

lässt man ihn vor dem Guss etwas abkühlen und hat die richtige Temperatur für das Giessen selbst mit Vorsicht zu bestimmen, damit das Produkt nicht blasig wird.

Einen hohen Vorzug vor den übrigen Metallen bietet der Stahl durch die Härbarkeit. Wenn man ihn rothglühend in einer Flüssigkeit abkühlt, nimmt er dadurch eine so bedeutende Härte an, dass man alle Metalle damit bearbeiten kann. Die grosse Sprödigkeit, welche beim Härten im Stahl entsteht, wird durch mässiges Erhitzen, das sogenannte Anlassen, entfernt. Gehärteter und entsprechend angelassener Stahl besitzt ausser grosser Härte und Festigkeit bedeutende Widerstandsfähigkeit und Elastizität und nimmt eine hohe Politur an. Harter Stahl ist gegen Säuren unempfindlicher, als weicher.

In der Uhrmacherei werden die meisten stählernen Theile gehärtet, mit Ausnahme z. B. der Kompensations-Unruhen, welche zuweilen nur blau angelassen sind, um etwaige Spannungen im Metall zu beseitigen. Für die Anker der Pendeluhren leistet gehärteter Stahl vorzügliche Dienste, ohne dass die wirkenden Theile angelassen werden. Der Cylinder an den Lippen und die Zähne der Cylinderräder sind ebenfalls ganz hart. Als man noch die Cylinderräder von Messing machte, hatte man in der Regel eine starke Abnützung des Cylinders zu beklagen. Jürgensen nietete, um diesem Uebelstande abzuhelfen, die Räder etwas unflach auf das Trieb, damit jeder Zahn an einer anderen Stelle des Cylinders angreifen sollte. Nachdem er aber versuchte, stählerne Räder zu verwenden (1805), erkannte man bald allgemein die grossen Vortheile derselben. Um das Einschlagen der Paletten an Regulateuren zu vermindern, werden die messingenen Gangräder vergoldet, oder man taucht sie mit den Zahnsitzen in Scheidewasser, bis sie eine gekörnte, vergoldungsähnliche Oberfläche zeigen und wäscht sie dann sorgfältig in Spiritus und Wasser.

Die Elastizität des gehärteten Stahles findet ihre wichtigste Anwendung bei den Zug- und Spiralfedern. Man wird zugestehen müssen, dass die Elastizität einer Zugfeder sehr hohen Anforderungen Genüge zu leisten hat und die Formveränderungen derselben ganz beträchtlich sind, besonders, wenn man, von den beiden Extremen ausgehend, die Feder erst auf dem Federkern aufgewunden betrachtet und sodann im freien, natürlichen Zustand, in welchem die äusseren Umgänge einer Sorte feiner Genfer Federn eine gerade Linie bilden. Die molekulare Anstrengung der Zugfeder wächst, wenn der Durchmesser des Federkernes im Verhältniss zur Stärke der Feder kleiner wird. Je nach der verschiedenen Qualität des Stahles und dessen Behandlung durch Hammer, Walzwerk u. dergl., sowie durch die Art und Weise des Härtens und Anlassens wird die Elastizität der Feder grösseren oder geringeren Anstrengungen gewachsen sein. Wenn es angesichts der grossen Arbeitsleistung der Zugfeder auch nicht immer möglich ist, das Springen derselben zu verhüten, wird man dasselbe durch peinliche Beobachtung der richtigen Verhältnisse thunlichst beschränken. Für Taschenuhren ist beispielsweise der Federkern  $= \frac{1}{3}$  und die Dicke der Federklinge  $= \frac{1}{80}$  des inneren Federhausdurchmessers zu wählen. Es muss also die Feder bei 14 Umgängen im abgelaufenen Zustand einen Ring im Federhaus ausfüllen, der  $= \frac{1}{6}$  des inneren Federhausdurchmessers breit ist. Während der Reparatur sollte man die Feder in einem Kasten aufbewahren, um sie vor Schmutz zu schützen, so dass man nicht nöthig hat, sie in Benzin zu reinigen. Man entferne vor dem Einwinden mit dem Federwinder das alte Oel durch Abwischen mit Seidenpapier und vermeide sorgfältig jede Anstrengung der Feder. Man gebe gutes Oel, weder zu wenig, noch so viel, dass es sich beim Aufziehen aus dem Federhaus herausdrängt. Trotz aller angewendeten Vorsicht springt doch manche Feder und zwar oft schon infolge plötzlicher Temperatur- oder Witterungswechsel.

