und daß sie eine Kapsel hat, welche sie vor Staub bewahren kann. Die Kapsel muß wegen des Aufzugvierecks und dessen, wodurch man den Zeiger stellt, durchbohrt sein. Ferner ist es gut, das Gehäuse so zu verfertigen, daß es nicht von der Seite geöffnet wird, die gegen das Zifferblatt gekehrt ist, so daß der Besitzer der Uhr sie nur von hinten öffnen kann. Ohne diese Vorsicht könnten die Zeiger leicht in Unordnung kommen, wie es zuweilen geschieht, wenn die Eigenthümer ihre Uhren nicht mit gehöriger Sorgfalt behandeln.

Man könnte noch in verschiedene Einzelheiten über die Construction dieser Uhren eingehen; der Uhrmacher aber, welcher Künstler ist, wird von selbst einsehen, was wir bei dieser Beschreibung zu nennen für überflüssig gehalten haben.

Dreizehntes Kapitel.

Entwurf oder Riß zu drei Chronometern.

(Tab. XIV und XV.)

Erster Abschnitt.

Entwurf oder Riß zu einer Seeuhr mit freier Feder-Hemmung.

(Earnshaw's Hemmung)

(Tab. XIV.)

208. Der Riß dieser Seeuhr ist Tab. XIV, Fig. 1, dargestellt, welche den Großboden zeigt; *aaaa* sind die 4 Pfeiler, welche den Kleinboden tragen. *A* ist das Federhaus, *B* die Schnecke, *C* das Minutenrad, *D* das Mittelrad und *E* das Secundenrad. Das Rad *C* trägt den Minutenzeiger, wie in den gewöhnlichen Uhren, und das Rad *E* den Secundenzeiger mittelst eines Zapfens von passender Länge, der auf dem Getriebe angebracht ist. *F* ist das Hemmungsrad, *G* der Sperrkegel (Sperrhaken), der einen Theil des Mechanismus ausmacht, welcher die Uhr während des Aufziehens zum Gehen bringt. Die Feder *g* drückt den Sperrkegel *G* immer in einer Richtung gegen den Mittelpunkt der Schnecke. Fig. 2 zeigt den Kleinboden von der Seite, welche die verschiedenen Theile

trägt, woraus die Hemmung zusammengesetzt ist; *bbbb* sind Schrauben, welche den Kleinboden an den Großboden befestigen, und diese Schrauben gehen in die Pfeiler hinein. Man sieht in *m* das Hemmungsrad, dessen unterer Zapfen im Großboden, und dessen oberer im Stege *D* geht, der auf dem Kleinboden angebracht ist. *h* ist die Hemmungsfeder. Die Unruhe *aeF* ist eine Compensations-Unruhe, der in Nr. 85 beschriebenen ähnlich. Der untere Zapfen der Unruhe kann im Kleinboden, oder noch besser in einem Stege gehen, der auf diesem Boden inwendig im Gestelle angebracht ist. Der obere Zapfen geht in dem Kloben *E*. — *K* ist ein Steg mit einem Rohr, welches das Aufzugviereck umgiebt und verhindert, daß Staub durch das Loch hineinkömmt, welches für den Schlüssel in das Gehäuse gemacht ist. *n* ist das Viereck auf der Achse des Federhauses, welches das Sperrrad trägt; *c* ist der Sperrkegel.

209. Fig. 3 zeigt das Gestell der Uhr, so daß man das Häderwerk zwischen beiden Boden sieht, so wie die Hemmungstheile, welche auf dem Kleinboden angebracht sind. *AA* ist der Großboden; *aaa* die drei Pfeiler; der vierte ist nicht gezeigt; *b* ist die Schnecke; *d* das Minutenrad-Getriebe, dessen Rad in einer ausgedrehten Vertiefung geht, die mitten in dem Großboden gemacht ist; *f* ist das Mittelrad mit seinem Getriebe; *k* ist das Secundenrad-Getriebe und das Secundenrad; *e* ist das Hemmungsrad-Getriebe. Man sieht in *r* das Minutenrohr, welches den Minutenzeiger trägt; *w* ist das Wechselrad, *s* das Wechselrad-Getriebe und *v* das Stundenrad oder das Rad, welches den Stundenzeiger trägt; *o* ist der Secundenzeiger, welcher auf dem Zapfen oder der verlängerten Achse des Secundenrad-Getriebes angebracht ist. *BB* ist der Kleinboden, welcher die verschiedenen Theile trägt, woraus die

Hemmung zusammengesetzt ist; *h* ist die Hemmungsfeder; *D* der Steg, worin der obere Zapfen des Hemmungsrades geht; *F* ist die Compensations-Unruhe, und *g* der Hemmungskreis, welcher die Stöße empfängt; *E* ist der Kloben und *H* die cylindrische Spiralfeder, welche die Uhr regulirt; *K* ist das Aufzugsviereck.

Die Räder und Getriebe, und die Anzahl ihrer Zähne.

210. Die Feder, welche die Uhr treibt, muß wenigstens 8 Umgänge um den Federstift machen, und die Schnecke muß 6 Gänge haben, oder die Kette muß 6 Mal um die Schnecke gehen. Die Feder wird auf diese Weise nicht allzu sehr gespannt sein, und es wird eine hinreichende Anzahl Umgänge ruhen.

Die Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben kann folgende sein:

A) Zähne in den Rädern.

Das Schneckenrad	96	Zähne
Das Minutenrad	90	—
Das Mittelrad	80	—
Das Secundenrad	80	—
Das Hemmungsrad	12	—

B) Zähne in den Getrieben.

Das Minutenrad-Getriebe	16	Zähne
Das Mittelrad-Getriebe	12	—
Das Secundenrad-Getriebe	10	—
Das Hemmungsrad-Getriebe	8	—

Dieser Anzahl Zähne zufolge werden die Schwingungen der Unruhe 240 in der Minute oder 14400 in der Stunde sein. Der Secundenzeiger wird zwei Sprünge in der Secunde machen. Das Zeigerwerk kann folgende Anzahl Zähne haben: Das Minutenrohr 12, das Wechselrad-Getriebe 16, das Wechselrad 48 und das Stundenrad 48 Zähne.

211. Die Anzahl der Schwingungen, 14400 in der Stunde, ist sehr passend um die Reibung der Hemmung zu vermindern, da die Ursachen zur Reibung nicht so häufig wiederholt werden, wenn die Anzahl der Schwingungen 14400 ist, als wenn sie 18000 oder 21600 wäre, welche Zahl in den Taschenchronometern gebraucht werden muß, die häufiger äußeren Erschütterungen ausgesetzt sind. Die Geschwindigkeit der Unruhe, wenn sie 14400 Schwingungen in der Stunde macht, wird groß genug sein, um dem Einflusse der Bewegungen des Schiffes gänzlich zu widerstehen, um so mehr, da das Schiff nur in geringem Grade eine Kreisbewegung in der horizontalen Ebene, in welcher die Unruhe geht, erleidet, wenn man die Bewegung des Schiffes mit der Bewegung der Unruhe selbst vergleicht.

Mechanismus an der Schnecke, der die Uhr während des Aufziehens zum Gehen bringt.

212. Tab. XIV, Fig. 4, zeigt das Schneckenrad, welches in der Mitte ein Rohr hat, das man in *a* sieht. Das Rad ist inwendig ausgedreht, damit man die Feder darin anbringen kann, welche in Fig. 5 gezeigt ist; diese Feder hat an ihren Enden die Stifte *b* und *c*. Fig. 6 zeigt ein Sperrrad, dessen Umkreis *de* mit schrägen Zähnen versehen ist, in derselben

Richtung wie die Bewegung der Schnecke. Dieses Sperrrad führt einen Sperrkegel mit sich, der von einer Feder gegen den Mittelpunkt hin gedrückt wird; siehe *fg* in der Figur. — Fig. 7 zeigt die Schnecke mit dem Sperrrade *h*, dessen Zähne wie gewöhnlich schräg sind. Der oberste Stift *c*, Fig. 5, der Feder geht völlig genau schließend in ein Loch hinein, das in das Schneckenrad gebohrt ist. Der Stift *b* geht mit seinem untersten Ende in ein, in das Sperrrad *de* gebohrtes Loch; das oberste Ende dieses Stiftes geht dagegen in ein länglich, vier-eckiges Loch, das in das Schneckenrad gemacht ist; dieses Loch hat eine Länge von $2\frac{1}{2}$ Lin., wenn das Rad von der, in Fig. 4 gezeigten, Größe ist. Um die verschiedenen Theile der Schnecke zu sammeln, oder um sie zusammenzusetzen, bringt man im Rade zuerst die Hilfsfeder an; darauf stellt man das große Sperrrad *de* mit seinen Sperrkegeln und Sperrfedern, Fig. 6, gegen das Schneckenrad, worauf man die Schnecke gegen diese Stücke anbringt. Ein Stabrohr mit Platte, auf die Achse gegen das Schneckenrad geschoben, verhindert dieses und das Sperrrad *de*, sich von der Schnecke zu trennen, doch ohne dadurch ihrer freien Bewegung hinderlich zu sein, so wie es in Taschenuhren gebräuchlich ist.

In Fig. 1 sieht man den Sperrkegel *G* und die Feder *g*, welche gegen diesen Sperrkegel wirkt, der sich den Zähnen des Sperrades *de*, Fig. 6, widersetzt, wie man in Fig. 1 bei *B* sieht. Man sieht ein, daß die Feder, welche die Uhr treibt und durch die Kette auf die Schnecke wirkt, auf diese Weise die Hilfsfeder spannen wird, welche in der Schnecke angebracht ist, und daß diese Feder immer in einem gespannten Zustande bleiben wird, so lange die Uhr geht; während des Aufziehens dagegen, hört die Wirkung der Hauptfeder auf das Räderwerk

auf; das Sperrrad *de*, Fig. 6, das auch in Fig. 1 gezeigt ist, wird durch den Sperrkegel *G* auf solche Weise zurückgehalten, daß die Hülsfeder durch den Stift *c* auf das Schneckenrad wirkt, und, indem sie sich abspannt, den Gang der Uhr unterhält. Man sieht ein, daß die Hülsfeder hinlängliche Kraft haben muß, um den Gang der Uhr zu unterhalten, und daß sie nicht die verlangte Wirkung haben würde, wenn sie zu schwach wäre.

213. Anmerkung. Damit Seeuhren beständig in waagerechter Lage sein können, gebraucht man die gewöhnliche Compaßsuspension. Da diese hinreichend bekannt ist, beschreiben wir sie hier nicht. Um die Uhr aufzuziehen, kehrt man das Uhrgehäuse um, der Boden kommt dann aufwärts, und nun zieht man die Uhr ohne Schwierigkeit auf. Den Schlüssel, womit man aufzieht, verfertigt man am besten so, daß man das Sperrwerk der Schnecke nicht beschädigen kann, wenn man unrichtig aufzieht, d. h., den Schlüssel nach der unrichtigen Seite umdrehen sollte; man bringt daher inwendig im Schlüssel ein kleines Sperrwerk an, so daß der Schlüssel nur nach der richtigen Seite aufziehen kann.

214. Die Genauigkeit dieser Seeuhr hängt viel von der Hemmung ab; daher muß man die größte Aufmerksamkeit auf diese richten, und sie von so dauerhaften Materialien verfertigen, als möglich; zu dem Ende müssen die Hebung, Auslösung und Ruhe von Stein sein. Es ist gerade nicht nöthig, die Zapfen des Räderwerkes in Stein laufen zu lassen; dagegen ist es aber wichtig, daß die Zapfen der Hemmung in Steinlöchern gehen.

Zweiter Abschnitt.

Entwurf oder Riß eines Taschenchronometers mit freier Federhemmung.
(Arnold's Hemmung.)

215. Der Riß dieses Taschenchronometers ist Tab. XIV, Fig. 8, gezeigt. *nnnn* sind die vier Schrauben, welche in die Pfeiler hineingehen, die den Kleinboden tragen; *a* ist das Federhaus, *b* die Schnecke, *c* das Minutenrad, *d* das Mittelrad und *e* das Secundenrad. Das Rad *c* trägt den Minutenzeiger, wie in den gewöhnlichen Uhren, und das Rad *e* trägt den Secundenzeiger auf einem Zapfen von passender Länge, der auf dem Getriebe angebracht ist; *f* ist das Hemmungsrad. Die Schnecke hat einen Mechanismus, der die Uhr während des Aufziehens zum Gehen bringt, und der dem im vorigen Abschnitt beschriebenen, völlig gleich ist. Das Federhaus, welches durch den Kleinboden geht, wird vom Stege *B* gehalten, auf welchem das Sperrrad und der Sperrfegel angebracht sind. Das Minutenrad ist versenkt, so daß es in der Ebene des Großbodens liegt. Der Großboden ist für das Mittelrad, welches unter dem Minutenrade angebracht ist, durchbrochen; der untere Zapfen des Mittelrades geht im Stege *aa*, Fig. 9, worin zugleich die unteren Zapfen des Secundenrades, des Hemmungsrades und der Unruhe gehen. Das Secundenrad liegt nahe am Großboden, und das Hemmungsrad über jenem mit einem passenden Spielraume. Der obere Zapfen des Hemmungsrades geht in einem Stege. *F*, Fig. 8, zeigt die Compensations-Unruhe, deren oberer Zapfen im Kloben *E* geht. Die Hemmungsfeder ist auf dem Kleinboden befestigt; *K* ist ein Steg mit einem Rohre, welches das Aufzugsviereck umgibt.

Die innwendige Höhe des Gestells ist $2\frac{1}{2}$ Lin.; die Breite der Triebfeder 2 Linien.

Fig. 9 zeigt die Seite, auf welcher sich das Zifferblatt befindet. *k* ist ein Steg für den unteren Zapfen der Schnecke. Damit die Schnecke größere Höhe erhalten könne, so ist der Kleinboden für den obersten Theil derselben ausgedreht. Man sieht in *m* das Minutenrohr, das den Minutenzeiger trägt. *B* ist das Wechselrad, *n* das Wechselrad=Getriebe; *A* ist das Stundenrad, welches den Stundenzeiger führt.

Die Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben.

216. Die Triebfeder muß ungefähr 8 Umgänge um den Federstift machen, und die Schnecke mit beinahe 6 Kettenumgängen versehen sein; auf diese Weise wird die Feder nicht zu sehr gespannt werden, und eine hinreichende Anzahl Umgänge bleiben in Ruhe.

Die Anzahl der Radzähne kann folgende sein:

Das Schneckenrad	72 Zähne
Das Minutenrad	80 —
Das Mittelrad	75 —
Das Secundenrad	70 —
Das Hemmungsrad	15 —

Die Anzahl der Getriebzähne:

Das Minutenrad=Getriebe	12 Zähne
Das Mittelrad=Getriebe	10 —
Das Secundenrad=Getriebe	10 —
Das Hemmungsrad=Getriebe	7 —

Diesen Zahlen gemäß, wird die Unruhe 300 Schwingungen in der Minute oder 18000 in der Stunde machen; der Secundenzeiger wird 5 Sprünge in der Secunde machen. Das Zeigerwerk kann folgende Anzahl Zähne haben: Das Minutenrohr 12, das Wechselrad-Getriebe 10, das Wechselrad 36 und das Stundenrad 40 Zähne.

217. Die Anzahl 18000 Schwingungen in der Stunde paßt für einen Taschenchronometer, der heftigeren und häufigeren äußeren Bewegungen ausgesetzt ist, als die Seeuhr.

Aus diesem Grunde muß die Unruhe in einem Taschenchronometer größere Geschwindigkeit haben, als in einer Seeuhr.

218. Was die Hemmung betrifft, so wird man diese nach den Regeln für die Construction verfertigen, welche im achten Kapitel angegeben sind, indem man dafür sorgt, daß die Zapfen der Hemmung in Steindöchern gehen.

Anmerkung. Was die Regulirung des Chronometers, die Versuche über die Gleichzeitigkeit der Schwingungen der Unruhe und die Proben betrifft, welche man machen muß, um die Compensation zu untersuchen und genau zu machen, siehe Kap. III und XIV.

Dritter Abschnitt.

Entwurf zu einer Seeuhr mit freier Doppelrad-Federhemmung.

(Jürgensen's Hemmung.)

(Tab. XV.)

219. Der Hauptunterschied zwischen der Seeuhr, die in dem vorhergehenden Abschnitte beschrieben ist, und derjenigen, welche wir hier beschreiben wollen, besteht nicht bloß in einem

neuen Nisse, sondern darin, daß die Hemmung in dieser Uhr die Doppelrad-Federhemmung ist, welche im Jahre 1822 in der, vom Hrn. Conferenzrath, Professor Schumacher in Altona, herausgegebenen Zeitschrift: „Astronomische Nachrichten“ vorgeschlagen und beschrieben ist, so wie auch im Anhange dieses Werkes. (Siehe zugleich Tab. XI.).

220. Es wird daher unnöthig sein, von Neuem eine umständliche Beschreibung des Nisses dieser Uhr zu geben; wir werden nur angeben, worin sich diese Uhr von der so eben beschriebenen unterscheidet.

Indem man einen Blick auf die Zeichnungen wirft, welche diese beiden Secuhren vorstellen, bemerkt man zuerst, daß die Secuhr auf Tab. XV. einen größeren Durchmesser hat, als die Secuhr auf der vorhergehenden. Dieser Unterschied in der Größe ist willkürlich, und in so fern man das Verhältniß der verschiedenen Theile, woraus diese Maschinen zusammengesetzt sind, wohl beachtet hat, kann dieses keinen Einfluß auf die Güte der Uhr haben. Wir glauben indessen nicht, daß es den Erfahrungen gemäß, welche man über den Gang der Secuhren nach den jetzt gebräuchlichen Constructionen hat, passend sein würde, den Durchmesser unter 2 Zoll, oder über 3 Zoll zu machen.

Fig. 1, Tab. XV, zeigt den Niß der Uhr. Das Stück *H*, welches sich nicht im Nisse auf der vorhergehenden Tafel findet, ist ein Steg, der das Federhaus umgiebt um das Werk zu beschützen, in dem Falle, daß die Kette springen sollte. In diesem Stege geht der untere Zapfen des Hemmungsrad-Getriebes, ungefähr in der Mitte des Gestelles zwischen dem Großboden und dem Kleinboden, wie man in Fig. 3 sieht.

Fig. 2 zeigt den Kleinboden von der Seite, worauf die

verschiedenen Theile, woraus die Hemmung besteht, angebracht sind. Er hat große Ähnlichkeit mit Fig. 2, Tab. XIV; doch bemerkt man den Unterschied, daß hier zwei Hemmungsräder sind; dort ist dagegen nur Eins.

Fig. 3 zeigt die Seeuhr im Profil, so daß man das Räderwerk zwischen den beiden Boden und die Hemmungstheile sieht, die auf dem Kleinboden angebracht sind. Das Federhaus, so wie auch zwei der Pfeiler, sind nicht in dieser Figur abgebildet, weil sie hinderlich sein würden, die übrigen Theile zu sehen.

Fig. 4 zeigt das Minutenrad und das Getriebe desselben im Profil; Fig. 5 das Mittelrad und dessen Getriebe, ebenfalls im Profil; Fig. 6 das Secundenrad und dessen Getriebe; Fig. 7 die beiden Hemmungsräder und deren Getriebe im Profil.

Die Anzahl der Zähne in den Rädern und Getrieben.

221. A) die Anzahl der Radzähne kann folgende sein:

Das Schneckenrad	96	Zähne
Das Minutenrad	96	—
Das Mittelrad	90	—
Das Secundenrad	80	—
Jedes der Hemmungsräder	15	—

B) die Anzahl der Getriebzähne:

Das Minutenrad-Getriebe	18	Zähne
Das Mittelrad-Getriebe	12	—
Das Secundenrad-Getriebe	12	—
Das Hemmungsräd-Getriebe	10	—

Bei diesen Zahlen wird die Anzahl der Schwingungen der Unruhe 240 in der Minute oder 14400 in der Stunde sein; der Secundenzeiger macht 2 Sprünge in der Secunde. Das Zeigerwerk kann folgende Anzahl Zähne haben: Das Minutenrohr 14 und das Wechselrad-Getriebe 12, das Wechselrad 42 und das Stundenrad 48 Zähne.

222. Fig. 8 zeigt den Großboden von der Seite, welche gegen das Zifferblatt gekehrt ist. *aaaa* sind die vier Schrauben, welche den Falschboden an den Großboden befestigen. *k* ist der Steg für den unteren Zapfen der Schnecke, *fg* ist ein anderer Steg für die unteren Zapfen des Mittelrades und Secundenrades. Man sieht in *m* das Minutenrohr, worauf der Minutenzeiger angebracht ist. *B* ist das Wechselrad und *n* das Wechselrad-Getriebe. *A* ist das Stundenrad, welches den Stundenzeiger trägt. Die Stunden und Secunden sind excentrisch, wie das Zifferblatt, vorgestellt in Fig. 9, zeigt.

Man kann bei dieser Seeuhr den vom Verfasser erfundenen Metallthermometer anbringen, welcher im Anhang dieses Werkes beschrieben ist.

Fig. 8, Tab. XV. zeigt einen solchen Thermometer in der Uhr angebracht. *s* ist ein Steg, an den Großboden befestigt. Das Getriebe welches den Zeiger des Thermometers trägt, ist zwischen dem Boden und diesem Stege angebracht. Die Zahnreihe (der Rechen) *ce* greift mit ihren Zähnen in dieses Getriebe ein; und ist an einer Achse befestigt, die zwei Zapfen hat, wovon der untere in dem Boden geht, der andere in einem Stege von passender Höhe, der an den Boden befestigt ist. *rr* ist ein zusammengesetzter Metallbogen, dessen innerer Theil von Messing, dessen äußerer aber von gehärtetem, blau angelauftenem Stahle ist. Dieser Bogen ist mittelst zweier

Füße und der Schraube r an den Boden befestigt. Das bewegliche oder freie Ende des Bogens wirkt auf den Theil e der Zahnreihe. Eine lange und sehr schwache Spiralfeder, die auf dem Getriebe angebracht ist, das den Zeiger trägt, bewirkt durch ihre Spannung, daß sich der Theil e der Zahnreihe beständig an den zusammengesetzten Bogen lehnt, und daß er diesem unter seiner Bewegung folgen kann.

Man sieht also leicht, auf welche Weise der Zeiger des Thermometers bewegt wird. Der zusammengesetzte Bogen, wird sich, dem in Kap. III. Nr. 83 u. folg. Erklärten gemäß, durch die Wärme öffnen und durch die Kälte schließen. Das freie Ende des Bogens bringt also die Zahnreihe in Bewegung, welche wieder auf das Getriebe wirkt, das den Zeiger führt. Dieser Zeiger geht also durch die Wärme vorwärts, und durch die Kälte zurück.

Auf dem Halbkreise zu unterst auf dem Zifferblatte, Fig. 9, sind die Thermometergrade nach Réaumur's Scala abgesetzt. Die Eintheilung geht von 14 Grad unter Null, bis 44 Grad Wärme. Dieses ist mehr als hinreichend, denn die Uhr darf nicht so bedeutenden Temperaturveränderungen ausgesetzt sein.

Wir verweisen auf den Anhang vorliegenden Werkes, in so fern hier die Construction und die Regulirung dieses Metallthermometers ausführlicher behandelt werden.

Vierzehntes Kapitel.

Der Isochronismus der Schwingungen der Uruhr. —
Allgemeine Bemerkungen über die Regulirung der Uhren
in verschiedenen Lagen. — Art und Weise Chronometer
oder Uhren mit compensirenden Uruhren zu reguliren, und
Mittel, die Compensation zu prüfen, und sie unter den
Wirkungen der Wärme und Kälte genau zu machen.

Erster Abschnitt.

Vom Isochronismus der Schwingungen der Uruhr.

224. Die großen und kleinen Schwingungen der Uruhr sind isochronisch (gleichzeitig), wenn sie in gleichen Zeiten vollendet werden.

225. Die Genauigkeit der Längenuhren beruht vorzüglich auf den gehörigen Isochronismus der Schwingungen der Uruhr.

226. In den Chronometern, welche eine Hemmung mit beständiger Kraft haben, sind die Schwingungen von selbst gleichzeitig; denn die Ausdehnung der Schwingungsbogen bleibt unverändert dieselbe; die Dauer der Schwingungen kann sich nicht verändern; auf diese Weise erreicht man den Isochronismus, der Natur der Hemmung gemäß. *)

*) Man setzt hier voraus, daß die Reibung an den Zapfen der Uruhr constant

Dieses gilt nicht von den Chronometern, welche mit den gewöhnlichen Federhemmungen versehen sind; die Veränderungen in der bewegenden Kraft, in der Reibung an den Zapfen des Näderwerkes, durch die Verdickung des Oels, haben Einfluß auf die Ausdehnung der Schwingungen der Unruhe, welche desto kleiner werden, je länger die Uhr geht. Es würde daher gut sein, ein Mittel zu gebrauchen, wodurch man die Schwingungen, sie mögen nun größer oder kleiner sein, gleichzeitig machen könnte, so daß die Verminderung der Schwingungsbogen, welche von der Veränderung der Reibung und des Oels herrührt, keinen Einfluß auf die Dauer der Schwingungen haben, oder diese nicht unregelmäßig machen würde.

227. Man kann, dem in Kap. III. Nr. 93 u. folg. Gefagten zufolge, die Gleichzeitigkeit der Schwingungen der Unruhe mittelst der Spiralfeder erreichen, und zwar auf zweierlei Weise, indem man entweder Ferdinand Berthoud's oder Pierre le Roy's Methode folgt. Erst nachdem die Uhr fertig und zu gehen im Stande ist, kann man mit dem Isochronismus Proben anstellen, und sich versichern, daß die Natur der Spiralfeder so ist, daß die großen und kleinen Schwingungen in gleichen Zeiten vollendet werden. Indem man die bewegende Kraft der Uhr vermehrt, welches leicht durch Spannung der Triebfeder geschieht, werden die Schwingungen der Unruhe vergrößert. Wenn man die Triebfeder dagegen nur wenig spannt, so wird die bewegende Kraft vermindert, und die Schwingungen der Unruhe werden eine geringere Ausdehnung erhalten. Durch dieses Mittel kann man ohne große

oder unveränderlich ist, daß die Zapfen dünn, hart, wohl polirt sind, und daß sie in durchbohrten Rubinen gehen, passend die Reibung zu vermindern und unveränderlich zu machen, so wie auch das Oel zu bewahren.

Schwierigkeit, die Schwingungsbogen nach Belieben so viel vergrößern oder vermindern, als man für nöthig findet. Um zu erfahren, in wie fern die Spiralfeder isochronisch sei oder nicht, läßt man die Uhr eine Zeitlang, z. B. 12 Stunden gehen, ohne die bewegende Kraft zu vermehren noch zu vermindern, und bemerkt sich den Gang der Uhr, dieser möge nun zu schnell oder zu langsam sein, oder genau der astronomischen Pendeluhr folgen. Darnach vermehrt man die bewegende Kraft durch das vorhin angegebene Mittel; die Bogen werden größer, und man läßt die Uhr eben so viele Stunden gehen, als während des ersten Versuchs, und bemerkt sich dann wieder den Gang der Uhr. Darauf vermindert man die bewegende Kraft, die Bogen werden kleiner; man bemerkt sich nun wieder den Gang der Uhr für einen eben so großen Zeitraum, als der, bei den vorhergehenden Versuchen, angewandt. Findet man nun, daß der Gang, nach der Vergrößerung oder Verminderung der Schwingungen, gleich ist dem Gange, bei den natürlichen oder nicht durch Kunst veränderten Schwingungen, so ist die Spiralfeder isochronisch; sind dagegen die größeren oder kleineren Schwingungen mehr oder weniger schnell, als die natürlichen, durch die gewöhnliche bewegende Kraft der Uhr bewirkt, oder, wenn die Uhr bei den großen oder kleinen Schwingungen avancirt oder retardirt, so ist es einleuchtend, daß die Spiralfeder nicht isochronisch ist.

228. Aus dem in Nr. 94 Gesagten, wissen wir, daß man den Isochronismus durch eine längere oder kürzere Spiralfeder erreichen kann. Eine sehr kurze Spiralfeder macht die größeren Schwingungen schneller als die kleineren; eine sehr lange Spiralfeder, die übrigens dieselbe Kraft hat, als eine kurze Spiralfeder, macht dagegen die größeren Schwingungen

langsamere, als die kleineren. Es ist also einleuchtend, daß man zwischen diesen beiden Gränzen die Länge einer Spiralfeder finden kann, welche die größeren und kleineren Schwingungen gleich dauernd oder isochronisch machen kann. Wenn die großen Schwingungen weniger schnell sind als die kleinen, so kann man diesem Uebelstande durch Verkürzung der Spiralfeder abhelfen. Wenn aber das Entgegengesetzte statt findet, muß man, dieser Methode gemäß, eine längere Spiralfeder in der Uhr anbringen.

229. Aus Gründen die wir gleich anführen werden, hat man in der letzteren Zeit den vollkommenen Isochronismus der Schwingungen der Unruhe verlassen; man hat es zweckmäßiger gefunden, den kleineren Schwingungen der Unruhe etwas größere Schnelligkeit zu geben, als den größeren, so daß, wenn ein Chronometer nach der Mittelzeit geht, und die Schwingungsbogen desselben, z. B. eine Ausdehnung von 450 Grad haben, so muß derselbe Chronometer in 24 Stunden beinahe 5 bis 6 Secunden avanciren oder zu schnell gehen; wenn die Schwingungsbogen durch eine Verminderung der bewegenden Kraft bis auf 300 Grade abnehmen. Damit die Chronometer in langer Zeit einen sehr gleichen Gang bewahren, wird man genöthigt, die Spiralfeder von solcher Natur zu machen, daß die kleineren Schwingungsbogen der Unruhe etwas schneller vollendet werden, als die größeren, und zwar aus folgendem Grunde: nach und nach wird, beim Gehen des Chronometers, die Schnellkraft der Spiralfeder, ein wenig, wenn auch fast unmerklich, abnehmen, und das Del, welches man an den Zapfen der Achse der Unruhe anbringt, in geringerem oder größerem Grade dicker werden. Diese beiden Ursachen bringen ein Verspäten oder Verlieren im

Gänge der Uhr hervor, und die Schwingungen der Unruhe erhalten durch die Verdickung des Oels eine geringere Ausdehnung. Wenn nun die zunehmende Schnelligkeit der Schwingungsbogen der Unruhe, je nachdem diese von geringerer Ausdehnung werden, dem Verlieren oder Verspäten entspricht, welches die Uhr durch die abnehmende Schnellkraft der Spiralfeder und die Verdickung des Oels an den Zapfen erleidet: so wird der Chronometer, wenn er sonst vollkommen ist, lange Zeit einen gleichförmigen Gang bewahren.

230. Ein anderer Grund, weswegen man keine ganz isochronische Spiralfeder gebrauchen darf, ist daß ein Chronometer, welcher mit einer solchen versehen ist, in vertikaler Lage, oder wenn er getragen wird, durch die vermehrte Reibung an den Zapfen, langsamer geht.

Außerdem, daß die ganz isochronische Spiralfeder dieses Verspäten nicht berichtigt, welches durch die vermehrte Reibung der Zapfen in vertikaler Lage hervorgebracht wird, hat sie noch einen anderen wesentlichen Fehler; denn wenn man annimmt, daß ein, mit einer solchen Spiralfeder versehener Chronometer in einer Temperatur von 2 bis 30 Gr. Réaumur. in horizontaler Lage völlig regulirt ist, so wird er dies in vertikaler Lage nicht sein, weil der Widerstand, den die Zapfen erleiden wenn das Oel dicker wird, in vertikaler Lage mehr bemerkt wird, als in horizontaler; und da die vermehrte Reibung ein Verspäten bewirkt, so wird ein solcher Chronometer, wenn er senkrecht gestellt ist, in der Kälte verlieren; sinkt die Temperatur unter den Eis- oder Gefrierpunkt, so wird derselbe Uebelstand in waagerechter Lage statt finden.

231. Man hebt diese Hindernisse durch die Anwendung einer Spiralfeder von solcher Beschaffenheit, daß sie die

Schwingungen der Unruhe allmählig schneller macht, so wie diese kleiner werden; denn, wenn der Chronometer vertikal gestellt ist, so verliert er durch die Vermehrung der Reibung, welche die Zapfen erleiden, und aus diesem Grunde erhalten die Schwingungsbogen eine kleinere Ausdehnung. Folglich, wenn die Spiralfeder dann die Eigenschaft besitzt, die Schwingungen um so viel schneller zu machen, als sie der Reibungswiderstand an den Zapfen langsamer gemacht hat, so wird man eine zweckmäßige Ausgleichung erlangen, die sich unter allen Umständen, selbst in der größten Kälte, erhalten wird.

232. Durch die, vor einigen Jahren über den Einfluß der Luft auf den Regulator der Längenuhren angestellten Versuche*), hat man gefunden, daß es auch, um den Einfluß der Veränderung der Luftdichtigkeit ganz unmerklich zu machen, und ihn folglich gleichsam aufzuheben, richtig ist, eine Spiralfeder zu gebrauchen, welche den Chronometer bei den kleinen Schwingungsbogen mehr avanciren läßt, als bei den großen, so daß eine Acceleration von 5 bis 6 Secunden in 24 Stunden statt finden muß, wenn die Schwingungsbogen ungefähr 150 Grade abnehmen.

233. Pierre le Roy's Methode wendet man am häufigsten an, um den Isochronismus der Schwingungen der Unruhe zu erreichen, wie wir schon erwähnt haben. Diese Methode gründet sich darauf, daß eine sehr kurze Spiralfeder, welche überall von gleicher Dicke ist, durch die Schwingungen der Unruhe verhältnißmäßig stärker gespannt wird, als eine längere

*) Siehe den Anhang dieses Werkes: „Von dem Einflusse der Luft auf den Regulator der astronomischen Pendeluhren und der Längenuhren.“

Spiralfeder; die großen Schwingungsbogen werden daher schneller sein, als die kleinen. Eine sehr lange Spiralfeder wird dagegen bei denselben Schwingungen weit weniger, oder in einem weit geringeren Verhältnisse, gespannt als die erste, und aus diesem Grunde werden die größeren Schwingungen langsamer werden, als die kleineren. Zwischen diesen beiden verschiedenen Längen, muß es daher eine Mittellänge geben, wo die großen und kleinen Schwingungen von gleicher Dauer sind; es muß ebenfalls eine Länge geben, die passend ist, der Spiralfeder den Grad von Acceleration zu geben, den sie nach und nach so wie die Schwingungsbogen vermindert werden, erhalten muß. Doch gelingt es häufig erst nach manchen Versuchen über den Gang der Uhr, mit Schwingungsbogen von höchst verschiedener Ausdehnung, und nachdem man mehrere Male die Länge der Spiralfeder verändert hat, ihr den verlangten Grad von Acceleration zu geben; denn es giebt so viele andere Ursachen, die ihren Einfluß äußern, wie z. B. das Gewicht der Unruhe, der Durchmesser der Zapfen, die Gestalt der Löcher u. s. w.

234. Wir wissen aus dem in Nr. 94 Gesagten, daß man auf ähnliche Weise mittelst der Form der Spiralfeder zum Isochronismus gelangen kann, indem man Ferdinand Berthoud's Methode folgt, die darin besteht, daß man dem Spiraldrahte die Gestalt eines Peitschenbandes giebt (ihn en fouet bildet), oder allmählig dünner macht, so wie sich der Draht weiter vom Mittelpunkte der Spiralfeder entfernt. Durch dieses Mittel kann auch eine kürzere Spiralfeder als Le Roy's, isochronisch werden. Bei den Uhren, die zum Tragen bestimmt sind, und deren Gestalt nicht immer den Gebrauch einer langen Spiralfeder erlaubt, wird man zuweilen genöthigt, seine Zuflucht zu Ferdinand Berthoud's Methode zu nehmen, man stößt

dann aber bei der Verfertigung auf die sehr große Schwierigkeit, die Dichte des Spiraldrahtes in einem genauen, und ganz richtigen Verhältnisse zu vermindern. *) Aus diesem Grunde verdient le Roy's Methode überall vorgezogen zu werden, wo man sie anwenden kann, weil sie den Vortheil gewährt, einen Spiraldraht gebrauchen zu können, der in seiner ganzen Länge gleich dick ist.

235. Berthoud lehrt uns zugleich, daß sich eine Spiralfeder mit vielen, dicht auf einander liegenden Umgängen besser zum Isochronismus eignet, als eine andere von derselben Länge, aber mit wenigeren Umgängen, die weiter von einander liegen, und zwar, weil die zunehmende Kraft während der Unruhschwingungen, durch die Biegungen der Spiralfeder, auf Hebel wirkt, die einander mehr gleich sind. Hieraus folgt denn, daß sich schraubensförmige oder cylindrische Spiralfedern, besser zum Isochronismus eignen, als diejenigen, deren Umgänge in Einer Ebene liegen. Man weiß, daß die Umgänge der cylindrischen Spiralfeder gleich weit vom Mittelpunkte entfernt liegen; folglich geschieht die Bewegung in Umgängen die einander merklich gleich sind; das Fortschreiten der zunehmenden Kraft der Spiralfeder während der Schwingungen geschieht also in einem mehr gleichmäßig fortschreitenden Verhältnisse.

