

Z. B. sind die in den meisten Taschenuhren verwendeten Zahnzahlen

Federhaus	Minutenrad	Zwischenrad	Sekundenrad	Gangrad
80	10	64	8	60
		8	60	6
				15

solche, bei denen stets dieselben Rad- und Triebzähne (mit Ausnahme Zwischenrad-Sekundentrieb, wo ein Wechsel erfolgt) in Eingriff gelangen.

Bei einem Auseinandernehmen und Wiederzusammensetzen kämen dann im allgemeinen andere Zähne miteinander in Eingriff.

Ueber die Verstärkung der Fehler möge folgende Betrachtung ein Bild geben: im Durchschnitt seien in einer gewissen Stellung des Räderwerkes die Uebersetzungen vom Federhaus zum Minutentrieb, vom Minutenrad zum Zwischentrieb, vom Zwischenrad zum Sekundentrieb je das 1,2fache der richtigen für eine sehr kleine Bewegung, dann macht das Sekundentrieb statt der ihm zukommenden einfachen Winkelbewegung, die  $1,2 \times 1,2 \times 1,2 = 1,728$ fache Drehung, wozu vom Federhaus der 1,728fache Antrieb nöthig ist.

Dieser Antrieb kann geleistet werden, wenn die Feder ganz aufgezogen ist, wenn sie aber nahezu abgelaufen, muss sie stehen bleiben. Zahlreiche Uhren segeln lange an dieser Klippe vorbei, bleiben stehen, gehen ganz aufgezogen lange Zeit wieder und der Besitzer glaubt stets er habe die Uhr vergessen aufzuziehen, so dass dieser Fehler erst, wenn auch im Gange, in den Zapfen etc. geringe Hemmungen eintreten, gänzlich zum Stillstande führt.

Solche Fehler sind bei Uhren mit Schnecke, wo das Räderwerk nie mit bedeutender Ueberkraft wirkt, selten, und Pendeluhren mit langer Gangdauer, wie sie z. B. von tüchtigen Uhrmachern in Wien erzeugt werden, vertragen solche Fehler überhaupt nicht. Fragen wir uns nun, welchen Einfluss eine falsche Zahnform hat, so müssen wir uns die theoretisch richtigen Formen zunächst als Ausgangspunkt nehmen und ergibt sich da, dass die über die richtige Form tretenden Theile die Uebersetzung vergrössern, die zurücktretenden letztere verkleinern, einerlei ob sie dem treibenden oder getriebenen Rade und Triebe angehören.

Wirken gleichzeitig zwei Zahnpaare, so treibt der Zahn, welcher die stärkste Bewegung hervorbringt.

Die Uebersetzungsgrösse wird ferner verändert durch das Seichter- oder Tiefersetzen des Eingriffes.

Die Bestimmung der Achsenentfernung erfolgt in der Uhrmacherei nach dem Versuche. Rad und Trieb werden im Eingriffzirkel zwischen Spitzen laufen gelassen und ihre Entfernung solange verändert, bis die Bewegungsübertragung sanft und stossfrei erfolgt.

Dies ist auch dadurch begründet, dass die Räder meist von der genauen Grösse etwas abweichen, so dass eine kleine Aenderung der Eingriffsentfernung nöthig wird, was man am einfachsten mittels Eingriffzirkel berichtigt.

Da nun das Setzen der Eingriffe je nach der Uebung des Uhrmachers entsprechend erfolgt, so sind schon aus diesem Grunde Fehler möglich.

Beim seichter Setzen wird nun dem Triebe und dem Rade ein etwas grösserer Theilkreis gegeben, doch fällt diese Grössenzunahme für das Trieb mehr ins Gewicht als für das Rad. Die Folge ist, dass die Uebersetzung kleiner wird und damit eine leichtere Antriebswirkung eintritt.

Andererseits bleibt aber das Trieb zurück und der nächste Radzahn trifft den nächsten Triebzahn weiter, als es sein sollte, vor der Mittellinie. Seichter Eingriff birgt also die Gefahr des Aufsitzens der Zähne. Umgekehrt ist es wieder beim tiefer Setzen. Immerhin sind aber Abweichungen von den theoretisch bestimmten Grössen zulässig, ehe die genannten Nachteile allzu störend auftreten.