Während die Versuche, die Zugfedern aus einem anderen Metalle anzufertigen, als aus Stahl, an totalen Misserfolgen scheiterten, erzielte man bei den Spiralfedern in dieser Hinsicht günstigere Resultate und auf dem internationalen Kongress für Zeitmesskunde zu Paris 1889 empfiehlt Phillips angelegentlichst, die Experimente fortzusetzen, welche die Brauchbarkeit ver-

schiedener Metalle zu Spiralen illustriren. Die Kraft einer Spiralfeder wird nicht, wie bei den Zugfedern bis in die Nähe der Elastizitätsgrenze ausgenützt, sondern in engeren Grenzen verwerthet. Das wesentlichste Erforderniss dabei ist ihre absolute konstante Wirkung. Aus diesem Grunde ist es bei der Anfertigung brauchbarer Spiralen Bedingung, auf die grösstmögliche Gleichmässigkeit im Gefüge des Stahles und der Härtung desselben zu achten. Bei den Chronometern mit gehärteter Spiralfeder beobachtet man in den ersten Jahren nach ihrer Vollendung eine stetige Zunahme im Gange, und erklärt es dadurch, dass der gezwungene molekulare Zustand, welcher durch das Härten des Stahles eintritt, sich durch das Arbeiten der Spirale allmählich ändert und nach dem angedeuteten Zeitraume ein molekulares Gleichgewicht eintritt, welches beim Reguliren günstigere Resultate zulässt. Nach 20 und mehr Jahren ist die regulirende Kraft einer Spirale verbraucht und der Grund zu Gangdifferenzen, die sich durch ein zu hohes Alter der Spirale erklären, ist in einem durch das immerwährende Zusammenziehen und Ausdehnen veränderten Gefüge des Stahles zu suchen. Der Isochronismus, d. i. die absolute Gleichheit der Zeitdauer grossen und kleiner Schwingungen der Unruh, diese Grundbedingung genauer Reglage, hat als erste Voraussetzung, dass die Spirale vollkommen gleichmässig in Material und Härtung und weder durch Herstellung, noch durch Befestigung irgend welchen Spannungen unterworfen ist. Ein grosser Theil der zur Verwendung kommenden Spiralen ist nur mechanisch gehärtet, indem der Stahldraht durch das Zieheisen gezogen wird, ohne ihn dabei von Zeit zu Zeit auszuglühen. Diese Spiralen sind weich und leicht zu biegen. Wer z. B. die im Feuer gehärteten Spiralen von G. Sandoz in Genf verwendet, wird den Unterschied kennen, welcher aus der verschiedenen Härtung hervorgeht.

Die Spiralfedern von Stahl ergeben in den verschiedenen Temperaturen eine geringere Gangdifferenz im Vergleich zu denjenigen von Gold- und Silber-Legirungen und erfordern deshalb geringere Kompensationsmassen. F. Berthoud schreibt  $\frac{11}{13}$  des Nachbleibens einer Uhr in der Wärme dem Verluste an elastischer Kraft der Spirale zu. Je länger eine Spirale ist, desto mehr verliert sie in der Wärme an elastischer Kraft. Zur Erzielung einer genauen Reglage ist überhaupt eine gewisse Länge der Spiralfedern erfahrungsgemäss die vortheilhafteste. Die Länge beträgt für Cylinderuhren 8 bis 9 Umgänge und für Ankeruhren, der grösseren Schwingung wegen, 12 bis 13 Umgänge. Nach Versuchen von Paillard in Genf sind die aus Temperaturunterschieden hervorgegangenen Differenzen proportional dem Längenausdehnungskoeffizienten\*) des Metalles, aus welchem die Spiralfeder gemacht wurde. In sofern ist nur Palladium dem Stahl vorzuziehen; Platin eignet sich wegen seines grossen spezifischen Gewichtes weniger für die Verwendung in tragbaren Uhren, in denen schwere Spiralen durch Erzittern beim Tragen Differenzen hervorrufen.

Die geringe Ausdehnung des Stahles in der Wärme gab Veranlassung zu dessen Verwendung bei Kompensationsunruhen und Kompensationspendeln. Bei den Unruhen besteht der innere Kranz aus Stahl und der äussere aus Messing, welches sich in der Wärme bedeutend mehr ausdehnt und dadurch bei steigender Temperatur eine Krümmung des Unruhreifens nach innen veranlasst. Die Rostpendel-tragen Messing- oder Zinkstäbe derartig angeordnet, dass ihre Ausdehnung in entgegengesetzter Richtung zu derjenigen der Stahlstäbe in Wirkung tritt und dadurch ein Ausgleich geschaffen wird. Bei den Quecksilberpendeln erreicht man die Kompensation der Ausdehnung der stählernen Pendelstange durch Quecksilber, welches in einem oder zwei Gefässen die Linse des Pendels vertritt.

Zur besseren Vergleichung sind nachstehend die Längenausdehnungskoeffizienten bekannter Metalle zusammengestellt.

\*) Unter Längenausdehnungskoeffizienten versteht man die Zahl, welche anzeigt, um den wievielten Theil seiner Länge sich ein Körper bei der Erwärmung von 1° C. (zwischen 0—100°) ausdehnt.