*) Mein seliger Großvater, Frederic Houriet, Uhrmacher zu Locle in der Schweiz, und Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften in Paris, hat ein mechanisches Ziehseisen mit einem Räderwerke construiert, welches passend ist, die Spiralfedern gleichmäßig ab- oder zunehmend zu strecken. Er hat im Jahre 1826 der Gesellschaft der Künste in Genf eine Abhandlung vorgelegt, „Essai sur l'isochronisme des ressorts spiraux,“ worin die Beschreibung dieses Ziehseisens mitgetheilt ist.

236. Was die Figur der Spiralfedern und die Masse betrifft, woraus man sie am richtigsten verfertigt, (siehe Nr. 97. *)

Anmerkung 1. Bei den englischen Chronometermachern Parkinson und Frodsham hat der Herausgeber Gelegenheit gehabt, einen Chronometer mit einer flachen Spiralfeder zu sehen, deren Umgänge in Einer Ebene lagen, und deren äußerstes Ende an einen beweglichen, oder richtiger, elastischen Spiralkhalter befestigt war. Dadurch glauben sie den Isochronismus erreichen, und denselben reguliren zu können, durch eine passende Schwächung der Stärke des Spiralkhalters, bis die beabsichtigte Wirkung erreicht wird. Diese sinnreiche Idee verdanken wir Young und Hardy, und ich weiß, daß wenigstens der Erstgenannte, sie mit gutem Erfolge ausgeführt hat.

Anmerkung 2. Der Isochronismus der Spiralfeder beruht nicht allein auf ihre Länge, sondern auch auf die Form derselben, und zwar in mehr als Einer Rücksicht; denn nicht die ab- oder zunehmende Dicke der Spiralfeder allein hat Einfluß auf den Isochronismus, sondern ihre Figur selbst spielt eine wesentliche Rolle. Eine cylindrische Spiralfeder z. B. wird ihre Kraft und dadurch ihren Isochronismus verändern, wenn die äußersten (d. h., die obersten und untersten) Umgänge derselben mehr oder weniger gegen den Mittelpunkt gebogen werden.

Bei Berthoud und Breguet in Paris werden die äußersten Umgänge der cylindrischen Spiralfeder nicht gebogen,

*) In England sah der Herausgeber bei Dent, der mit Arnold associirt ist, gläserne Spiralfedern. Die vorläufigen Versuche mit denselben zeigen, daß diese Masse, worauf die Temperaturveränderung weniger wirkt als auf die Metalle, zu diesem Gebrauche zweckmäßig ist, wenn die Zerbrechlichkeit des Glases keine praktischen Schwierigkeiten in den Weg legt.

sondern man läßt sie ihrer ganzen Länge nach cylindrisch bleiben. Der Isochronismus wird dadurch erreicht, daß die mittelsten Umgänge der Spiralfeder geschwächt werden, bis man die nothwendige Wirkung erhalten hat.

Da die cylindrische Spiralfeder dadurch an Kraft gewinnt, daß die Umgänge derselben in Kreisen von geringerem Durchmesser gebogen werden, so kann man, wenn es der Isochronismus erfordert, anstatt die untersten Umgänge der Spiralfeder durch Verdünnen zu schwächen, dasselbe Resultat mit Rücksicht auf den Isochronismus dadurch erreichen, daß man die obersten Umgänge der Spiralfeder mehr gegen den Mittelpunkt einbiegt, und auf diese Weise die Kraft derselben vermehrt.

Anmerkung 3. Ein Mittel, das zum Isochronismus der Schwingungen von ungleicher Ausdehnung beiträgt, besteht darin, die Unruhe sehr große Bogen beschreiben zu lassen. Aus Berthoud's Versuchen wissen wir, daß ein Unterschied von einer gewissen Anzahl Grade in der Größe der Schwingungsbogen, wenn die Bogen groß sind, nicht so viel Veränderung im Gange der Uhr verursacht, als wenn die Schwingungsbogen klein sind. Bei der freien Hemmung ist es leicht, die Unruhe $1\frac{1}{2}$ Umgang (also 450 Gr.), ja sogar bis auf 480 Grad schwingen zu lassen, ein Mittel, wodurch die Unruhe ein bedeutendes Bewegungsmoment erhält, und wodurch die Uhr zugleich in Stand gesetzt wird, der Wirkung äußerer Erschütterungen zu widerstehen.

Mit Rücksicht auf den verschiedenen Gebrauch der Längenuhren, auf der See oder auf dem festen Lande, findet sich, den Isochronismus der Unruhsschwingungen dieser Uhren betreffend, eine Abhandlung vom Verfasser, in den, vom Hrn. Conferenzzrath Schumacher herausgegebenen „astronomischen Nachrichten,“ Nr. 30 (Jahrg. 1823), welchen wir hier übersezt mittheilen, so wie auch einige, von Hrn. Kessels über diesen Gegenstand mitgetheilte Bemerkungen.

„Schon lange haben die aufgeklärten Seefahrer den ganzen Werth der Chronometer gefühlt und erkannt, denn nur vermittelt dieser Maschinen, kann man auf die einfachste Weise zu den, für die Längenbestimmungen auf der See, unschätzbaren Resultaten gelangen. Der beständige Gebrauch, den die englischen Seefahrer, von diesen Instrumenten machen, trägt nicht wenig zu der Sicherheit bei, mit welcher sie ihre Reisen machen; denn die Dauer der Fahrt wird sehr durch eine vollkommnere Kenntniß der Längen abgekürzt, und ein durch dieses Mittel gut geführtes Schiff, befindet sich oft, geschützt vor Gefahren, im Hafen, während ein anderes, mit weniger Sicherheit geführtes, noch den Gefahren ausgesetzt ist, denen das erstere schon entronnen. Die französischen Seefahrer, welche ebenfalls einen häufigen Gebrauch von den Längenuhren machen, haben sich auch derselben bedient, um die Seekarten zu entwerfen, welches einen noch höheren Grad von Genauigkeit bei diesen Maschinen voraussetzt, als unumgänglich nothwendig ist, zur einfachen Kenntniß der Seelängen für die Schifffahrt. Um aber zu sicheren und befriedigenden Resultaten zu gelangen, muß man den Gebrauch dieser Maschinen verstehen, ihre Natur und ihren Gang kennen: man muß zugleich mit einer ziemlich großen Menge dieser Instrumente versehen sein, und nur die vorzüglichsten ge-

brauchen, da es hier auf die größt mögliche Vollkommenheit ankommt.“

„Der Nutzen der Chronometer ist aber nicht auf die Schifffahrt beschränkt, er erstreckt sich noch viel weiter, d. h., auf alle Fälle, wo es darauf ankommt die Zeit mit Genauigkeit zu messen, und folglich bei den Bestimmungen der terrestrischen Längen und den Erdmessungen. — Nr. 19 und 20 dieser Zeitschrift erwähnen des nützlichen Gebrauches, den man von diesen Instrumenten machen kann, und der sehr genügenden Resultate, zu welchen Sie (Herr Conferenzrath Schumacher) über diesen Gegenstand gelangt sind.“

„Ihr, in die 5te Beilage dieses Journals, S. 505, eingrückter Brief an den Hrn. Prof. Hansteen, zeigt deutlich die Bedingungen, unter welchen man durch die Chronometer die terrestrischen Längen mit dem besten Erfolge bestimmen kann. Die Herren Baron von Zach und Graf von Brühl, haben schon den Längenunterschied zwischen Paris und London vermittelt der Chronometer im Jahre 1785 bestimmt, auf eine Weise, welche durchaus zu Gunsten dieser Methode spricht. Die Resultate, welche Sie im Jahre 1821 erhalten haben, indem Sie 6 Chronometer, durch Hrn. Marine-Lieutenant Zahrtmann, von Kopenhagen nach Kiel schickten, scheinen mir sehr glücklich, und gereichen zur wahren Ehre für die Kunst der mechanischen Zeitmessung, wie man aus den Beobachtungen sieht, welche ich hier zu wiederholen, mit erlauben werde:

Breguet 3056	9' 44", 9.
Arnold . . 97	9 45, 4.
Arnold . 1755	9 46, 0.
Barraud's 604	9 45, 4.

Jürgensen XI. 9' 44", 9.

Jürgensen XIII 9 45, 0.

„Der größte Unterschied in Gänge dieser Chronometer, beträgt während einer Fahrt von ungefähr 40 Meilen nur $1\frac{1}{10}$ Secunde, und das Mittel dieser 6 Chronometer nehmend, findet man einen Längenunterschied von 9' 45",₂₆ und der Unterschied zwischen diesem Mittel und der größten und kleinsten der Beobachtungen ist 0",₇₄; welches für Instrumente, der Bewegung beim Transport und beim Schwanken des Schiffes ausgesetzt, außerordentlich gut scheint. — Die beim Wagentransport erhaltenen Resultate, sind nicht in demselben Grade befriedigend gewesen, und es ist klar, daß die Chronometer bei dem öfteren Mitteln des Wagens mehr oder weniger Veränderung gezeigt haben, auf einem Wege von ungefähr 60 Meilen. Hieraus folgt, daß die Chronometer, welche bei Seereisen von größtem Nutzen sein würden, es bei der Bestimmung der terrestrischen Längen wenigstens nicht alle sind, da hier Wagentransport nöthig ist, der den Isochronismus der Schwingungen des Regulators stören kann, besonders bei Instrumenten, wo man es nicht für nöthig erachtet hat, von Anfang an alle mögliche Vorsicht anzuwenden, wenn auch nicht um diese Wirkung gänzlich zu vernichten, so doch wenigstens, um sie auf die kleinste mögliche Größe zurückzuführen. Dieses vermindert aber nicht im geringsten den Werth Ihrer Instrumente, was den Gebrauch betrifft, zu welchem sie ursprünglich bestimmt sind; und wenn auch Nr. 3056 des Herrn Breguet, ein Chronometer zu sein scheint, welcher das Mitteln des Wagens weniger verträgt, so wird er doch in jeder andern Beziehung und bei dem Gebrauch für welchen er bestimmt ist, ein Meisterstück unschätzbare Genauigkeit sein. Ist es denn offenbar, daß die, zum Gebrauch auf

der See bestimmten Längenuhren, weniger zur Erdmessung geeignet sind, so scheint es mir nicht schwierig zu sein, die Ursache davon anzugeben, und zu gleicher Zeit die Regeln zu zeigen, welche bei der Construction der, zur Bestimmung der terrestrischen Längen geeigneten Uhren zur Grundlage dienen müssen.“

„Man fordert von einer Seeuhr, daß sie während eines langen Zeitraumes, einen mittleren, sehr regelmäßigen Gang behalte, damit sie auf langen Seereisen, wo man nicht häufig den Gang des Chronometers prüfen kann, zur Bestimmung der Längen dienen könne. Um hiezu gelangen zu können, ist man genöthigt, einen Kunstgriff anzuwenden, der, was die Gleichmäßigkeit des mittleren Ganges in einem langen Zeitraume betrifft, zwar zum Ziel führt; der aber zu gleicher Zeit die Schwingungen der Unruhe weniger isochronisch macht, d. h., man ist genöthigt, der Spiralfeder eine solche Natur zu geben, daß die kleineren Bogen ein klein wenig früher vollendet werden, als die größeren Bogen, und zwar aus folgenden Gründen: So wie der Chronometer geht, wird die Spiralfeder, wenn gleich fast unmerklich, so doch immer etwas an Elasticität verlieren, und zugleich verdickt sich das Del an den Unruhzapfen mehr oder weniger. Diese beiden Ursachen bewirken ein Verlieren im Gange des Chronometers, und das Verdicken des Deles verringert die Ausdehnung der Schwingungsbogen. Wenn jetzt die wachsende Schnelligkeit der Schwingungsbogen der Unruhe, je nachdem sie an Ausdehnung abnehmen, mit dem Verlieren gleichgeltend werden, welches durch das Nachlassen der Spiralfeder und das Verdicken des Deles bei den Unruhzapfen bewirkt worden, so wird der Chronometer eine lange Zeit einen regelmäßigen Gang behalten. Ist der Künstler in diesem Punkte glücklich gewesen, und hat er das richtige Gefühl gehabt zu

finden, wie viel er die kleinen Bogen gewinnen machen muß, um die Wirkung aufzuheben, die von dem Erschlaffen der Spiralfeder, und dem Verdicken des Deles an den Zapfen herrührt, so kann er hoffen, wenn das Uebrige des Chronometers eben so gut vollendet ist, eine ausgezeichnete Maschine für Längenbestimmungen auf der See fertig zu haben. Er darf besonders auf die größte Genauigkeit in langer Zeit rechnen, wenn die Unruhe nicht über 14400 Schwingungen in der Stunde macht; denn diese Anzahl Schwingungen ist sehr dienlich, die Reibungen der Hemmung zu vermindern, indem die Ursachen, welche diese Reibungen bewirken, hier weniger häufig wiederkehren als da, wo die Anzahl der Schwingungen 18000 oder 21600 ist, so wie man es in tragbaren Chronometern oder denen anwendet, die äußeren heftigeren und häufigeren Bewegungen, als auf den Schiffen in der See, ausgesetzt sind.“

„Bei den Längenuhren, die zum Messen der Zeit auf dem Lande bestimmt, und dem Tragen, so wie dem Nütteln des Wagens ausgesetzt sind, kann man nicht denselben Constructionsregeln folgen, als bei den Seeuhren; man muß sie so einrichten, daß sie so viel als möglich den Wirkungen des Transports widerstehen können, und von der Art, daß sie die größte Regelmäßigkeit im täglichen Gange behalten, sowohl in der Ruhe, als auch beim Transport. Diese größte Regelmäßigkeit im täglichen Gange, kann nur durch den Isochronismus und die größtmögliche Schnelligkeit der Schwingungen erreicht werden. Der Isochronismus hebt die, durch die größeren oder kleineren Schwingungen des Regulators bewirkten Unregelmäßigkeiten im Gange, und die Schnelligkeit der Schwingungen macht, daß letztere durch das Nütteln des Wagens weniger gestört werden. Dies scheint mir einleuchtend zu sein; man muß aber zugeben,

daß eine nach diesen Principien construirte Längenuhr, während längerer Zeit einen nicht so regelmäßigen Gang bewahrt, als eine, nach andern Principien construirte, Seeuhr, denn der genaue Isochronismus der Spiralfeder, bringt nicht den Zuwachs an Schnelligkeit der Unruhsschwingungen hervor, welcher nöthig ist, um das, durch das Nachlassen der Spiralfeder und das Verdicken des Deles bei den Zapfen des Regulators, während eines mehrjährigen Ganges, verursachte Verlieren auszugleichen. Diese Betrachtung darf aber bei terrestrischen Längenuhren, weder den Gebrauch der völlig isochronischen Spiralfeder, noch den der schnellen Schwingungen hindern, denn der hierdurch erreichte Vortheil ist sehr groß, während die Unannehmlichkeiten gänzlich verschwinden; denn angenommen, daß der Gang des Chronometers nach Verlauf eines Jahres 4—6 Secunden langsamer wäre, so würde dieses Verlieren in einem kaum merklichen Grade statt finden, und für jeden Tag, als Mittelzahl nur $\frac{5}{365}$ Secunden oder $0''{,}014$ betragen; eine Größe, die bei einer Reise von 8 Tagen verschwindet, indem es hier einen Fehler von nicht viel mehr als $\frac{1}{10}$ Sec. ausmachen würde. Für längere Zeiträume, wird der Beobachter immer Gelegenheit haben, den neuen Gang seines Chronometers kennen zu lernen; ein Vortheil, dessen sich die Seefahrer bei weitem nicht in dem Grade zu erfreuen haben.“

„Dies sind, meine ich, die Mittel, welche man anwenden kann, um vorzügliche Längenuhren zum Gebrauch auf dem festen Lande hervorzubringen, und zugleich meine Ansichten über diesen Gegenstand. Ich erlaube mir, sie Ihnen mitzutheilen; der Antheil, den Sie an Allem nehmen, was zur Vervollkommnung einer, mit der Astronomie so eng verbundenen, Kunst beitragen kann, hat mich dazu ermuntert. Es würde

mir sehr angenehm sein, wenn Sie meine Ideen dem Herrn Kessels (in Altona) mittheilen wollten, dieser ist in der Nähe der Einzige, welcher mich aufklären kann, wenn ich geirrt haben sollte, und seine Ansichten werden mir selbst dann schätzbar sein, wenn sie auch nicht mit den meinigen übereinstimmen sollten.“

U. Jürgensen.

Hierauf theilte Hr. Kessels seine Meinungen über diesen Gegenstand in Nr. 33 der astronomischen Nachrichten (von 1823) mit.

„Mit großem Interesse habe ich den, in Nr. 30 der astronomischen Nachrichten, eingerückten Auszug Ihres Briefes an Hr. Prof. Schumacher gelesen. Schon würde ich Ihnen früher darauf geantwortet haben, wenn diese Nummer nicht erst vor ein Paar Tagen an mich gelangt wäre. Außerordentlich erfreut über die gute Meinung, die Sie von mir hegen, schmeichelt es mir besonders, hiedurch Gelegenheit zu erhalten, die Bekanntschaft eines so ausgezeichneten Künstlers zu machen. Weit entfernt die Hoffnung zu nähren, so antworten zu können als Sie von mir erwarten, bin ich außerdem noch zu wenig bekannt, um glauben zu dürfen, daß man meinen Beobachtungen einige Wichtigkeit beilegen könne: denn Sie wissen wohl, daß man Proben der Tüchtigkeit abgelegt haben muß, bevor man Andere unterweisen will; und in der kurzen Zeit meines Aufenthaltens in dieser Stadt, unter der Leitung des Hr. Prof. Schumacher, habe ich noch keine Gelegenheit gehabt, eine Arbeit von Wichtigkeit auszuführen.“

„Ihre Ansichten über die Principien, welche bei der Construction der Chronometer zur Grundlage dienen müssen, zeugen, daß sie die eines Künstlers sind, der von Liebe für seine Kunst befehle wird. Sie sind sehr richtig und deutlich, indessen scheinen

unserer Meinungen in einigen Punkten nicht übereinzustimmen; ich werde Ihnen die meinigen mittheilen. Kann Ihnen übrigens Jemand über diesen Gegenstand genügende Aufklärungen geben, so ist es Hr. Breguet; da er selbst noch nichts bekannt gemacht hat, so habe ich es bisher nicht für schicklich gehalten, hier von seiner Theorie zu sprechen.“

„Ich bin der Meinung, daß die Taschen-Chronometer zur terrestrischen Längenbestimmung vorzüglicher sind, als die von größerem Umfange; denn sie können nirgends besser angebracht oder elastischer aufgehängt werden, als in einer Uhrtasche. Ein solches Instrument muß aber alle guten Eigenschaften vereinen, um allen Veränderungen in Lage und Temperatur zu widerstehen. Es ist durchaus nothwendig, daß es in verschiedenen Stellungen regulirt, und der Gang in horizontaler und vertikaler Lage, so viel als möglich derselbe sei, weil diese Instrumente nicht immer in einerlei Stellung bleiben können.“

„Diesen Grad von Genauigkeit darf man nicht mit einer isochronischen Spiralfeder zu erhalten hoffen; denn ein, mit solcher Spiralfeder versehener Chronometer, verliert sehr bedeutend in vertikaler Lage, welches durch die Vergrößerung der Reibung an den Zapfen bewirkt wird, und es würde schädlich sein, diesen Fehler dadurch verbessern zu suchen, daß man die Unruhe aus dem Gleichgewicht brächte.“

„Außerdem, daß die isochronische Spiralfeder nicht das Nachlassen verbessert, dem natürlich jede Spiralfeder unterworfen ist, hat sie einen noch größeren Mangel. Angenommen, ein solcher Chronometer wäre in horizontaler Lage, bei einer Temperatur von $+ 20^{\circ}$ bis $+ 30^{\circ}$ vollkommen regulirt, so würde er dieses in der vertikalen nicht mehr sein, da der Widerstand, den die Zapfen durch die Verdickung des Oeles erfahren, weit

merkbarer in der letztern ist, als in der erstgenannten; und so wie die Vermehrung der Reibung ein Verlieren bewirkt, wird dieser Chronometer in der Kälte zu langsam gehen, wenn er vertikal aufgestellt ist; und bei einer Kälte unter Null, wird dasselbe auch in horizontaler Lage stattfinden.“

„Man beseitigt diese Hindernisse gänzlich, durch Anwendung einer solchen Spiralfeder, welche die Schwingungen in dem Grade schneller gehen macht, als sie an Ausdehnung verlieren; denn wenn sich der Chronometer in vertikaler Lage befindet, geht er, wegen der vergrößerten Reibung an den Zapfen, zu langsam, und aus demselben Grunde nehmen die Schwingungsbogen an Ausdehnung ab. Wenn die Spiralfeder dann also von der Beschaffenheit ist, daß sie die Schwingungen so viel schneller werden läßt, als sie die Reibung an den Zapfen zu langsam gehen macht, so hat man eine glückliche Compensation getroffen, die sich bei allen Umständen, und selbst in der strengsten Kälte hält.“*)

„Es ist keinesweges leicht, der Spiralfeder genau diesen Grad von Acceleration zu geben, durch welche die Vorzüglichkeit des Chronometers bedingt wird. Jeder Künstler bildet sich selbst eine Methode, durch welche er mit größerer oder geringerer Sicherheit seinen Zweck erreicht; denn es giebt hier so viele andere Ursachen, die ihren Einfluß äußern, als z. B. das Gewicht der Unruhe, die Dicke der Zapfen, die Gestalt der Zapfenlöcher u. , wo nur das Genie des Künstlers wirken kann.“

„Auch ich habe bemerkt, daß die Chronometer, welche 18000 Schwingungen in der Stunde machen, einen gleichmäßi-

*) Die Richtigkeit dieser Bemerkungen völlig anerkennend, sind sie auch schon im Texte selbst, Nr. 230 und 231, gemacht worden.

geren Gang haben, als die, deren Schwingungen 21600 betragen.“

„Man wird einwenden, daß der Chronometer durch das Nütteln des Wagens oder beim Tragen Veränderungen zeigen wird, wenn die Spiralfeder nicht isochronisch ist; dieses findet aber keinesweges bei Chronometern statt, welche nach guten Principien construirt und in allen verschiedenen Lagen regulirt sind. Man nimmt gewöhnlich an, daß sich die Ausdehnung der Schwingungsbogen beim Tragen ändern; folgender Versuch, den jeder anstellen kann, wird aber deutlich das Gegentheil darthun. Man öffne einen Chronometer, um die Ausdehnung der Bogen zu beobachten, nehme ihn gut verschlossen in die Hand, versetze ihn in vertikale Schwingungen (denn in der Tasche erhält er, den Bewegungen des Wagens ungeachtet, niemals kreisförmige), ungefähr 8 in der Secunde, und man wird dann sehen, daß die Bogen immer dieselbe Ausdehnung behalten.“

„Dieser Versuch dient noch ferner zum Beweise, daß man nicht ohne Grund, schon seit langer Zeit auf die isochronischen Spiralfedern für Taschen-Chronometer Verzicht geleistet hat. Alle, welche mir durch die Hände gegangen, und von mir nach diesen Principien ausgeführt sind, haben mir bewiesen, daß diese vortreffliche Theorie Earnshaw's, sich auch in der Praxis als vorzüglich bewährt, wenn sie mit Kunstfertigkeit angewandt wird.“

„Dies sind meine Ideen über die isochronischen und nicht-isochronischen Spiralfedern; glauben Sie mir, mein Herr, daß Ihre Ansichten, wenn sie auch von den meinigen verschieden sind, nicht im geringsten die festbegründete Hochachtung mindern, die ich für Sie hege.“

Kessels.

Zweiter Abschnitt.

Allgemeine Bemerkungen über die Regulirung der Uhren in verschiedenen Lagen.

237. Da es überaus schwierig ist die tragbaren Uhren beständig in einer und derselben Lage zu halten, so wird es durchaus nothwendig, sie in verschiedenen Lagen zu reguliren, so daß sich der Gang der Uhr immer gleich bleibt, die Uhr möge nun getragen werden, aufgehängt sein oder liegen. In dieser Rücksicht muß man bemerken:

1°. die Zapfen der Unruhe so dünn zu machen, als es die erforderliche Stärke nur erlaubt; sie glatt, wohl polirt und hinlänglich hart zu machen, damit sie ihre Politur bewahren können;

2°. für die Zapfen der Unruhe Steinlöcher anzuwenden, die nur wenig tief, im höchsten Grade polirt, und mit sorgfältig abgerundeten Kanten versehen sind;

3°. die Enden der Zapfen der Unruhe, welche die Steinplatten berühren, beinahe flach zu machen. Man vermehrt hierdurch die Reibung in horizontaler Lage, und macht dieselbe beinahe der in vertikaler Lage gleich;

4°. das Hemmungsrad muß so angebracht sein, daß es die Unruhe hebt, wenn sich die Uhr in vertikaler Lage befindet, wodurch die Reibung der Zapfen gegen das Innere des Loches vermindert, und die Unruhe also freier wird. Im Allgemeinen achtet man nicht darauf, wenn man den Riß einer Uhr zeichnet, das Hemmungsrad in der nothwendigen Stellung anzubringen, welches indessen beachtet zu werden verdient;

5°. damit das Del keine zu schädliche Wirkung erhalte, wenn es dicker wird, muß die bewegende Kraft hinlänglich groß sein;

6°. das Gewicht und der Durchmesser der Unruhe müssen der bewegenden Kraft und der Anzahl der Schwingungen angemessen sein;

7°. die Spiralfeder muß mit besonderer Sorgfalt angebracht werden, genau concentrisch mit der Achse der Unruhe, mit Einem Worte, in freier Lage; u. s. w.

Siehe außerdem was in dieser Rücksicht Kap. III Nr. 74 bemerkt ist.

Um die Chronometer in verschiedenen Lagen zu reguliren, muß man sich nicht allein der so eben angeführten Mittel bedienen, sondern zugleich mit der Spiralfeder zur Hülfe kommen; indem man diese von solcher Beschaffenheit macht, daß die Schwingungen der Unruhe nach und nach, so wie sie kleiner werden, an Schnelligkeit zunehmen, und daß man sie eben so viel schneller werden läßt, als sie durch die Vermehrung der Reibung der Zapfen in vertikaler Lage langsamer gemacht werden.

Dritter Abschnitt.

Von den Mitteln, welche man anwendet, um die Längenuhren zu reguliren, und den Proben, welche man anstellen muß, um eine ganz genaue Compensation in der Wärme und Kälte zu erhalten.

238. Wenn der Chronometer fertig und zum Gehen gebracht ist, ist es Zeit, sich mit der Regulirung desselben zu beschäftigen. Man wählt gleich anfangs eine Spiralfeder von passender Kraft, so daß die Uhr ungefähr regulirt ist, oder beinahe der Mittelzeit folgt Der Zeit, nach welcher man

die Chronometer gewöhnlich gehen läßt). Wenn die Uhr mit einer solchen Spiralfeder versehen ist, fängt man an, vermittelst der Spiralfeder einen passenden Isochronismus der Unruhschwingungen hervorzubringen, nach den Regeln, welche in dem ersten Abschnitte dieses Kapitels angeführt sind.

239. Wenn das Gewicht der Unruhe bestimmt ist, führt man die Regulirung vermittelst der regulirenden Schrauben aus, welche man nach Bedürfniß dem Mittelpunkte nähern oder sie weiter davon entfernen kann, wie wir in der Beschreibung der Compensations-Unruhe Kap. III Nr. 87, und Tab. III Fig. 13, gesehen haben. Wenn die Uhr zu langsam geht oder verliert, nähert man die beiden Schrauben *a* & *b* und folglich ihre Massen *oo* dem Mittelpunkte der Unruhe; geht die Uhr dagegen zu schnell, so entfernt man sie. Man muß dafür sorgen, die Schrauben gleichmäßig aus- oder einzuschrauben, damit nicht die Unruhe ihr Gleichgewicht verliere. Man fährt auf diese Weise fort, die Schrauben nach und nach entweder zu nähern oder zu entfernen, bis man den passendsten Punkt gefunden hat, und bis der Gang der Uhr genau einer astronomischen Pendeluhr folgt, welche zum Hauptregulator dient, und von deren genauem Gange man versichert ist. Da die Compensation noch nicht ganz hervorgebracht ist, so sorgt man dafür, während man die Uhr regulirt, sie in einer beinahe unveränderten Temperatur zu halten. Ohne diese Vorsicht würde, wie man leicht einsieht, die noch unvollkommene Compensation Unregelmäßigkeiten verursachen können, während man sich mit der Stellung der regulirenden Schrauben beschäftigte, und es würde dann unmöglich werden, die Uhr zu reguliren.

240. Wenn der Chronometer auf diese Weise regulirt ist, kann man die nöthigen Versuche anstellen, die Compensation für die

Wirkungen der Wärme und Kälte zu reguliren, indem man die Uhr sehr verschiedenen Temperaturen aussetzt. Vermitteltst eines zu diesen Versuchen eingerichteten Wärmeapparates wird man die Uhr einem hinreichend hohen Wärmegrad, z. B. 30 bis 35 Gr. Reaum., aussetzen können. In dieser Temperatur läßt man sie 12 Stunden oder auch wohl einen ganzen Tag (24 Stunden) stehen, und beobachtet ihren Gang, sie möge nun gewinnen oder verlieren oder genau der astronomischen Pendeluhr folgen. Darauf schreitet man zu einem anderen Versuche, indem man die Uhr in eine weit geringere Temperatur bringt, am liebsten einige Grade unter dem Eispunkte. In dieser Temperatur läßt man die Uhr eben so lange gehen, als bei dem ersten Versuche, und beobachtet den Gang auf's Neue. Findet man, daß die Uhr in der Wärme zu langsam geht, so ist es einleuchtend, daß die Compensation zu schwach ist, und daß man sie also vermehren muß. Man kann dieses durch die compensirenden Massen (Tab. III Fig. 13) erlangen, indem man die Entfernung von a bis c , und von d bis b größer macht. Da sich die compensirenden Massen längs den zusammengesetzten Bogen auf die in Nr. 89 angegebene Weise bewegen, so ist es leicht die Entfernung von c bis a , und von d bis b nach Bedürfniß größer oder kleiner zu machen. Je größer man diese Entfernung gemacht hat, desto mehr wird die Wärme, wie man leicht einsieht, durch ihre Einwirkung auf die zusammengesetzten Bogen, die Massen c und d dem Mittelpunkte der Unruhe nähern, wodurch die Compensation stärker wird. Darauf beobachtet man den Gang der Uhr auf's Neue unter höchst verschiedenen Temperaturen, und wenn er auch jetzt noch in der Wärme zu langsam ist, muß man die compensirenden Massen auf's Neue weiter gegen das Ende der Bogen hinausführen, bis man den rechten

Punkt gefunden hat. Wenn man bei den Versuchen findet, daß die Compensation zu stark ist, und daß die Uhr in der Wärme zu schnell geht, muß man die Entfernung von *c* bis *a* und von *d* bis *b* kleiner machen, bis die Compensation genau wird, und der Gang der Uhr in allen Temperaturen unveränderlich bleibt.

241. Im Fall daß dieses Mittel nicht hinreichend wäre, würde man genöthigt sein, das Gewicht der compensirenden Massen zu vermehren oder zu vermindern, und dann könnte man durch das angegebene Mittel die Compensation vollkommen reguliren. Es ist einleuchtend, daß wenn man die compensirenden Massen mehr oder weniger schwer machte, man genöthigt werden würde, die regulirenden Schrauben entweder weiter vom Mittelpunkte der Uhr zu entfernen oder sie demselben zu nähern, bis die Uhr auf's Neue regulirt wäre. Doch könnte dieses Mittel auch noch nicht hinreichend sein, dann würde man genöthigt werden, das Gewicht dieser Schrauben zu vermehren, wenn die Uhr zu schnell ginge, oder es zu vermindern, wenn sie zu langsam ginge. Während man auf diese Weise die compensirenden Massen und die regulirenden Schrauben ändert, müßte man, wie früher bemerkt ist, sorgfältig das Gleichgewicht der Uhr zu erhalten suchen.

242. Im Winter ist es leicht, den Chronometer einem hinreichenden Kältegrade auszusetzen; im Sommer aber muß man sich zu diesen Versuchen des Eises bedienen. Man bringt schon einen bedeutenden Kältegrad hervor, wenn man gleiche Theile Eis und Kochsalz zusammenmengt.*) Man muß ferner Sorge

*) Man erhält -22° bis 23° R. durch folgende Mischung: 12 Theile zerstoßenes Eis, 5 Th. Kochsalz, 2½ Th. Salpeter, und 2½ Th. Salmiel. — Man kann auch 3 Th. Eis und 2 Th. Salpetersäure anwenden.

tragen, die Uhr nicht plöglich aus der Kälte in die Wärme zu bringen; denn dann würde sie sich mit Dünsten beschlagen, wodurch die stählernen Theile leicht rosten könnten.

243. Man sieht ein, wie wesentlich es ist, die Compensation möglichst vollkommen zu machen; denn die große Genauigkeit des Chronometers hängt größtentheils von dieser ab. Zuweilen findet man Chronometer deren Gang in einerlei Temperatur sehr regelmäßig ist, die sich aber mit dem Temperaturwechsel verändern, ein Fehler, der sie zu genauen Observationen in einem ziemlich langen Zeitraum untauglich macht, da es unmöglich ist, diese Instrumente beständig in einerlei Temperatur zu halten.

244. Wenn die Versuche über den Isochronismus der Schwingungen, über die Compensation der Wirkungen der Wärme und Kälte und über den unveränderten Gang der Uhr in verschiedenen Lagen angestellt sind, so ist es wichtig, die Wichtigkeit aller dieser einzelnen Theile, jeden für sich, zu prüfen, um zu untersuchen, ob man nicht die des einen in geringem Grade gestört habe, während man sich mit der Regulirung der andern beschäftigte, welches eintreffen kann, wenn man genöthigt wird die Spiralfeder oder auch die Unruhe bedeutend zu verändern. In diesem Falle müßte man dem Fehler dadurch abhelfen, daß man auf's Neue den oben angeführten Regeln folgt.

**Schmelzpunkt verschiedener Körper,
einiger Mischungen und leichtflüssigen Löhthe.**

(Angegeben nach Celsius (hunderttheiligem) Thermometer und nach Wedgwood's Pyrometer).

5° Celsius sind gleich 4° Reaumur; wenn man also $\frac{3}{4}$ der nach Celsius angegebenen Grade von diesen abzieht, hat man sie ausgedrückt nach Reaumur; legt man $\frac{1}{4}$ zu den nach Reaumur. angegebenen Graden, erhält man sie nach Celsius.

Quecksilber bleibt flüssig unter dem Eispunkte bis . . . ÷	39° Celsf.
Schmelzendes Eis	0°
Terpenthinöl; erst flüssig über dem Eispunkte, bei. . . +	10,00
Talg (Anschlitt)	33,33
Phosphor	44,5
Eine Mischung von 3 Theile Zinn, 5 Blei, 8 Wis-	
muth, 2½ Quecksilber	+ 56 bis 57°
Gelbes Wachs	+ 60,00
Weißes Wachs	+ 68,33
Mischung von 2 Th. Blei, 4 Zinn, 5 Wis-muth . . . +	100,00
Schwefel	+ 109,00
Mischung von 5 Th. Blei, 3 Zinn, 8 Wis-muth . . . +	112,00
" " 1 Th. Blei, 4 Zinn, 5 Wis-muth . . . +	118,90
" " 1 Th. Zinn, 1 Wis-muth	+ 141,20
" " 3 Th. Zinn, 2 Blei (Zinnloth) . . . +	167,70
" " 2 Th. Zinn, 1 Wis-muth	+ 167,70
" " 8 Th. Zinn, 1 Wis-muth	+ 200,00
Reines Zinn	+ 228,00
Wis-muth	+ 260,00
Blei	+ 322,00
Zink	+ 410,00
Messing	+ 900,00
Silber (22° R.)	+ 1000,00
Kupfer (27° R.)	+ 1200,00
Gold (32° R.)	+ 1350,00
Eißeisen (100—150° R.)	+ 4000,00
Platin (175° R.)	+ 6000,00
Quecksilber kocht bei	+ 340°

0° R. (Wedgwood) ist bei 270° Celsf. und jeder einzelne Grad R. zu ungefähr 34° Celsf. angenommen.

Wärmeleitungsvermögen der Metalle.

Der beste Wärmeleiter ist das Gold; wenn das Leitungsvermögen desselben durch 1000 ausgedrückt wird, hat man nach verschiedenen Schriftstellern:

Gold	1000	Eisen und Stahl	374
Platin	981	Zink	363
Silber	973	Zinn	301
Kupfer	898	Blei	180
Marmor	12		

Wenn man Metalle von passender Ausdehnungskraft wählen will, oder in anderen Fällen, ist es auch oft von Wichtigkeit ihre Dimensionen in anderer Beziehung, mit Rücksicht auf ihre relative Durchdringlichkeit für die Wärme, zu bestimmen; aus obestehender Tabelle sieht man schon, daß Stahl und Zink, anfänglich in England und später an anderen Orten zu Compensations-Pendeln gebraucht, zwei Metalle sind, die ungefähr zu gleicher Zeit von der Wärme durchdrungen werden.

Specifisches Gewicht

einiger Metalle und anderer festen Körper,
zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst.

Die Schwere des destillirten Wassers ist hier als Einheit angenommen (bei 18° Cels. oder 14 $\frac{2}{3}$ ° Reaumur).

