

man die Feder immer vorgerichtet hat, so konnte ich doch nicht eine Methode unberührt lassen, welche sich mir durch die Erfahrung hinreichend bewährt hat, um so mehr, da sie überdies den großen Vortheil gewährt, daß diese Federn vom Rost nicht angegriffen werden können, wie es fast immer, früher oder später mit denen aus Stahl in den Secuhren der Fall ist.\*)

Bemerkung. Nach den durch ein Instrument gemachten Erfahrungen, welches die größere oder geringere Elasticität zu schätzen dient, hat man gefunden, daß Federn aus 18 karatigem Golde (obschon es mit dem reinsten rothen Kupfer verbunden, und auf die bekannte Verfahrungsweise gehärtet ist) ihre Elasticität vollkommen behalten, ungeachtet, daß sie eine sehr große Tension bis zu 360 Graden und darüber haben.

Da etwas Genaueres selbst über die Spiralen aus gehämmerten Stahl nicht bekannt ist, so mag man sich durch folgende Erfahrungen überzeugen:

Man nimmt Rundstahl, der möglichst rein ist, von  $\frac{1}{4}$  Linie Dicke, zieht ihn durch das Streckisen, um daraus eine Klinge von  $\frac{1}{7}$  Linie Dicke und  $\frac{1}{20}$  Linien Breite zu erhalten; diese Klinge wird so hart, daß sie, wenn man sie biegt, fast wie Glas bricht; hat man sie sonach spiralförmig gebogen und einer Unruhe angepaßt, und dieser Feder eine Tension von 360 Graden gegeben, so kann man noch einen Grad weiter gehen. Dieser Versuch mehre Male mit anderem gehämmerten Stahl wiederholt, hat fast immer dieselben Resultate geliefert. Man hat denselben Versuch mit wenig gehämmerten Stahl gemacht, die Blätter waren doppelt, dreifach, u. s. w. und überdies von nochmals geglühtem Stahl. Hiernach ist es schicklich, die Spiralfedern aus gehärtetem Stahl zu machen und sie blau anlaufen zu lassen, damit sie mehr elastisch werden.

18karatiges Gold, wenn es mit sehr reinem Kupfer alligirt und nach den oben stehenden Processen gehärtet ist, behält seine Elasticität vollkommen, ungeachtet daß es eine Tension von 360 Graden und mehr besitzt, was ihm die Eigenschaft ertheilt, daß es mit Erfolg für Chronometer und Secuhren anwendbar ist. Man wird bemerken, daß die Spirale aus Gold schwerere compensirende Gewichte für die Unruhe erfordert, um die Ausdehnung und Zusammenziehung des Stahls durch die verschiedenen Temperaturgrade zu verbessern.

## Viertes Kapitel.

### Von der Triebkraft.

98. Um den Bewegungsverlust des Regulators der Uhren zu ersetzen, welcher durch die Reibung und den Widerstand der Luft erzeugt worden ist, theilt man dem Regulator, durch eine Folge von Rädern und Trieben in zunehmender Geschwindigkeit und durch die Hemmung, die wiederherstellende Wirkung einer äußern Thätigkeit oder Triebkraft mit. Diese Kraft muß hinreichend groß sein, um die Trägheit der Getriebe und die Reibung zu überwinden, welche die verschiedenen Theile der Uhr erleiden, und um die Geschwindigkeit der Bewegung zu erhalten, welche man von diesem Regulator fordert. Es geschieht nur selten, daß man durch Versuche oder durch Erfahrung die Größe der Triebkraft in einer Uhr mit Genauigkeit bestimmen kann. Die Größe der Reibung des Räderwerkes, der Hemmung, des Regulators und die Trägheit der Getriebe zu schätzen ist schwierig, folglich noch weit schwieriger die Kraft zu berechnen, welche zur Ueberwindung derselben nöthig ist.

\*) Herr Arnold hat aus gehärtetem Stahl Federn erzielt, welche denen aus ungehärtetem und denen aus Gold gleich sind; alle sind von gleicher nöthiger Elasticität, es ist daher einleuchtend, daß diejenigen Federn, welche dem Rosten nicht unterworfen sind, vorgezogen werden müssen.

