der Szene, sondern Ermahnungen zur Tugend der „attrempance“, d. h. der Mäßigung. Das Bild soll also darstellen, wie die Mäßigung mit kundigen Händen das Räderwerk der menschlichen Seele regelt, oder das Menschenleben zu einem kunstreichen Getriebe macht. Die Handschrift, der diese Malerei entnommen ist, stammt etwa vom Jahre 1475.

Die vereinfachte Darstellung eines Uhrwerks, die häufig vorkommt, sehen wir in der Abb. 3. Auf einem Fuß erhebt sich eine Säule. Auf dieser liegt ein Kronrad. Ueber das Kronrad hinaus wächst die „Wag“. Am Kronrad selbst hängen zwei Uhrgewichte.

Dieser vereinfachten Uhrdarstellung begegnet man wiederholt auf Kunstblättern. Da ist zunächst unsere Abb. 4, der Ausschnitt aus einem Stich von Theodor Galle, etwa vom Jahr 1600. Einem Litigiosus, d. h. einem streitsüchtigen Menschen, der schreibend im Bett sitzt, tritt eine Frauengestalt entgegen. In der rechten Hand hält sie eine große Kerze, in der Linken eine Ratsche, wie die Nachtwächter sie führen. Die Frau versucht also, den Mann aufzurütteln und mit dem Licht Klarheit zu bringen. An der linken Kopfseite der Frauengestalt sehen wir ein Herz, aus dem die „Inquies cordis“, d. h. die Unruhe des Herzens, herausragt. Statt der Unruh ist nur das Kronrad dargestellt.

Etwas jünger ist unsere Abb. 5. Sie zeigt das Titelblatt eines Buches von Robert Fludd aus dem Jahr 1617. Man sieht als runde Scheibe den Mikrokosmos, d. h. die Sphäre, darin das menschliche Leben sich abspielt. Diese Scheibe ist vom Ring des Makrokosmos umgeben, darin sich das Leben außerhalb der Erdsphäre abwickelt. Um den Ring ist mehrmals ein Seil geschlungen, das von einem geflügelten, bocksbeinigen Menschen gezogen wird. Er schreitet in den Wolken und trägt auf dem Kopf eine von einer Unruh überhöhte Sanduhr.

Die gleiche Sanduhr mit Unruh sehen wir auf Abb. 6, dem Ausschnitt des Titelblattes der deutschen Ausgabe von Garzoni, Piazza universale, Frankfurt 1619. Auf dem Sockel der Figur lesen wir, daß hier die „Experientia“ dargestellt ist. Die Experientia versinnbildlicht die Erfahrung; deshalb auch die deutsche Erklärung unter dem lateinischen Wort.

Abb. 6

Grundzüge der Theorie der Zugfeder

Von Oberingenieur Gust. Ad. Krumm (Freiburg i. Schl.)

Fortsetzung der in Nr. 16 veröffentlichten Arbeit „Grundzüge der Theorie der Zugfeder“. Siehe auch Nr. 21: „Berechnung der Federlänge“, Nr. 24: „Berechnung der Federstärke“, Nr. 28 u. 30: „Berechnung der Spannkraft und des Kraftmomentes einer Zugfeder“, und Nr. 31: „Berechnung des Kraftzuges durch die Feder am Steigradzahn“.

Berechnung der Federbreite

Zur Berechnung der Federbreite wurde noch keine Formel abgeleitet und soll dies hiermit vorerst geschehen. Nach Formel (67) ist das Kraftmoment

$$M = \frac{E \cdot s^3 \cdot \alpha \cdot h}{12 \cdot l}$$

und daraus ergibt sich, daß

$$h = \frac{M \cdot 12 \cdot l}{E \cdot s^3 \cdot \alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (81)$$

In dieser Formel ist noch eine unbekannte Größe, nämlich der Verdrehungswinkel α. Um diesen zu finden, muß vorher n'' bestimmt werden, wozu die Formel (14) dient, in der man für r_3 den gleichen Wert aus Formel (13) einsetzt. Es ist

$$n'' = \frac{\sqrt{\frac{r^2 + r_1^2}{2}} - r_1}{s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (82)$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{16^2 + 5{,}33^2}{2}} - 5{,}33}{0{,}31}$$

$$= 21 \text{ mm.}$$

Erfahrungsgemäß hat die vollständig entspannte Feder außerhalb des Federhauses ein Drittel der Umgänge der vollständig aufgezogenen Feder, das sind für den vorliegenden Fall 7 und der Winkel α ist demnach

$$\alpha = (n'' - n''') \cdot 2 \cdot \pi = (21 - 7) \cdot 2 \cdot 3{,}14 = 87{,}92.$$

Mit Hilfe dieser Angaben ist nun die Federbreite zu berechnen. Es ist, indem man in die Formel (67) die Zahlenwerte einsetzt:

$$h = \frac{79\,360 \cdot 12 \cdot 1150}{26\,000\,000 \cdot 0{,}31^3 \cdot 87{,}92} = 16 \text{ mm.}$$

Bei dieser Berechnung wurde von der selten zutreffenden Voraussetzung ausgegangen, daß der Zug an den Zahnspitzen des Steigrades bei voll aufgezogener Feder gegeben ist. Viel öfter stellt sich die Aufgabe so, daß die zum richtigen Funktionieren der Uhr erforderliche Minimalkraft an den Gangradzahnspitzen gegeben ist, die auch noch am Ende der vorgesehenen Gangdauer herrschen muß. Die Lösung dieser Aufgabe ändert sich nur insofern, als der Verdrehungswinkel der Feder kleiner angenommen wird, und zwar, um die innerhalb der Gangdauer ausgeführten Federhausumgänge. Im vorliegenden Falle ist Winkel α um vier Federhausumgänge kleiner und wird zu

$$\alpha = (17 - 7) \cdot 2 \cdot 3{,}14 = 62{,}8.$$

Dann wird

$$h = \frac{M \cdot 12 \cdot l}{E \cdot s^3 \cdot \alpha} = \frac{79\,360 \cdot 12 \cdot 1150}{26\,000\,000 \cdot 0{,}31^3 \cdot 63} = 22{,}4 \text{ mm.}$$

Da die Zugkraft proportional der Breite wächst, ist sie um das gleiche Verhältnis größer, als die Feder breiter geworden ist. Dies gilt für jede zufolge der Spannkraft der Feder an irgendeiner Stelle des Räderwerkes wirkenden Kraft, demzufolge auch für den an den Zahnspitzen des Steigrades wirkenden Zug, dessen Größe bei voll aufgezogener Feder sein wird:

$$P = \frac{0{,}6 \cdot 22{,}4}{16} = 0{,}84 \text{ g,}$$

oder mit Worten, die Kraft, die an den Zähnen des Gangrades wirkt, ist bei voll aufgezogener Feder 0,84 g, am letzten