Platin, in Platten	22,690
„ gezogenes	21,017
„ gehämmertes	20,366
„ gereinigtes	19,500
Gold, gehämmertes	19,3617
„ gegossenes	19,2581
Quecksilber (bei 0°)	13,598
Blei, gegossenes	11,3523
Silber, gegossenes	10,4743
Wismuth, gegossenes	9,823
Kupfer, gezogenes	8,8735
„ gegossenes	8,7880
Messing	8,395
Stahl, nicht gehärtet	7,8163
Eisen, in Stangen	7,7880
Zinn, gegossenes	7,2914

Eisen, gegossenes	7,2070
Zink, gegossenes	6,861
Rubin, orientalischer	4,2833
Topas, orientalischer	4,0106
Saphir, orientalischer	3,9941
Topas, sächsischer	3,5640
Beryll, orientalischer	3,5439
Diamant, schwerer, rosenfarbiger	3,5310
" leichter	3,5010
Flintglas, englisches	3,3293
" französisches	3,20
Saphir, brasilianischer	3,1307
Marmor, parischer	2,8376
Glas, gewöhnliches grünes	2,5
Französisches Cronnglas	2,437
Glas, weißes	2,4
Eichenholz, grünes	1,3
" trocknes	0,93
Buchenholz	0,852
Eichenholz	0,845
Tarusholz	0,807
Nimbenholz	0,800
Apfelholz	0,733
Drangenhholz	0,705
Tannenhholz	0,657
Lindenhholz	0,604
Cypressenhholz	0,598
Cedernholz	0,561
Happelholz, von der weißen spanischen P.	0,529
Happelholz, gewöhnliches	0,383
Korke	0,240

Man hat in diese Tabelle nicht diejenigen Körper aufnehmen wollen, die gar keinen bekanten Nutzen in der Uhrmacherkunst darbieten; und wenn hier mehrere Holzsorten aufgeführt sind, so ist es mit Rücksicht auf die Pendelsänge von Holz, welche ökonomische Vortheile darbietet, wenn man dem Werfen derselben entgegen kann, wie es einigen Künstlern gelungen ist. Diese Tabelle kann die Stelle wissenschaftlicher Werke über diesen Gegenstand, die man nicht allenthalben bei der Hand hat, vertreten. Die Wahl der passenden Materialien zu verschiedenen Combinationen, erfordert nicht nur die Kenntniß ihrer Ausdehnungskraft, sondern oft auch ihres specifischen Gewichts. Oft müssen einige Metalle an die Stelle anderer treten, um durch ein andres specifisches Gewicht, die gewünschte Wirkung hervorzubringen, um z. B. nach Bedürfniß Unruhen, Pendel u. s. w. leichter oder schwerer zu machen.

Erster Anhang.

Beschreibung einer freien Hemmung

mit bedeutend vermindertem Reibungswiderstande. *)

(Die freie Doppelrad-Sederhemmung.)

(Tab. XI.)

Garnshaw's freie Hemmung wird jetzt am meisten in Chronometern und Seeuhren gebraucht; sie bewirkt eine große Regelmäßigkeit und hat keine zu große Schwierigkeiten bei der Ausführung. Sie verdient Arnold's vorgezogen zu werden, in so fern sie weniger Reibung hat, sich schwieriger anhalten und leichter ausführen läßt. Die Vortrefflichkeit dieser Hemmung ist durch den Gebrauch, welchen ausgezeichnete Künstler davon machen, hinreichend bewiesen, so wie auch dadurch, daß Garnshaw vom Staate für seine Erfindung eine Belohnung von 3000 Pfund Sterling (ungefähr 40000 Mk. Hamb. Wco. oder 16000 Rthlr. S. H. Courant) erhielt.

Die Mittel, welche Garnshaw angewandt hat um die Reibung in seiner Hemmung zu vermindern, bestehen darin:

*) Diese im Jahre 1822 gefertigte Hemmung, wurde den Künstlern vom Verfasser durch den Hrn. Conferenzrath und Professor Schumacher in seinen „astronomischen Nachrichten“ Nr. 10 S. 155 u. folg. vorgelegt.

1^o. dem Hemmungskreise einen größeren Durchmesser zu geben, als man früher pflegte. Das Hemmungsrad wirkt auf diese Weise auf einen längeren Hebel und senkrecht auf die Mittelpunktslinie. Die Führung wird auf diese Weise kürzer und gelinder; sie wirkt im Ganzen gleichförmiger und folglich mit weniger Reibung.

2^o. das Hemmungsrad sich mit dem äußersten Theile der Zähne gegen die Hemmungsfeder stützen zu lassen. Durch diese Einrichtung geschieht der Druck der Radzähne gegen die Hemmungsfeder mit dem größt möglichen Radius, und folglich mit geringerem Drucke als bei Arnold's Hemmung, und der Regulator erleidet auf diese Weise geringeren Widerstand bei der Auslösung der Hemmungsfeder. Ein Chronometer mit Earnshaw's Hemmung kann eine größere und schwerere Unruhe haben, als ein mit Arnold's Hemmung versehenes, und folglich erhält er bei gleicher bewegenden Kraft mehr Bewegungsmoment, welches hinreichend beweist, daß die Reibung vermindert ist.

Dieser Vortheile ungeachtet kam es dem Verfasser dieser Abhandlung vor, daß es noch ein Mittel gäbe, die Reibungen einer solchen Hemmung noch geringer zu machen, und das Modell, welches er von seiner neuen Hemmung im Großen verfertigt hat, zeigt deutlich, daß dieser Vortheil erreicht ist, ohne irgend einen Uebelstand mit sich zu führen.*) Für die, welche schon Earnshaw's Hemmung kennen, ist es hinreichend anzuführen, daß anstatt eines Hemmungsrades, zwei auf derselben Achse gebraucht werden. Das eine dieser Räder wirkt durch Stöße oder Impulse auf den Hemmungskreis, dessen Durch-

*) Mehrere Chronometer, die später mit dieser neuen Hemmung verfertigt sind, dienen dieser Behauptung noch mehr zum Beweise.

messer zum Durchmesser des Rades in einem noch größeren Verhältniß steht, als in Carnshaw's Hemmung. Das zweite Rad, dessen Durchmesser beinahe doppelt so groß ist als der Durchmesser des Stoßrades, bringt die Ruhe hervor, während der Regulator seine Schwingung frei vollendet, und lehnt sich mit dem Ende (oder Spitze) seiner Zähne an die Hemmungsfeder. Da dieses zweite Rad einen weit größeren Durchmesser als das Stoßrad hat, so ist es klar, daß der Druck des Räderwerkes gegen die Hemmungsfeder auch viel geringer sein wird, als in Carnshaw's Hemmung, wo ein und dasselbe Rad zum Stoße und zur Ruhe gebraucht wird. Durch diese Verminderung des Druckes wird die Reibung der Zähne gegen die Hemmungsfeder geringer werden, und der Regulator wird also geringeren Widerstand erleiden, während die Hemmungsfeder vom Außerade ausgelöst wird.

Noch besser wird man das Gesagte durch folgende Beschreibung der Hemmung einsehen.

Erklärung der verschiedenen Theile der freien Doppelrad-Federhemmung.

Fig. 1, Tab. XI zeigt den Grundriß, Fig. 2 das Profil dieser Hemmung.

Das Rad *A*, Fig. 1, ist das Stoßrad, welches mit seinen Zahnspitzen auf den Einschnitt *d* des Hemmungskreises *C* wirkt.

Der Hemmungskreis *C*, Fig. 1 und 2, ist concentrisch mit der Achse der Unruhe, und zwischen den Zahnspitzen des Stoß-

rades und dem Hemmungskreise ist ein feiner Spielraum oder Luft.

Das Rad *B* dient zur Ruhe, während die Unruhe ihre Schwingungen vollendet; es ist an dieselbe Achse als das Stoßrad befestigt und folgt dessen Bewegung.

Die Hemmungsfeder *eer*, Fig. 1, welche mittelst ihrer Schnellkraft gegen den Kopf der Anschlagsschraube *m* gespannt ist, hat bei *n* einen Sperrzahn, oder eine Palette, woran sich die Zähne des Rades *B* unter den Schwingungen lehnen. Diese Palette ist lang oder hoch genug, damit der oberste Theil in derselben Ebene als das Rad *B* liegen könne, während sich die Feder *eer* in einer Ebene unter diesem Rade befindet, wie man in Fig. 2 sieht.

Die Hemmungsfeder *eer* hat an ihrem Ende eine andere Feder *qo*; diese kleine Feder, Auslösungsfeder genannt, ist außerordentlich biegsam, geht außerhalb des Endes der Hemmungsfeder, und lehnt sich mittelst ihrer Schnellkraft oder Elasticität an das Ende der Hemmungsfeder. Diese Feder *qo* liegt mit dem kleinen Kreise oder der Rolle *V*, Fig. 1, in einerlei Ebene. Die Rolle hat einen Einschnitt nahe bei *s*, in welchem sich eine Nubinpalette befindet, von der in der Figur gezeigte Gestalt. Das Ende dieser Palette oder dieses Zahnes steht hervor und wirkt unter den Schwingungen der Unruhe auf die kleine Feder *qo*, nahe bei *o*.

Vom Spiele der Hemmung.

Durch den Druck des Räderwerkes gegen das Getriebe welches die beiden Hemmungsräder trägt, werden diese von der Rechten zur Linken in Bewegung gesetzt, d. h., in der Richtung

von *B* nach *C*, Fig. 1; der Sperrzahn oder die Palette *n* aber, wird die Räder hindern herum zu gehen; denn die Zahns-
 spitze des großen Rades *B* wird sich an diese Palette *n* lehnen,
 und die Bewegung der Räder wird auf diese Weise gehemmt
 werden, bis sich diese Palette weit genug vom Radzahne ent-
 fernt hat. Wenn die Unruhe in der Richtung von *d* nach *C*,
 oder von der Rechten zur Linken, in Bewegung gesetzt wird,
 wird der Rolle *V* dieselbe Bewegung gegeben werden, und der
 Zahn *s* wird auf diese Weise das Ende der kleinen Feder *qo*
 berühren, ohne doch eine andere Wirkung hervorzubringen, als
 das Ende *o* dieser kleinen Feder beim Vorübergehen zu entfer-
 nen. Wenn diese Schwingung der Unruhe vollendet ist, wird
 diese durch die Spiralfeder eine Schwingung in einer, der ersten
 entgegengesetzten Richtung machen, d. h., in der Richtung von
C nach *d*, oder von der Linken zur Rechten. Der Zahn *s* wird
 nun wieder auf das Ende *o* der kleinen Feder *qo* wirken;
 diesmal wird sich diese Feder aber, welche sich an die Hem-
 mungsfeder *eer* unweit *r* lehnt, nicht biegen können, son-
 dern wird im Gegenteil die Hemmungsfeder *eer* biegen,
 und zwar so viel, daß sich der Zahn *n* vom Rade *B* entfer-
 nen, und dieses Rad sich nun mit dem Stoßrade *A* in Bewe-
 gung setzen kann. In diesem Augenblicke fällt nun einer der
 Zähne dieses letzten Rades gegen den Hemmungskreis, und
 giebt den nothwendigen Stoß, um die Bewegung der Unruhe
 zu unterhalten.

Während das Rad *A* auf den Hemmungskreis wirkt, und
 in dem Augenblicke, wo es ungefähr ein Drittel der Führung
 bewirkt hat, wird die Hemmungsfeder gegen den Kopf der An-
 schlagschraube *m* zurückfallen, und sich auf dem rechten Plage
 befinden, um auf's Neue die Bewegung der Räder zu hemmen.

Auf diese Weise werden die Räder abwechselnd in Bewegung und in Ruhe gesetzt, und hierdurch wird die Hemmung ihr Spiel fortsetzen.

Bemerkungen über die freie Doppelrad-Federhemmung.

Der Hemmungskreis, dessen Durchmesser in Beziehung auf den des Stoßrades die Hebung bestimmt, kann noch größer sein, als bei Carnhaw's Hemmung. In dem Modelle dieser Hemmung habe ich den Kreis so gemacht, daß seine Peripherie gleich ist der Entfernung zwischen zwei Zahnspitzen des Stoßrades, multiplicirt mit 10. Auf diese Weise bewirkt das Rad eine Hebung von $\frac{360^\circ}{10} = 36^\circ$; von diesen 36° sind ungefähr 6° für den Fall des Stoßrades und die übrigen 30° zur Hebung. Durch den sehr großen Durchmesser, welchen der Hemmungskreis erhält, wirkt das Stoßrad auf einen sehr langen Hebel und theilt dem Regulator die Kraft des Räderwerkes durch eine weit gelindere Führung mit, als wenn der Hemmungskreis kleiner gewesen wäre; denn der Stoß geschieht senkrechter auf die Mittelpunktslinie. Die Führung wird kürzer, und ist folglich mit geringerer Reibung verbunden; je kleiner dagegen der Kreis ist, desto ungleichförmiger ist die Wirkung, desto härter wird die Führung werden, desto größerer Reibungswiderstand wird statt finden, ohne zu erwähnen, daß sich die Hemmung so leicht anhalten läßt, welches zwar bei den größeren Seeuhren, die man auf die gewöhnliche Weise aufhängt, nicht viel zu bedeuten hat, in Taschenchronometern dagegen ein großer Uebelstand ist, wie man hinlänglich weiß. Man hat daher eine wesentliche Verminderung der Reibung durch den Kreis hervor-

gebracht; eine andere Verminderung der Reibung in dieser Hemmung besteht darin, daß das Rad, welches die Ruhe bewirkt, einen beinahe doppelt so großen Durchmesser hat als das Stoßrad. Durch dieses Mittel wird der Druck des Näderwerkes oder des Nädzahnes, der sich gegen den Zahn der Hemmungsfeder stützt, beinahe halb so schwach, als wenn sich das Stoßrad selbst, wie in Carnshaw's Hemmung, gegen die Hemmungsfeder stützte; und durch diese Einrichtung wird die Unruhe einen weit geringeren Widerstand erleiden bei der Auslösung der Hemmungsfeder vom Ruherade. Da dieser Widerstand weit geringer ist, wird er auch überaus lange, weit gleichförmiger bleiben, als bei Carnshaw's Hemmung; denn selbst eine geringere Reibung wird dadurch unveränderlicher; und dies scheint mir bei einer so feinen Maschine, als bei einer Längenuhr, wo man keine zu große Sorgfalt anwenden kann, um selbst die kleinsten Ursachen zu Unregelmäßigkeiten zu entfernen, ein reeller Vortheil zu sein.

Das Rad, welches die Ruhe bewirkt, kann sehr leicht sein und bedarf keiner großen Dicke, wie man leicht einsieht. Daher wird die Inertie der beiden Räder zusammen nicht größer sein, als die des einfachen Hemmungsrades in Carnshaw's Hemmung, das ziemlich massiv sein muß, da jeder Zahn, während das Rad Einmal umläuft, zwei Operationen zu machen hat, wodurch die Zahnsipitzen schnell abgenutzt werden würden, wenn das Rad nicht eine hinreichende Dicke hätte. In der Doppelrad-Federhemmung, wo jeder Zahn nur Eine Berrichtung hat, ist es einleuchtend, daß die Zahnsipitzen weniger leiden; folglich brauchen die Räder nicht so stark zu sein, sondern können leichter gemacht werden. Das Ruherad, gegen welches der Druck noch geringer ist, als der gegen die Zähne des Stoßrades, kann

besonders sehr leicht sein, ohne sonstige Schwierigkeiten mit sich zu führen.

Bei der Stellung dieser Hemmung hat man den Vortheil, die Hemmungsfeder ohne große Schwierigkeit, in ihre rechte Lage, mit Rücksicht auf das Ruherad, bringen zu können, da man während der Ausführung die Lage der Räder unter einander, nach Bedürfniß ein wenig verändern kann. Dieser Vortheil ersetzt die Mühe, welche die übrigens leichte Verfertigung eines Rades mehr, verursachen kann.

Ich glaube daher, den angeführten Gründen gemäß, daß die freie Doppelrad-Federhemmung wesentliche Vortheile besitzt, welche Carnshaw's Hemmung nicht hat. Ich weiß, daß man viele Chronometer mit Carnshaw's Hemmung sieht, welche vortrefflich gehen; auch habe ich selbst mehrere mit Arnold's Hemmung gemacht, welche bewiesen haben, daß auch diese Hemmung gut ist; dies ist aber kein Grund, uns an dem Streben nach noch größerer Vollkommenheit zu hindern, überall, wo wir Mittel in Händen zu haben scheinen, die es möglich machen, diese zu erreichen. Je vollendeter alle einzelnen Theile einer Längenuhr an und für sich sind, desto mehr wird es das Ganze sein, und desto mehr kann man hoffen, sich der Vollkommenheit zu nähern.

Als mein sel. Vater im Jahre 1822 obenstehende Abhandlung über die von ihm erfundene neue „freie Doppelrad-Federhemmung“ niederschrieb, hatte er sie noch in keinem seiner Chronometer ausgeführt, sondern damals nur ein Modell der Hemmung im Großen gefertigt, welches indessen schon deutlich zeigte, daß die Reibung bedeutend vermindert sei, ohne irgend einen Uebelstand mitzuführen. Eine Nachricht über den ersten mit dieser Hemmung versehenen Chronometer, findet man in der vom Hrn. Conferenzzrath Schumacher herausgegebenen Zeitschrift „Astron. Nachrichten“ 2. Band S. 155. Mai 1823. — Mehrere Chronometer, die später mit derselben neuen Hemmung ausgeführt sind, (von denen der zweite, im Jahre 1824, vom Admiral Crown aus St. Petersburg, für die kaiserlich russische Marine angeschafft wurde), haben alle die Richtigkeit der vorhin aufgestellten Behauptung einer bedeutenden Verminderung der Reibung dargethan, indem die Schwingungsbogen der Umrufe in diesen größer sind, als sie es gewesen wären, wenn man die Chronometer wie gewöhnlich, mit Earnshaw's oder mit Arnold's Hemmung versehen hätte, und haben sich alle als vorzügliche Seeuhren gezeigt. Wir haben hier also die Beschreibung einer durch Erfahrung geprüften Hemmung mitgetheilt; in diesem Werke wurde schon früher S. 96 und 97 der Gang eines, mit der Doppelrad-Federhemmung versehenen Chronometers, mitgetheilt; größerer Vollständigkeit wegen, fügen wir noch den Gang des letzten von uns mit der freien Doppelrad-Federhemmung ausgeführten Chronometers hinzu, wie er auf dem königl. Seekarten-Archiv in Kopenhagen observirt ist.

Täglicher Gang des Vor-Chronometers
von Louis Urban Jürgensen, Nr. XXIV.

Die Vergleichen sind mit einer astronomischen Pendeluhr, welche Mittelzeit geht, angestellt. Acceleration ist mit —, Retardation mit + bezeichnet. Der Gang ist jedesmal aus dem nächst vorhergehenden Stande abgeleitet.

1841.	Die Pendeluhr.	Der Chronometer.	Stand des Chronometers in Vergleich mit der Pendeluhr.	Täglicher Gang in Vergleich mit der Pendeluhr.	Temperatur nach Reaumur.
Januar 29	23 ^h , 31' 25" 0	23 ^h , 32' 50" 0	—1', 25", 5		8°, 0
30	23 12 40 0	23 14 5 0	—1 25 0	+0", 5	7, 0
31	23 3 15 0	23 4 39 5	—1 24 5	+0, 5	6, 0
Februar 1	23 5 25 0	23 6 49 0	—1 24 0	+0, 5	5, 0
2	22 59 5 0	23 0 28 0	—1 23 0	+1, 0	5, 0
3	23 2 55 0	23 4 17 5	—1 22 5	+0, 5	5, 5
4	23 8 45 0	23 10 7 0	—1 22 0	+0, 5	6, 0
5	23 5 20 0	23 6 40 5	—1 20 5	+1, 5	6, 5
6	22 57 40 0	22 59 0 0	—1 20 0	+0, 5	6, 0
7	23 8 55 0	23 10 14 0	—1 19 0	+1, 0	3, 0
8	23 2 35 0	23 3 53 5	—1 18 5	+0, 5	4, 0
9	23 4 55 0	23 6 13 0	—1 18 0	+0, 5	4, 5
10	23 9 5 0	23 10 22 0	—1 17 0	+1, 0	5, 0
11	23 2 35 0	23 3 51 0	—1 16 0	+1, 0	5, 5
12	23 6 30 0	23 7 45 0	—1 15 0	+1, 0	6, 0
13	23 3 50 0	23 5 4 0	—1 14 0	+1, 0	7, 0
14	22 51 15 0	22 52 28 0	—1 13 0	+1, 0	7, 0
15	23 5 45 0	23 6 56 5	—1 11 5	+1, 5	7, 0
16	23 9 5 0	23 10 15 5	—1 10 5	+1, 0	9, 0
17	23 4 5 0	23 5 14 0	—1 9 0	+1, 5	9, 5
18	23 4 30 0	23 5 37 0	—1 7 0	+2, 0	9, 5

1841.	Die Pendeluh.	Der Chrono- meter.	Stand des Chronome- ters in Ver- gleich mit der Pendeluh.	Täglicher Gang in Vergleich mit der Pendeluh.	Temperatur nach Reaumur.
Febr. 19	23h, 1' 5'' 0	23h, 2' 11'' 0	-1', 6'' 0	+1', 0	10 ^o , 0
20	22 59 30 0	23 0 35 0	-1 5 0	+1, 0	9, 5
21	23 10 5 0	23 11 9 0	-1 4 0	+1, 0	8, 0
22	23 4 30 0	23 5 33 5	-1 3 5	+0, 5	6, 5
23	23 2 10 0	23 3 13 0	-1 3 0	+0, 5	8, 0
24	23 7 55 0	23 8 58 0	-1 3 0	0, 0	9, 0
25	23 14 5 0	23 15 7 0	-1 2 0	+1, 0	9, 0
26	22 59 15 0	23 0 16 0	-1 1 0	+1, 0	9, 0
27	23 3 45 0	23 4 46 0	-1 1 0	0, 0	9, 0
28	23 3 10 0	23 4 10 0	-1 0 0	+1, 0	7, 0
März 1	23 4 50 0	23 5 50 0	-1 0 0	0, 0	8, 0
2	23 3 10 0	23 4 10 0	-1 0 0	0, 0	9, 0
3	23 2 25 0	23 3 25 0	-1 0 0	0, 0	9, 0
4	23 2 30 0	23 3 29 5	-0 59 5	+0, 5	9, 5
5	23 7 5 0	23 8 4 5	-0 59 5	0, 0	9, 5
6	22 57 25 0	22 58 24 0	-0 59 0	+0, 5	9, 0
7	22 56 45 0	22 57 44 5	-0 59 5	-0, 5	7, 5
8	23 3 30 0	23 4 30 0	-1 0 0	-0, 5	9, 0
9	23 1 50 0	23 2 50 0	-1 0 0	0, 0	10, 0
10	23 2 20 0	23 3 20 5	-1 0 5	-0, 5	11, 0
11	22 55 5 0	23 56 6 0	-1 1 0	-0, 5	10, 0
12	23 7 25 0	23 8 26 5	-1 1 5	-0, 5	10, 0
13	22 56 40 0	22 57 41 5	-1 1 5	0, 0	10, 0
14	22 56 5 0	22 57 6 0	-1 1 0	+0, 5	9, 0
15	23 5 30 0	23 6 32 0	-1 2 0	-1, 0	9, 0
16	22 57 40 0	22 58 42 5	-1 2 5	-0, 5	9, 5
17	23 10 55 0	23 11 58 5	-1 3 5	-1, 0	10, 0
18	23 4 35 0	23 5 39 0	-1 4 0	-0, 5	10, 0
19	23 1 25 0	23 2 30 0	-1 5 0	-1, 0	11, 0
20	22 55 15 0	22 56 21 0	-1 6 0	-1, 0	11, 5

260 Gang eines Chronometers mit Doppelrad-Federhemmung.

1841.	Die Pendeluh.	Der Chrono- meter.	Stand des Chronome- ters in Ver- gleich mit der Pendeluh.	Täglicher Gang in Vergleich mit der Pendeluh.	Temperatur nach Reaumur.
März 21	22h, 50' 10'' ₀	22h, 51' 16'' ₅	-1', 6'' ₅	-0'' ₅	10°, 0
22	22 59 10 0	23 0 17 0	-1 7 0	-0, 5	11, 0
23	23 3 10 0	23 4 17 0	-1 7 0	0, 0	11, 0
24	23 5 55 0	23 7 1 5	-1 6 5	+0, 5	10, 5
25	23 6 25 0	23 7 32 0	-1 7 0	-0, 5	11, 0
26	22 56 50 0	22 57 57 0	-1 7 0	0, 0	11, 0
27	22 59 40 0	23 0 47 0	-1 7 0	0, 0	10, 5
28	23 11 55 0	23 13 1 5	-1 6 5	+0, 5	10, 0
29	22 57 50 0	22 58 56 5	-1 6 5	0, 0	11, 0
30	23 3 55 0	23 4 1 5	-1 6 5	0, 0	10, 5
31	23 24 20 0	23 25 26 5	-1 6 5	0, 0	11, 0
April 1	22 56 45 0	22 57 51 5	-1 6 5	0, 0	11, 0
2	23 0 25 0	23 1 31 5	-1 6 5	0, 0	11, 0
3	23 5 30 0	23 6 36 5	-1 6 5	0, 0	11, 0
4	23 4 20 0	23 5 27 0	-1 7 0	-0, 5	11, 0
5	23 0 30 0	23 1 37 0	-1 7 0	0, 0	9, 5
6	23 4 55 0	23 6 2 5	-1 7 5	-0, 5	10, 0
7	23 3 20 0	23 4 27 0	-1 7 0	+0, 5	10, 0
8	23 2 40 0	23 3 48 0	-1 8 0	+1, 0	9, 5
9	23 0 50 0	23 1 58 0	-1 8 0	0, 0	8, 0
10	23 3 25 0	23 4 33 0	-1 8 0	0, 0	8, 0
11	23 11 10 0	23 12 18 0	-1 8 0	0, 0	7, 5
12	23 31 50 0	23 32 57 0	-1 7 0	+1, 0	7, 0
13	23 2 25 0	23 3 32 5	-1 7 5	-0, 5	7, 5
14	23 4 45 0	23 5 53 0	-1 8 0	-0, 5	8, 5
15	22 57 50 0	22 58 59 0	-1 9 0	-1, 0	9, 5
16	23 3 55 0	23 5 4 5	-1 9 5	-0, 5	10, 0
17	23 1 55 0	23 3 5 0	-1 10 0	-0, 5	10, 5
18	23 9 30 0	23 10 40 5	-1 10 5	-0, 5	11, 0
19	23 2 35 0	23 3 46 0	-1 11 0	-0, 5	10, 5

1841.	Die Pendeluhr.	Der Chronometer.	Stand des Chronometers in Vergleich mit der Pendeluhr.	Täglicher Gang in Vergleich mit der Pendeluhr.	Temperatur nach Reaumur.
April 20	22h, 58' 40" 0	22h, 59' 52" 0	-1', 12" 0	-1", 0	10°, 5
21	22 58 57 0	23 0 10 0	-1 13 0	-1, 0	10, 5
22	23 0 5 0	23 1 19 0	-1 14 0	-1, 0	10, 5
23	23 10 10 0	23 11 25 5	-1 15 5	-1, 5	10, 0
24	23 3 40 0	23 4 56 5	-1 16 5	-1, 0	10, 0
25	23 11 10 0	23 12 27 5	-1 17 5	-0, 5	9, 0
26	23 3 20 0	23 4 38 5	-1 18 5	-1, 5	9, 5
27	23 0 10 0	23 1 29 5	-1 19 5	-1, 0	11, 5
28	23 0 10 0	23 1 31 0	-1 21 0	-1, 5	13, 0
29	23 2 40 0	23 4 2 0	-1 22 0	-1, 0	14, 0
30	23 4 50 0	23 6 12 5	-1 22 5	-0, 5	14, 5
Mai 1	23 6 35 0	23 7 58 5	-1 23 5	-1, 0	14, 0
2	23 22 55 0	23 24 19 5	-1 24 5	-1, 0	13, 0
3	23 0 25 0	23 1 50 0	-1 25 0	-0, 5	12, 0
4	22 59 30 0	23 0 56 0	-1 26 0	-1, 0	11, 0

Nachdem der Chronometer so auf dem königl. Seekarten-Archiv geprüft worden war, wurde er einem der königl. Schiffe mitgegeben.

Die Wirkung der Luft

auf den Regulator der astronomischen Pendeluhrn und der
Längenuhrn.

(Eine Abhandlung die der königl. dänischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1828 vorgelesen und in deren Schriften aufgenommen ist.)

Die Schwierigkeiten bei der Erreichung eines genauen Maaßes für die Zeit vermittelt mechanischer Hülfsmittel, sind so mannigfaltig und groß gewesen, daß man erstaunen muß, wie diese nun in dem Grade aus dem Wege geräumt sind, daß die Abweichungen im Gange der astronomischen Pendeluhrn und der Längenuhrn oft so unbedeutend sind, daß sie nur einen Bruch von Secunden in 24 Stunden ausmachen. Nicht selten sehen wir Chronometer von der Vollkommenheit, daß die Abweichungen des Ganges von 24 bis 24 Stunden nicht mehr als $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{4}$ Secunden, und zuweilen gar nichts betragen. Bedenken wir nun, daß in 24 Stunden 86400 Secunden verfließen, so wird eine Abweichung von $\frac{1}{4}$ Secunden, nur $\frac{1}{216000}$ der Zeit betragen, die in diesem Zeitraume gemessen ist. Kein Zeitmaaß ist indessen vollkommen genau, mit Ausnahme dessen, welches wir durch die apparente (scheinbare) Bewegung der

Himmelskörper um unsere Erdkugel, oder was dasselbe ist, durch die Rotation (Umdrehung) der Erde um ihre Achse haben. Bei jeder Maschine findet während der Bewegung Reibung statt; die Bewegung ist das Maaß der Zeit, und da diese Bewegung bei der Zeitmessung ununterbrochen ist, so wirkt die Reibung ebenfalls beständig; weil diese aber nicht gleichförmig ist, wird sie daher eine fortdauernde Ursache zur Unregelmäßigkeit. Nicht desto weniger ist es gelungen, den Einfluß derselben beinahe auf Null zu reduciren, ihn aber ganz zu heben, wird wahrscheinlich unmöglich bleiben, und deswegen wird auch durch Maschinen kein Zeitmaaß hervorgebracht werden können, das durchaus scharf oder mathematisch genau ist, so daß es nicht im Geringsten von dem Maaße abweicht, welches wir durch die Umdrehung der Erde um ihre Achse haben. Bewegung ohne Reibungswiderstand findet sich nur in der unermesslichen Natur. Die Bewegung der Erde um ihre Achse findet ohne alle Friction statt, ihre freie Bewegung wird aber niemals durch irgend eine mechanische Einrichtung nachgeahmt werden können. Da Reibung also nicht ganz vermieden werden kann, so wird es, um ein genaues Zeitmaaß durch Maschinen zu erreichen, nothwendig, die Mittel ausfindig zu machen, welche, wenn auch nicht durchaus, so doch beinahe ganz, den störenden Einfluß derselben auf die Regelmäßigkeit des Ganges heben. Die Wissenschaften, welche es durch das Licht das sie verbreiten, leichter gemacht haben, den Weg zu finden der zu jedem nützlichen Ziele führt, haben auch hier ihren wohlthätigen Einfluß geäußert, und ihnen verdanken wir die Theorie des Isochronismus und die Art und Weise, auf welche die größeren und kleineren Schwingungsbogen der Unruhe gleichzeitig gemacht werden können. Ihnen verdanken wir also das Mittel, um

selbst unter einer zunehmenden und veränderlichen Friction bei den Längenuhren, Regelmäßigkeit hervorzubringen.

Ungeachtet der Genauigkeit, welche mittelst der astronomischen Pendeluhren und der Längenuhren im Zeitmaße erreicht werden kann, finden bei diesen doch einige Abweichungen statt, die übrigens häufig so klein sind, daß sie nur bei den strengsten Forderungen in Betracht kommen können. Der berühmte Vessel hat so in den „astronomischen Nachrichten“ Nr. 28 auf die Veränderung aufmerksam gemacht, welche durch die Veränderungen der Luftdichtigkeit im Gange der astronomischen Pendeluhren stattfinden kann.*) Es ist genugsam bekannt, daß die Luftdichtigkeit nicht immer gleich ist, und daß sich die Veränderungen vorzüglich nach dem Stande des Thermometers richten. Durch die Kälte wird die Luft dichter, durch die Wärme geschieht das Gegentheil; diese verschiedene Luftdichtigkeit verändert aber die Schwere des Pendels und folglich auch die Schwingungskraft, durch welche die Schwingungszeiten bestimmt werden. Der so eben erwähnte Gelehrte fordert die Künstler auf sich anzustrengen, diesen schädlichen Einfluß der Luftveränderung zu heben, und deutet selbst den Weg an, der zum Ziele führen könnte. Er sagt: „Setzen wir die Schwere des Pendels = 1, nennen die Dichtigkeit der Luft Δ und die des Pendels Δ' , so wird die Schwingungskraft = $1 - \frac{\Delta}{\Delta'}$.“ Da nun Δ veränderlich ist, so müssen auch die Schwingungszeiten, die von der Schwingungskraft abhängig sind, veränderlich sein.

*) Diese Ursache zur Unregelmäßigkeit in den Schwingungen des Pendels ist doch schon früher bemerkt worden, und wird unter andern in dem Werke des berühmten Dersted „Naturens almindelige Love“ Kopenhagen 1809, angeführt.

Endlich hat er durch Berechnungen dargethan, daß bei einer Thermometer-Veränderung von $+ 25^{\circ}$ bis $- 25^{\circ}$ die Veränderung im Gange der Uhr, deren Pendel vollkommen compensirt ist, von $+ 0'',54$ bis $- 0'',65$ in 24 Stunden sein wird, und daß man diese Unregelmäßigkeit dadurch würde heben können, daß man die Compensation bei dem Pendel so einrichtete, daß diese etwas zu schwach würde, und zwar so viel zu schwach, daß das Pendel für eine zunehmende Wärme von Einem Grade des hunderttheiligen Thermometers $\frac{1}{100000}$ seiner ganzen Länge zu lang würde; das Entgegengesetzte würde dann bei einer abnehmenden Wärme statt finden.

Diese Verminderung der Compensation von $\frac{1}{100000}$ für Einen Thermometer-Grad, ist für die Sinne unbemerklich, und es würde unmöglich sein, durch die bis jetzt bekannten Mittel ein zusammengesetztes Pendel so einzurichten, daß man voraus, und ohne die Compensation durch den Gang der Uhr geprüft zu haben, mit Bestimmtheit versichert sein könnte, daß diese wirklich ein sechs Millionen vierhunderttausendstel der ganzen Länge des Pendels zu schwach wäre. Doch scheint es möglich einen Weg zu finden, auf welchem die von Bessel vorgeschlagene Correction hervorgebracht werden könnte, nämlich durch Anwendung des Quecksilber-Pendels. Zu dem Ende müßte dieses so eingerichtet werden, daß die compensirende Quecksilber-Colonne die Höhe hätte, welche die Berechnungen nach den Ausdehnungs-Tabellen angeben, und das Gefäß, welches das Quecksilber enthielte, müßte offen sein, so daß man ohne Schwierigkeit mehr Quecksilber hineingießen, oder auch im entgegengesetzten Falle Quecksilber herausnehmen könnte. Durch Vergleichung des Ganges einer Uhr, welche mit einem solchen Quecksilberpendel als Regulator versehen wäre, mit den Fixsternen,

in sehr verschiedenen Temperaturgraden, würde man erfahren ob die Compensation zu schwach oder zu stark sei. Im ersten Falle müßte etwas Quecksilber in das Gefäß hineingegossen werden; im letzteren müßte man dagegen die Masse des Quecksilbers vermindern, und dann wieder den Gang der Uhr prüfen, um zu sehen, wie glücklich man gewesen wäre, eine vollkommene Compensation zu erreichen. Auf diese Weise müßte man fortfahren bis sich der Gang der Uhr im Winter und Sommer, oder in der Kälte und Wärme, vollkommen gleich bliebe. Wenn dieses erreicht wäre, so würde darin zugleich die von Bessel vorgeschlagene Correction mitinbegriffen sein, und dann würde der Vorschlag dieses scharfsinnigen Gelehrten auf eine sichere und leichte Weise zur Ausführung gebracht sein.

Der Einfluß des Luftwiderstandes auf die Größe der Pendelschwingungen ist in Bessel's Aufforderung nicht in Betracht gekommen. Die Veränderungen, welche dieser Widerstand vielleicht in der Ausdehnung und den Zeiten der Schwingungen verursachen könnte, würde auch auf der größeren oder geringeren Luftdichtigkeit beruhen, und also zunächst im Verhältniß zum Thermometer-Stande stehen; in dem Falle würde aber auch die Correction von selbst in der oben angegebenen Compensations-Methode einbegriffen sein.

Der Luftwiderstand beim Pendel ist indessen bei weitem nicht so bedeutend, als der, welcher bei der Compensations-Unruhe in Längenuhren statt findet; denn der Schwingungsbogen des Pendels ist kaum 3 Zoll in Einer Secunde, wogegen eine Unruhe in einem Hor-Chronometer in derselben Zeit 12 bis 18 Zoll durchläuft, und also einen Luftwiderstand hat, der nicht allein im Verhältniß steht zu den durchlaufenen Räumen, sondern noch verhältnißmäßig größer ist als der des Pendels

durch das größere Verhältniß der widerstehenden oder resistirenden Flächen der Unruhe zu ihrer Schwingungskraft.