99. Die Triebkraft wird entweder durch die Schwere oder durch die Elasticität erzeugt (§. 6), das heißt, entweder durch Gewichte oder durch Federn. Die Gewichte werden in feststehenden Uhren angewendet; die Federn in denjenigen, welche den Erschütterungen ausgesetzt sind. Die erstern wirken durch eine Schnur, welche um einen mit dem Hauptrade der Uhr verbundenen Cylinder gewickelt ist. Die Wirkung des Gewichts ist immer dieselbe, die dadurch erzeugte Triebkraft muß als die gleichmäßigste betrachtet werden, und darum sind die Gewichte den Federn in allen Fällen vorzuziehen, wo man Gelegenheit hat, davon Gebrauch zu machen. In den Taschenuhren kann man blos Federn anwenden, welche entweder unmittelbar oder durch Einschaltung eines Kettenrades oder gekürzten Kegels auf das Räderwerk wirken.

100. Die Einrichtung einer Pendeluhr mit der Feder ist oft so beschaffen, daß die größte Gleichmäßigkeit der Triebkraft eine wesentliche Bedingung wird, um ihren Gang regelmäßig zu machen.<sup>o)</sup> In diesem Falle ist es absolut nothwendig ein Kettenrad anzuwenden. In den Seeuhren hat man allgemein ohne Ausnahme eine ganz genaue Gleichmäßigkeit in der Triebkraft herzustellen gesucht, und zu diesem Zweck daselbst das verbessernde Kettenrad angewendet, welches, das Hauptrad führend, die Kraft der Feder auf das Räderwerk fortpflanzt. Dieses Kettenrad hat die Gestalt eines gekürzten Kegels, und die Feder theilt ihm ihre Thätigkeit durch eine Kette mit, welche sich in einer am Umfange des Kettenrades gemachten Fuge auf- und abwickelt. Wenn die Feder gespannt ist, wirkt sie auf den weniger entfernten Theil der Achse des Kettenrades, oder auf einen sehr kurzen Hebel; aber in dem Maße als die Feder, indem sie sich loswickelt, an ihrer Spannung oder Kraft verliert, wird die Thätigkeit derselben allmählich auf die entferntern Theile der Achse oder auf längere Hebel übergehen; hieraus erhellet, daß man nach Maafgabe der Form des Kettenrades oder der Länge seiner Hebel nach der abnehmenden Kraft der Feder dahin gelangen kann, die Thätigkeit der Feder völlig gleich zu machen<sup>oo)</sup>.

101. Indessen hat uns die Erfahrung bewiesen, daß die Anwendung des Kettenrades nicht absolut nothwendig ist, um den Gang einer Seeuhr regelmäßig zu machen, und daß man den möglichst glücklichen Erfolg haben kann, wenn man von einem gezahnten Federhaufe Gebrauch macht, welches unmittelbar auf den Haupttrieb des Räderwerkes wirkt. Diese Art bietet ihrer Einfachheit wegen große Vortheile dar, und man vermeidet so die fast unzertrennlichen Beschwerlichkeiten des vereinigten Mechanismus des Kettenrades und der Hilfskraft, wie auch die Gefahr des Zerspringens der Kette<sup>ooo)</sup>.

102. Man kann darauf übrigens eine fast vollkommene Gleichmäßigkeit durch gezahnte Feder-

<sup>o)</sup> Wie in den gewöhnlichen Uhren am Unruherad.

<sup>oo)</sup> Dieses Kapitel ist blos auf allgemeine Betrachtungen über die Triebkraft in den Uhren beschränkt, weil in den folgenden Kapiteln, welche von Chronometern, Seeuhren und astronomischen Pendeluhren handeln, die genaue Beschreibung des Kettenrades, des gezahnten Federhauses und der Gewichte ihren rechten Platz finden wird.

