

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 zu viel, dass es sich beim Aufziehen aus dem Federhaus herausdrängt. Trotz aller angewendeten Vorsicht springt doch manche Feder und zwar oft schon in Folge 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 Congress für Zeitmesskunde zu Paris 1889 empfiehlt Phillips angelegentlichst, die Experimente fortzusetzen, welche die Brauchbarkeit verschiedener 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 verworther. 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 grosser 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-Legierungen und erfordern deshalb geringere Kompensationsmassen. F. Berthoud schreibt $\frac{1}{12}$ 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 Längenausdehnungscoefficienten*) des Metalles, aus welchem die Spiralfeder gemacht wurde. Insofern 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 Längenausdehnungscoefficienten bekannter Metalle zusammengestellt.

Tabelle der Längenausdehnungscoefficienten bekannter Metalle.

Name des Metalles.	Ausdehnung der Länge 1 bei Erwärmung von 1 C. (zwischen 0—100).
Stahl, weich	0,00001079
„ gehärtet	0,00001225
Messing	0,00001892
Zink	0,00002942
Quecksilber	0,00060060
Blei	0,00002848
Eisen	0,00001167—0,00001440
Gold	0,00001466
Kupfer	0,00001717
Palladium	0,00001025
Platin	0,00000856
Silber	0,00001909
Zinn	0,00002173

Eine unerwünschte Eigenschaft des Stahles ist seine nahe chemische Verwandtschaft zum Sauerstoff, vermöge deren er leicht oxydirt oder rostet, wie der ge-läufige Ausdruck dafür ist. Rost entsteht durch blosse Einwirkung der Atmosphärien und besonders dadurch, dass sich der in der Luft enthaltene Wasserstoff auf dem Stahle niederschlägt, wobei kohlen-saures Eisen-oxydul entsteht, welches durch den Sauerstoff der Luft in Eisenhydroxyd, dem eigentlichen sogenannten Rost oxydirt wird. Durch Eintauchen in eine Lösung von Aetznatron, Ammoniak oder Soda wird der Stahl widerstandsfähiger gegen Rost gemacht. In trockener Luft hält sich der Stahl lange unverändert. Man umgiebt deshalb die Uhrwerke, um sie der Gefahr des Rostens zu entziehen, mit möglichst luftdichten Gehäusen. Um Uhrtheile vor Rost zu schützen, werden sie mit Politur versehen und sorgfältig von Unreinlichkeiten, welche geeignet sind, die Feuchtigkeit der Luft anzuziehen, befreit. An einer Spirale reicht eine Spur von Rost hin, um ihre regulirende Kraft zu zerstören.

*) Unter Längenausdehnungscoefficienten 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.