Dieser Luftwiderstand der Unruhe muß bedeutend auf die Ausdehnung der Schwingungsbogen wirken, und zwar mehr oder weniger im Verhältniß zur Luftdichtigkeit, und muß also zugleich ungleich große Schwingungsbogen hervorbringen, welches, wie es scheint, Ursache zu Unregelmäßigkeit im Gange des Chronometers sein könnte.

Es ist von Wichtigkeit, den Einfluß dieses Luftwiderstandes genau zu kennen; untrügliche Kenntnisse hierüber erhält man aber nur durch passende Versuche. Um diese anstellen zu können, habe ich mehrere der besten Chronometer gewählt, diese in atmosphärischer und in verdünnter Luft unter der Glocke der Luftpumpe*) gehen lassen, und auf diese Weise nach wiederholten Versuchen, die mit der nothwendigen Genauigkeit ausgeführt sind, die Resultate erhalten, welche hier angeführt werden.

I. Versuche über die veränderliche Ausdehnung der Schwingungsbogen der Compensations-Unruhen, wenn die Schwingungen in atmosphärischer Luft geschehen, die bis auf eine Barometer-Höhe von nur 4 Boll verdünnt ist.

1. Der Borchronometer Urban Jürgensen Nr. 17 schwang:

*) Durch den berühmten Versted bin ich in den Stand gesetzt worden, diese Versuche anstellen zu können, indem er mir mit aller Bereitwilligkeit, welche man bei Gelehrten ersten Ranges am häufigsten findet, wenn es die Beförderung nützlicher Unternehmungen gilt, mit Instrumenten, Anweisung und Rath beistand.

In atmosphärischer Luft . . . 535 à 540 Grad,

In verdünnter Luft 655 à 660 —

In verdünnter Luft wurde die Ausdehnung der Schwingungsbogen also vermehrt um 120°*).

2. Der Chronometer Arnold Nr. 82 schwang:

In atmosphärischer Luft 400 à 405°.

In verdünnter Luft. 470 à 475°.

In verdünnter Luft wurde die Ausdehnung der Schwingungsbogen also vermehrt um 70°.

3. Der Chronometer Uⁿ. Jⁿ. Nr. 31 schwang:

In atmosphärischer Luft 450 à 455°.

In verdünnter Luft. 505 à 510°.

In verdünnter Luft wurde die Ausdehnung der Schwingungsbogen also vermehrt um 55°.

4. Der Chronometer Arnold Nr. 438 schwang:

In atmosphärischer Luft 400 à 405°.

In verdünnter Luft. 450 à 455°.

In verdünnter Luft wurde die Ausdehnung der Schwingungsbogen also vermehrt um 50°.

*) Jeder, der die fast an Unmöglichkeit gränzende Schwierigkeit kennt, welche mit der völlig genauen Bestimmung der Schwingungsbogen einer Unruhe während des Ganges der Uhr verbunden ist, wird leicht einsehen, daß die Schwingungen, anstatt der hier angeführten runden Zahlen, entweder etwas größer oder kleiner gewesen sind. Es ist daher möglich, daß die Vermehrung der Schwingungsbogen, anstatt der eben angeführten 120°, vielleicht nur 118° oder 119°, oder vielleicht auch 121° bis 122° gewesen sei; man wird aber auch leicht einsehen, daß dieses nicht den geringsten Einfluß auf die Richtigkeit der Schlüsse hat, welche aus diesen Versuchen gezogen sind.

5. Der Chronometer N^o. J^o. Nr. 38 schwang:

In atmosphärischer Luft 420 à 425°.

In verdünnter Luft 460 à 465°.

In verdünnter Luft wurde die Ausdehnung der Schwingungsbogen also vermehrt um 40°.

Nachdem diese Versuche vollendet waren, wurden neue unter einer geringeren Veränderung der Barometer-Höhe vorgenommen, nämlich von 28 bis auf 24 Zoll, und dadurch wurde gefunden, daß sich die Schwingungsbogen beinahe $\frac{1}{3}$ von den oben angeführten Resultaten bei einer Veränderung der Barometer-Höhe von 28 bis auf 4 Zoll veränderten. Der Vox-Chronometer Urban Jürgensen, Nr. 17, z. B. schwang zwanzig Grad mehr in verdünnter, als in atmosphärischer Luft, und Urban Jürgensen, Nr. 38, sechs bis sieben Grad mehr unter denselben Umständen.

Die größere oder geringere Veränderung in der Ausdehnung der Schwingungsbogen steht, wie die Versuche in der dichteren und dünneren Luft angeben, im Verhältniß zu der Größe der Unruhen. Die Unruhe des Vox-Chronometers, welcher von den fünf, die zu den Versuchen gebraucht wurden, die größte Unruhe hat, vermehrte, ihre Schwingungsbogen ungefähr um $\frac{1}{8}$, wenn die Barometer-Höhe 4 Zoll sank, wogegen die Unruhe des Chronometers Urban Jürgensen Nr. 38, welche die kleinste ist, ihre Schwingungsbogen nur ungefähr um $\frac{1}{6}$ vermehrte.

Hieraus erfahren wir mit Gewißheit, daß die großen Unruhen mehr vom Luftwiderstande leiden als die kleinen, und folglich bedürfen die großen Längenuhren aus dieser Ursache auch einer größeren Kraft als die kleinen, um eben so große Bogen beschreiben zu können, wie diese letzteren. Wir wußten schon, daß die großen, und folglich schwereren, Unruhen eine

größere Reibung haben, als die kleinen und also leichteren Unruhen, und daß die größeren Chronometer ferner aus dieser Ursache wiederum einer noch größeren Kraft bedürfen, um eben so große Schwingungsbogen machen zu können wie diese. Aus diesen beiden Ursachen wird es unumgänglich nothwendig, bei den größeren Längenuhren die Kraft bedeutend zu vermehren; diese vermehrte Kraft bringt aber wieder einen neuen Reibungswiderstand hervor, der nun wieder durch Vermehrung der Kraft überwunden werden soll, so daß es bei den größeren Längenuhren nicht genug ist, die Kraft im Verhältniß zu den Durchmesser der Unruhe zu vermehren. Diese größere Kraft muß vielmehr im Verhältniß zum Quadrate der Durchmesser stehen, so daß, in so fern die erforderliche Kraft, wenn der Durchmesser der Unruhe 1 ist, durch 8 ausgedrückt werden kann, die Kraft die zu einer Unruhe gleich 2 erforderlich ist, 8×2^2 oder 32 sein muß. Wir kennen aber den schädlichen Einfluß der Reibung auf die verschiedenen Theile des Chronometers, und wissen also, daß es sehr wichtig ist, diese nicht ohne Noth zu vermehren, und daß folglich die kleineren Längenuhren in dieser Rücksicht den größeren vorgezogen zu werden verdienen, da die Unruhen der ersteren weniger vom Luftwiderstande leiden, und an ihren Zapfen weniger Reibung haben, als die größeren und schwereren Unruhen der Boy-Chronometer. Doch haben die Boy-Chronometer, und jede Längenuhr mit großer Kraft, den Vorzug vor den kleineren Chronometern, daß der Einfluß des Oels bei ihnen weniger schädlich ist, gerade weil die Kraft und das Bewegungsmoment sehr groß sind. Um also der Anwendung einer allzu großen Kraft, und der daraus folgenden Reibung, überhoben zu sein, kommt es darauf an, dem Chronometer keinen gar zu großen Durchmesser und keine zu große

Unruhe zu geben; zugleich auf der andern Seite aber, den schädlichen Einfluß des Dels zu verhüten, welches besonders durch die Vergrößerung der Kraft und des Durchmessers der Unruhe geschieht.

Es giebt also eine Mittel-Größe, wodurch man die größten Vortheile mit den wenigsten Mängeln vereinigen kann, und nach den jetzigen Constructionen kann man mit Sicherheit annehmen, daß die kleinsten Chronometer keinen Durchmesser unter 2 Zoll,*) und die größten keinen über 3 Zoll haben dürfen.

Außer der Verminderung des Luftwiderstandes, welche auf diese Weise dadurch hervor gebracht werden kann, daß man der Unruhe einen passenden Durchmesser giebt, kann noch eine andere dadurch erreicht werden, daß man der Unruhe eine zweckmäßige Form giebt, als die, welche gewöhnlich gebraucht wird. Dieses wird man leicht erkennen, wenn man das Auge auf Tab. III Fig. 13 richtet, wo die Compensations-Unruhe so gezeigt ist, wie sie zur Verminderung des Luftwiderstandes am vortheilhaftesten verfertigt werden kann.

Bei der gewöhnlichen Compensations-Unruhe stellen die compensirenden Massen der Luft breite Flächen entgegen, die unter den Schwingungen der Unruhe gegen dieselbe wirken. Die Schrauben, welche dazu dienen, die Chronometer nach der Stern- oder Mittelzeit zu reguliren, sind im Allgemeinen cylindrisch und erfahren ebenfalls unter den Schwingungen der Unruhe den Wider-

*) Man ist jetzt zu einer so großen Fertigkeit in der Ausführung gelangt, und in dieser Rücksicht mit so vielen Hülfsmitteln versehen, daß es nicht schwieriger ist einen Chronometer mit einem Durchmesser von zwei Zoll, als einen größeren zu verfertigen. Es ist also nicht notwendig, diesen Maschinen einen großen Durchmesser zu geben, um die Verfertigung desto leichter und genauer zu machen.

stand der Luft. In Fig. 13, Tab. III, ist die Gestalt der compensirenden Massen so, daß diese unter den Schwingungen vermittlest der schneidenden Form, welche die Widerstand leistenden Flächen haben, die Luft desto leichter durchschneiden können. Hierdurch wird auch der Luftwiderstand sehr vermindert werden. Ferner kann man den regulirenden Massen die Form einer Pendellinse geben, und hierdurch wird wiederum, wie man leicht einsieht, eine neue Verminderung des Luftwiderstandes hervor gebracht werden. Die beiden Arme der Unruhe, welche bis an den Mittelpunkt derselben gehen, können auch an ihren resistirenden Seiten keilförmig oder scharf gemacht werden, wodurch ebenfalls etwas gewonnen werden würde, und auf diese Weise könnte man mit Rücksicht auf die Form bedeutende Vortheile erreichen.

Doch kann noch auf eine andere Weise eine bedeutende Verminderung in dem Luftwiderstande hervor gebracht werden, nämlich durch die Anwendung von Massen von einem größeren specifischen Gewichte, als man gewöhnlich anwendet. Die compensirenden Massen werden in den Chronometern von Messing und die regulirenden häufigst von Stahl gemacht; wenn man diese aber von Gold oder Platin, anstatt von Messing und Stahl machte, so würde ihr Volumen dadurch im Verhältniß von 19 zu 8 oder von 21 zu 8*) verringert werden, obgleich ihr Gewicht unverändert bliebe, und auf diese Weise würde der Luftwiderstand auch mit Rücksicht auf die Gold- oder Platin-Massen in Vergleich mit den Messingmassen geringer werden.

Durch die Beobachtung des so eben Gesagten, indem man nämlich der Unruhe die zweckmäßigste Größe giebt, sie von der

*) Siehe die Tabelle S. 247.

angegebenen Form macht, und den Massen das größt mögliche specifische Gewicht giebt, wird der Luftwiderstand so sehr vermindert werden, daß der Einfluß desselben auf die Größe der Schwingungsbogen keine Vermehrung der bewegenden Kraft erfordert, welche die Reibung merklich vergrößern kann, und eine störende Wirkung auf die Richtigkeit der Längen = Uhren haben könnte.*)

Da nun die eben angeführten Versuche vollkommen bewiesen, daß die Verschiedenheit der Luftdichtigkeit einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Schwingungsbogen der Chronometer hatte, und daß diese bald größer bald kleiner wurden, je nachdem die Luft dünner oder dichter war, gab es noch wichtigere Versuche auszuführen mit Rücksicht auf die Wirkung der veränderlichen Luftdichtigkeit auf die Richtigkeit des Ganges. Diese Versuche sind nun mit Sorgfalt angestellt, welches zu genauen Resultaten nothwendig ist. Die Chronometer, welche zu den Versuchen gebraucht wurden, waren lange geprüft und ihr Gang für zuverlässig erkannt. Die Versuche wurden so viel als möglich in einer und derselben Temperatur angestellt; denn auf diese Weise war man sicher, daß die möglichen Veränderungen des Ganges der Chronometer in dünnerer und dich-

*) Es ist beinahe überflüssig aufmerksam zu machen, daß die hier angegebenen Verbesserungen nur bei solchen Längenuhren von Nutzen sein können, die in allen andern Stücken vollkommen sind, und worin die geringen Unrichtigkeiten, welche noch statt finden, besonders von der Wirkung der Luft auf den Regulator herrühren. Doch ist dieser Luftwiderstand und die Veränderungen in demselben nicht die Ursache, welche den regelmäßigen Gang dieser Maschinen am meisten stört. Ist die Construction einer Längenuhr nicht möglichst vortheilhaft, sind der Isoschronismus und die Compensation bei derselben nicht zur Vollkommenheit gebracht, und hat die Verfertigung nicht den höchsten Grad von Genauigkeit, so ist es überflüssig sich zu bemühen die geringeren Mängel zu heben, welche gegen die dann stattfindenden größeren verschwinden.

terer Luft nicht von einer Unvollkommenheit der Compensation herrühren konnten. Die Lage der Uhren, während der Versuche, war auch vollkommen dieselbe und beständig horizontal, damit die Verschiedenheit, welche mehr oder weniger bei der veränderten Lage der Uhr im Gange derselben statt findet, auch keine Veranlassung zu unrichtigen Resultaten geben könnte. Ferner wurde die Vorsicht angewandt, die Versuche, sowohl in atmosphärischer als in verdünnter Luft, auf dem Teller der Luftpumpe und unter der Glasglocke anzustellen, so daß sich der Chronometer in beiden Fällen an einer und derselben Stelle befand. Auf diese Weise war man sicher, daß die Attraction, welche zwischen den umgebenden Gegenständen und dem Chronometer selbst statt findet, und welche auch durch ihre Einwirkung auf die Unruhe möglicherweise irgend einen Einfluß auf den Gang der Uhr haben könnte, unter den Versuchen hier unveränderlich geblieben war, und daß also die möglichen Veränderungen im Gange nicht durch eine größere oder geringere Anziehungskraft verursacht werden konnten. Die Versuche sind folgende:

II. Versuche über den Gang der Längenuhren in verschiedener Luftdichtigkeit.

10. Versuch mit dem Chronometer Urban Jürgensen Nr. 38.

In atmosphärischer Luft war der Mittelgang dieses Chronometers nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden — 1^u,0 *)

*) Hier wird mit — Acceleration, mit + Retardation bezeichnet.

In Luft, bis auf eine Barometerhöhe von nur 4 Zoll verdünnt, war der Mittelgang nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden . . . — 2",2

Also ging der Chronometer N^o. Jⁿ. Nr. 38 in verdünnter Luft schneller als in atmosphärischer Luft, und gewann täglich 1",2 mehr in verdünnter Luft.

Ann. Die Unruhe war sehr klein, und die Schwingungsbogen nahmen in verdünnter Luft um 40° zu.

2^o. Versuch mit dem Chronometer Arnold Nr. 82.

In atmosphärischer Luft war der Mittelgang dieses Chronometers, nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden — 3",3

In Luft, bis auf eine Barometerhöhe von nur 4 Zoll verdünnt, war der Mittelgang, nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden . . . — 7",8

Also ging dieser Chronometer ebenfalls in verdünnter Luft schneller, und gewann in 24 Stunden 4",5 mehr, als in atmosphärischer Luft.

Ann. Die Unruhe war größer als die vorhergehende und die Schwingungsbogen nahmen in verdünnter Luft beinahe um 70° zu.

3^o. Versuch mit dem Chronometer Arnold Nr. 438.

In atmosphärischer Luft war der Mittelgang dieses Chronometers, nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden — 0",4

In Luft, bis auf eine Barometerhöhe von 18"

nur 4 Zoll verdünnt, war der Mittelgang nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden + 2'',6

Also ging dieser Chronometer langsamer in verdünnter Luft als in atmosphärischer, und verlor täglich in der verdünnten Luft 3 Secunden.

Ann. Die Unruhe war größer als die zum ersten Versuche, aber ein wenig kleiner als die zum zweiten Versuche, und sie war zum Theil aus Platin verfertigt; die Schwingungsbogen nahmen in verdünnter Luft fast um 70° an Größe zu.

4°. Versuch mit dem Chronometer Uⁿ. Jⁿ. Nr. 31.

In atmosphärischer Luft war der Mittelgang dieses Chronometers, nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden + 1'',7

In Luft, bis auf eine Barometerhöhe von nur 4 Zoll verdünnt, war der Mittelgang, nach den Beobachtungen von 3 Tagen, in 24 Stunden + 2'',4

Also ging dieser Chronometer in verdünnter Luft langsamer, als in atmosphärischer, und verlor in 24 Stunden 0'',7 mehr in der verdünnten, als in der atmosphärischen Luft.

Ann. Die Unruhe war beinahe von Größe als die vorige; die Schwingungsbogen nahmen in verdünnter Luft fast um 55° an Größe zu.

Aus diesen Versuchen sehen wir nun, daß wenn die Luftdichtigkeit geringer wird, und die Schwingungsbogen der Unruhe dadurch größer werden, diese Ursache zwei entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen kann, d. h., einige Chronometer gewinnen und andere verlieren macht. Auf diese Weise wurde durch ein

so starkes Verdünnen der Luft unter der Glocke der Luftpumpe, daß das Barometer 24 Zoll fiel, oder daß die Barometerhöhe nur 4 Zoll war, die Acceleration bei Uⁿ. Jⁿ. Nr. 38, in 24 Stunden um 1'',2 größer, als in atmosphärischer Luft; Arnold, Nr. 82, gewann auch unter denselben Umständen in 24 Stunden 4'',5. Bei diesen beiden Chronometern fand also in verdünnter Luft eine Acceleration statt, während im Gegentheil Arnold Nr. 438, und Uⁿ. Jⁿ. Nr. 31 beide in verdünnter Luft verloren; der erste 3'',0, der letzte aber nur 0'',7 in gleicher Zeit. Beim ersten Anblicke scheint es, als ob dieselbe Ursache auch dieselbe Wirkung hervorbringen müßte, und dieses würde auch hier sicher der Fall gewesen sein, wenn die zu den Versuchen gebrauchten Chronometer, von einer und derselben Natur gewesen wären; das war aber nicht der Fall. Die Spiralfeder oder die regulirende Feder, ist in diesen Maschinen von verschiedener Beschaffenheit gewesen. Wir wissen, daß man mit Hülfe dieser Feder dahin gelangen kann, die Schwingungen der Unruhe so zu reguliren, daß die größeren und kleineren Schwingungen der Unruhe in gleichen Zeiten geschehen, oder so, daß wenn die Unruhe z. B. 450 Grad schwänge, und der Chronometer dann der Mittelzeit folgte, dieser ebenfalls der Mittelzeit folgen würde, wenn die Schwingungen der Unruhe auch zu 300 Grad vermindert würden. Diese Eigenschaft, welche vermittelt der Spiralfeder in den Schwingungen der Unruhe hervorgebracht werden kann, wird, wie bekannt, Isochronismus genannt. Wir wissen ferner, daß das Verhältniß der Länge und Dicke der Spiralfeder so beschaffen sein kann, daß die kleineren Schwingungen der Unruhe langsamer werden, als die größeren, daß aber auch das Gegentheil der Fall sein kann, d. h. daß die kleineren Schwingungen

der Unruhe schneller sein können, als die größeren. Aus diesen verschiedenen Eigenschaften der Spiralfeder wird es nicht schwierig zu erklären, wie ein größerer oder geringerer Luftwiderstand, der die Ausdehnung der Schwingungsbogen doch viel verändert, den Gang der Uhr entweder nur wenig, oder gar nicht verändert, oder auch, wie derselbe Luftwiderstand unter einer und derselben Luftveränderung entgegengesetzte Wirkungen hervorbringen kann. Nehmen wir an, daß die Spiralfeder von der Natur sei, daß die kleineren Schwingungen der Unruhe langsamer werden, als die größeren, so ist es klar, daß ein Chronometer mit einer solchen Spiralfeder in verdünnter Luft schneller gehen muß als in dichterere; denn die Schwingungsbogen werden in dünnerer Luft größer, und die Spiralfeder, welche die kleineren Bogen langsamer werden läßt als die größeren, bringt also bei den, in der verdünnten Luft stattfindenden größeren Bogen Acceleration hervor. Ist die Beschaffenheit der Spiralfeder dagegen so, daß die kleineren Bogen schneller werden, als die größeren Schwingungsbogen der Unruhe, so wird der Chronometer in der dünneren Luft verlieren, gerade weil die in der dünneren Luft stattfindenden größeren Bogen, der Natur der Spiralfeder gemäß, langsamer sind, als die kleineren Schwingungsbogen.

Hieraus kann man mit gutem Grunde schließen, daß sowohl die Retardation, welche in verdünnter Luft bei dem Chronometer Arnold Nr. 438 entstand, als auch die Acceleration, welche in einer, bis zu demselben Grade verdünnten Luft bei dem Chronometer Arnold Nr. 82 statt fand, von einem weniger gut getroffenen Isochronismus herrühren, deren Unvollkommenheiten aber in entgegengesetzten Richtungen waren.

Die Versuche aber, welche in verschiedenen Luftdichtigkeiten

mit den Chronometern N^o. Jⁿ., Nr. 31 und 38, ausgeführt sind, welche beide ihren Gang nur sehr wenig in verdünnter Luft veränderten, werden uns allein eine sichere Kenntniß von der Art und Weise geben, auf welche der Einfluß der Veränderlichkeit der Luftdichtigkeit auf den Gang der Uhr gehoben werden kann. Ich sage sichere Kenntniß, denn bei diesen beiden Chronometern ist die Natur der Spiralfeder vollkommen bekannt, da das Verhältniß zwischen den größeren oder kleineren Schwingungsbogen der Unruhen streng nach den, durch Erfahrung bestätigten, Regeln hervorgebracht ist. Hier ist nicht der Ort, die Gründe anzuführen, warum man in den letzten Jahren von einer vollkommenen Gleichzeitigkeit in den Schwingungen der Unruhe abgewichen ist; es ist hinreichend anzuführen, daß man es jetzt vortheilhaft gefunden hat, eine etwas größere Schnelligkeit bei den kleineren, als bei den größeren Schwingungen der Unruhe hervorzubringen, so daß, wenn der Chronometer mit Schwingungsbogen von 450 Grad der Mittelzeit folgte, derselbe Chronometer, mit Schwingungsbogen durch eine Verminderung in der bewegenden Kraft bis auf 300 Grade reducirt, ungefähr 5 bis 6 Secunden in 24 Stunden acceleriren würde. Nach dieser Regel sind alle meine Chronometer eingerichtet, so wie es auch mit N^o. Jⁿ., Nr. 31 und 38, der Fall ist, welche zu den Versuchen über den Einfluß der Veränderung in dem Luftwiderstande auf den Gang dieser Maschinen gebraucht wurden.*)

*) Was ich hier mit Rücksicht auf das Verhältniß zwischen den größeren und kleineren Schwingungen bei Urban Jürgensens Nr. 31 und 38 anführe, ist nach meiner völligen Ueberzeugung genau, da ich mir immer selbst ohne Ausnahme die Verfertigung der Spiralfeder und die Hervorbringung des Isochronismus bei meinen Chronometern vorbehalten habe. Ich habe selbst den Draht gezogen, weraus diese Federn gemacht werden, und ihnen ihre Form gegeben; ich habe

Jetzt haben wir durch die Versuche erfahren, daß wenn die Luft zu dem Grade verdünnt wurde, daß die Quecksilber-Colonne des Barometers 24 Zoll fiel, oder daß das Barometer nur 4 Zoll angab, so veränderte sich der Gang von Nⁿ. Jⁿ. Nr. 31 nur um 0^o,7 und von Nⁿ. Jⁿ. Nr. 38 nur um 1^o,2 in 24 Stunden. Diese Veränderung der Barometerhöhe ist aber ungefähr sechs Mal größer, als die, welche gewöhnlich in der Atmosphäre statt findet, und es wird also die wirkliche Veränderung der Luftdichtigkeit an den verschiedenen Stellen der Erdoberfläche,*) wo sich der Chronometer auf Reisen befinden könnte, nur $\frac{1}{6}$ der Veränderung ausmachen, welche während der Versuche unter der Glocke der Luftpumpe stattfand. Auf diese Weise wird aber auch die Veränderung der Luftdichtigkeit keine größere Veränderung in dem Gange der Uhr hervorbringen, als ungefähr $\frac{1}{6}$ der oben angeführten. Dieses habe ich durch neue Versuche unter der Luftpumpe bestätigt gefunden, wo die Luft nur so viel verdünnt wurde, daß das Barometer 4 Zoll unter die damalige Höhe desselben in der atmosphärischen Luft fiel, das will sagen: die Abweichungen der beiden hier erwähnten Chronometer waren so klein, oder der Unterschied im Gange in der atmosphärischen und der verdünnten Luft war so gering, daß es kaum möglich war anzugeben, ob dieser von der Wirkung der Luft auf die Unruhe oder von andern inneren Ursachen in der Uhr herrührte, zu welcher letzten

die Chronometer nach der Mittelzeit regulirt und selbst den Isochronismus nach den oben angegebenen Regeln hervorgebracht. Die Spiralfeder ist die Seele des Chronometers, und um sicher zu sein, daß sie die Eigenschaften habe, ohne welche nie die größte Regelmäßigkeit im Gange der Uhr erreicht werden kann, muß man mit eigenen Händen gearbeitet, mit eigenen Augen gesehen und selbst Versuche angestellt haben.

*) Hohe Berge ausgenommen.

Vermuthung man doch am meisten Grund zu haben scheint, da die unbedeutende Veränderung im Gange unter gleicher Barometerhöhe doch ein und dieselbe gewesen sein würde, wenn die Ursache in dem Widerstande der Luft gelegen hätte, wogegen der Gang in diesem Falle an einem Tage einige Bruchtheile einer Secunde Acceleration und am andern Tage einige Bruchtheile einer Secunde Retardation angab. Da also der noch möglicherweise stattfindende Mangel so gering ist, daß er durch den Gang der Chronometer in den später gebrauchten Luftdichtigkeiten nicht beobachtet, und wahrscheinlich höchstens in 24 Stunden bei Uⁿ Jⁿ Nr. 31 nur zu $\frac{0'',7}{6}$ oder 0'',12

und in demselben Zeitraume bei Uⁿ. Jⁿ. Nr. 38 zu $\frac{1'',2}{6}$

oder 0'',2 angeschlagen werden kann, so können wir mit Sicherheit schließen: daß wenn ein Chronometer mit einer Spiralfeder versehen ist, die ihn bei den kleineren Schwingungsbogen so viel schneller gehen macht als bei den größeren Bogen, daß für eine Verminderung der Schwingungsbogen von ungefähr 150 Grad eine Acceleration von 5 bis 6 Sekunden in 24 Stunden statt findet, der Einfluß der veränderten Luftdichtigkeit, dann auf den Gang der Uhr ganz unmerklich, und daher so gut als gehoben sein wird.

Wir haben jetzt also zuverlässige Kenntniß von den Bedingungen, unter welchen der Einfluß des Luftwiderstandes auf den Gang der Chronometer oder Längenuhren gänzlich gehoben wird, sogar bei Unruhen, welche nicht die vortheilhafteste Form zur Verminderung des Luftwiderstandes haben. Wird nun die

zweckmäßigere Form angewandt, welche oben angegeben ist, so kann man desto sicherer sein, daß die geringste Spur von Unregelmäßigkeit verschwinden wird.

Die oben angeführten Versuche sind, so weit mir bekannt ist, nicht früher angestellt; die Ursache hierzu liegt wahrscheinlich darin, daß bisher größere Hindernisse die Aufmerksamkeit auf sich zogen, weswegen man nicht daran dachte, die kleinen, und dem Anscheine nach, unbedeutenden Ursachen zu Abweichungen im Gange kennen zu lernen. Die Astronomen und Naturforscher unsrer Zeit, die sich so sehr durch scharfe Genauigkeit in ihren Beobachtungen auszeichnen, und sich bemühen, jeden noch stattfindenden Mangel der Instrumente, deren sie sich bedienen, zu heben, versehen die Künstler in die Nothwendigkeit, keine Anstrengungen zu scheuen, welche beitragen können, sich dem beabsichtigten Ziele zu nähern. Obiges wird, wie ich zu hoffen wage, als ein geringer Beitrag zur Erreichung dieses Zweckes betrachtet werden können.

Die Jürgenſen'schen Metallthermometer.

(Tab. XV und XVII.)

Der Metallthermometer, welcher Tab. XV, Fig. 8, in Verbindung mit einem größeren Chronometer gezeigt ist, erfand der Verfasser schon im Jahre 1801 und beschrieb ihn in der ersten französischen Ausgabe dieses Werks, wo sich eine eigene Abbildung davon befindet.

Er ist ein Bogen, aus zwei Metallen zusammengesetzt, eben so wie die Bogen der Compensations-Uhr; das innere Metall hat aber hier größere Ausdehnungskraft als das äußere; demnach ist hier Messing als das innere, Stahl als das äußere Metall gewählt, und beide sind auf das Sorgfältigste zusammengelöthet. Das eine Ende dieses Bogens ist völlig fest; das andere, welches frei ist, muß sich nach den verschiedenen Temperaturen bewegen, denen der Thermometer ausgesetzt ist. Wenn die Wärme auf den zusammengesetzten Bogen wirkt, wird sich das innere Metall mehr ausdehnen als das äußere, da jenes eine größere Ausdehnungskraft hat; der zusammengesetzte Bogen wird sich ein wenig öffnen, auf den Arm *cc* des Sectors oder der Zahnreihe *cs* wirken, dessen Bogen mit feinen Zähnen versehen ist, die in ein Getriebe eingreifen, auf dessen Achse ein Zeiger angebracht ist, der sich, wenn die Temperatur steigt, von der Linken zur Rechten bewegen wird. Die entgegengesetzte Wir-

kung geschieht, wenn die Temperatur sinkt; das Messing wird nun mehr zusammengezogen als der Stahl; der Bogen wird auf den Arm *ce* wirken; der Sector wirkt demnach wieder auf das Getriebe, aber in entgegengesetzter Richtung, und führt also dessen Zeiger eben so entgegengesetzt von der Rechten zur Linken. Die sehr schwache Spiralfeder, welche an dem Getriebe angebracht ist, wirkt, indem dieses in den Sector eingreift, auf den Arm *ce*, welcher auf diese Weise beständig gegen den Bogen gehalten wird, und auf den also fortdauernd dieser Bogen wirkt.

Die Metallthermometer haben großen Beifall gewonnen; doch wird ihr Gebrauch nie so allgemein werden, wie der des Quecksilber-*Thermometers*, welcher unlängbar eins der vollkommensten Instrumente ist, das die Naturwissenschaft besitzt, und welches den Metallthermometer bei weitem an Einfachheit übertrifft; dagegen hat aber der Metallthermometer gewisse Vorzüge vor dem Quecksilber-*Thermometer*, und zu diesen kann gewiß die Leichtigkeit und Sicherheit gerechnet werden, womit sich dieses Instrument, besonders auf Fußreisen, transportiren läßt, da es zum Tragen in der Tasche eingerichtet, und bei weitem nicht so zerbrechlich ist, als der Quecksilber-*Thermometer*. Ein anderer Vortheil des Metallthermometers ist die Schärfe, womit die Grade angezeichnet werden, welches das Lesen sehr leicht und sicher macht. In Kältegraden, wie die, welche z. B. in gewissen Gegenden von Sibirien statt finden, würde der Metallthermometer fortfahren die Temperaturgrade anzugeben, während die Wirkung des Quecksilber-*Thermometers* durch das Gefrieren des Quecksilbers aufgehört hätte. Diese und mehrere andere Vorzüge, die noch angeführt werden könnten, scheinen dieses Instrument würdig zu machen, zuweilen anstatt unsrer gewöhnlichen Quecksilber-*Thermometer* oder neben

diesen gebraucht zu werden, und die Leichtigkeit und Sicherheit, mit welcher dieses Instrument nun eingerichtet werden kann, um den höchsten Kältegrad anzugeben, welcher in der Abwesenheit des Beobachters statt gefunden hat, werden vermuthlich dazu beitragen, selbst bei wissenschaftlichen Beobachtern Interesse für dasselbe zu erregen.

Der gewöhnliche Metallthermometer hat die Form einer Taschenuhr; derjenige aber, welcher hier beschrieben wird und bestimmt ist, an einer und derselben Stelle zu bleiben, ist größer. Die Zeichnung, Tab. XVII, Fig. 1 und 4, zeigt die natürliche Größe desselben, wodurch man größere, und folglich deutlichere Grade erhält, so daß sie mit noch größerer Leichtigkeit gelesen werden, als die Grade der gewöhnlichen Metallthermometer des Verfassers.

In Fig. 1 sieht man den untersten Theil des Thermometers, der gegen das Gehäuse gekehrt ist, in Fig. 4 sieht man dagegen die Seite des Zifferblattes.

Fig. 1 *LL* ist eine runde Messingplatte, so leicht und so wenig massiv, als es die Solidität nur erlaubt, und daher ausgeschnitten.

CBD ist ein zusammengesetzter Bogen, dessen eines Ende auf dem Boden bei *C* befestigt ist; das andere Ende *D* dagegen ist ungebunden und frei. Dieser Bogen ist aus zwei Metallen von sehr verschiedener Ausdehnungskraft zusammengesetzt, das äußere aus Stahl und das innere aus Messing, und zwar so, daß die Dicke des Messings etwas größer ist, als das Doppelte des Stahls, d. h., ungefähr in umgekehrtem Verhältniß zur Steifigkeit (*ténacité*) dieser beiden Metalle. Das Messing ist an den Stahl gelöthet, wozu ein Metall gebraucht ist, dessen Ausdehnungskraft größer ist als die des Stahls und

geringer als die des Messings. Der Stahl hat eine temperirte Härtung und ist blau angelaufen.

Da das Messing eine größere Ausdehnungskraft hat als der Stahl, so folgt daraus, daß sich der Bogen bei der Wärme öffnet, d. h., daß sich das bewegliche Ende desselben von *C* entfernt. In der Kälte geschieht das Entgegengesetzte; der Bogen geht zusammen, d. h., *D* nähert sich *C*. Auf diese Weise hat der Bogen bei der Veränderung der Temperatur eine Bewegung, größer oder kleiner, genau im Verhältniß zur Verschiedenheit der Temperatur.

EF ist ein Theil eines Rades, oder ein Sector, auf dem Umkreise bei *F*, mit Zähnen versehen. Der Bewegungsmittelpunkt desselben ist in *K*, mit zwei Zapfen an den Enden seiner Achse. Fig. 2 zeigt diesen Theil des Instruments mit dem Getriebe *A* in vergrößertem Maaßstabe. Dieses Getriebe, das in die Radzähne eingreift, befindet sich in der Mitte des Instruments; es bewegt sich um zwei Zapfen, von denen der eine, welcher weit über das Zifferblatt hervorragt, den Zeiger des Thermometers, und außerdem das Rad *A*, Fig. 4, trägt.

Auf die Achse des Getriebes ist eine sehr lange und schwache cylindrische Spiralfeder befestigt, die mit ihrem untersten Ende in einen Spiralhalter hineingeht; ihr oberstes Ende ist dagegen in dem Stege *A*, Fig. 1, befestigt. Diese Spiralfeder ist so gespannt, daß sich die Zahnreihe oder der Rechen *F* durch den Druck des Getriebes gegen das Rad, beständig mit dem Theile *H* gegen den großen Bogen *CBD* lehnt, und diesem in der Bewegung folgt, in welche er durch die Veränderungen der Temperatur gesetzt wird, ohne daß zwischen den Rads- und Getriebezähnen Spielraum statt finden kann.

Aus dem Vorhergehenden sieht man nun leicht, daß der

Thermometer = Zeiger bei der Wärme vorwärts, bei der Kälte zurück gehen muß.

Das Stück *EH* kann sich auf dem Arme des Rades oder der Zahnreihe bewegen, so daß die Entfernung vom Berührungspunkte bei *H* gegen den zusammengesetzten Bogen bis an den Mittelpunkt des Rades nach Bedürfniß größer oder kleiner werden kann. Dies ist für die Regulirung des Thermometers nothwendig. Findet man, daß der Zeiger des Metallthermometers mehr Grade durchläuft, als der Quecksilberthermometer, so schiebt man *EH* weiter vom Mittelpunkte weg; beschreibt der Zeiger dagegen eine geringere Anzahl Grade, als der Quecksilberthermometer, so wird *H* dem Mittelpunkte des Rades genähert. Wenn die richtige Entfernung auf diese Weise gefunden ist, so daß die relativen Grade beider Thermometer einander entsprechen, so wird der Zeiger des Metallthermometers auf den Grad gestellt, den der Quecksilberthermometer anzeigt, und dieses geschieht dadurch, daß man das Stück *H* nach Bedürfniß weiter von dem zusammengesetzten Bogen entfernt oder es auch demselben nähert.

Die Form des Stückes *H* muß auf der Seite, welche den zusammengesetzten Bogen berührt, epicyclodisch sein, ohne welches die Bewegung des Instruments nicht vollkommen übereinstimmend mit der des Quecksilberthermometers werden könnte, besonders an den äußersten Punkten.