<sup>ooo)</sup> Es sind ungefähr funfzig Jahre, daß Pierre Le Roy seine Seeuhr ohne Anwendung eines verbessernden Kettenrades construirt hat; der Gang dieser Uhr zeigt zur Gnüge, daß man des Kettenrades entbehren kann. Die von den Herren Breguet Vater und Sohn gefertigten Seeuhren sind oft ohne verbesserndes Kettenrad. Der Gang derselben, welcher in der kostbaren Instrumentalsammlung des berühmten Astronomen Schumacher, die Nummer 3056 trägt, ist in den astronomischen Nachrichten für 1823 bekannt gemacht worden. Dieser Gang ist ausgezeichnet und beweiset, daß man im Stande ist, auch ohne Kettenrad gute Seeuhren zu construiren.

häuser erlangen, wenn der Maßstab so beschaffen ist, daß das Federhaus einen großen Durchmesser erhalten kann; denn so kann man eine sehr lange Feder anwenden, welche viele Umgänge um die Spindel oder den Wellbaum des Federhauses hat, wovon man nur einige Gänge für den Gang der Uhr anwendet, und es ist einleuchtend, daß der Unterschied in der Triebkraft, wenn die Uhr aufgezogen, oder wenn sie fast abgelaufen ist, nicht groß und im Verhältniß zur Länge der Triebfeder immer nur sehr klein sein kann. Diese langen und biegsamen Federn bieten noch den Vortheil dar, daß sie ihre Elasticität besser behalten, und dem Zerspringen weniger unterworfen sind als starke und kurze Federn, wie man sie gewöhnlich in den Uhren mit Kettenrade anwendet. Diese letztere Eigenschaft der Feder ist schätzbar, besonders in einer Secuhr, wo das Zerspringen dieser Triebkraft den Schiffer während der Reise der Vortheile eines so nützlichen Instruments beraubt.

103. Durch die in dem vorhergehenden Paragraphen angezeigten Mittel gelangt man glücklich dahin, die Ungleichmäßigkeit der Triebkraft auf ein Kleinstes zu reduciren; aber nie kommt man dahin, sie gänzlich zu beseitigen. Es ist einleuchtend, daß die Feder mit mehr Kraft wirken muß, wenn die Uhr aufs Neue aufgezogen worden ist, und daß sie im Gegentheil in dem Maße allmählig schwächer wirken muß, als sie während des Ganges sich abwickelt. Indessen dieser kleine Rest von Ungleichheit in der Triebkraft hat keinen Einfluß auf den Gang des Chronometers oder der Secuhr, wenn man dafür sorgt, daß die Spirale oder die Feder gehörig isochronisch regulirt worden ist, denn dann werden die mehr oder weniger großen Bogen der Unruhe oder des Regulators in gleichen Zeiten sich vollenden, und folglich den Gang der Uhr nicht verändern.

104. Was die Feder selbst betrifft, so ist es wesentlich, daß sie aus einem zähen und nicht leicht brechbaren Stahl gemacht sei, welcher geeignet ist, eine ausgezeichnete Härte anzunehmen, die möglichst gleichmäßig sein muß. Aber diese Sorgfalt steht in der Gewalt des Federfabrikanten, und daher muß man sich nur an diejenigen wenden, welche für die besseren gehalten werden, von denen man ausgezeichnete Federn zu erhalten hoffen kann. Breite und schwache Federn sind in der Anwendung den schmalen und starken weit vorzuziehen, weil die breiten weniger unterworfen sind, sich zu ziehen oder in dem Federhause festzusetzen, oder was dasselbe ist, weil sie sich in einer und derselben Ebene besser auf- und abwickeln als kurze Federn, und daher weniger unterworfen sind gegen den Boden des Federhauses und gegen den Deckel zu reiben. Eben so zweckmäßig ist es, daß die Ränder der Feder gut abgerundet und polirt sind, damit die Reibung in dem Federhause vermindert werde.

105. Es ist auch sehr nothwendig, daß die Feder sich während des Abwickelns in dem Federhause nicht reibe, weil diese Reibung, welche nicht immer gleich wäre, die Federkraft verändern würde; dieß ist es auch was dem Federfabrikanten Gelegenheit giebt, seine Geschicklichkeit zu erproben.

106. In Paragraph 103 haben wir gesehen, daß der Isochronismus der Unruhenschwingungen in dem Gange einer Secuhr, die Wirkungen der Ungleichheit der Triebkraft aufheben kann. In den astronomischen Uhren ist die Triebkraft stets dieselbe (§. 99); aber diese köstliche Eigenschaft der Triebkraft erzeugt demungeachtet nicht ganz die Wirkung, welche zu wünschen ist.