Der Mechanismus, durch welchen dieser Thermometer zu gleicher Zeit sowohl den niedrigsten Grad der Kälte, worauf er zuletzt gestanden hat, als auch den gegenwärtigen Temperatur = Grad anzeigt, besteht in folgendem:

Siehe Fig. 4. Das Rad *A*, in dessen Mitte ein Rohr angebracht ist, das den Thermometer = Zeiger trägt, ist auf dem

verlängerten Zapfen des Thermometer-Getriebes so befestigt, daß das Rad *A* und der Thermometer-Zeiger mitfolgen müssen, wenn sich das Getriebe dreht.

Der Umfang dieses Rades ist auf solche Weise mit Zähnen versehen, daß ihrer fünf genau Einem Grade des Zifferblattes entsprechen. Die Zähne sind auf der einen Seite in der Richtung der Radien des Rades, dagegen schräg auf der andern Seite, wie man dieses deutlich in Fig. 3 sieht, wo das Rad vergrößert vorgestellt ist.

B, Fig. 3 und 4, ist eine äußerst schwache Feder, die mit ihrem einen Ende an die Thermometerplatte bei *C* befestigt ist, während sich das andere frei bewegen kann, und einen aufrechtstehenden Stift *e* von prismatischer Form trägt, in derselben Ebene als das Rad. Die Feder liegt in einer etwas tieferen Ebene, als das Rad. Dieser prismatische Stift ist so verfertigt, daß er die Oeffnung zwischen den beiden Zähnen des Rades genau ausfüllt, und sich vermittlest der Schnellkraft der Feder *B* zwischen diese hineindrücken kann.

Nun sieht man leicht ein, daß das Rad *A* bei dieser Einrichtung von der Rechten zur Linken gehen kann, d. h., gegen die kälteren Grade, ohne in seinem Gange gehemmt zu werden; denn die schrägen Seiten der Zähne gleiten dem prismatischen Stifte vorbei, indem sie die Feder *B* zum Weichen bringen. Dagegen kann das Rad *A* nicht nach der entgegengesetzten Seite, oder vorwärts, gehen; denn der prismatische Stift stellt sich so gegen die Radzähne, welche auf dieser Seite gegen den Mittelpunkt gerichtet sind, daß wenn sich der zusammengesetzte Bogen öffnet, und der Zeiger vorwärts, gegen die höheren Grade, gehen sollte, dieser dann vermittlest der Wirkung der oben beschriebenen Einrichtung unbeweglich auf dem niedrig-

sten Grade stehen bleibt, den er während der Beobachtung gezeigt hat. Während das Rad und der Zeiger auf diese Weise auf dem niedrigsten Temperatur-Grade, der statt gefunden hat, stehen geblieben sind, nimmt der zusammengesetzte Bogen, wie oben angeführt, durch die wärmere Temperatur eine veränderte Stellung an, und öffnet sich, so daß, wenn das Rad *A* frei würde, der Zeiger augenblicklich den jetzigen Temperaturstand angeben würde.

Um diese Auslösung hervorzubringen, ist auf dem Umkreise des Instruments ein Knopf angebracht, der in das Stück *aa*, Fig. 1, eingeschraubt wird, welches Stück mit dem Knopfe gegen den Mittelpunkt des Instruments eingeschoben und ausgezogen werden kann. Das Ende des Stückes *aa* trägt einen Stift, der durch ein in die Thermometerplatte gebohrtes Loch geht, und auf das Ende der Feder *B*, Fig. 3 und 4, wirken kann, so daß durch die Ausziehung des Knopfes, die Feder vom Rade gebogen wird, wodurch der prismatische Stift aus den Radzähnen heraustritt, so daß das Rad frei wird, und dem Thermometer-Zeiger erlaubt, den jetzigen, aber veränderten Temperaturstand anzugeben.

Anmerkung I. Um die vollkommenste Gleichmäßigkeit in der Bewegung des Thermometer-Zeigers hervorzubringen, ist es nothwendig, das Getriebe mit der größt möglichen Anzahl Zähne zu versehen, und diese so fein zu machen, als es die Verfertigung nur erlaubt. In diesem Instrumente ist die Anzahl 40.

Anmerkung II. Die kleine Feder, welche in das Sperrrad einfällt, darf nicht gar zu steif sein, denn dadurch würde ein Druck entstehen, der dem Instrumente eine zu große Reiz-

bung gäbe. Es ist also nothwendig sie äußerst schwach zu machen.

Anmerkung III. Was das Gehäuse betrifft, welches den Metallthermometer nothwendig umgeben muß, ist es wichtig, dieses möglichst dünn, und von einem guten Wärmeleiter*) zu machen; denn im entgegengesetzten Falle würde das Instrument zu viel von seiner Empfindlichkeit verlieren.

In dem vom Verfasser gegründeten Chronometer- und Uhren-Etablissement, welches von dem Herausgeber fortgesetzt wird, sind Metallthermometer verfertigt, die nicht nur, wie das oben beschriebene, außer der gegenwärtigen Temperatur, den niedrigsten Grad der Temperatur anzeigen, welcher seit der letzten Beobachtung des Thermometers statt gefunden hat, sondern auch zugleich die höchste Temperatur angeben, welche in der Abwesenheit des Beobachters statt fand. Diese Thermometer für Maximum und Minimum, welche, wie die einfachen, zuerst erfundenen Metallthermometer, die Form einer Taschenuhr haben, sind außer dem Hauptzeiger mit einem kleinen Nebenzeiger versehen.

Der Nebenzeiger kann sich mit sehr geringer Reibung um ein, in der Mitte des Instruments angebrachtes, Rohr drehen, und ist so beschaffen, daß das äußere Ende desselben genau mit dem des Hauptzeigers zusammenfallen kann, ob er nun auf der einen oder der andern Seite desselben angebracht wird. Der Nebenzeiger wird auf der rechten Seite des Hauptzeigers oder gegen die wärmeren Grade angebracht, wenn er das Maximum angeben soll; dagegen auf der linken Seite des Hauptzei-

*) Siehe die Tabelle über das Wärmeleitungsvermögen der Metalle S. 247.

gers oder gegen die kälteren Grade, wenn er das Minimum angeben soll.

Das Gehäuse, welches dieses Instrument umgiebt, kann von der Seite des Zifferblattes geöffnet werden, welches nothwendig ist, um die äußern Enden der beiden Zeiger zusammenbringen, und auf diese Weise das Instrument zu Observationen vorbereiten zu können. Der Nebenzeiger wird leicht mit einem Stifte aus Ebenholz geführt, der dem Instrumente beigefügt ist.

Der Hauptzeiger hat einen kleinen Stift in einiger Entfernung von seinem Mittelpunkte und in gleicher Höhe mit dem Nebenzeiger; der Hauptzeiger wird diesen daher nothwendig mit sich führen, wenn er zur Rechten oder Linken geht, je nachdem der Nebenzeiger auf dieser oder jener Seite angebracht ist; ihn aber stehen lassen, wenn er selbst nachder entgegengesetzten Seite geht. Sollte sich daher der Hauptzeiger z. B., nachdem der Nebenzeiger auf die linke Seite gebracht ist, zuerst nach den kälteren Graden bewegen, z. B. des Nachts, dagegen aber am Morgen und Vormittage wieder nach den wärmeren Graden zurückkehren, so wird der Nebenzeiger zurückgeführt sein, und demnach den niedrigsten Temperaturgrad zeigen, dahingegen aber nachher nicht vorwärts schreiten.

Bedient man sich zweier Nebenzeiger, so wird der eine beständig auf der linken, der andere auf der rechten Seite des Hauptzeigers gehalten werden können; während dieser also die zu jeder Zeit stattfindende Temperatur anzeigt, zeigt der linke Nebenzeiger das Minimum oder die niedrigste Temperatur, seitdem man den Metallthermometer zuletzt beobachtete und die Zeiger zusammenbrachte; der rechte Nebenzeiger zeigt auf ähnliche Weise das Maximum oder die höchste Temperatur, seit der letzten Beobachtung des Thermometers.

Macht man den Hauptzeiger aus Gold, die Nebenzeiger aus Stahl, so werden diese leicht mit einem Magnete, der auswendig auf das Glas gehalten wird, zu dem Hauptzeiger hingeführt werden können; es wird also nicht einmal notwendig, den Thermometer zu öffnen, um ihn zur Beobachtung vorzubereiten.

Obgleich dieser Thermometer, wie erwähnt, von der Größe des einfachen Metallthermometers, und wie dieser in ein Gehäuse eingefast ist, einem gewöhnlichen Taschenuhr-Gehäuse ähnlich, so kann er doch auf einem metallenen Dreifuße angebracht werden, der frei im Schatten aufgestellt wird, wo der Thermometer, ohne sehr an Empfindlichkeit zu verlieren, mit einer Glasglocke bedeckt werden kann, um ihn gegen die Witterung zu schützen; die Glocke wird nur unter der Beobachtung, und bei der Vorbereitung zu einer folgenden weggenommen. Uebrigens muß sich der Beobachter natürlich den Thermometerstand schnell bemerken, damit nicht die Wärme seines Körpers auf den Thermometer einwirken und ihn zum Steigen bringen könne. Ferner muß man sich hüten an den Thermometer zu stoßen, da die Zeiger durch einen solchen Stoß aus der Lage gebracht werden können, welche sie durch die Einwirkung der Temperatur angenommen haben.

Es ist noch eine Aufgabe zurück, die Mitteltemperatur irgend eines Zeitraums, z. B. eines Tages, einer Woche, eines Monates, eines Jahres zu bestimmen. Man sieht leicht ein, daß hierzu eine große Anzahl Observationen erforderlich ist, und daß daraus eine Mittelzahl genommen werden muß. Man

müßte z. B. den Thermometer jede halbe Stunde beobachten, alle in 24 Stunden gemachten 48 Bemerkungen zusammenlegen und mit 48 dividiren, um die Mitteltemperatur zu erhalten. Doch wenn man auch diese, immer etwas weilläufige, Berechnung, welche täglich vorgenommen werden müßte, nicht in Betracht nähme, würden die Beobachtungen immer mit den größten Beschwerden verbunden sein, da der Beobachter jede halbe Stunde, Tag und Nacht, oder wo möglich noch öfterer, zugegen sein müßte, um sich den Thermometerstand zu bemerken. Obgleich der Italiener Chiminello und Andre, Regeln angegeben haben, wornach man aus einigen wenigen, am Tage angestellten Beobachtungen, die Mitteltemperatur von 24 Stunden schließen kann, so wird man doch leicht einsehen, daß man auf diese Weise nur zu einer höchst unvollkommenen Kenntniß von der Mitteltemperatur kommt. F. W. Bessel in Königsberg, hat in „Schumacher's astronomischen Nachrichten“ VIII Bd., S. 10 die Idee zu einem passenden Instrumente angegeben, um die Mitteltemperatur zu bestimmen, nämlich ein Chronometer mit einer Unruhe, welche so zusammengesetzt wäre, daß ihre Wirkung bedeutend, der der gewöhnlichen Compensations-Unruhe aber entgegengesetzt wäre.

Der Bruder des Herausgebers, Jules Jürgensen, hat, ohne die Idee des berühmten Bessel zu kennen, während seines Aufenthaltes im Auslande ein solches Instrument verfertigt, da ihm schon früher mehrere Gelehrten hier in Dänemark diese Aufgabe vorgelegt hatten. Dieses Instrument, von dem Verfertiger **Meso-Thermometer** genannt, ist so eingerichtet, wie wir es hier näher beschreiben wollen, mit den Worten, welche in die Berichte der französischen Academie der

Wissenschaften eingerückt sind*), wo Arago, der Secrétaire der Académie, folgenden Bericht mittheilt, durch einen Brief veranlaßt, den ihm Jules Jürgensen, dieses neue Instrument betreffend, geschrieben hatte.

„Die gewöhnlichen Thermometer geben die Temperatur der Atmosphäre in dem Augenblicke an, wo sie der Observator beobachtet; andere Instrumente machen uns mit dem Maximum und Minimum der Temperaturen bekannt, welche von der Zeit an in der Luft statt gefunden haben, wo diese zu Versuchen vorbereitet wurden, bis die Observation geschieht. Bisher hatte man aber kein Thermometer construirt, das mit Genauigkeit die Mitteltemperatur irgend eines Zeitraums z. B. eines Tages, eines Monats oder eines Jahres angab. Diese Aufgabe legte sich Jules Jürgensen vor, und ist von ihm vor kurzer Zeit gelöst.“

„Die Unruhe einer gewöhnlichen Uhr wird größer oder dehnt sich aus, wenn die Temperatur zunimmt; sie zieht sich dagegen zusammen oder wird kleiner, wenn die Temperatur abnimmt. Wenn die Unruhe größer wird, erhalten die Schwingungen größere Dauer, und die Uhr wird dann zu langsam gehen; wenn die Unruhe kleiner wird, so wird die Uhr zu schnell gehen. Um diese Unregelmäßigkeiten zu heben, erfannen die Künstler schon seit langer Zeit, an die Stelle der einfachen Unruhen, die aus drei Nadien und einem geschlossenen Ringe von einem einzigen Metalle bestehen, die zusammengesetzten Unruhen zu setzen**). Man wird eine hinreichend genaue Idee

*) Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Août 1856.

***) Durch diese wird zugleich die weit größere Unregelmäßigkeit beseitigt, welche durch die Einwirkung der veränderlichen Temperatur auf die Spiralfeder entstehen würde. (Siehe Nr. 83.)

von diesen bekommen, wenn man sich einen Doppelarm aus einem einzigen Metalle denkt, an dessen beiden Enden zwei abge sonderte Bogen angebracht sind, beide aus zwei Metallen gebildet, die ungleiche Ausdehnungskraft haben. Diese aus zwei Metallen zusammengesetzten Bogen müssen ihre Krümmung, und also ihre Lage verändern, wenn sich die Temperatur verändert. Es wird nicht weniger einleuchtend, daß die Bewegung des freien Endes eines jeden Bogens gegen das Metall hingeschiebt, welches sich am wenigsten ausdehnt, wenn die Temperatur vermehrt wird; in entgegengesetzter Richtung, wenn sie vermindert wird. Hieraus folgt, daß in dem Augenblicke wo sich, der durch das Steigen der Temperatur verursachten Ausdehnung zufolge, die Endpunkte der Arme der Uhr von dem Mittelpunkte oder von der Umdrehungs-Achse der Uhr entfernen würden, die andern, freien Enden der Bogen, in der entgegengesetzten Richtung, d. h., gegen den Mittelpunkt hin gehen würden, wenn das Metall, welches die größte Ausdehnungskraft hat, das äußere ist.*) Wenn das Metall von der größten Ausdehnungskraft inwendig ist, werden die zusammengesetzten Bogen, die doppelten Metallbogen, weit entfernt, die Wirkung der Ausdehnung der Arme zu compensiren oder ganz auszugleichen, diese bedeutend vermehren.“

„Jeder wird einsehen, daß wenn man eine Uhr in den Stand setzen will, sehr geringe Temperaturveränderungen angeben zu können, die Lage der zusammengesetzten Metallbogen, welche Jürgensen hier anwendet der in gewöhnlichen Chronometern entgegengesetzt sein muß. In dem Meso-Thermo-

*) Man vergleiche hiermit Kap. III. 3 Abschnitt Nr. 85—91 wo die Compensations-Uhr näher beschrieben wird.

meter oder der Thermometer-Uhr ist das Metall, von der größten Ausdehnungskraft, inwendig in dem zusammengesetzten Metallbogen angebracht. Der Künstler hat sogar mehr gethan: das äußerste Ende der beiden Bogen ist zur Befestigung eines andern zusammengesetzten Metallbogens angewandt, dessen Veränderungen in der Krümmung die Wirkungen der Veränderungen, denen jene ersten Bogen ausgesetzt sind, noch mehr vermehren.“

„Der nach diesen Principien von Jürgensen verfertigte Meso-Thermometer, ist nicht größer als eine gewöhnliche Uhr. Die doppelten Bogen der Unruhe sind auswendig von Platin, inwendig von Messing*). Die Veränderung im Gange der Uhr, der Temperaturveränderung von Einem Grade entsprechend, ist beinahe 32 Secunden in 24 Stunden.“

„Dieses Instrument wird, aufgestellt in der freien Luft, wie ein gewöhnlicher Thermometer, offenbar einen schnelleren oder langsameren Gang haben, je nachdem die Temperatur der Luft ab- oder zunimmt. Wenn man daher durch Versuche bestimmt hat, unter welchem Temperaturgrad die Uhr regulirt ist, oder genau nach der Mittelzeit geht, unter welchem Temperaturgrade die Anzahl der Schwingungen der Unruhe also genau 432000 in 24 Stunden ist (wenn wir annehmen, daß die Uhr, wie in den gewöhnlichen Chronometern, 5 Schwingungen in der Secunde macht), so wird man aus dem Unterschiede zwischen der eigentlichen Anzahl Schwingungen und diesen, oder zwischen 86400 und der Anzahl Secunden, welche die Uhr in 24 Stunden angegeben hat, die Mitteltemperatur berechnen können, wie verschieden auch die Temperaturen in den verschiedenen Augenblicken des Tages und der Nacht gewesen sein mögen. Jede Temperatur wird, da sie hier im Verhältniß ihrer Stärke und

*) Siehe die Tabelle S. 21.

ihrer Dauer wirkt, im Hauptresultate wiedergefunden werden, welches durch die Angabe der Uhrzeiger ausgedrückt wird, ebenso wie sie in die genaue Berechnung der Mitteltemperatur getreten wäre, wenn die einzelnen verschiedenen Temperaturen, woraus diese zusammengesetzt ist, bekannt gewesen wären. Der Beobachter wird also nichts weiter zu thun haben, als jede 24ste Stunde den Meso-Thermometer mit einer astronomischen Pendeluhr, oder einem astronomischen Chronometer zu vergleichen, dessen Gang genau bekannt ist, um zu erfahren, ob jener in 24 Stunden retardirt oder accelerirt habe. Die Astronomen wissen, daß solche Vergleichen bis auf einen geringen Bruch einer Secunde sicher sind.“

„Der Künstler macht sich durch Versuche eine Tabelle, wodurch die Acceleration oder Retardation des Meso-Thermometers zu gewöhnlichen Thermometer-Graden verwandelt werden.“

„Um dem Meso-Thermometer eine noch größere Brauchbarkeit zu geben, fügt Jürgensen noch, ohne die Größe desselben bedeutend zu vermehren, einen Metallthermometer hinzu, der die zu jeder Zeit stattfindende Temperatur, und zugleich vermittelt zweier Nebenzeiger das Maximum und Minimum der Temperatur anzeigt, welche in den 24 Stunden stattgefunden hat.“

Noch möge hier die Beschreibung des Meso-Thermometers Platz haben, welche sich nach einer Mittheilung vom Verfertiger in der vom Prof. G. F. Ursin und Lect. C. G. Hummel herausgegebenen Zeitschrift „Nyt Magazin for Kunstnere og Haandværkere,“ 1ster Band, S. 17 u. f. vorfindet.

Der Meso-Thermometer ist in seinen Haupttheilen einem Chronometerwerke gleich, einzelne Theile, und besonders

die Unruhe ausgenommen, welche eine ganz eigene Form hat, deren Wirkung gleich die des zusammengesetzten Bogens eines Metallthermometers und folglich der der Compensations-Unruhe in Chronometern völlig entgegengesetzt ist, welche letztere nämlich die durch eine Temperaturveränderung entstehende Unregelmäßigkeit hebt, wogegen jene sie bedeutend, und gerade so vermehrt, daß das Instrument bei der Vergleichung mit einer astronomischen Pendeluhr angiebt, ob und in welcher Richtung sich die Temperatur verändert hat. Zugleich ist ein Metallthermometer mit Maximum und Minimum mit demselben verbunden, um die gegenwärtige, so wie auch die höchste und niedrigste Temperatur anzugeben, welche in 24 Stunden stattgefunden hat.

Die aus zwei Metallen zusammengesetzten Bogen der Unruhe sind doppelt, um durch ihre größere Länge eine größere Abweichung, im Verhältniß zu den verschiedenen Temperaturen, im Gange hervorzubringen. Das äußere Metall der inwendigen Bogen, ist nämlich Platin, das innere Messing; und da zwischen der Ausdehnungskraft dieser beiden Metalle ein bedeutender Unterschied ist (Das Platin dehnt sich nämlich im Verhältniß zum Messing wie 856 zu 1878 aus), so werden sich die Bogen bei der kleinsten Temperaturveränderung merklich ausdehnen oder zusammenziehen, die Länge der Nadien demnach verändern, und folglich eine größere oder geringere Schnelligkeit der Schwingungen der Unruhe, d. h. einen schnelleren oder langsameren Gang der Uhr bewirken.

Wenn man nun zugleich weiß, unter welcher Temperatur der Meso-Thermometer der Mittelzeit genau folgt, und wie viele Minuten und Secunden er in 24 Stunden für jeden höheren oder niederen Wärmegrad abweichen wird, so kann man

leicht die Mitteltemperatur durch Vergleichung mit der Pendeluhr berechnen. Gesezt, der Meso-Thermometer ist z. B. so regulirt, daß er unter einer Temperatur von $+ 6^{\circ},5$ Reaumur (der Mitteltemperatur Dänemark's) der Mittelzeit folgt, und daß er in 24 Stunden für jeden höheren oder wärmeren Thermometergrad $1' 0''$ verliert, dagegen für jeden tieferen oder kälteren Thermometergrad eben so viel gewinnt, so wird er, angenommen, daß er mit der Pendeluhr übereinstimmend gestellt war, bei einer Acceleration von $2'42'',0$ nach dem Verlaufe von 24 Stunden angeben, daß die Mitteltemperatur dieses Tages $6^{\circ},5 - 2^{\circ},7 = + 3^{\circ},8$ Reaumur gewesen ist. Sollte man die Mitteltemperatur eines längeren Zeitraums, z. B. einer Woche, eines Monats, eines Jahres zu kennen wünschen, braucht man das Instrument nur täglich aufzuziehen, und bei der endlichen Observation die Abweichung von der Mittelzeit mit der Anzahl Tage zu dividiren, welche seit der letzten Stellung des Instruments verflossen sind. Kleine auf den äußeren Unruhbogen angebrachte Schrauben, dienen, indem sie in mehrere dazu bestimmte Löcher weiter heraus oder hineingeführt werden, eine gewisse bestimmte Abweichung des Ganges in 24 Stunden, im Verhältniß zum Thermometer, zu bewirken. Zwei auf den Enden der Querverme der Unruhe angebrachte Schrauben, dienen dagegen zur Regulirung des Meso-Thermometers, um unter irgend einem angegebenen Temperaturgrade der Mittelzeit folgen zu können.

Nach dem Verlaufe eines ganzen Jahres, wird man durch einen Blick in sein Observationsbuch, sogleich die Mitteltemperatur dieses Zeitraums bestimmen können; denn gesezt, es zeigte sich, daß der Meso-Thermometer am Schlusse des Jahres

9 Stunden 58 Minuten 36 Secunden, oder 598,6 Min. zurück sei, so wird man durch Division dieser Anzahl Minuten mit den Tagen des Jahres (oder 365) die Mitteltemperatur $1^{\circ},64$ höher als gewöhnlich, oder $8^{\circ},14$ erhalten.

Nach dem Vorhergehenden sieht man leicht ein, daß die kleinen Fehler, welche durch einen unrichtigen Gang der Uhr entstehen, so gut als gar nicht in Betracht kommen können; denn gesetzt auch, der Meso-Thermometer wäre am Schlusse des Jahres eine ganze Viertelstunde abgewichen, so würde selbst der durch diesen Unterschied entstehende Fehler doch nur einen vier und zwanzigstel Grad ausmachen.

Um die Berechnung zu erleichtern, wird eine kleine Tabelle zweckmäßig sein, welche das Verhältniß zwischen Zeit und Temperatur angiebt.

Anmerkung. Um nicht beim Aufziehen das Instrument mit der Hand zu erwärmen, muß bei demselben ein langer Schlüssel mit einem schlechten Wärmeleiter angebracht sein.

Die wesentlichsten Vortheile, welche dieses Instrument zu gewähren scheint, sind folgende:

1. Daß der Beobachter mehr von der Zeit unabhängig ist, da er nicht an die häufigen Thermometer-Betrachtungen gebunden ist.
2. Daß die Mitteltemperatur mit einem weit größeren Grade von Genauigkeit angegeben wird, als selbst der fleißigste Beobachter durch beständig wiederholte Beobachtungen zu erhalten im Stande ist, weil das Resultat hier, so zu sagen, die Frucht mehrerer hunderttausende Beobachtungen

täglich ist, da die Thermometer-Unruhe ungefähr 432000 Schwingungen in 24 Stunden machen wird.

3. Und endlich könnte es auch wohl für die Meteorologen von Nutzen sein, um die verschiedenen Temperaturen im Innern der Erde zu bestimmen, wo der gewöhnliche Maximum- und Minimum-Thermometer beim Niedersenken nur gar zu leicht in Unordnung geräth.

Zweiter Anhang.

Die Kunst, Edelsteine wie Rubine und Saphire, zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst, zu durchbohren; Paletten für die Hemmung, Cylinder, Rollen u. s. w. aus Stein zu verfertigen.

Um die Edelsteine zu durchbohren, und sie zu Zapfenlöchern geeignet zu machen, muß man sich mit den verschiedenen, zu dieser Arbeit erforderlichen Werkzeugen wohl versehen. Außerdem muß der Künstler, welcher diese Arbeit übernehmen will, eine sehr sichere und leichte Hand haben, ohne welches er schwierig damit zu Stande kommen würde, es sei nun die Löcher zu bohren, oder die Paletten und Hebeflächen der Hemmungen zu bilden, so wie überhaupt Alles das zu verfertigen, was die Bearbeitung der Edelsteine betrifft.

In Nachfolgendem werde ich die Beschreibung der unumgänglich nothwendigen Werkzeuge für die Kunst geben, von welcher hier die Rede ist, und die verschiedenen Mittel und Verfahrungsweisen anführen, durch welche man mit ziemlicher Schnelligkeit ans Ziel gelangt.

Die erste Operation besteht in der guten Bereitung des Diamantpulvers, welches man zum Bohren, Schleifen und Poliren des Steines benutzt, und das man auf folgende Weise erhält:

Man verschafft sich Diamantsplitter, die zu anderem Gebrauche untauglich sind; bringt diese in das cylindrische Loch *b* des Fig. 1, Tab. XXI, in natürlicher Größe gezeigten Mörsers, dessen äußerer Theil aus Eisen sein kann, während der innere und cylindrische *a* aus glashartem Stahle sein muß. Der Boden des cylindrischen Loches *b*, muß ein wenig hohl sein, und der Pistill Fig. 2 frei und mit ziemlichen Spielraume in das Loch hineingehen, wobei zugleich das Ende desselben nach dem Boden des Loches geformt, und folglich ein wenig erhaben sein muß. Fig. 3 stellt ein kleines rundes Stück Filz vor, welches das Loch des Mörsers bedeckt, und auf den Theil *a* des Pistills geschoben wird, um das Wegfliegen des Pulvers zu verhüten. Nachdem man die Diamantsplitter in das Loch gebracht hat, und zwar nur wenig auf's Mal, setzt man den Pistill hinein, indem man das Loch mit dem kleinen Filzstücke bedeckt. Darauf schlägt man mit einem Hammer auf das Ende des Pistills, wobei man diesen beständig umdreht. Man setzt diese Operation fort, bis man das Pulver durch dieses Mittel so fein als möglich gemacht hat, nimmt es darauf behutsam aus dem Mörser heraus, trägt Sorge dafür, daß nichts verloren gehe, und packt es in eine kleine messingene Schachtel. Hiermit fährt man fort, bis man eine hinlängliche Menge Pulvers hat.

Nach dieser ersten Operation, muß man das Pulver feiner machen, und die gröbereren Theile, welche sich noch darin befinden könnten, zerstoßen.

Dieses bewerkstelligt man mittelst einer ungefähr 3 Zi-

nien dicken Platte aus gehärtetem Stahle, von der Form und Größe wie Fig. 4 zeigt, wo man zugleich die Schachtel sieht, in welche die Platte eingepaßt ist. Man bringt eine geringe Menge des gestoßenen Pulvers auf die Platte, und erhält unter dem Pistille, Fig. 6, durch Hammerschläge ein sehr feines Pulver. Der untere Theil dieses Pistilles, so wie auch die Platte, sind völlig eben; es ist nothwendig senkrecht auf den Pistill zu schlagen, und keine schiefen Schläge zu führen, durch welches Pulver verloren gehen, und die vollständigere Zerpulverung verhindert werden würde.*) Man fährt mit dem Schlagen fort, bis man das Pulver für fein genug hält, und keine größeren Theile fühlt, welche unter der Arbeit den größten Schaden verursachen würden, und das Zerspringen des Steines bewirken könnten.

Das so zubereitete Pulver, bringt man in eine zweite messingene Schachtel, die man gehörig bezeichnet, um sie von der zu unterscheiden, welche das im Mörser zerstoßene Pulver enthält. Dieses Pulver eignet sich nun zum Durchbohren und Schleifen der Steine, indem man es mit sehr feinem Oele mischt, und es auf die stählerne Platte, Fig. 4, ausbreitet und sorgfältig bedeckt.

Man theilt dieses Pulver, mit Rücksicht auf seine Feinheit in verschiedene Klassen, welches am leichtesten dadurch erreicht wird, daß man das Pulver in feines Oel schüttet, und es darin gut umrührt, es dann eine bis anderthalb Stunden stehen läßt, und darauf die oberste Lage des Oeles vorsichtig in eine kleine Tasse,

*) Man thut wohl, vor dem Stoßen das Pulver auf der Platte mit etwas Oel zu vermischen. Durch dieses Mittel hält es sich besser auf der Platte und man braucht weniger ein Verlieren desselben zu befürchten.

Nr. 1, gießt; diese wird das feinste Diamantpulver enthalten; nach Verlauf dreier Stunden, gießt man auf's Neue die oberste Lage des Oeles ab in eine andere kleine Tasse, Nr. 2, die etwas weniger feines Pulver enthalten wird; nach 5 bis 6 Stunden gießt man wieder das oberste Oel in eine kleine Tasse, Nr. 3, worin also noch weniger feines Pulver kommt; auf diese Weise fährt man fort, das Pulver in verschiedene kleine Tassen zu vertheilen, bis es 18—24 Stunden im Oele gestanden hat; der Rest wird so grob sein, daß er nur zum Durchbohren großer Löcher gebraucht werden kann. Das Pulver der Tasse Nr. 1 wird zur letzten und feinsten Politur der Steinlöcher angewandt.

Kann man gleich das feinste Pulver auf die angegebene Weise erhalten, hat man doch noch eine andere Methode, indem man es auf folgende Weise behandelt:

Fig. 2 Tab. XXII zeigt einen Dockendrehstuhl in natürlicher Größe. Der freischwebende Theil der Spindel ist durchbohrt und mit einer Schraubenmutter versehen, um verschiedene Stücke, und unter andern das in Fig. 7 gezeigte, aufnehmen zu können, dessen cylinderförmiges, mit Schraubengewinden versehenes Ende aus Messing ist, und auf welchem ein Saphir, von der in der Zeichnung dargestellten Größe, mit Siegelack befestigt ist.

Fig. 8 stellt einen Achat vor, von der Form eines Petschaftsteines. Der Drehstuhl wird mit dem Fuße in Bewegung gesetzt, vermittelt eines Rades, welches so groß ist, daß die Spindel 50 Umdrehungen macht, während sich das Rad Einmal umdreht (s. Fig. 17 Tab. XXI). Ist dieses dergestalt vorbereitet, nimmt man eine geringe Menge des gestoßenen Pulvers auf die Spitze eines dünnen Bleches, eines Federmessers

oder ähnlichen Gegenstandes, und bringt es mit etwas Del in der Mitte des Saphirs an; hierauf legt man den Achat gegen das Pulver und den Saphir, worauf man den Drehstuhl in Bewegung setzt. Durch dieses Mittel kann man das Pulver sehr fein und zart erhalten und nach einer gehörigen Anzahl Umdrehungen ist es zum Poliren geeignet. Man nimmt es mit der Spitze eines Federmessers vom Saphir ab, und legt es so zerrieben auf ein, in die Schachtel Fig. 5 Tab. XXI eingelegtes, Stück Spiegelglas. Es ist zweckmäßig eine ziemliche Menge auf's Mal zu reiben und es auf der Oberfläche des Glases in der Schachtel aufzubewahren, indem man es sorgfältig zudeckt.

Ein Zapfenloch in Saphire oder Rubine zu machen.

Nachdem man einen Stein, Rubin oder Saphir, von der Größe gewählt hat, welche für den Durchmesser passend ist, den man dem Steine, in welchem das Loch angebracht werden soll, geben will, und von dessen hinreichenden Härte man sich überzeugt hat,*) beginnt man ihn aus dem Groben zu arbeiten, d. h. ihn von passender Größe und so rund als möglich zu machen.

Zu diesem Ende befestigt man den Stein mit Siegellack auf einem Stück Messing oder Kupfer, von der in Fig. 10

*) Man erkennt die hinreichende Härte und die Beschaffenheit eines Steines in welchem man ein Zapfenloch anbringen kann, durch folgende Mittel:

- 1) Indem man versucht ob ihn ein sehr harter Grabstichel oder eine sehr harte Feile angreifen kann;
- 2) Indem man sieht ob er seine Farbe in der Nothglühbize bewahrt;
- 3) Indem man ihn mit Diamantpulver polirt: ein Stein, der nicht die hinreichende Härte besitzt, läßt sich nicht mit Diamant, sondern nur mit Tripel poliren.

Tab. XXI gezeigten Form. Hierauf schleift man ihn auf einer kupfernen Scheibe, wie sie Fig. 5 Tab. XXIII zeigt. Diese Scheibe ist vorne flach und wird mittelst eines großen Rades mit dem Fuße in Bewegung gesetzt, so daß sie ungefähr vierzig Umläufe macht, während sich das Rad nur Einmal herum bewegt. Die Scheibe ist auf einer Spindel mit Rolle befestigt, wie es Fig. 2 zeigt, und bewegt sich zwischen zwei Docken mit ihren Stiften *a d*, *c b*.

Man bringt das mit Del gemischte Diamantpulver auf die Vorderfläche der Scheibe, und zerreibt es gut auf dem Kupfer, damit es einigermaßen in die Poren desselben eindringe. Darauf setzt man die Scheibe in Bewegung, und hält den Stein gegen dieselbe; auf diese Weise wird der Stein passend geschliffen, wenn man dafür sorgt, diesen und das Stück auf welchem er befestigt ist, während der Arbeit mit der Scheibe gleichlaufend zu halten. Wenn man so die Vorderseite des Steines geschliffen hat, erwärmt man das Siegellack, und kehrt den Stein um, damit man auch die andere Seite schleifen könne, bis er eine solche Dicke hat, wie man dem Juwel geben will. Jetzt befestigt man den Stein mit Siegellack auf einen runden stählernen Stift, von kleinerem Durchmesser, als man dem Steine zu geben Willens ist, man hält den Rand des Steines gegen die Scheibe und rundet ihn auf diese Weise ab, bis er dem Auge merklich rund erscheint. Nachdem dieses geschehen, ist man mit der Bearbeitung aus dem Groben fertig.

Den so vorbereiteten Stein kann man auf einem Drehstuble befestigen wie ihn Fig. 1 Tab. XXII zeigt. Die Form desselben sieht man hinlänglich aus der Zeichnung, welche ihn zugleich in natürlicher Größe darstellt. Der freischwebende Theil *a*, macht einen Theil der Spindel aus, ist der Länge nach in

der Mitte durchbohrt, und mit einer Schraubenmutter versehen, um einen messingenen Cylinder oder einen Stift mit Schraubengewinden aufzunehmen, den man fest in *a* hineinschraubt. Dieses Stück, welches gut in *a* befestigt ist, dreht man auf dem Drehstuhle rund ab, und bohrt der Länge nach ein cylinderförmiges Loch hinein, von ungefähr einer halben Linie im Durchmesser, in welches man einen stählernen Stift hineinpafst, der sich in eine Spitze endigt, wie Fig. 11 zeigt, und dessen Länge man in Fig. 10 sieht. Dieser Stift muß mit möglichster Sorgfalt eingepafst und genau mit der Spindel des Drehstuhles concentrisch sein. Das Ende der Hülse muß kegelförmig und kleiner sein als der Stein, welchen man darauf abdrehen will. Die Hülse muß auch ihrer Länge nach mit zwei einander gegenüberstehenden Einschnitten versehen sein. Einen dieser Einschnitte sieht man in *b*, Fig. 1. Der Stift ist ebenfalls mit einem kleinen Loche versehen, in welches man ein Stiftdchen steckt, nachdem man den großen Stift in den inneren, cylinderförmigen Theil der Hülse hineingeschoben hat. Das Stiftdchen geht also auf diese Weise quer durch die Hülse, und die beiden äußersten Enden dienen so zur Bestimmung der Bewegung des Stiftes, daß man ihn vor- und rückwärts bewegen, und ihn in der Hülse nach Willkühr aus- und eingehen lassen kann. — Wenn man Sorge getragen hat, alle diese Operationen mit Behutsamkeit auszuführen, so ist man sicher, daß der Stift vollkommen rundläuft; allein, wäre dies nicht der Fall, könnte dem Uebel dadurch abgeholfen werden, daß man die Spitze auf's Neue abdrehete, denn da sich der Stift nicht in der Hülse drehen kann, vermittelt der beiden Stiftdchen, die sich in den Einschnitten befinden, so würde die Spitze nicht ihre Stellung mit Rücksicht auf die Hülse verändern können, sondern centriert und concentrisch mit der Spindel

des Drehstuhles bleiben. Der Drehstuhl wird mit dem Fuße in Bewegung gesetzt, mittelst eines Rades, das einen Durchmesser von ungefähr 50 Zoll hat, und 50—60 Umdrehungen der Spindel bewirkt, während es selbst nur Eine macht.

Nachdem man den Drehstuhl so eingerichtet hat, fängt man damit an, den Stift in dem Grade zurückzuschieben, daß die Spitze ganz in der Hülse verborgen ist und setzt dann den vorbereiteten Stein mit Siegelack auf das Ende der messingenen Hülse.

Zu diesem Zwecke bedient man sich der kleinen Lampe *m*, Fig. 3 Tab. XXII, welche sich in einem Scharniere bewegen, und so drehen kann, daß die Flamme unter die Spindel oder die Hülse zu stehen kommt und diese hinreichend erhitzt, damit das Lack schmelzen und sich auf das Ende der Hülse, das will sagen, auf das Ende des kegelförmigen Theiles festsetzen könne.*) Hierauf erwärmt man den Stein, indem man ihn in einer eisernen Kornzange hält, drückt ihn in das Siegelack hinein und centrirt ihn so genau als möglich. Übung und Geschicklichkeit tragen viel dazu bei, daß dieses auf's erste Mal gelingt. Nun löscht man die Lampe aus, läßt das Siegelack und den Stein erkalten und setzt die Auflage an den Drehstuhl. Dann dreht man den Stein mittelst eines diamantenen Grabstichels

*) Diese Lampe muß sorgfältig ausgeführt, und der Deckel genau aufgepaßt sein, so daß er die Lampe überall luftdicht verschließt. Man verfertigt auch ein Deckelchen für das obere Ende der Röhre der Lampe, welches die Verflüchtigung des Weingeistes, dessen man sich statt des Oeles bedient, verhindert.

Außer dieser Lampe, ist es nothwendig eine andere mit Oel zu haben, die man fast immer brennen läßt, da man während der Bearbeitung des Steines beständig Feuer braucht. Ein electrisches, oder ein Platinfeuerzeug würden bei der Bearbeitung der Steine sehr bequem sein, da sie durch bloßes Deffnen des Hahnes angezündet werden.

völlig rund und auf der Vorderseite flach ab. Diese Grabstichel sind nichts anders als zerbrochene Diamantstücke von verschiedener Gestalt, in ziemlich lange messingene Stifte eingefast, wie man Fig. 7 Tab. XXI in *a, b, c, d* sieht. Man sucht solche Diamanten zu Grabsticheln zu wählen, welche ziemlich viele Ecken darbieten und deren Gestalt nach dem verschiedenen Gebrauche wozu man sie bestimmt, abwechselt: man bedarf deren spitze, kleine und große runde; einige um Löcher vorzubohren, andere um Versenkungen zu machen. Man braucht auch solche welche Flächen darbieten, sowohl am Ende, als auch auf der Seite. Mit einem solchen Grabstichel, kann der Stein rund gedreht werden; mit demselben Grabstichel dreht man ihn erhaben und bildet die Wölbung auf der Vorderseite. Nachdem dieses geschehen, bezeichnet man genau den Mittelpunkt des Steines mit einem spitzen Grabstichel, und bildet hier mit einem Grabstichel, dessen Form diesem Gebrauche entspricht, eine kleine Versenkung. Ist diese Versenkung gut ausgeführt, bezeichnet man wieder genau den Mittelpunkt auf dem Boden derselben, und indem man eine kleine stählerne Spitze hineinsetzt, sieht man leicht beim Umdrehen des Steines, ob man den Mittelpunkt genau getroffen hat. Darauf beschäftigt man sich mit dem Bohren des Loches und bedient sich dazu eines kleinen Stiftes von blau angelauftenem Stahle, weich genug um ihn passend zuseilen und bilden zu können (siehe *a, c* Fig. 9 Tab. XXI). Dieser stählerne Stift ist in einen sehr kleinen und leichten hölzernen Stiel eingesetzt, und so zuseilt, daß er seinen größten Durchmesser am Ende hat; man läßt das Ende desselben völlig flach, und seinen Durchmesser ungefähr $\frac{2}{3}$ von dem des Loches sein, welches man bohren will. Hat man dieses gehörig ausgeführt, taucht man den kleinen Stift, welchen ich

den Bohrer nennen werde, in das zerstoßene Pulver in der Schachtel Fig. 4; bringt darauf ein wenig feines Del in die Vertiefung des Steines, bringt den Bohrer in den vorhin bezeichneten Punkt, und setzt den Drehstuhl in Bewegung. Durch dieses Mittel schreitet der Bohrer in dem Steine fort, wobei man übrigens bemerken muß, ersteren während der Umdrehungen beständig ein wenig vorwärts und zurück zu bewegen, damit sich das Pulver auf der Vorderseite desselben ansetzen könne. Man bewegt den Stift oder Bohrer auch in der Vertiefung, um das Pulver nach der Mitte und in das Loch, welches man bohren will, zurückzuführen. Auf diese Weise fährt man fort, bis man glaubt den Stein halb durchbohrt zu haben und hält dann inne. Diese Arbeit nimmt gewöhnlich eine Zeit von 20 Minuten ein. Darauf reinigt man sorgfältig das Loch und die Vertiefung mit einem Pugholz oder mit Hohlundermark oder verfaultem Holze, um alles Pulver wegzuschaffen, und beschäftigt sich dann mit dem Poliren der Wölbung und der Vertiefung.

(Auf ganz ähnliche Weise kann auch das Durchbohren des Steines auf einem solchen Drehstuhl Fig. 12, Tab. XXI vorgenommen werden, wo der Bohrer, ein feiner gehärteter Stahlstift (Fig. 13) in der Spindel festsetzt, und mit einer überaus großen Geschwindigkeit umläuft, während der zu bohrende Stein auf einer Coulisse (die man in Fig. 16 mit der Auflage von der Seite sieht) bei *a* mit Siegellack befestigt ist und dem mit Diamantpulver versehenen Bohrer entgegengeführt wird. Der auf diese Weise durchbohrte Stein wird auf einen kleinen Messingstift (Fig. 15) festgelackt, um auf die beschriebene Weise vollendet zu werden, indem sich jetzt also der Stein herumbewegt. Fig. 14 stellt eine, zu diesem Drehstuhl gehörige Steinplatte vor, die zum Feinreiben des Diamantpulvers dient.)

Die Art und Weise, auf welche man am schnellsten die Wölbung polirt, besteht darin, daß man ein Stück Glas anwendet, in welches man auf der Spitze eine Höhlung bildet, die der Erhabenheit des Steines entspricht. Dieses Glas sieht man Fig. 11 Tab. XXI.*) In diese Höhlung bringt man das Polirpulver mit etwas feinem Oele an, drückt den Stein mit der Spitze des Zeigefingers gegen die Wölbung und führt das Glas mit dem Finger beständig hin und her. Nach einer gewissen Anzahl Umdrehungen sieht man nach, ob das Pulver überall gleichmäßig verbreitet ist; wenn nicht, so wählt man ein Glas, dessen Höhlung noch mehr der Erhabenheit des Steines entspricht. Nach einer ziemlich großen Anzahl Umdrehungen wird man finden, daß die Wölbung des Steines polirt ist. Hierauf beschäftigt man sich mit dem Poliren der Versenkung, welches mit den Enden runder Stähle geschieht, die zweckmäßig abgerundet sind, um vermittelst des Pulvers überall in derselben wirken zu können (siehe *a, b, c* Fig. 8, Tab. XXI). Während des Polirens, führt man das Ende des Stiftes hin und her, um die Versenkung so gleichförmig und regelmäßig als möglich zu machen. Man setzt dieses fort, bis man eine ausgezeichnete Politur erreicht hat. Darauf rundet man mit dem Ende eines stählernen, ein wenig kegelförmigen Stiftes und durch Hülfe des Pulvers die Kante ab, welche sich bei der Wölbung und der Versenkung gebildet hat. Man rundet ebenfalls die scharfe Kante des Loches mit mehr oder weniger spigen Stiften, siehe

*) Diese Gläser sind nur Glasstücke, die man in der Lampe mit dem Löthrobre bildet. Wenn das Glas weich ist, formt man die Höhlung auf der Spitze mit einem runden stählernen Stifte von passendem Durchmesser, dessen Ende nach der Höhlung des Steines abgerundet ist. Auf diese Weise verfertigt man 5-6 Gläser mit verschiedener Höhlung.

d, e Fig. 8, Tab. XXI, und mit dem Polirpulver. Man muß nie versäumen diese Kante wohl abzurunden, und folglich bedarf es verschiedener Stifte, deren einige sehr spitz, andere sehr stumpf sind.

Den auf der einen Seite fertigen Stein, reinigt man mit verfaultem Holze, nimmt ihn vom Drehstuhle ab, und setzt ihn wieder auf der andern Seite mit Siegellack fest. Man zündet auf's Neue die Lampe, setzt wieder, wenn es nöthig thut, ein wenig Siegellack auf die Hülse und schiebt den großen Stift vermittlest der dazu gefertigten Stiftden vor. Darauf erwärmt man den Stein, die Hülse und den Stift, bis das Lack geschmolzen ist und drückt den Stein in dasselbe hinein, indem man Sorge trägt ihn gut zu centriren, welches vermittlest des Stiftes, dessen Spitze in das Loch hineingeht, ziemlich leicht geschieht. Man hält den Stein gegen das Ende der Hülse während das Lack noch weich ist und versichert sich darnach von der genauen Centrirung des Steines, welches sich ziemlich leicht thun läßt, da man das Loch durch den Stein sieht. — Sollte der Stein nicht gut centrirt sein, muß man die Erwärmung auf's Neue vornehmen, und dann dem Uebel abhelfen. Nachdem dieses geschehen ist, dreht man den Stein völlig rund und flach ab, und bemerkt sorgfältig den Mittelpunkt mit einer Diamantspitze. Wenn der Stein für den Unruhloben bestimmt ist, macht man eine ziemlich große Versenkung darin, und bemerkt sich dann in der Mitte dieser Versenkung den Punkt. Hierauf bohrt man das Loch auf die oben angeführte Weise, polirt die Versenkung und rundet die Kante des Loches ab, wie es auf der anderen Seite geschehen ist. Wenn der Stein dagegen für Zapfenlöcher bestimmt ist, welche den Ansatz des Zapfens tragen, macht man mit dem Diamanten nur einen kleinen Punkt auf der Oberfläche,

welcher genau mit dem Mittelpunkte zusammenfällt, und der kleiner ist als der Durchmesser des Loches, welches man bohren will. Hierauf bohrt man das Loch, und rundet sorgfältig die Kante ab. Dann schleift man eine ziemlich große schräge Fläche von ungefähr 45° , am Rande des Steines, damit sich die Einfassung besser halten könne. Nach dieser Arbeit nimmt man den Stein vom Drehstuhle, und reinigt ihn gut mit Weingeist.

Jetzt ist noch übrig die Fläche des Steines zu poliren, und zu dem Ende legt man ihn auf das kleine Glas, welches die Schachtel Fig. 5 Tab. XXI einschließt, und auf welchem sich das Polirpulver befindet. Die flache Seite des Steines ist gegen das Glas gerichtet, und auf der anderen Seite steckt man eine kleine Spitze oder einen messingenen Stift in das Loch, vermittelst dessen man den Stein kreisförmige Bewegungen machen läßt, indem man ihn ziemlich fest gegen das Glas drückt, wodurch die flache Seite zuletzt polirt wird.

Nun ist der Stein bis zur Einfassung fertig, und diese wird auf folgende Weise ausgeführt:

Man bedient sich hierzu des, in Fig. 2 Tab. XXII gezeigten, Drehstuhles, in welchen man ein Stück weiches Messing (Fig. 9) hineinschraubt. Dieses Stück, oder dieser Messingdraht, muß eine Dicke haben, welche zum Durchmesser des Steines und dem der Einfassung paßt. Den so auf dem Drehstuhle befestigten Messingdraht, dreht man oben rund und vorne flach ab, und bohrt der Länge nach ein sehr tiefes Loch hinein, dessen Durchmesser beinahe $\frac{2}{3}$ von dem des Steines ist, den man einfassen will. Hierauf dreht man die Auflage (siehe Fig. 4 und 5 Tab. XXII) so, daß ihre beiden äußersten Enden mit dem Messingstifte einen rechten Winkel bilden,

entfernt oder nähert dieselbe, bis die Schneide *a* des Grabstichels Fig. 6 hinlänglich in das Messing eingreift, wenn man diesen an die Auflage lehnt. Indem der Theil *b* des Grabstichels ein wenig niedergefeilt ist, so kann der dadurch gebildete Anfsatz des Stieles gegen die Auflage gelehnt werden, wodurch man sicher wird, daß der Grabstichel nie weiter hervortritt, als passend ist. Die Schneide des Grabstichels, welche man in der Zeichnung zieht, ist so eingerichtet, daß dadurch ein Anfsatz im Loche gebildet wird, zur Unterstützung des Steines geeignet; das Loch wird nach und nach größer gedreht, bis der Stein frei, doch ohne Wackeln, hineingeht; hierauf vertieft man das Loch, bis das Messing genug über den Stein hervorragt, damit es sich, wenn man es mit einem kleinen, dazu geeigneten Polirstahle niederdrückt, hinlänglich ausstrecken könne, um sich gut über den schrägen Rand zu legen.*) Hierauf dreht man das Messing ein wenig vor dem Steine weg, um diesen freier zu machen, und untersucht ob er genau rund läuft. Man versichert sich hiervon am besten dadurch, daß man die Spitze eines Polzhölzchens in das Loch des Steines steckt, wo dieses, wenn man es ganz nahe am Loche gegen die Auflage lehnt, mit seinem äußersten Ende zeigt, ob das Loch rund ist. Wenn sich das Hölzchen beim Drehen des Steines gar nicht rührt, so ist dieses ein Zeichen, daß das Loch mit der Einfassung concentrisch ist; wenn sich dagegen das Hölzchen bewegt, so ist der Stein nicht centriert, und diesem muß man dann durch passende Hammers-

*) Um das Messing gut niederzudrücken, setzt man den Drehstuhl in Bewegung, nachdem man den Stein in das Loch gebracht hat und brückt ziemlich stark gegen das Messing, welches man mit dem Polirstahle zurückdrängen will. Man braucht nicht das Zerbrechen des Steines zu befürchten, da dieses beim Einfassen sehr selten geschieht.

schläge auf das Messing, dessen Ende die Einfassung bildet, abhelfen. Jetzt dreht man die Einfassung von passender Form, entweder mit Aufsatz, oder kegelförmig, oder cylinderförmig, rundet die scharfe Kante auf der Vorderseite bis an den Stein ab, und polirt diesen Theil mit etwas Tripel. — Jetzt ist noch übrig die Einfassung abzuschneiden, welches mit einem sehr dünnen Grabstichel geschieht, der vorne flach, und einem Grabstichel der Kupferstecher ziemlich ähnlich ist. Ist die Einfassung auf diese Weise abgeschnitten, drückt man die Vorderseite in Siegellack, und endigt die Arbeit damit, daß man der hinteren Seite die der Einfassung angemessene Form giebt, polirt darauf die innere schräge Fläche mit Tripel, und der Stein ist fertig.

Verfertigung der Steindecke (contrepivot).

Die Steindecke ist nichts anders, als ein auf der einen Seite flacher und auf der anderen erhabener Stein, der auf eine passende Weise in Messing oder ein anderes ähnliches Metall eingefast ist. Diese Steindecke verfertigt man auf folgende Weise: Man wählt einen Stein von passendem Durchmesser, befestigt ihn mit Siegellack auf dem Drehstuble, dreht ihn mit einem diamantenen Grabstichel völlig rund, und macht ihn auf der Vorderseite gewölbt.

Darnach polirt man sie entweder auf Glas, oder wie die Wölbung der Steine, welche für Löcher bestimmt sind. Wenn das Poliren mit Glas Schwierigkeiten darbietet, wie es bisweilen der Fall ist, weil in der Mitte keine Vertiefung ist, welche jenes erleichtert, unternimmt man es auf der Scheibe. Zu diesem Ende bildet man auf der Vorderseite der Scheibe verschiedene Rinnen, deren einige mehr oder weniger tief oder

hohl sind als die andern, füllt diese Ninnen mit gepulvertem Tripel, hält die Mündung des Steines in eine derselben, und dreht den Stein beständig zwischen den Fingern, bis man die Mündung gleichförmig und ohne Ecken erhält. Es versteht sich von selbst, daß der Stein mit Siegelack auf der Spitze eines, zu dieser Arbeit ziemlich langen, Stiftes befestigt ist. — Ist der erhabene Theil auf diese Weise gut polirt, befestigt man den Stein von Neuem mit Siegelack auf den Drehstuhl Fig. 1, Tab. XXII und dreht die Vorderseite völlig flach und eben ab, indem man Sorge trägt, einen ziemlich großen schrägen Rand für die Einfassung zurückzulassen. Hierauf nimmt man den Stein ab, und polirt ihn auf Glas mit dem Polirpulver. — Es ist beim Poliren nothwendig, auf dem erhabenen Theile des Steines einen kleinen messingenen Ring mit Siegelack befestigt zu haben, in dessen Mittelpunkt man die messingene Spitze stecken kann, mittelst welcher man den Stein auf dem Glase in Bewegung setzt. Der so polirte Stein ist zur Einfassung fertig, bei welcher man der oben angeführten Weise folgt, indem man dafür sorgt, ihr den passenden Durchmesser und die rechte Höhe zu geben.

Verfertigung einer diamantenen Steindecke.

Zur diamantenen Steindecke für den Unruhklöben, wählt man die schönsten Rosetten, die man sich zu verschaffen im Stande ist, dreht darnach eine stählerne Platte von etwas größerer Dicke, als man der Steindecke geben will, und macht sie von einem Durchmesser, der für den Unruhklöben, auf welchen man diese Steindecke anbringen will, passend ist. In diese Platte bohrt man ein Loch, dessen Durchmesser ungefähr $\frac{2}{3}$ von dem der Rosette ist, und macht es kegels oder trichterförmig, ver-

mittelft eines sehr spigen Versenkers. Hierauf steckt man den Stein hinein, bis sich die flache Seite desselben ein wenig vertieft im Loche befindet, und drückt ihn etwas nieder, damit die Ecken der Rosette gleich ein wenig fassen können. Nachdem man dieses beobachtet hat, drückt man ein wenig Stahl mit einer ziemlich spigen Punze gegen den Stein, bis dieser im Loche festgehalten wird. Nun löthet man den Stein mit Silber-Schlagloth fest, und feilt dann den Stahl von der flachen Seite des Steines ab, bis dieser mit dem Stahle eine Fläche ausmacht. Darnach befestigt man die neulich gefeilte Seite der Einfassung der diamantenen Steindecke mit Siegelack auf den Drehstuhl, setzt sie so rund auf als möglich, und giebt ihr die gewünschte Form.

Verfertigung einer Palette, wie zur Hebefläche in der Doppelrad-Hemmung oder wie zur Hebefläche, Ruhe und Auslösung in mehreren freien Hemmungen.

Um eine Palette oder Hebefläche, wie zur Doppelrad- oder zur Chronometer-Hemmung zu verfertigen, wählt man einen Rubin oder Saphir mit einer schön polirten Fläche, welche man bei dem reibenden Theile der Hebefläche oder auf der Vorderseite anzubringen sucht, und mit der man den Stein mit Siegelack auf einen Messingstreifen befestigt, der 5—6 Zoll lang und 3 Lin. breit ist, wie Fig. 4 Tab. XXIII zeigt. Nun hält man den Stein gegen die kupferne Scheibe, schleift ihn mit Diamantpulver, bis er die gehörige Dicke hat, und giebt wohl Acht, den Messingstreifen mit der Scheibe gleichlaufend zu halten, damit der Stein überall gleich dick werden könne. Wenn der Stein nun die gehörige Dicke hat, so schleift man die Kanten, zu wel-

hem Zwecke man das Lack erwärmt, und den Stein gegen den Rand des Messingstreifens drückt, indem man so viel hervorstagen läßt, als man wegschleifen will. Jetzt hält man ihn gegen die Scheibe, und schleift ihn bis zum Messing ab, worauf man nach und nach die drei übrigen Seiten des Steines eben so behandelt, um ihm auf diese Weise eine rechteckige Form zu geben. Darauf rundet man die hintere Seite des Steines ab, bis dieser die Form eines in der Mitte durchschnittenen Zahnes hat, sorgt beständig dafür, den Messingstreifen während dieser Arbeit, mit der Scheibe gleichlaufend zu halten, und wischt den Stein mehrere Male ab, um zu sehen, ob er auch die verlangte Form erhalte. Nachdem der Palette die zweckmäßige Form gegeben ist, nimmt man sie vom Siegelack ab, bringt sie in Weingeist, um sie vollständig zu reinigen und schreitet dann zum Poliren. Da dieser Stein in einer stählernen Einfassung angebracht wird, so sieht man nur die Vorderseite, den abgerundeten Theil, und die beiden Kanten, und folglich würde es unnützig und eher schädlich sein, die anderen Theile zu poliren, da sich die Schellacksauflösung, mit welcher der Stein in der Einfassung befestigt wird, nicht so gut auf der Politur halten würde, als auf den rauhen geschliffenen Theilen. — Zum Poliren der Kanten, die Vorderseite ist ja schon fertig, setzt man den Stein mit Siegelack auf einen hierzu eingerichteten, stählernen Stift, den man, nebst dem Stein in Fig. 6 Tab. XXIII sieht, wo *c b* den Stift, und *a* die Palette zeigt. Gewöhnlich macht man diese stählernen Stifte aus Triebstahl, dessen Ninnen das Festhalten und Munddrehen erleichtern. Das Stück *b* ist mit einer Kerbe versehen (siehe Fig. 7, *b*) um die Palette *a* von gleicher Form zu halten, welche man also mit Siegelack in die Kerbe des Stiftes befestigt. Um diese Art Paletten zu poliren, braucht man Scheibe

und Tripel, und lehnt die Spitze des Stiffes an das Ende einer der drei Stifte Fig. 1, die man vor- und rückwärts bewegen kann, bis man sieht, daß die Seite der Palette, welche man poliren will, ihre ganze Länge der Scheibe darbietet. Darnach bestreut man die Scheibe mit Tripel, und befeuchtet sie mit Wasser, setzt das Rad mit dem Fuße in Bewegung, und hält den Stein, welcher auf diese Weise polirt wird, gegen die Scheibe. Man darf nicht versäumen, die Scheibe häufig mit stark befeuchtem Tripel zu versehen, und diesen nie trocken werden zu lassen. Beim Poliren geht zugleich die scharfe Kante des Steines weg, und man braucht diese deshalb nicht nachher abzurunden. Ist die eine Seite auf diese Weise polirt, kehrt man den Stein um, und polirt die andere. Man nimmt den Stein hierauf ab und befestigt ihn wieder so mit Siegelack, daß sich der abgerundete Theil desselben der Scheibe darbieten kann, und polirt ihn auf dieselbe Weise. Man muß gut für die Abrundung der scharfen Kante der Palette, auf der Vorderseite des wirkenden Theiles sorgen, damit sie nicht die Zahnsitzen des Hemmungsrades abnutzen könne. Uebung und Geschicklichkeit befördert sehr das Gelingen dieser Arbeit, welche Aufmerksamkeit und Geduld erfordert.

Verfertigung eines Cylinders aus Rubin oder Saphir.

Bei der Verfertigung eines steinernen Cylinderringes, fängt man damit an, den Stein im Groben zuzubilden und ihn cylinderförmig zu machen, indem man ihn mit Siegelack auf einen Messingstreifen setzt und ihn dann mit groben Diamantpulver auf der Scheibe schleift. Zuerst bildet man eine Fläche an dem einen, und darauf an dem andern Ende, indem man

zwischen diesen beiden eine Entfernung gleich der ganzen Höhe des Cylinders sein läßt, oder auch Sicherheits halber ein wenig mehr; denn sollte der Stein verlegt werden, kann man ihn dann noch abdrehen, ohne ihn zu kurz zu machen. Hierauf erwärmt man den Messingstreifen auf's Neue, um den Stein mit Siegelack von der Seite zu befestigen, d. h. so, daß der äußere Theil, welcher den Cylinder bildet, der Scheibe dargeboten werden kann. Darnach rundet man diesen Theil, und verändert 4—5 Mal die Lage des Steines, indem man den Messingstreifen immer gehörig erwärmt um das Lack zu schmelzen, so daß man nach und nach die verschiedenen Seiten des Steines der Scheibe darbieten kann, und bearbeitet den Stein so lange, bis er ungefähr einen Cylinder bildet, mit doppelt so großem Durchmesser, als man dem fertigen Cylinder geben will, um stark genug zu sein, das Bohren aushalten zu können. — Nachdem der Cylinder auf diese Weise aus dem Groben gearbeitet ist, schreitet man zum Bohren, und bildet ein Loch in demselben, dessen Durchmesser ein wenig größer sein muß als die Länge eines Hemmungsradszahnes. Zu diesem Zwecke bedient man sich des Drehstuhles Fig. 2 Tab. XXII. In diesem Drehstuhl ist ein messingenes, cylinderförmiges Futter eingepaßt (s. Fig. 12), dessen schraubenförmiges Ende in die Spindel des Drehstuhles hineingeht, und sich an diese, vermittelt eines breiten Aufsatzes fest anschließt, so daß das Futter beim Wiedereinsetzen immer gut rundläuft. Am Ende dieses Futters, dessen Durchmesser reichlich 2 Linien sein kann, dreht man eine Vertiefung, wie in Fig. 12 *cc* gezeigt ist; das Futter ist seiner ganzen Länge nach durchbohrt, wie man bei *b* in derselben Figur sieht. Den zu durchbohrenden Stein oder Cylinder befestigt man mit Siegelack in einer Hülse *dd*, welche

ungefähr eben so lang, dessen Loch aber ein wenig größer ist, als der vorgearbeitete Stein, um ein wenig Platz für das Lack zu behalten; diese Hülse paßt in die Vertiefung *c c*, Fig. 12, und wird durch den Reibungswiderstand darin gehalten. An den beiden äußersten Enden derselben sind 2 Kerben angebracht, wie man in der Zeichnung sieht, um mit den Nägeln darin fassen zu können, wenn man die Hülse heraus nimmt. Nachdem dieses so eingerichtet ist, unternimmt man das Bohren des Cylinders, mit einem diamantenen Grabstichel von der passendsten Form, und dessen Durchmesser kleiner sein muß als der, den das Innere des Cylinders haben soll. Man lehnt den Grabstichel während der Arbeit an die Auflage und sucht immer genau dem Mittelpunkte des Steines beim Bohren zu folgen. Hat man hier so weit als möglich gebohrt, nimmt man die messingene Hülse heraus, setzt die andere Seite wieder in das Messingfutter, und bohrt den Cylinder auf's Neue von dieser Seite. Bisweilen gelingt es, den Cylinder auf diese Weise ganz zu durchbohren, sollte es aber große Schwierigkeiten haben, bohrt man das Loch vermittelst des Pulvers mit einem passenden Stifte. Darauf vergrößert man das Loch, und giebt ihm die rechte cylindrische Form vermittelst eines andern, dickeren Stiftes. Dieses setzt man fort, bis der Durchmesser des Loches genau der Länge eines Nadzahnens entspricht, worauf das Poliren es hinlänglich für den Spielraum vergrößert, den der Nadzahn in demselben haben muß. Man polirt das Innere mit einem weichen Stahle und dem Polirpulver. Sowohl beim Schleifen als beim Bohren muß man mit der größten Sorgfalt das Zersplittern der Kanten zu verhüten suchen, welches dem Poliren hinderlich sein würde, so wie es auch den Cylinder zu kurz machen könnte, wenn man die beschädigten Kanten wieder abdrehen müßte. —

Wenn dieses geschehen, nimmt man den Cylinder vom Lacke ab, schraubt das Futter selbst aus dem Drehstuhle und setzt einen Stift aus weichem Messing (wie Fig. 9 Tab. XXII) an die Stelle. Diesen Messingstift dreht man ab, indem man ihm die Gestalt eines Cylinders giebt, von 3—4 Lin. Länge, und einem ziemlich kleinen Durchmesser, um den Steincylinder mit Siegelack auf das Ende dieses Stiftes, oder dieser Spindel setzen zu können. Darnach dreht man den Obertheil des Cylinders mit einem diamantenen Grabstichel so ab, daß er nach der völligen Abdrehung genau zwischen zwei Zähne des Hemmungsrades paßt; man muß ihm auch genau die Gestalt eines Cylinders geben, worauf man die beiden Enden völlig rund, und auf der Vorderseite flach abdreht, und zwischen ihnen die zweckmäßige Entfernung sein läßt. Nach dieser Arbeit nimmt man die Spindel mit dem Cylinder aus dem Drehstuhle weg, so wie auch die Rolle welche sich nur durch Reibungswiderstand auf der Spindel hält, und polirt jetzt den äußeren Cylinder auf der Scheibe Fig. 2 Tab. XXIII. Man lehnt die Spindel an einen der drei Stifte Fig. 1 und hält den Cylinder gegen die Scheibe, welche man mit Tripel und Wasser tränkt, und sie mit dem Fuße mittelst eines Rades in Bewegung setzt. Während sich nun die Scheibe herumbewegt, dreht man den Cylinder auch beständig zwischen den Fingern in derselben Richtung, um alle Theile desselben gleichförmig, nach und nach der Scheibe darzubieten, damit sich keine Kanten mehr am Cylinder zeigen, sondern er im Gegentheil eine schöne, regelmäßige und polirte Ründung bildet. Man richtet den Cylinder vor dem Poliren gut gleichlaufend mit der Scheibe, welches durch zweckmäßiges Vorschieben der Stifte in Fig. 1 geschieht; nach einigen Umdrehungen des Drehstuhles, sieht man nach, ob der Cy-

linder die Politur in seiner ganzen Länge gut annimmt; wenn nicht, muß man dem Uebel abhelfen, und dann das Poliren der Oberfläche des Cylinders vollenden, indem man sehr häufig Wasser und Tripel auf die Scheibe bringt, und diese nie trocken werden läßt. — Den so inwendig und auswendig gut polirten Cylinder, nimmt man vom Lacke ab und setzt ihn jetzt auf's Neue auf einen Stift, wie ihn Fig. 6 Tab. XXIII zeigt, dessen Ende hohl ist, so daß man den Cylinder im Innern der Höhlung anbringen kann, und daß, nachdem man ihn mit Sieggelack befestigt hat, ungefähr $\frac{2}{3}$ desselben hervorragen. Hierauf schneidet man den Cylinder auf, welches durch bloßes Halten an die Scheibe geschieht, und bis zu einem passenden Grade fortgesetzt wird, indem man das Ende des Stiftes immer fest an eine der in Fig. 1 gezeigten Spitzen und mit der Scheibe gleichlaufend hält, damit die Lippen oder Ränder des Cylinders gerade werden. Wenn man ungefähr 150° vom Cylinder weggeschnitten hat, hört man mit dem Schleifen auf, indem man fürs Poliren 10° zu viel übrig läßt, denn der fertige Cylinder soll 200° halten. Nachdem dieses geschehen, rundet man die Lippen des Cylinders gehörig ab, indem man diesen auch ihre Form auf der Scheibe giebt. Man hält die Lippen an den Rand der Scheibe, und läßt den Stift zwischen den Fingern kreisförmige Bewegungen machen. Um die eine Lippe zu bilden, lehnt man den Stift an die Docke Fig. 1, zur Bildung der andern bedient man sich der Docke Fig. 3. Sind die Lippen auf diese Weise gebildet, tauscht man die Scheibe um, und nimmt wieder die mit Tripel, mit welcher man die Lippen polirt, indem man sie auf dieselbe Weise als beim Schleifen gebraucht. Man setzt das Poliren so lange fort, bis die Lippen eine gute Politur erhalten haben, indem man immer

viel Tripel auf die Scheibe bringt. Den jetzt fertigen Cylinder reinigt man zuletzt mit Weingeist.

Verfertigung einer Steinrolle, wie zur ruhenden Doppelrad-Hemmung.

Um eine Steinrolle, wie zur ruhenden Doppelrad-Hemmung zu verfertigen, wählt man einen ziemlich dicken Rubin, um der Rolle den passenden Durchmesser und die hinreichende Dicke geben zu können. Darnach bearbeitet man diesen Stein auf der Scheibe aus dem Groben, gerade so wie bei den Cylindern, indem man seinen Durchmesser ungefähr $\frac{1}{4}$ größer sein läßt, als den welchen die Rolle haben muß, und ihn doppelt so lang macht als diese. Hierauf gebraucht man den Drehstuhl Fig. 2 Tab. XXII, in welchen man einen Stift einsetzt, den man mit einem Loche versieht, worin der vorbereitete Stein frei hineingeht, den man dann mit Siegelack in demselben befestigt, so daß ungefähr $\frac{2}{3}$ seiner Länge hervorragt. Nun dreht man den Stein mit einem diamantenen Grabstichel rund, und auf der Vorderseite flach ab, indem man genau den Mittelpunkt des Steines bezeichnet, und hier eine sehr kleine, zugleich aber möglichst tiefe Versenkung macht; denn je tiefer die Versenkung, desto leichter ist das Bohren des Loches. Ist diese Arbeit ausgeführt, bohrt man ein sehr feines Loch, von ungefähr $\frac{1}{2}$ bis $\frac{5}{8}$ Lin., in die Rolle, mit einem passenden Stifte vermittelt des Schleispulvers. Dieses Loch muß sich ungefähr auf $\frac{2}{3}$ der ganzen Länge der fertigen Rolle erstrecken, und das Bohren desselben, erfordert eine Stunde. Man bewegt den Bohrer beständig hin und zurück, damit sich das Pulver fortwährend auf die Spitze desselben setzen könne, welches sehr die Arbeit befördert. Ist das Loch

auf diese Weise tief genug gebohrt, schneidet man die Nolle von passender Länge mit einem diamantenen Grabstichel ab. Dann nimmt man den hier benutzten Stift aus dem Drehstuhle, und setzt anstatt dessen das Futter *a*, Fig. 12, hinein, in welches man einen Ring wie *dd* eindrückt, in dessen Mitte man die Nolle, welche man bearbeitet, befestigt. Man dreht die Nolle auf dem ungebohrten Ende ab, bezeichnet genau den Mittelpunkt, und vollendet das Durchbohren der Nolle. Das ganz durchbohrte Loch vergrößert man gehörig mit dem Pulver, und Stiften von wachsender Dicke, indem man Acht giebt, daß sich der Stift nicht im Loche klemmt, welches das Zerspringen der Nolle verursachen könnte. Beim Vergrößern des Loches macht man fortwährend eine Bewegung hin und zurück in demselben, und zerdrückt das Pulver gut gegen die Seitenwände des Loches, wodurch die Arbeit ziemlich gefördert wird. Ist die Nolle auf diese Weise durchbohrt, und das Loch von passender Größe, nimmt man die Nolle aus der Hülse heraus, und reinigt sie mit Weingeist.

Jetzt schraubt man das Futter, in welchem man den Stein gehalten hat, aus dem Drehstuhle, und setzt wieder einen stählernen Stift hinein, den man fest in jenen einschraubt. Diesen Stift, der beinahe 7 Linien lang ist, dreht man rund ab, und macht ihn, vom Ende gerechnet, in einer Länge von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Lin. cylinderförmig, ein wenig kleiner als die Nolle. Hierauf dreht man auf seinem Ende einen Zapfen, der frei in das Loch der Nolle hineingeht, welche man dann mit Siegelack auf den Zapfen befestigt. Darnach dreht man die Nolle völlig rund und cylinderförmig ab, indem man Sorge trägt, die Oberfläche so eben als möglich zu machen. Man versucht auch auf der Vorderseite der Nolle, ob diese, wie es erforderlich ist,

vollkommen rund läuft. Nun schreitet man zum Poliren des Außereren der Rolle, welches auf dieselbe Weise als das der Cylinder, d. h., auf der Scheibe mit Tripel ausgeführt wird, und rundet dann die Kante der beiden Enden dieser Rolle ab, indem man den kreisförmigen Rand beständig unter einer Neigung von 45° gegen die Scheibe hält, und die Spindel des Drehstuhles zwischen den Fingern herumdreht.