Nach einiger Zeit vermehren sich die Reibungen in der Uhr, sei es durch Dickwerden des Oels, sei es durch andere Ursachen, so wird die dem Regulator mitgetheilte Reparativkraft immer weniger stark sein, und die Pendelschwingungen werden in dem Maße kleiner werden, als die Reibungen zunehmen. Die mehr oder weniger großen Oscillationen eines Pendels sind nicht isochronisch (§. 16), und die kleinen Bogen vollenden sich in kürzerer Zeit als die großen; folglich

werden die Pendelschwingungen in dem Maasse schneller, als die Reparativkraft, welche diesem Regulator durch das Hemmungsräd mitgetheilt wurde, sich vermindert, und die astronomische Uhr geht vor. \*)

Dieser Nicht-Ischronismus der Pendelschwingungen ist daher die Ursache, daß die strenge Gleichmäßigkeit der Triebkraft, welche durch Anwendung von Gewichten entsteht, nicht so viele Regelmäßigkeit erzeugt, als man annehmen sollte.

107. Es wäre noch zu wünschen, daß die Triebkraft einer astronomischen Uhr nach Verhältniß des durch die Reibung und die Verdickung des Deles verursachten Widerstandes vermehrt werden könnte. Um dieses zu bewirken, habe ich am Gehgewicht meiner astronomischen Pendeluhr einen Kelch angebracht, der dieselbe Form und Größe des Gewichtes hat, und in welches man von Zeit zu Zeit nach Erfordern ein Bleiforn von geeigneter Schwere legen kann, um so die Triebkraft zu vermehren, damit die Pendelschwingungen immer in völlig gleicher Größe erhalten werden können.

108. Es ist nothwendig, an den astronomischen Pendeluhrn eine Hilfskraft anzubringen, welche den Gang der Uhr, während sie aufgezogen wird, unterhalten kann (Man sehe d. 10te Kapitel); dasselbe gilt auch von den Seeuhren mit Kettenrad.

Dieser Mechanismus wird in der Folge dieses Werkes (13tes Kapitel, Artikel 1.) beschrieben werden; es würde folglich überflüssig sein, hier deshalb in Details einzugehen. Ich will nur bemerken, daß diese Hilfskraft zu einer beträchtlichen Vermehrung der Arbeit Veranlassung giebt, und daß es nöthig ist, in der Ausführung Sorge zu tragen, die Wirkungen derselben sicher zu erhalten.

Indem man in den Seeuhren das gezahnte Federhaus statt des Kettenrades (§. 101.) anwendet, vermeidet man den Mechanismus der Hilfskraft, denn die gezahnten Federhäuser haben die Eigenschaft die Uhr gehen zu machen, während man sie aufzieht. In den astronomischen Pendeluhrn könnte man von der Schnur ohne Ende Gebrauch machen, wie man sie vor Alters angewendet hat, und dann würde man keine Hilfskraft mehr nöthig haben.

Die Schnur ohne Ende läßt, ihrer Natur nach, die Uhr, während man sie aufzieht, fortgehen. Indessen bietet sie Unvollkommenheiten und Hindernisse dar, und damit ein astronomisches Pendel vollkommen sei, ist erforderlich, daß das Gewicht so wirke, wie in der Folge dieses Werkes angezeigt werden soll, und daß eine Hilfskraft die Uhr, während man sie aufzieht, im Gange erhalte.

## Fünftes Kapitel.

### Vom Räderwerke und der Berechnung der Räder und Triebe. (Tafel IV.)

Das Räderwerk theilt dem Regulator durch eine Folge von Rädern und Trieben die Thätigkeit der Triebkraft mit. In dem Maasse als die Räder sich von der Triebkraft weiter entfernen, nimmt

\*) Läßt man das Pendel in sehr kleinen Bogen schwingen (§. 17.), so ist es nothwendig, daß die Veränderung des Ganges durch die Vermehrung der Reibungen sehr klein und für Astronomen wenig merkbar werde; diese aber sind es, welche überhaupt astronomische Pendeluhrn gebrauchen und welche von diesen Instrumenten eine strenge Genauigkeit fordern. Diese Veränderung ist nicht gleichgültig, wenn die astronomische Pendeluhr als Regulator dienen soll; denn es kann besonders im Winter sich zu tragen, wenn der Himmel lange bedeckt ist, daß das Pendel mit den Fixsternen oder der Sonne nicht verglichen werden kann, und dann ist daran gelegen, daß während dieser Zeit die Uhr einen völlig gleichmäßigen Gang behalte.