Jetzt ist die Rolle so weit fertig, daß man sie mit der Kerbe versehen kann, welches auf folgende Weise geschieht: Man bedient sich zu diesem Zwecke einer Art Drehstuhl, wie Fig. 8 und 9, Tab. XXIII zeigt, wo eine stählerne Fraise, auf der Rolle einer Spindel befestigt, herumläuft (siehe Fig. 8 *b, t, r*). *a, a* Fig. 8 und 9, ist das Gestell des Drehstuhles, in welches die Achse *s* vermittelst zweier Zapfen eingesetzt ist. Auf diese Achse ist das Stück *mm* aufgeschoben, welches hin und her bewegt werden kann, und durch die Schraube *o*, Fig. 8, festgehalten wird. Dieses Stück oder diese Docke *mm*, trägt das stählerne, viereckige Stück *nn*, welches in ein viereckiges Loch eingepaßt ist, und durch die Schraube *u*, Fig. 9, nach Belieben festgehalten werden kann. Die Rolle *e* ist der Achse *s* eingepaßt; die Rolle *e* bewegt sich um den Stift des Drehstuhles. Ueber die Rolle *e* legt man eine über *e* gehende Schnur, an deren Ende man ein Gewicht *d* hängt, durch welches Mittel man das Stück *nn* nöthigt, leicht gegen die Fraise *b* zu drücken. — Wenn man jetzt die Rolle einkerben will, steckt man zuerst ein messingenes Stiftchen in dieselbe, das frei hineingeht, und mit Siegelack befestigt wird, worauf man die Rolle selbst mit Lack auf das Ende des Stückes *nn* fest setzt, wie man in *v* Fig. 8 sieht. Nun rückt man das Stück *m* hin und her, bis die Fraise mitten vor der Rolle steht. Dann bringt man das

Diamantpulver auf die Fraise, und setzt das Rad mit dem Fuße in Bewegung; auf diese Weise wird die Rolle durchschnitten, während das messingene Stifftchen die Fraise verhindert, das Innere zu beschädigen. Die so vorsichtig durchschnitene Rolle nimmt man vom Siegellack ab, und ründet, sie in der Hand haltend, sorgfältig die beiden Kanten mit einer kleinen eisernen Feile vermittelt des Pulvers, zu welchem Ende man die Rolle von Neuem mit Siegellack auf das Ende eines Stiftes (s. Fig. 6 Tab. XXIII) befestigt, der ziemlich lang ist, um ihn gegen eine der Spitzen Fig. 1 anlehnen zu können. Die Kerbe wird mit Tripel auf der Scheibe polirt, deren Rand eine zweckmäßige Form haben muß, wie die Fraisen zum Wälzen der Getriebe. Man bewegt die Rolle ein wenig von der Rechten zur Linken, und von der Linken zur Rechten, indem man sie nach einander auf beiden Seiten anlegt, und ziemlich oft den besuchten Tripel erneuert, wodurch man im Stande ist, der Kerbe, so wie auch den Kanten eine sehr schöne Politur zu geben, worauf die Rolle bis zur Reinigung in Weingeist fertig ist.

Ein nicht völlig durchbohrtes (versenktes) Loch zu machen.

Um ein nicht völlig durchbohrtes Steinloch zu machen, d. h. einen Stein so tief zu bohren, daß sich ein Zapfen in demselben bewegen, und mit seinem Ende auf dem Boden des Loches ruhen kann, wird man auf folgende Weise verfahren:

Zuerst bearbeitet man den Stein aus dem Groben, wie vorher gezeigt, indem man Sorge trägt ihn ziemlich dick, und von ziemlich großem Durchmesser zu lassen. Dann befestigt man ihn mit Siegellack auf dem Drehstuhle zum Bohren, indem man

hinreichend Lack auf den Stift setzt, welchen man mit der Weingeistlampe erwärmt, und den Stein mit der Kornzange in dem Lacke anbringt. Während dieses letztere noch ziemlich weich ist, centrirt man den Stein, indem man ein Pughölzchen, oder auch nur die Kornzange gegen seine Kante hält. Jetzt läßt man den Stein und das Siegelack erkalten, macht mit dem diamantenen Grabstichel eine sehr kleine und wenig tiefe Versenkung in der Mitte des Steines, steckt die Spitze eines Stiftes in die Versenkung, und drückt mit diesem Stifte senkrecht gegen die Achse des Drehstuhles, während man das Siegelack wieder durch die am Drehstuhle angebrachte, bewegliche Lampe erwärmt, um den Stein besser zu befestigen, damit er sich während des Drehens halten könne. Hierauf dreht man den Stein völlig cylinderförmig und versieht ihn auf der Vorderseite mit einer Wölbung, die man in der Mitte ein wenig flach macht, ungefähr $\frac{1}{3}$ von dem Durchmesser des Steines, oder wenn man will, ein wenig mehr. Man polirt die Wölbung mit dem Porzellanpulver, so wie es oben bei dem concaven Glase und dem Porzellanpulver gezeigt ist. — Darnach nimmt man den Stein ab, setzt ihn wie früher von Neuem mit Siegelack auf, und dreht dann die Vorderseite desselben völlig flach ab, indem man in der Mitte eine kleine Versenkung bildet, auf deren Boden man mit einem sehr spitzen diamantenen Grabstichel einen kleinen Punkt bezeichnet, der genau mit dem Mittelpunkte zusammenfällt, und schreitet dann zum Bohren des Loches. Zu diesem Zwecke macht man einen Bohrer, von der Gestalt wie die Breguet'schen Zapfen; mit diesem Stifte, der kleiner ist als der Durchmesser des zu bohrenden Loches, bohrt man letzteres vermittelst des Pulvers. Wenn man es für tief genug hält, vergrößert man es mit einem ähnlichen Bohrer, dessen völlig fla-

ches Ende genau in das Loch paßt. Da das Ende des Bohrers dicker ist als der übrige Theil, der sich im Loche befindet, so wird dieses auch, wie es erforderlich ist, am Boden größer. Man zieht den Bohrer mehrere Male heraus, um zu sehen ob er auf dem Ende flach bleibe, damit auch der Boden des Loches flach werden könne. Nachdem man gesehen, ob das Loch gut geformt sei, und sich versichert, daß es den gewünschten Durchmesser habe, schreitet man zum Poliren.

Das Poliren wird anfangs mit einem solchen Bohrer unternommen, wie man ihn zuletzt beim Bohren gebrauchte, völlig flach am Ende und von derselben Form wie die Breguet'schen Zapfen; man bedient sich zugleich des Polirpulvers, welches man während der Arbeit mit etwas Del benetzt. Man fühlt es sehr leicht, ob das Loch polirt ist, so wie man dieses auch am Pulver sieht, welches gegen das Ende des Polirens sehr wenig schwarz wird. Ist das Loch auf diese Weise polirt, schreitet man zum Poliren der Versenkung, welches mittelst des Polirpulvers mit einem weichen stählernen Stifte geschieht, dessen Ende, der Form der Versenkung angemessen, abgerundet ist; man bewegt den Stift fortwährend in der Versenkung, um diese gleichförmig und regelmäßig zu machen. Darnach rundet man die Kante ab, welche von dem Loche mit der Versenkung gebildet wird, wobei man sich mehr oder weniger spitzen Stifte und des Polirpulvers bedient. Jetzt macht man zur Einfassung eine gute schräge Fläche, von ungefähr 45° , am Rande des Steines, so wie oben angeführt ist, und reinigt dann den Stein in Weingeist, um die beiden Flächen poliren zu können, zuerst die kleinere auf der erhabenen Seite, dann die größere auf der Seite, wo sich das Loch befindet. — Die kleine Fläche polirt man auf Spiegelglas, indem man den Stein mit einer messin-

genen Spitze führt, die man in's Loch steckt; die andere polirt man ebenfalls auf Glas, anstatt den Stein aber mit einer Spitze zu führen, bewegt man ihn mit einem, auf dem Ende durchbohrten Stifte, dessen Loch man auf die Wölbung des Steines legt. — Die Art und Weise, wie man den Stein auf Spiegelglas polirt, und ihn darauf einsaßt, ist schon oben gezeigt.

Anmerkung. Ehe man den eingefassten Stein vom Stifte abschneidet, geht man noch das Innere des Loches mit einem stählernen, gut cylinderrförmigen und auf dem Ende flachen Stifte nach, indem man diesen Stift hin und her bewegt, um die Seitenwände des Loches mit seinem Diamantpulver abzurunden. Hierauf ründet man noch die, von der Vertiefung und der Fläche des Steines gebildete, Kante, und kann jetzt die Einfassung von passender Länge abschneiden.

Boh-
stinet,
größer.
hen es
Loches
sch gut
Durch-
rer un-
völlig
erhöhen
welches
führt
auch
s sehr
polirt,
mittelt
geschicht,
gerundet
ang, um
h rundet
erfenkung
er Stifte
rindigung
lande die
den Stein
er, durch
e auf der
sche polirt
er möglich

Literatur der Uhrmacherkunst.

Die Schriften folgen in chronologischer Ordnung und nach den verschiedenen Sprachen, in welchen sie geschrieben sind.

Die mit * bezeichneten besitzt der Herausgeber selbst, und diese hat er daher bei der Abfassung dieses Verzeichnisses zur Hand gehabt.

Schriften, in deutscher Sprache herausgegeben.

Derham (W.) Der kunstreiche Uhrmacher, oder kurze und leichte Anweisung, wie die meisten Bewegungen in denen Uhren, sowohl bei den Geh-, als Schlagwerken von einem jeden Liebhaber dieser Kunst, nach der Berechnung kunstmäßig mögen ausgefunden werden. Aus dem Englischen übersetzt. 8. Nürnberg 1708.

***Leutmann (Johann Georg)** Vollständiger Nachricht von den Uhren, nebst einer Beschreibung eines besonderen Instrumentes allerhand Arten der Sonnen-Uhren leicht zu beschreiben. 8. Halle im Magdeburgischen 1718.

***Leutmann (Johann Georg)** Vollständiger Nachricht von Uhren, erste Continuation oder zweiter Theil, in welcher die Probir-, auch Repetir-Uhren und Viatoria mit den vornehmsten Instrumenten, so zu ihrer accuraten Ausarbeitung und Stellung gehören, beschrieben und in vielen Kupfern vorgestellt sind. 8. Halle 1722.

Marperger (S.) Horologiographia oder Beschreibung der Eintheilung und Abmessung der Zeit. 8. Dresden und Leipzig 1723.

Manley (Wilhelm) Neu vermehrter Unterricht von Sackuhren. 12. Frankfurt 1728.
Zweite Ausgabe, Wien (1751.)

***Alexander (Jacob)** Ausführliche Abhandlung von den Uhren überhaupt. Aus dem Französischen in das Deutsche übersetzt und mit Anmerkungen erläutert und vermehrt von Dr. Chr. Berger. 8. Lemgo 1738 (1763.)

Sully (Heinrich) Unterricht von der Eintheilung der Zeit und von der Einrichtung großer und kleiner Uhren. Mit nöthigen Figuren und Tafeln von Antoine Charles, übersetzt aus Règle artificielle du temps. 8. Lemgo 1746 (1754.)

Zartmann (Johan Georg) Unterricht von der Verbesserung der Sackuhren. 8. Jena 1752.

***Molitor (Joh. Chr.)** Anweisung, wie Geh-, Schlag-, Repetir- und Sack-Uhren richtig berechnet, probirt und tractirt werden. 8. Frankfurt am Mayn 1753 (1762.)

***Zartmann (Johan Georg)** Nöthiger Unterricht von Verbesserung aller Uhren, durch die Höhe des Aufzuges, waagerechten Stand und Berechnung. 8. Halle 1756.

***Zartmann (Johan Georg)** Nöthiger Unterricht von Verbesserung der Sack-Uhren durch den waagerechten Stand, Berechnung, Ausarbeitung, Beurtheilung, Gebrauch, Stellung, Kennzeichen und Probirung derselben. Mit nöthigen Figuren, wie auch einer Erklärung der üblichen Kunst-Wörter und Register versehen, nebst einer Vorrede Hrn. D. Georg Ehrhard Hambergers. 8. Halle 1756.

Eine zweite Ausgabe der von 1752.

- le Roy (Julien)** Anweisung die einfachen sowohl als Repetir-Uhren wohl einzurichten und zu gebrauchen, übersezt. 8. Dresden 1759.
- le Roy (Julien)** Historie der Uhrmacherkunst von 1715 bis 1729. 1759.
- *Manley (Wilhelm)** Nützlicher Unterricht von Saekuhren, aus dem Englischen übersezt. 8. Nürnberg 1761.
- Salle (J. S.)** Werkstätte der heutigen Künste. 4. Brandenburg 1762.
Der zweite Theil, 7te Abhandlung, dieses Werkes enthält die Uhrmacherkunst.
- *(Anonym)** Der neue englische Uhrmacher, oder vollständige Anweisung alle Geh-, Schlag-, und Repetir-Uhren richtig zu berechnen und gehörig zusammenzusetzen, nebst der Beschreibung einer Universal-Sonnenuhr. 8. Frankfurt und Leipzig 1768 (1781).
- David (J.)** Beschreibung einer astronomischen Uhr. 4. Wien 1771.
- Sprengel (P. N.)** Handwerke und Künste in Tabellen, fortgesetzt von D. L. Hartwig. 8. Berlin 1771.
Siebente Sammlung: Die Beschäftigung des Großuhrmachers.
Achte Sammlung: Die Beschäftigung des Kleinuhrmachers.
- *Vogel (Chr. Fr.)** Praktischer Unterricht von Taschenuhren. 8. Leipzig 1774.
- *Müller (J.)** Vom Gebrauch der Taschenuhren zu geometrischen Messungen. Berlin und Leipzig 1777.
- *Kästner (A. G.)** Ueber die Aenderung des Ganges der Pendeluhren im Sommer und Winter. 4. Göttingen 1778.

***Sorftmann** (Chr. Wilh.) Ausführlicher Unterricht von zeigenden und schlagenden Taschenuhren zur Kenntniß und Ausbesserung aller vorkommenden Arten derselben. 8. Halle 1779.

Bauer (Wh.) Abhandlung von Taschenuhren. 8. Buchholz 1786.

***Pickel** (Ignatius) Abhandlung von einem Secundenpendikel einer astronomischen Uhr, dessen Länge von der Wärme oder Kälte keine Veränderung leidet. 4. Erfurt 1787.

***Berthoud** (Ferd.) Versuche, Vortheile, Grundsätze und Regeln zur Erreichung der möglichsten Vollkommenheit der Taschenuhren, nebst einer praktischen Anleitung zur Verfertigung von neuen Taschenuhren nach der besten Einrichtung; ein freier Auszug aus Berthoud von Chr. F. Vogel. 8. Meissen 1790.

***Berthoud** (Ferd.) Anweisung zur Kenntniß, Gebrauch und guten Haltung der Wand- und Taschenuhren; aus dem Französischen. 8. Meissen 1791 (1818.)

***Strnadt** (Ant.) Beschreibung der berühmten Uhr- und Kunstwerke am Altstädter Rathhause und auf der königlichen Sternwarte zu Prag. 4. Prag und Dresden 1791.

(**Ein Freund der Künsten.**) Selbstlehrender Uhrmacher oder Anweisung alle Schlag-, Geh-, Repetir- und Sonnen-Uhren richtig zu berechnen und zu verfertigen. 8. Mit Kupfern. Frankfurt 1786.

* — (1791.)

***David** (Fr.) Neues Rädergebäude mit Verbesserungen und Zusätze. 4. Wien und Leipzig 1793.

***David** (Fr.) Praktische Anleitung für Künstler, alle astronomische Perioden durch brauchbare bisher noch nie gesehene ganz

neue Räderwerke mit Leichtigkeit vom Himmel unabweichlich genau auszuführen, sammt Erweiterung der Theorie des neuen Rädergebäudes. 4. Wien und Leipzig 1793.

*Geißler (J. G.) Der Uhrmacher oder Lehrbegriff der Uhrmacherkunst aus den besten englischen, französischen und andern Schriften darüber zusammengetragen, nebst eigenen Bemerkungen und Mittheilungen deutscher Künstler. 4. 10 Theile. Leipzig 1793-1799.

7—9 Theil auch unter dem Titel:

Der Uhrmacher oder Lehrbegriff der höheren Uhrmacherkunst. 3 Theile.

10 Theil: Gemeinnützliche Beiträge zur ausübenden Uhrmacherkunst oder Nachträge zum Lehrbegriffe.

S. A. S. (Schmidt, Friederich August) Belehrungen für diejenigen welche Taschenuhren tragen. In Absicht ihrer Beschaffenheit, Beurtheilung, Kaufens, Ausbesserung und Verhaltung. Nebst einem Anhang über Wand- und Tisch-Uhren. (Nicht für Künstler und Uhrmacher sondern fürs Publicum). 8. Liegnitz und Leipzig 1795.

*— (1801.)

Schmidt (J. F.) Vom Gehen der Uhren. 8. Brandenburg 1796.

Steyrer (F.) Geschichte der Schwarzwälder Uhrmacherkunst, mit einem Anhang vom Uhrenhandel derselben, ein Beitrag zur Geschichte des Schwarzwaldes. 8. Freiburg 1796.

*Schmidt (F. A.) Beitrag zur Zeitmekkunst für Freunde und Liebhaber von Uhrwerken aller Arten. 8. Liegnitz und Leipzig 1797.

*Poppe (J. H. W.) Versuch einer Geschichte der theoretisch-praktischen Uhrmacherkunst. 8. Göttingen 1797.

*Poppe (J. S. M.) Theoretisch-praktisches Wörterbuch der Uhrmacherkunst, oder Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter, welche bei der Verfertigung, Reparatur und dem Gebrauche aller Arten von Uhrwerken, nebst den dazu gehörigen Werkzeugen und andern Einrichtungen vorkommen, 2 Theile. 8. Leipzig 1799.

*(Stein.) Der belehrende Uhrmacher oder kurze Belehrung für die welche Taschens-, Wand-, Tisch- und Schlaguhren besitzen. 8. Leipzig 1800.

*Poppe (J. S. M.) Ausführliche Geschichte der theoretisch-praktischen Uhrmacherkunst seit der ältesten Art den Tag einzutheilen, bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts. 8. Leipzig 1801.

Cumming (Aler.) Elemente der praktischen Groß- und Klein-Uhrmacherkunst. Aus dem Englischen mit einigen Anmerkungen übersetzt von J. G. Geißler. 8. Leipzig 1802.

Sully (Heinrich) Nöthige Regeln für diejenigen, die Sackuhren haben, übersetzt 8. Augsburg 1804.

Wenderroth (G. F. W.) Kurze und faßliche Anweisung zu einer zweckmäßigen und vernünftigen Behandlung der Taschenuhren. 8. Eisenach 1804.

Buschendorf. Gründlicher Unterricht von Thurm-Uhren. 4. Leipzig 1805.

Jürgensen (Urban) Allgemeine Grundsätze der genauen Zeitmessung durch Uhren. 4. Kopenhagen 1806.

Findet sich in deutschen Bücherverzeichnissen, und wird in dem Berichte der französischen Akademie über dieses Werk erwähnt, ist übrigens dem Verfasser nicht weiter bekannt.

Auch (Jacob) Taschenbuch für Uhrenbesitzer. 8. Gotha 1804 (1808)

- Ruch** (Jacob) Anleitung zur Kenntniß und Behandlung der Taschenuhren für Uhrenverfertiger und Besizer. 8. Gotha 1807.
- Poppe** (J. H. M.) Der Becker für Jedermann. 12. Frankfurt am Main 1809.
- Eberhardt** (J. A.) Grundlinien zur Beurtheilung ganz vollkommener Thurmuhren. 8. Gotha 1812.
- Möllinger** (G.) Kleiner Uhrenkatechismus, wodurch man sich eine übersichtliche Kenntniß von den Uhren verschaffen und sich unterrichten kann wie man sie halten muß, auch kleinere Fehler oder Versehen selbst abhelfen kann. 16. Berlin 1817.
- Poppe** (J. H. M.) Encyclopädie der mechanischen Künste und Manufacturen nach dem neuesten Zustande derselben in England.
1 Theil, die englische Uhrmacherkunst oder deutliche Anweisung dieselbe nach ihren in England zur höchsten Vollkommenheit gebrachten Zustande auszuüben von J. H. Martini. Nach dem Englischen bearbeitet. 2 Abtheilungen 8. Pesth 1819.
- Stöckel.** Practische Lehre oder Anweisung über den Uhrenbau in seinem ganzen Umfange. 8. München 1820.
- Poppe** (J. H. M.) Wand-, Stand- und Taschenuhren, der Mechanismus, die Erhaltung, Reparatur und Stellung derselben. 12. Frankfurt am Main 1822.
- Smithson.** Hülfsbüchlein für Uhrenbesizer, nebst interessanten Mittheilungen wie mit leichter Mühe Becker an Taschenuhren anzubringen sind; nach den neuesten Erfindungen. 8. Duedlinburg 1825.
- Anonym.** Anweisung für Uhrmacher und sonst Liebhaber genauer Uhren, wie selbe nach dem Sonnenlauf gerichtet werden

können, nebst interessanten Mittheilungen, wie jede Uhr zu probiren, ob sie richtig gehe u. s. w. 12. Conf. 1826.

Berthoud (Ferdin.) Die Kunst mit Pendel- und Taschenuhren umzugehen und sie zu reguliren, nebst einem Anhang über die Regeln, Vergleichen und Berechnungen, welche man bei dem Gebrauche der astronomischen Uhren anzuwenden hat. Nach der 5ten französischen Originalausgabe überfetzt. 8. Tlmenau 1828.

(Ein alter Schüler Breguets.) Die Uhrmacherkunst vorgelesen in 30 Vorlesungen, oder vollständiges Handbuch für Uhrmacher und Liebhaber der Kunst. Nach Berthoud und den Werken von Williamy geordnet und mit den neuesten Verbesserungen vermehrt. Aus dem Französischen von Georg Wolbrecht. 12. Leipzig 1828-29.

Poppe (J. H. M.) Die Uhren und die Uhrmacherkunst auf der höchsten Stufe der jetzigen Vervollkommnung, oder die Kenntniß aller Arten von Uhren, ihre Verfertigung, Conservirung, Reparatur und Stellung. 8. Tübingen 1829.

Krenz (J. C.) Beschreibung der astronomischen Uhr, welche von Herrn Nicolaus M. Johann 1807 berechnet und verfertigt worden, dermalen als Eigenthum der Stadt Mainz in der Stadtbibliothek aufgestellt ist. 4. Mainz 1829.

Brown (Isaac) Die neuesten Erfindungen und Verbesserungen in der Uhrmacherkunst oder gründliche Anweisung alle neue Arten von Taschenuhren, Stuh-, Pendel- und Kirchturm-Uhren, Compensationspendel, Wasseruhren, Zählmaschinen, Wegmesser und andere Chronometer und Uhrwerke, so wie die verschiedenen Arten von Weckern u. s. w. hinsichtlich ihres besondern Mechanismus näher kennen zu lernen, solche anzufertigen und zu repariren. Ein nützliches Handbuch für Groß- und Klein-Uhrmachern, Mechaniker u. s. w. Aus dem Englischen über-

setzt und mit Zusätzen begleitet. 8. Quedlinburg und Leipzig 1831.

Berthoud (F.) Kunst die Pendel- und Taschenuhren zu behandeln, zu richten und zu stellen, nebst einem Anhang, welcher die Regeln, Beobachtungen und Berechnungen zum Gebrauche der astronomischen Uhren enthält. Nach der 6ten französischen Originalausgabe v. Jahre 1836 in's Deutsche übersetzt von Fried. Menadier. 8. Quedlinburg 1836.

Jürgensen (Urban) Allgemeine Grundsätze der genauen Zeitmessung durch Uhren, oder Zusammenfassung der Grundsätze des Uhrenbaues zur sorgfältigsten Zeitmessung, mit einem Anhang versehen, enthaltend zwei Abhandlungen über die Uhrmacherkunst und Beschreibung eines sehr genauehenden Metallthermometers. Nach der zweiten durch **Ludwig Urban Jürgensen** besorgten und vermehrten Ausgabe deutsch bearbeitet. Mit einem Atlas von 17 erläuternden Kupfertafeln. 4. Leipz. 1840.

Anmerkung. Daß ich an der obenerwähnten, in Leipzig erschienenen Uebersetzung des von meinem sel. Vater herausgegebenen Werkes über die höhere Uhrmacherkunst, „Nach der zweiten, durch Ludwig Urban Jürgensen besorgten und vermehrten Ausgabe, deutsch bearbeitet,“ durchaus keinen Antheil habe, finde ich mich veranlaßt bekannt zu machen, indem ich zugleich ersuche, diese nicht mit der von mir selbst besorgten, mit mehreren Zusätzen und Kupfern vermehrten deutschen Ausgabe zu verwechseln, welche jetzt erwähnt wird und in Kopenhagen herausgekommen ist.

Louis Urban Jürgensen.

Jürgensen (Urban) Die höhere Uhrmacherkunst. — Regeln für die genaue Abmessung der Zeit durch Uhren, oder Anweisung zur Verfertigung astronomischer, nautischer und anderer genauen Uhren; nebst der Beschreibung der Kunst die Edelsteine, zum Gebrauche in der Uhrmacherkunst, zu durchbohren und zuzuschleifen. Nach dem vom Verfasser, für die zweite französische Ausgabe des Werkes, bestimmten Plane neu bearbeitet, mit Zusätzen vermehrt und herausgegeben von **Louis Urban Jürgensen**, Schüler, Mitarbeiter und Nachfolger seines

sel. Vaters. Mit 23 Kupfern in Folio und dem Bildnisse des Verfassers. 8. Kopenhagen 1841.

Schriften in französischer Sprache herausgegeben.

Galilée. L'usage du cadran ou de l'horloge physique universelle. in 8. Paris 1639.

Huyghens. Journal des sçavans. Paris 1675.

Hier erwähnt er unterm 15ten Februar seine Erfindung der Spiralfeder, doch hatte der Engländer Hooke 15 Jahr früher eine regulirende Feder, wenn gleich von anderer Art vorgeschlagen, so wie auch Hautefeuille 1674.

Hautefeuille. Factum touchant les montres de poche, contre Mr. Huyghens. 4. Paris 1675.

Hautefeuille. Pendule perpétuelle. 4. Paris 1678.

***Sully (Henri)** Règle artificielle du temps, ou traité de la division naturelle et artificielle du temps; des horloges et des montres de différentes constructions; de la manière de les connaître et de les régler. 12. Paris 1717.

*— Seconde édition publiée par **Julien le Roy.** Paris (1737.)

Diese Ausgabe ist mit der Geschichte der Hemmungen, von Sully und mehreren interessanten Abhandlungen von Julien de Roy, vermehrt.

Pastre (S.) Description d'une merveilleuse horloge portative en pendule. Amsterdam 1721.

Hautefeuille. Construction nouvelle de trois montres portatives. 4. Paris 1722.

Camus. Traité des forces mouvantes pour la pratique des arts et métiers. 8. Paris 1724.

Sully (Henri) Description abrégée d'une horloge d'une nouvelle invention, pour la mesure du temps sur mer. 4. Paris 1726.

Sully (Henri) Methode pour régler les montres et les pendules. 1728.

Derham (W.) Traité d'horlogerie pour les montres et les pendules, traduit de l'ouvrage anglais: *The artificial Clockmaker* de Derham. Paris 1731 (1746).

Alexandre (J.) Traité général des horloges; ouvrage enrichi de figures. 8. Paris 1734.

**Thiout* (l'ainé) Traité de l'horlogerie mécanique et pratique, approuvé par l'Académie royale des sciences. 2 vol. 4. Paris 1744.

**(Anonym.)* Mémoire sur l'horlogerie, contenant diverses remarques sur les ouvrages et les prétensions de M.R. 4. Paris 1750.

**Jodin* (Jean) Traité des échappemens, ou les échappemens à repos comparés aux échappemens à recul; avec un mémoire sur une montre de nouvelle construction, suivi de quelques réflexions sur l'état présent de l'horlogerie. 12. Paris 1754 (1766.)

Lepaute (I. A.) Traité d'horlogerie, contenant tout ce qui est nécessaire pour bien connaître et pour régler les pendules et les montres; la description des piéces d'horlogerie les plus utiles, des répétitions, des équations, des pendules à une roue &c.; celle du nouvel échappement; un traité des engrénages. 4. Paris 1755.

* Réimpression, augmentée de la description d'une nouvelle pendule policamératique. 4. Paris 1760.

**Berthoud* (Ferdin) L'Art de conduire et de régler les pendules et les montres, à l'usage de ceux qui n'ont aucune connaissance de l'horlogerie. 12. Paris 1759.

Dieses kleine, sehr nützliche Werk, ist sechs Mal herausgegeben worden; die letzte Ausgabe, mit einer Tabelle vermehrt, kam 1838 in Paris heraus.

Ridereau. Recherches sur le vrai moyen de perfectionner les pendules. 1760.

**Berthoud* (Ferdin.) Essai sur l'horlogerie, dans lequel on traite de cet art relativement à l'usage civil, à l'astronomie et à la navigation. 2 vol. 4. Paris 1763 (1786.)

Le Roy (Pierre) Étrennes chronométriques. 1764.

**(Romilly.)* Horlogerie, contenant 64 planches. Extrait du recueil de planches sur les sciences, les arts liberaux et les arts mécaniques. 2^o. Paris 1765.

Harrison (I.) Principes de la montre de M. Harrison, avec les planches relatives à la même montre, imprimé à Londres en 1767 par ordre de messieurs les commissaires des longitudes, traduit de l'anglais par Pezenas. 4. Paris 1767.

Courtanvaux. Journal du Voyage de M. le marquis de Courtanvaux, sur la frégate *l'Aurore*, pour essayer en mer, par ordre de l'Académie, plusieurs instrumens relatifs à la longitude. (voyage fait en mer pour l'épreuve des montres de Mr. le Roy) etc. 4. Paris 1768.

Le Roy (Pierre) Exposé succinct des travaux de Mr. Harrison et Le Roy, dans la recherche des longitudes en mer et des épreuves faites de leurs ouvrages. 4. Paris 1768.

Cassini. Voyage en mer pour l'épreuve des montres de M. *Le Roy*, par M. *Cassini* fils; avec le Mémoire sur la meilleure manière de mesurer le temps en mer, qui a remporté le prix double au jugement de l'Académie royale des sciences, contenant la description de la montre à longitudes présentée à sa Majesté le 5 Août 1766 par M. *Le Roy* l'ainé horloger du roi. 4. Paris 1770.

Le Roy (Pierre) Précis des recherches faites en France, depuis l'année 1730, pour la détermination des longitudes en mer par la mesure artificielle du temps. 4. Paris 1773.

Fleurieu. Voyage pour l'épreuve en mer des horloges marines de *F. Berthoud*. 4. 2 vol. Paris 1773.

**Berthoud* (Ferdin.) Traité des horloges marines, contenant la théorie, la construction, la main d'oeuvre de ces machines, et la manière de les éprouver pour parvenir, par leur moyen, à la rectification des cartes marines et à la détermination des longitudes en mer; 4. Paris 1773.

**Berthoud* (Ferdin.) Éclaircissements, sur l'invention, la théorie, la construction, et les épreuves des nouvelles machines proposées en France pour la détermination des longitudes en mer par la mesure du temps. 4. Paris 1773.

(*Le Roy*, Pierre) Suite du précis sur les montres marines de France. 4. Paris 1774.

**Berthoud* (Ferdin.) Les longitudes par la mesure du temps, ou Méthode pour déterminer les longitudes en mer avec le secours des horloges marines; suivie du recueil des tables nécessaires au pilote pour réduire les observa-

tions relatives à la longitude et à la latitude. 4. Paris 1775.

Verdun, Borda et Pingre. Voyage en mer pour l'épreuve des montres. 2 vol. 4. Paris 1778.

Preud'homme (L. B.) Considérations sur les engrenages des roues et pignons en horlogerie. 12. Paris 1780.

Diese Abhandlung findet sich auch in: Mémoires de la société pour l'encouragement des arts à Genève, Tom. I. pag. 78-132.

Hessen. Mémoire sur l'horlogerie. 12. 1785.

**Berthoud (Ferdin.)* De la mesure du temps, ou Supplément au Traité des horloges marines et à l'Essai sur l'horlogerie, contenant les principes de construction, d'exécution et d'épreuves des petites horloges à longitude, et l'application des mêmes principes aux montres de poche, et plusieurs constructions d'horloges astronomiques. 4. Paris 1787.

Vigniaux. Horlogerie pratique à l'usage des apprentis et des amateurs. 8. Toulouse 1788 (1802.)

**Berthoud (Ferdin.)* Traité des montres à longitude, contenant la description de tous les détails de main-d'oeuvre de ces machines, leurs dimensions, la manière de les éprouver etc. suivi: 1^o du Mémoire instructif sur le travail des montres à longitudes; 2^o de la Description de deux horloges astronomiques; 3^o de l'Essai sur une méthode simple de conserver le rapport des poids et des mesures, et d'établir une mesure universelle et perpétuelle. 4. Paris 1792.

**Robin (Robert)* Mesure du temps, échappement nouveau. 12. Paris 1794.

Robert (Robert) Description d'une pendule décimale astronomique. 12. Paris 1794.

**Berthoud* (Ferdin.) Suite du Traité des montres à longitudes, contenant la construction des montres verticales portatives, et celle des horloges horizontales, pour servir dans les plus longues traversées. 4. Paris 1797.

La Pérouse. Voyage de La Pérouse autour du monde en 1785 &c. Les horloges marines, qui étaient embarquées sur le vaisseau *La Boussole* commandé par la Pérouse &c. 4 vol. in 4. Paris 1797.

**Berthoud* (Ferdin.) Histoire de la mesure du temps par les horloges. 2 vol. 4. Paris 1802.

**Fétil*. de (Nantes) L'art de mesurer le temps avec précision, ou la théorie de l'horlogerie réduite en tableaux. 1 vol. 8. et un cahier de tableaux in folio. Paris 1803.

**Crespe*. Essai sur les montres à répétition 1 vol. 8. Genève 1804.

**Faure* (Fr.) L'art d'ajuster solidement et de rendre sûrs les effets des montres simples et à répétition, par un ancien praticien. 12. Locle en Suisse (Pontarlier.) 1805.

**Jürgensen* (Urb.) Principes généraux de l'exacte mesure du temps par les horloges: ouvrage contenant les principes élémentaires de l'art de la mesure du temps par les horloges, la description de plusieurs échappemens et de deux nouveaux proposés aux artistes par l'auteur; les meilleurs moyens de compensation des effets de la température; trois plans ou calibres de différentes montres; la description d'une pendule astronomique et d'une montre marine projetées par l'auteur, ainsi que la de-

scription d'un nouveau thermomètre métallique portatif.
1 vol. 4. et atlas de 19 planches. Copenhague 1805.

**Berthoud* (Ferdin.) Supplément au Traité des montres à longitudes, suivi de la Notice des recherches de l'auteur depuis 1752 jusqu'en 1807. 4. Paris 1807 (1838.)

(*Janvier Antide*.) Essai sur les horloges publiques &c. 8. Paris 1811.

**Janvier* (Antide) Etrennes chronométriques pour l'an 1811, ou Précis de ce qui concerne le temps, ses divisions, ses mesures, leurs usages, &c. 12. Paris 1811.

**Janvier* (Antide) Des Révolutions des corps célestes par le mécanisme des rouages. 4. Paris 1812.

**Berthoud* (Louis) Entretien sur l'horlogerie. 12. Paris 1812.

Janvier (Antide) Manuel chronométrique. 12. Paris 1815 (1821.)

**Chastel* (François) Recueil de tables progressives pour les vibrations du régulateur. 8. Genève 1817.

Raingo. Description d'une pendule à sphère mouvante. 8. Paris 1823.

Un Amateur. Observations sur l'horlogerie. 12. Paris 1824.

**Janvier* (Antide) Recueil des machines composées et exécutées par l'auteur. Paris 1827.

**Un ancien élève de Breguet*. L'Art de l'horlogerie, enseigné en 30 leçons, ou manuel complet de l'horloger et de l'amateur, d'après *Berthoud* et les travaux de *Vulliamy*, premier horloger du roi d'Angleterre. 12. Paris 1827.

**Imbard.* De la mesure du temps et description de la meridienne verticale portative du temps vrai et du temps moyen, pour régler les pendules et les montres. 18. Paris et Versailles 1828.

**Le Normand.* Manuel de l'horloger ou Guide des ouvriers qui s'occupent de la construction des machines propres à mesurer le temps. 12. Paris 1830.

**Tavan.* Description des échappemens les plus usités en horlogerie; rédigée par une commission de la société établie à Genève pour l'avancement des arts (modèles d'échappemens de M. Tavan). 4. Genève 1831.

**Maurice (M.)* Discours sur l'histoire de la mesure du temps. 8. Genève 1831.

**Jürgensen (Urb.)* Mémoires sur l'horlogerie exacte, recueillis et publiés par le fils aîné de l'auteur *Louis Urbain Jürgensen* de Copenhague. 4. Paris 1832.

**Jürgensen (Urb.)* Principes généraux de l'exacte mesure du temps par les horloges, ou résumé des principes de construction des horloges pour la plus exacte mesure du temps; suivi d'un appendice contenant deux mémoires sur l'horlogerie de précision et la description d'un nouveau thermomètre métallique à minimum. Deuxième édition, corrigée sur les notes de l'auteur, et considérablement augmentée par *Louis Urbain Jürgensen*, élève et successeur de son père. 17 planches gravées par *Leblanc*. 4. Paris 1838.

**Moinet (M. L.)* Traité élémentaire d'horlogerie. 8. Paris 1838.

Dieses Werk erscheint in Heften, und nach dem Prospectus wird es eine Umarbeitung *Berthoud's*, mit den neuesten Fortschritten der Kunst vermehrt.

Schriften in englischer Sprache herausgegeben.

Slipper (J.) Horological Dialogues. 12. London 1675.

Smith (John) Horological Disquisitions, concerning the nature of time. 12. London 1694.

**Derham (William)* The artificial Clockmaker: Treatise of Watch and Clockwork. 12. London 1696.
With a Supplement. (1759.)

Graham (George) A contrivance to avoid the irregularities in a clock's motion, occasioned by the action of heat and cold by the pendulum rod. Phil. Transact. Nr. 332. London 1726.

Man findet hier die Beschreibung seines Quecksilberpendels.

(*Anonym.*) Equation of time, and use of the Table for adjusting watches and clocks to the motion of the sun. 4. London 1731.

Ellicot (John) An Account of the influence which two pendulum clocks were observed to have upon each other. 4. London 1750.

**Ellicot (John)* Description of two methods by which the irregularities in the motion of a clock, arising from the influence of heat and cold upon the rod of the pendulum, may be prevented. 4. London 1753.

**Cumming (Alex.)* The Elements of Clock and Watch work, adapted to practice, in two essays. 4. London 1766.

**Maskelyne (Nevil)* Principles of John Harrison's Time-keeper. Published by order of the commissioners of longitude. 4. London 1767.

**Maskelyne (Nevil)* An account of the going of Mr. John

- Harrison's watch, at the royal Observatory from may 6th, 1766 to march 4th, 1767. 4. London 1767.
- Hatton* (Th.) Introduction of the mechanical part of Clock and Watch work. 8. London 1773.
- Harrison* (John) A Description concerning such mechanism as will afford a nice or true mensuration of time. 8. London 1775.
- Jenkins* (H.) Description of several astronomical and geographical Clocks etc.; 8. London 1778.
- Mudge* (Thomas) A Register of the Going of his first Timekeeper, from April 18, 1780, to May 7, 1781, with two other Registers of the same Timepiece. 4. London 1781.
- Arnold* (John) Answer to an anonymous Letter on the longitude. 4. London 1782.
- Arnold* (John) Certificates and circumstances relative to the going of his chronometers; in 4. London 1791.
Instructions concerning his Chronometers, in 4.
- **Mudge* (Thom.) jun. Reply to the answer of the Rev. Dr. *Maskelyne*, astronomer royal, to a narrative of facts relating to some Timekeepers, constructed for the discovery of the longitude at sea. 8. London 1792.
- Wales* (Will.) Method of finding the longitude at sea, by Timekeepers, with tables of equations to equal altitudes. 8. London 1794.
- **Mudge* (Th.) Description of the Timekeeper invented by the late M. *Tho. Mudge* and on the means of improving watches. 4. London 1799.

Parr (Will.) Treatise of pocket watches. 8. London 1804.

Arnold (John) Explanation of Timekeepers constructed by him. 4. London 1805.

**Earnshaw* (Th.) and *Arnold* (John) Explanations of Timekeepers constructed by them. 4. London 1806.

Anonym. Outlines of the principal inventions by which Timekeepers have been brought to their present perfection. 8. London 1806.

**Earnshaw* (Th.) Appeal, stating his claim to the original invention of the improvements in his Timekeepers. 8. London 1808.

Grant (Charles) The means of finding the longitude at sea. 4. London 1808.

Anonym. Horology, extracted from the Encyclopædia Londinensis. 4. London 1809.

Adamson (Will.) The discovery of an universal principle for dividing the circumference of the circle, etc. 8. London 1815.

Reid (Tho.) Horology, extracted from Brewster's Edinburgh Cyclopædia. 4. Edinburgh 1819.

Stockton. Description of the Repeating-Motion. 4. London 1819.

Rees (A.) Horology, extracted from the Cyclopædia or universal Dictionary of Arts, Sciences and Literature, 47 plates. 4. London 1820.

Die meisten Tafeln dieses Werkes befinden sich in Händen des Herausgebers.

**Reid* (Tho.) Treatise on Clock and Watch making, theoretical and practical. 8. Edinburgh 1826.

Pardington. The Clock- and Watch-makers complete Guide. 8. London 1826.

Vulliamy (B. L.) Some considerations on the subject of public Clocks, particularly Church-Clocks, with hints for their improvements. 4. London 1828.

*— Second edition, with a supplement. 1831.

Schriften, in lateinischer Sprache herausgegeben.

Cardani (Hieronimi) De rerum varietate. Basileæ pag. 362—367. 1557.

Frischlini (Nicom.) Carmen de astronomico Horologio argentoratensi. 1575.

Lieberkühn. Descriptio brevis et succincta Horologii rarissimi æque ac pretiosissimi, ab ingeniosissimo mechanico Joh. David Lieberkühn constructi. 1576.

Dasypodii (Conradi) Descriptio horologii asronomici Argentinensis in summo templi erecto. 4. Argenti. 1580.

Cunonis. Brevis descriptio artificiosi novi et astronomici automati Horologii, cujus simile ante hoc non existit, inventi primum studio et industria M. Jacobi Cunonis. 1581.

Fornelii (Laur.) Horologium astronomicum Upsalæ. 1630.

Hugenii (Christiani) Horologium. 1658.

In diesem Werke erwähnt Huyghens zum ersten Male die Anwendung des Pendels als Uhrenregulator. In seinem berühmten Werke: Horologium oscillatorium, behandelt er diese Materie weitläufiger.

Pancirolli (Guidon) Rerum memorabilium sive deperditarum pars prior, commentariis illustrata et locis prope innu-

meris postremum aucta ab *Henrico Salmuth*. 4. Frankfurt. 1660.

Hier findet sich:

Nova reperta sive rerum memorabilium recens inventarum et veteribus plane incognitarum Guidonis Pancirolli.

(X. Tit. 168. und folgende):

Schotti (Gaspar) *Technica curiosa seu mirabilia artis* 4. Herbipoli. 1664.

Halli (Fran.) *Explicatio horologii in horto regio Londini Anno 1669 erecti*. 4. Londini. 1673.

**Hugenii* (Christ.) *Zulichemii Constantini Filii Horologium oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricæ*. 2. Parisiis. 1673.

Alimenis (de Campani) *Horologium solo naturæ motu atque ingenio dimetiens et numerans momenta temporis constantissime æqualia*. Romæ. 1677.

Oughthred (Guilielm.) *Opuscula Mathematica hactenus inedita Oxonii, e theatro Scheldoniano* 8. p. 68 sqq. 1677.

Becheri (D.) *De nova temporis dimetiendi ratione, et accurata horologiorum constructione, theoria et experientia*. 4. Londini. 1680.

Clarcke. *Oughthredus explicatus*. 4. Londini. 1680.

Fichelli. *Horologium Horologiorum descriptum et explicatum*. Venetiis. 1685.

Skriften in dänischer Sprache herausgegeben.

- ***Lous** (Christian Carl) Historien af Mr. Harrisons Forsøg til Langdens Opfindelse formedelt et Uhr eller en Tidmaaler, samt hvad der ved dets Prøvning og Bedømmelse i England i vor Tid er foregaaet, saavel som en Oversættelse af Principerne tilligemed Tegningerne af samme Tidmaaler, udgivne i Aaret 1767 efter Ordre af Commissionen for Langden. 4. Kjøbenhavn 1768.
- ***Lovenørn**, (Paul de) Beretning om en Reise, foretaget efter allernaadigst Befaling i Aarene 1782 og 1783 med Fregatten Proven, for at undersøge de i Danmark forfærdigede See-Langde-Uhre. 4. Kjøbenhavn 1786.
- ***Schmidt** (F. A.) Den undervisende Uhrmager eller kort og grundig Underviisning for Enhver, som eier Lomme-, Taffel- og Stue-Uhre, hvorledes samme kan holdes i god Stand, forbedres og hvordan man ved Uhres Anskaffelse kan vogte sig for al Bedragerie og Skade. Oversat efter "F. A. Schmidts Belehrungen für diejenigen, welche Taschenuhren tragen 1795;" af H. C. Lund. 8. Kjøbenhavn 1802.
Ein gutes und nützliches Handbüchlein für alle Uhrenbesitzer.
- ***Jürgensen**, (Urban) Regler for Tidens nøjagtige Afmaaling ved Uhre. 4. Kjøbenhavn 1804.
Erste dänische Ausgabe vorliegenden Werkes.
- ***Pihl** (A.) Om Chronometrets Anvendelse til at finde den geographiske Længde paa det faste Land og Anviisning til den Omgangsmaade, som med Chronometret bør bruges. 4. Kjøbenhavn 1806.
Abgedruckt aus den Schriften der Gesellschaft der Wissenschaften.
- ***Poppe** (Joh. Heinr. Moriz) Vækkeren eller den vigtige Opfin-

delse, formedelst ethvert Lommeuhr at vaagnes (vækkes) sikkert og til bestemt Tid, endog paa mindre end eet Minut nar. Ligeledes: Vink, at benytte denne Vækker, til at opdagge Tyve ved Indbrud og at jage dem paa Flugt; som og strax at kunne bemærke, naar Skindøde komme til sig selv eller opvaagne igjen, uagtet de ligge uden Opsyn. Oversat efter den anden, forsøgede og forbedrede Udgave af Joh. Müller, 8. Kjøbenhavn 1812.

*Möllinger Uhr-Catechismus eller Anvisning for Enhver til at forstaae sig Kundskab om Uhre, om disses Behandling og om hvorledes man selv kan rette smaa Feil og Mangler ved dem. Oversat af G. T. Bang. Kjøbenhavn 1818.

*Jürgensen (Urban) Om Isokronismen ved Pendulets Sving og Forslag til, paa en let Maade, at bringe Pendulet til at svinge i ligestore Buer ved astronomiske Penduluhre. 4. Kjøbenhavn 1822.

Abgedruckt aus den Schriften der naturwissenschaftlichen und mathematischen Abtheilung der königlich dänischen Gesellschaft der Wissenschaften. Istem Theile.

Die in dieser Schrift vorgetragenen Ideen sind im 4ten Kap. vorliegenden Werkes aufgenommen.

*Jürgensen (Urban) Beskrivelse over et nyt Metallthermometer. 4. Kjøbenhavn 1825.

Ebenfalls abgedruckt aus den Schriften der naturw. u. math. Abth. der königl. dän. Gesellsch. d. Wissensch. 2tem Theile.

In dem ersten Anhange vorliegenden Werkes, unter III, aufgenommen.

*Börgeesen (A. F.) Bemærkninger om de meest forekommende Chronometre og om deres Behandling. For almindelige Uhrmagere og Begyndere. 8. Kjøbenhavn 1827.

*Jürgensen (Urban) Om Luftens Virkning paa de astronomiske Penduluhres og Længdeuhres Regulator. 4. Kjøbenhavn 1828.

Abgedruckt aus den Schriften d. naturw. u. math. Abth. d. königl. dän. Gesellsch. d. Wissensch. 3tem Theile.

Findet sich hier als II des ersten Anhanges.

*(Anonym) Regler for Uhres Behandling og Regulering. Haand-
bog for Enhver. Efter Ferdin. Berthoud's: „L'art
de conduire et de régler les pendules & les montres.“
12. Kjøbenhavn 1837.

Har den næmlighe Endzweck als F. A. Schmidt's „den under-
visende Uhrmager.“

*Jürgensen (Urban) Regler for Tidens nøiagtige Afmaaling ved
Uhre eller Anviisning til at udføre astronomiske, nautiske og
andre nøiagtige Uhre. Anden Udgave. Udarbejdet efter
Forfatterens Manuskript af hans Søn og Elev Louis
Urban Jürgensen. Hertil en særskilt Samling af 17
Kobbertavler. 4. Kjøbenhavn 1839.

*Sagerup (H. S.) Om Chronometeret og dets Anvendelse til-
soes. 8. Christiania 1840.



Alphabetisches Register.

A.

- Abdrehen der Steine, Seite 306. 313. 316. 325. 329.
 Anhalter der Hemmung, 185.
 Anker, Bestimmung seines Bewegungsmittelpunktes, 150.
 Ankerhemmung, englische, 153.
 — freie, zu Taschenuhren, 145. 189.
 — ruhende, zu Pendeluhren, 167. 173.
 Ansaß der Zapfen, 3.
 Anschlagstift, 145.
 Anschlagsschraube, 159. 164. 187.
 Arago's Bericht über den Mesothermometer, 294.
 Arnold's Erfahrungen über den Gebrauch goldener und stähler-
 ner Spiralfedern, 83.
 — freie Hemmung, 154.
 Arretäge, 4.
 Astronomische Nachrichten, herausgeg. vom Conferenrath
 Schumacher, 88. 216. 230. 236. 249. 257. 264. 293.
 Aufhängung des Pendels, 13. 16. 180.
 Aufhängungsfeder, 16. 38. 181.
 Aufhalter der Hemmung, 185.
 Aufschneiden eines Steincylinders, 324.
 Aufziehen, Mechanismus um während desselben den Gang der
 Uhr zu unterhalten, 92. 177. 210.
 Ausdehnung des Glases, 22. 48.

- Ausdehnung der Metalle, 21.
 — der Unruhschwingsbogen, 56. 239.
 — veränderliche, der Schwingungsbogen, 267.
 Auslösung, 165. 318.
 Auslöschungsfeder, 156. 161. 186. 252.
 — zahn, 205.
 Ausschwenken, 145. 149. 150.

B.

- Berechnung der Compensationspendel, 28. 31.
 — der Räder und Getriebe in Allgemeinen, 98.
 — derselben in Uhren, 176. 187. 193. 195. 201.
 209. 214. 217.
 — der Schwingungszeiten und Längen der Pendel, 10.
 Berthoud's, Ferd., Beschreibung der Hemmungen, 135.
 — — Compensationsweise, 73.
 — — cylindrische Spiralfeder, 228.
 — — Erfahrungen über die Aufhängung des
 Pendels, 13.
 — — Methode, die Schwingungen der Unruhe
 gleichzeitig zu machen, 80. 221.
 — — Pyrometer, 38.
 — — Versuche über die zweckmäßigste Gestalt
 der Pendellinse, 18.
 Beschützer der Unruhen, 76.
 Bessel, Idee eines Instrumentes zur Bestimmung der Mitteltem-
 peratur, 293.
 — über die Wirkungen der veränderten Luftdichtigkeit, 264.
 Bewegungsmoment, 58.
 Bohren der Edelsteine, 302. 310. 311. 313. 317. 322. 325.
 Bohrer für Steinlöcher, 310. 311.
 Borchronometer mit Carnshaw's freier Federhemmung, 207.
 — mit freier Doppelrad-Federhemmung, 215.
 258.

- Barometer ohne Schnecke, 93. 96.
 Breguet's Compensationsmethode, 70. 197.
 — cylindrische Spiralfeder, 228.
 — Steincylinderhemmung, 135.
 — Uhren ohne Schnecke, 88.
 — Zapfen, 64. 138. 329.
 Breite, geographische, Einfluß derselben auf die Schwingungs-
 zeiten des Pendels, 8.
 Brust der Zapfen, 3.

C.

- Celsius Thermometer, 246.
 Centrirung der Steine beim Durchbohren u. s. w., 308. 313.
 315. 329.
 Chronometer (Vor-) mit freier Doppelrad-Federhemmung des
 Verfassers, 215. 258.
 — — ohne Schnecke, 93. 96.
 — — mit Garnshaw's Hemmung, 207.
 — (Taschen-) mit Arnold's Hemmung, 213.
 — Werth derselben, 230.
 — Regulirung derselben, 220. 240. 241 u. s. w.
 Compensation, 20 bis 53, 70 bis 80, 241 u. s. w.
 — einfache, an der Spiralfeder, 70. 197. 205.
 — Regulirung derselben, 242.
 — vermittelt der Unruhe, 73.
 Compensationsbogen, Löthung derselben, 77.
 — pendel, 20, 47. 179, 265.
 — — Beschreibung desselben, 25. 50.
 — — Prüfung im Pyrometer, 38 bis 47.
 — unruhe, 73. 242. 266. 271.
 Couet, Untersuchungen über den Durchmesser und das Gewicht
 der Unruhen, 60.
 Cycloide, 7. 119.
 Cylinderhemmung, 136.

- Cylinderräder, 137.
 Cylinder, Verfertigung derselben aus Stein, 320.
 Cylindrische Spiralfeder, 79. 82. 227. 228.

D.

- Dänemark's Mitteltemperatur, 299.
 Diamantpulver, Bereitung desselben, 303.
 — grabstichel, 310.
 — steindecke, 317.
 Doppelradfederhemmung, freie, des Verf., 249. 258.
 Doppelradhemmung, freie, 183.
 — ruhende, 139.
 Drehstuhl, zum Durchbohren u. s. w. der Edelsteine, 305.
 307. 311. 314. 317. 321. 325. 327.
 Durchbohren der Edelsteine, 302. 310. 311. 313. 317. 322.
 325.
 Dutertre, J. B., Erfinder der Doppelradhemmung, 140.

E.

- Garashaw's freie Hemmung, 160. 207. 249.
 Echappement, 3. 132.
 — à virgule, 139.
 — duplex, 139. 194.
 — Siehe Hemmung.
 Edelsteine, Prüfung ihrer Tauglichkeit zu Zapfenlöchern, 306.
 — zu durchbohren und zuzuschleifen, 302.
 — zur Hebefläche, Ruhe und Auslösung in mehreren Hemmungen, 318.
 Einfassung der Steine, 314. 318.
 Eingriffe der Räder und Getriebe, 3. 115. 126.
 Einkerbten der Steinrolle, 327.
 Epicycloide, 119. 287.

F.

- Feder, Aufhängungsmittel des Pendels, 13. 16. 38. 181.
 — Auslösungsz, 156. 161. 186. 252.
 — bewegende Kraft der Uhren, 3. 87. 189. 193. 202. 209.
 — Hemmungsz, 155. 161. 250. 252.
 — Spiralsz, 4. 53. 65. 70. 79. 82. 192. 220. 227.
 228. 241.
- Federhaus, 4. 189. 201.
- Federhemmung, freie, 154. 160. 198. 207. 213.
 — freie Doppelradz, 215. 249. 258.
- Federstift, 4.
- Federwelle, s. Federstift.
- Festklack der Edelsteine beim Durchbohren etc., 309.
- Feuerzeug, elektrisches, zum Festklack der Edelsteine, 309.
 — Platinz, 309.
- Figur der Pendel-Linse, 13.
 — der Unruhe, 66. 78. 271.
 — der Zähne, 119. 152. 171.
- Fraise zum Einkerb der Steinrollen, 327.
- Führung der Räder und Getriebe, 126.
 — des Hemmungsrades, 253.

G.

- Gabel der Ankerhemmung, 151. 180.
 — Hemmung, englische, 153.
- Gang, täglicher, zweier Chronometer, 96, 258.
- Gefäße zum Quecksilber-Comp.-Pendel, 51.
- Gesperre, 4. 177. 200. 211.
- Getriebe der Uhren, 3. 99.
 — Berechnung ihrer Zähne, 100.
 — Form ihrer Zähne, 119. 125.
 — Größe derselben, 116. 117.

- Getriebzähne, Anzahl derselben, 100. 176. 188. 193. 195.
209. 214. 217.
- Gewicht bei Compensationspendeln, um diese nach Stern- oder
Mittelzeit zu reguliren, 26.
- der Unruhen, 60.
- die bewegende Kraft der Pendeluhren, 2. 87.
- specifisches, 6. 247.
- Vermehrung desselben bei Pendeluhren, 92. 182.
- Glas, Ausdehnung desselben, 22. 48.
- Gläser zum Poliren der Edelsteine, 312. 329.
- Gleichzeitigkeit der Pendelschwingungen, 7. 181.
- der Unruherschwingungen, 79. 220. 230.
- Grabsichel, diamantene, 310.
- Graham, Auskochung der Gefäße mit Quecksilber zu Pendeluhren, 51.
- Erfinder der Cylinderhemmung, 47.
- Quecksilberpendel, 47.
- ruhende Ankerhemmung zu Pendeluhren, 167. 173.
- Großboden, 5.

S.

- Hakenhemmung, 139.
- Hardy's elastischer Spiralhalter, 228.
- Härte der Edelsteine zu Zapfenlöchern u. s. w., 306.
- Hebefläche, 137. 151. 171. 318.
- Hebung, 136. 165.
- Hemmung, 3. 132.
- Anker-, freie, 145. 189.
- — ruhende zu Pendeluhren, 167. 173.
- Arnold's freie, 154.
- Beschreibung derselben von Berthoud, 135.
- Doppelradfeder-, freie, 215. 249.
- Doppelrad-, freie zu Pendeluhren, 183.
- — ruhende, 139. 194.

- Hemmung, Carnshaw's freie, 160. 207. 249.
 — einfache, freie, 133.
 — Feder-, freie, 154. 160. 198. 207. 213. 215.
 249.
 — freie, mit beständiger Kraft, 133.
 — Gabel-, englische, 153.
 — Haken-, 139.
 — ruhende, 133.
 — Steincylinder, 135.
 — Virgul-, 139.
 — zurückfallende, 133.
 Hemmungsanhalter (aufhalter), 185.
 — bogen, 185.
 — feder, 155. 161. 250.
 — kreis, 158. 164. 250.
 — rad, Justirung desselben, 172.
 — — Stellung desselben, 240. 250.
 — — zähne, 152.
 Hinterboden, 5.
 Houriet's, Fred., mechanisches Ziehseisen, 227.
 Huyghens, Mittel den Isochronismus der Pendelschwingungen
 hervorzubringen, 7. 181.
 — Mittel zur Regulirung der Pendeluhrn, 26.
 Hülfssfedern, s. Hülfskraft.
 Hülfskraft, den Gang der Uhr während des Aufziehens zu
 unterhalten, 92. 177. 188. 210.
 Hypocycloide, 119.

I.

- Isochronismus der Pendelschwingungen, 7. 181.
 — der Unruhschwingungen, 79. 220. 230
 Justirung des Hemmungsrades, 172.
 Jürgensen, Jules, Mesothermometer, 293.

- Jürgensen, Urban, Bemerkungen über den Isochronismus der Unruhswingungen in Längenuhren, mit Rücksicht auf den verschiedenen Gebrauch der letzteren auf der See oder auf dem festen Lande, 230.
- — Bemerkungen über die Bewegungen des Quecksilbers im Gefäße des Pendels, 48.
- — Beschreibung seiner freien Doppelrad-Federhemmung, 249.
- — Erfahrungen über die Güte der goldenen Spiralfedern, 83.
- — Metallthermometer, 218. 283.
- — neue Methode die Gleichzeitigkeit der Pendelschwingungen hervorzubringen, 181.
- — neues Compensationspendel mit Messingrohr, 25.
- — neues Quecksilberpendel, 50.
- — Pyrometer zur Prüfung und Verbesserung der Compensation des Secundenpendels, 38.
- — Secuhr mit freier Doppelrad-Federhemmung, 215.
- — stählerne Cy linderräder, 137.
- — über das Schleifen und Durchbohren der Edelsteine, 302.
- — Vermehrung der bewegenden Kraft einer astron. Pendeluhr in Verhältniß zu dem, durch die Reibung bewirkten, Widerstande, 92. 182.
- — Wirkung der Luft auf den Regulator der Uhren, 262.
- — Zweckmäßigere Form der Compensationsunruhe um die Luft besser durchschneiden zu können, 67. 78. 271.

Jürgensen, Urban, Louis,	Bemerk. über Chronometer ohne Schnecke, 93.
— — —	Bemerk. über den Isochronismus der Unruhsschwingungen, 228.
— — —	Bemerk. über die freie Doppelradfederhemmung, 257.
— — —	Gang eines seiner Chronometer mit freier Doppelrad-Federhemmung, 258.
— — —	Gang eines seiner Chronometer ohne Schnecke, 96.

R.

Rammrad, 127.

Rapsel in Taschenuhren, 194. 196. 206.

Rälte, künstliche, zur Regulirung der Compensation, 244.

Rerbe der Steinrolle, 144. 327.

Ressels Bemerkungen über den Isochronismus der Unruhsschwingungen, 236.

Kette der Uhren, 4. 87.

Kleinboden, 5.

Kloben, 54.

— boden, 5.

— Pendel, 16, 40.

— Unruh, 5. 54. 313. 317.

Knopf beim Räder, 68.

Kraft, bewegende, 86.

— Vermehrung derselben bei Pendeluhren, 92. 182.

Kronrad, 127.

L.

- Laplace und Lavoisier über die Ausdehnung der Metalle, 21.
 Lampe, Weingeist-, zum Festhalten der Edelsteine, 309.
 Längenausdehnung der Metalle, 22.
 Längenuhren, Größe derselben, 271.
 — ihre Regulirung, 241.
 — ihre Spiralfedern, 82.
 — terrestrische, 235.
 — Versuche über ihren Gang in verschiedener Luft-
 dichtigkeit, 274.
 — Wirkung der Luft auf ihren Regulator, 262.
 Le Roy's, Pierre, Methode die Schwingungen der Unruhe
 gleichzeitig zu machen, 80. 221. 225.
 — — Uhr ohne Schnecke, 88.
 Leitungsvermögen der Metalle für die Wärme, 247.
 Linse des Pendels, 26.
 Lippen des Cylinders, 136. 324.
 Loth, die bewegende Kraft der Pendeluhr, 2. 87.
 Löcher, Zapfen-, 54. 61. 130. 240. 306. 328.
 Löthe, Schmelzpunkt einiger leichtflüßigen, 246.
 Lötung der Compensationsbogen, 77.
 Luftwiderstand beim Pendel, 12. 17. 262.
 — gegen die Compensationsunruhe, 78. 271.
 — gegen die gewöhnliche Unruhe, 65. 262.

M.

- Maasse für das Compensations-Pendel, 27. 30.
 Magazin for Kunstnere og Haandværkere, 297.
 Maximum- u. Minimum-Metallthermometer, 287. 290.
 Mechanismus an der Schnecke, der die Uhr während des Auf-
 ziehens zum Gehen bringt, 92. 210.
 — an der Walze, *ic.*, 92. 177. 188.

- Mechanismus um die Gabel in die, mit Rücksicht auf das Anker, richtige Stellung zu bringen, 180.
- Mesothermometer, 293. 297.
- Messingrohr des Comp.-Pendels, 26. 29.
- Metalle, Ausdehnung derselben, 21.
- Schmelzpunkt, 246.
- spezifisches Gewicht, 247.
- Wärmeleitungsvermögen, 247.
- Metallthermometer für Maximum u. Minimum, 290.
- von Jürgensen, 218. 283. 290. 293. 297.
- Mitteltemperatur, Bestimmung derselben durch den Mesothermometer, 292.
- Dänemark's, 299.
- Mörser zur Bereitung des Diamantpulvers, 303.
- Mudge, Th., Compensationsmethode, 73.
- — Erfinder der freien Ankerhemmung, 146.

D.

- Del, Einfluß desselben auf den Gang der Uhren, 130. 133. 139. 172. 181. 221. 223. 233. 241
- Fälle wo man dasselbe nicht in den Uhren gebraucht, 133. 144. 153. 154. 165.
- Mittel zum Sortiren des Diamantpulvers, 304.
- zum Gebrauch beim Durchbohren u. der Edelsteine, 304.
- zweckmäßige Bereitung des besten, 63.
- Dersted, über die veränderte Luftdichtigkeit. 264. 267.
- Dscillation, 1. 2.
- Dscillationscentrum, 12.

P.

- Palette, Verfertigung derselben, 318.
- zu Earnshaw's Hemmung, 160.
- zur ruhenden Ankerhemmung, 168.

- Palette, zur freien Doppelrad-Federhemmung, 252.
 Parachutes der Unruhen, 76.
 Pendel, als Zeitmesser, 1. 5.
 — Aufhängung desselben, 13. 16. 38. 180.
 — Compensations-, 23. 47. 179. 264.
 — kloben, 16. 40.
 — länge, 10.
 — linse, 26.
 — Quecksilber-, 47. 265.
 — schwingungen, Gleichzeitigkeit derselben, 7. 181.
 — — Zeit derselben im Verhältniß zur Länge, 9.
 — Secunden-, Prüfung seiner Compensation im Pyrometer,
 38.
 — stange, 14. 24. 50.
 — uhr, astron., mit freier Doppelradhemmung, 183.
 — — — mit ruhender Ankerhemmung, 173.
 — — Vermehrung ihres Gewichtes, 92. 182. 265.
 — — Wirkung der Luft auf ihren Regulator, 262.
 — — Zifferblatt derselben, 174.
 Perpendikel, s. Pendel.
 Pfeilerplatte, 5.
 Pistill zur Bereitung des Diamantpulvers, 303.
 Plantiren des Cylinders in der Steincylinderhemmung, 138.
 Platine, 5.
 Platte, stählerne, zur Bereitung des Diamantpulvers, 304.
 — Uhr-, 5.
 Potence, 54.
 Poliren der Steine, 312. 316. 319. 323. 328. 329.
 Preud'homme's Proportionalzirkel, 117.
 Pulver, Diamant-, 303.
 Pyrometer, Berthoud's, 38.
 — Jürgensen's, 38.
 — Wedgewood's, 246.
 — zur Prüfung u. Verbesserung der Compensation
 des Secundenpendels, 38.

Q.

- Quecksilber-Compensationspendel von Graham, 47. 265.
 — — vorgeschlagen vom Verfasser, 50.

R.

- Radius der Räder u. Getriebe, 128.
 Radlinie, s. Cycloide.
 Radzähne, Anzahl derselben, 176. 187. 193. 195. 209.
 214. 217.
 — Form derselben, 119. 152. 171.
 Räder, 3.
 — Berechnung ihrer Zähne, 100.
 — Größe derselben, 143.
 Räderwerk, 98.
 Ränder des Cylinders, s. Lippen.
 Réaumur's Thermometer, 246.
 Regulator, s. Pendel u. Unruhe.
 Regulirung der Chronometer, 215.
 — der Compensation, 33. 242.
 — der Pendeluhrn nach Stern- oder Mittelzeit, 26.
 — der Uhren in verschiedenen Lagen, 240.
 Reibung der Unruhzapfen, 58.
 — der Zapfen des Räderwerkes, 129.
 — des Pendels am Aufhängungspunkte, 12.
 Reibungswiderstand, 12. 58. 129.
 Rohr, Messing-, beim Compensations-Pendel, 29.
 Rostcompensationspendel, 25. 179.
 Rubine zu Cylindern, 138. 320.
 — zu Löchern, 61. 204. 240. 306.
 — zu Paletten, 160. 172. 252. 318.
 — zu Sperrzähnen, 160.
 — zu Steinrollen, 144. 325.
 Ruhe, 165. 318.

Ruhefläche, 151. 172.
 Räder, 5. 67. 192.
 Räderwerk, 4. 67.

S.

Saphir, s. Rubin.
 Scheibe, kupferne zum Schleifen u. Poliren der Edelsteine, 307.
 316. 318. 323.
 Schlüssel mit Sperrwerk, zum Aufziehen der Uhren, 212.
 Schleifen der Edelsteine, 302. 307. 318. 320.
 Schmelzpunkt verschiedener Körper, Löhthe und Mischungen, 246.
 Schneide, Aufhängungsmittel des Pendels, 13.
 Schnecke, 4. 87. 93.
 Schnur ohne Ende bei Pendeluhren, 93. 177.
 Schumacher's astron. Nachrichten, 88. 216. 230. 236. 249.
 257. 264. 293.
 Schwingungsmittelpunkt, 12.
 Schwingungszeit des Pendels, 8.
 Secundenpendel, Prüfung seiner Compensation im Pyrometer, 38.
 Seeuhr mit freier Doppelrad-Federhemmung, 215.
 — mit freier Federhemmung, 207.
 — nöthige Eigenschaften derselben, 233.
 — ohne Schnecke, 93.
 Sortiren des Diamantpulvers, 304.
 Specifisches Gewicht, 6. 247.
 Sperrhaken, 4.
 Sperrkegel, 4.
 Sperrrad, 4.
 Sperrwerk, 4. 117. 200. 211.
 — des Federhauses, 200.
 Sperrzahn, 157. 163. 252.
 Spiralfeder, 4. 53. 65. 70. 192. 205. 241. 277.
 — beim Pyrometer, 41.

- Spiralfeder, cylindrische, 82. 227.
 — der Längenuhren, 82.
 — des Metallthermometers, 219. 286. 288.
 — einfache Compensation an derselben, 70. 197. 205.
 — flache, 228.
 — gläserne, 228.
 — goldene, 82.
 — isochronische, 79. 221 u. s. w.
 — stählerne, 82.
 — Wirkung der Luft auf dieselbe, 277.
- Spiralhalter (pfeil), 54.
 — elastischer, 228.
- Spiralrolle, 54.
- Steg, 5.
- Steincylinder, Verfertigung desselben, 320.
 — Hemmung von Breguet, 135.
- Steindecke, 63.
 — Verfertigung derselben, 316. 317.
- Steinlöcher für die Zapfen, 61. 204. 240. 306.
- Steinrolle, Verfertigung derselben, 144. 325.
- Stellschraube, 159. 165.
- Stellung, 4.
- Stoßrad, 142.

S.

- Tabelle, Ausdehnung der Metalle u. des Glases, 21. 48.
 — über das specifische Gewicht verschiedener festen Körper, 247.
 — über das Wärmeleitungsvermögen der Metalle, 247.
 — über den Gang zweier Chronometer, 96. 258.
 — über den Schmelzpunkt verschiedener Körper, 246.
- Taschenchronometer mit Arnold's Hemmung, 189.
 — mit freier Federhemmung, 198.
 — mit ruhender Doppelradhemmung, 194.

- Temperatur, Mittel, Bestimmung derselben durch den Mesothermometer, 292.
 — — Dänemarks, 299.
 — Wirkung derselben auf die Metalle, 20.
 Thermometer, Celsius, 246.
 — Mesos, von Jules Jürgensen, 293.
 — Metall für Maximum u. Minimum, 287. 290.
 — — von Urban Jürgensen, 218. 283.
 — Réaumur's, 246.
 Träger des Pendels, 14. 16. 40.
 Triebfeder, 3. 87. 189. 193. 202. 209. 214.
 Triebkraft in Uhren, 86.
 Triebstöcke, 3.

U.

- Uhrkapsel, 194. 196. 206.
 Uhrschlüssel mit Sperrwerk, 212.
 Unruhe, 2. 53. 202. 241.
 — compensirende, 73. 271.
 — des Mesothermometers, 294.
 Unruhkloben, 5. 54. 313. 317.
 — schwingungen, Anzahl derselben, 58. 210. 215. 218.
 234. 238. 296.
 — — Ausdehnung derselben, 56. 225.
 — — Gleichzeitigkeit derselben, 79. 220.
 230.
 — zapfen, 61. 64. 204. 240.

V.

- Vermehrung des Gewichts der Pendeluhr, 92. 182. 265.
 Virgulhemmung, 139.
 Vorderboden, 5.

- Vorfall, 4.
 Vorlegewerk, 174. 176. 193. 196. 210. 215.
 Vortheile des Messthermometers, 300.
 — des Metallthermometers, 284.

W.

- Wärmeleitungsvermögen der Metalle, 247.
 Walze in Pendeluhren, 87. 174. 184.
 Wedgwood's Pyrometer, 246.
 Weingeistlampe zum Festladen der Edelsteine, 309.
 Wellbaum, 3.
 Widerstand, Luft, beim Pendel, 12. 17. 262.
 — — gegen die Compensations-Unruhe, 78. 271.
 — — gegen die gewöhnliche Unruhe, 65. 262.
 — Reibungs-, 12. 58. 129.
 Wirkung der Luft auf den Regulator der Uhren, 262.
 — der Temperatur auf die Metalle, 20.

Y.

- Young's elastischer Spiralfalter, 228.

Z.

- Zahnfederhäuser, 92.
 Zapfen, 3. 130.
 — Breguetsche, 64. 138. 329.
 — der Unruhe, 61. 64. 204. 240.
 — Löcher, 54. 61. 131.
 — — Verfertigung derselben, 306. 328.
 — reibung, 58. 129.
 Zähne, 3. 176.
 — Anzahl derselben im Räderwerke, 176. 187. 193. 195.
 209. 214. 217.

- Bähne, Berechnung derselben, 100.
 — Figur derselben, 119. 152. 171.
 Beigerwerk, 174. 176. 193. 196. 210. 215.
 Zeitmesser im Allgemeinen, 1.
 Zeit, Schwingungs- des Pendels, 8.
 Zieheisen, mechanisches von Fred. Houriet, 227.
 Zifferblatt zu Pendeluhren, 174.

Anmerkung. Mit Rücksicht auf den, Seite 93 u. folg., erwähnten Vorchronometer, von neuer Construction, ohne Schnecke und mit freier Doppelrad-Federhemmung, welcher nachdem er auf dem königl. Seekarten-Archiv in Kopenhagen observirt, am 26sten August 1840 der königl. dän. Fregatte „Bellona“ als Hauptchronometer mitgegeben wurde, glaubt der Herausgeber, da die Fregatte nun zurückgekehrt, nicht unterlassen zu dürfen, vorläufig, wenigstens mit einigen wenigen Worten, vor ganzlichem Schlusse dieses Werkes, die Nachricht von dem Resultate dieser Probe mitzutheilen, welche ganz zum Vortheile des Chronometers, der seiner Genauigkeit und seines regelmäßigen Ganges wegen gelobt wird, ausgefallen ist. Es scheint auf diese Weise also abgemacht zu sein, daß diese Construction mit Vortheil bei Secuhren angewendet werden könne.

215.

217.

Seite 93 u. folg.
neuer Continuation,
Doppelrad-Fer-
er auf dem König-
oberricht, am 28ten
regim. Bellowe als
ste, glaubt der Herr
vermuthlich, nicht un-
vermuthet mit einiger
Schloß dieses Pro-
Kohlen diefer Zeit
vertheil des Oprems
und keine regelmäßige
gefallen ist. Es hat
zu sein, daß die Ver-
fahren angewandt sind

Inches 1 2 3 4 5 6 7 8

Centimetres 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

TIFFEN® Color Control Patches

© The Tiffen Company, 2007

Blue	Cyan	Green	Yellow	Red	Magenta	White	3/Color	Black
Blue patch	Cyan patch	Green patch	Yellow patch	Red patch	Magenta patch	White patch	3/Color patch	Black patch

TIFFEN® Gray Scale

© The Tiffen Company, 2007

M	B	Y	C	K	G	W	M	B	G	R	A
M patch	B patch	Y patch	C patch	K patch	G patch	W patch	M patch	B patch	G patch	R patch	A patch