Im allgemeinen findet man mehr zu seicht als zu tief gesetzte Eingriffe. Gerade aber bei den kleinsten wenigzahnigen Trieben der Uhrmacherei, d. h. bei den Gangtrieben der Taschenuhren, finden wir einen Fehler, der zu verhältnissmässig sehr seichter Eingriffstellung zwingt. Die Zahnücke derselben ist zu seicht, d. h. der Grunddurchmesser meist zu gross. In der That müssen diese Triebe einen sehr geringen Grunddurchmesser erhalten.

Wäre die Wälzungshöhe des Radzahnes 0,5 der Theilung, so würde das Verhältniss ( $k$ ) des Triebgrunddurchmessers zum äusseren Durchmesser sein: für runde Wälzung und Radzahnstärke  $= 0,45 \times$  Theilung.

$$k = \frac{d_g}{d_a} = \frac{d_w - 1t}{d_w + 0,4t} \quad *)$$

$$k = \frac{\frac{zt}{\pi} - 1t}{\frac{zt}{\pi} + 0,4t} = \frac{\frac{z}{\pi} - 1}{\frac{z}{\pi} + 0,4} = \frac{z - \pi}{2 + 0,4\pi}$$

Für 6er Trieb wäre  $z = 6$ ,  $k = 0,383$  entsprechend bei spitzer Wälzung  $k = 0,362$ . Für ein 6er Trieb von äusserem Durchmesser 1 mm, würde also bei Radzahnwälzungshöhe  $= 0,45 \times$  Theilung der Grunddurchmesser 0,383 mm bei runder Wälzung, 0,362 mm bei spitzer Wälzung sein sollen. In Wirklichkeit werden aber diese Triebe meist mit einem Grunddurchmesser von 0,5 bis 0,6 mm ausgeführt.

Welches Missverhältniss muss dann bei den in billigen Uhren verwendeten 0,5 der Theilungen bei starken Radzähnen entstehen. In der That wird der Eingriff so tief gesetzt, dass die Radzahnspitzen nicht auf den Triebgrund streifen.

Von einer Anwendung der Grundsätze der Verzahnung kann aber wohl füglich hier nicht mehr die Rede sein. Die wenigzahnigen Triebe könnten, wenn sie tief genug geschnitten sind, ganz gut Dienst thun, namentlich da, wo sie wenig Druck übertragen. Am ehesten gilt dies von den Gangtrieben, bei denen die jedesmalige Bewegung um 12 Grad (bei 15 zahnigem Steigrad) ein Steckenbleiben an der Stelle des ungünstigsten Wirkens nicht befürchten lässt.

Es ist wohl natürlich, dass der auf seinen Vortheil bedachte — vielfach auch im Preise stark bedrückte Triebmacher die Triebe so seicht als möglich zu liefern sucht — wenn der Uhrmacher sich dies aber gefallen lässt, so ist es sein Verschulden! —

Leider sind die zu seicht geschnittenen, wenigzahnigen Triebe für viele mit den Grundsätzen der Verzahnungen nicht vertraute Uhrmacher überhaupt der Ausgangspunkt der Betrachtung der Verzahnungen, was die bei Vielen so unklaren Begriffe über letztere noch mehr verwirrt.

Der Einfluss der unrichtigen Grössen der Räder und Triebe wurde schon berührt. Bei zu kleinen Trieben hat der sogenannte Fall statt, sie werden oft absichtlich angewendet.

Zu grosse Triebe bemerkt man leicht daran, dass ein zu früher Eingriff vor der Mittellinie erfolgt, weil infolge der zu grossen Theilung der Triebe der Triebzahn, welcher eben in Eingriff kommen soll, weiter zurücksteht als der Theilung des Rades entspricht. Dann sitzt der Radzahn auf den Triebzahn auf und es entsteht eine stossweise Wirkung.

Die Wahl des richtigen Triebes zeigt natürlich den Fehler nicht mehr. Die Führung erfolgt sanft und gleichmässig.

**Der weitaus häufigste Fehler der Verzahnungen der Uhrmacherei sind aber die mangelhaften Theilungen.** Falsche Theilungen rühren von Fehlern in der Theilscheibe und anderweitigen Mängeln der Räder- oder Trieb-Schneidmaschine her. Diese sind aber im allgemeinen noch als klein zu bezeichnen gegen die, welche durch die Methode des Verzahnens der Räder entsteht, wie sie z. B. in der Schweiz üblich ist. Das Rad erhält hier zunächst parallele Einschnitte, deren Breite oft nur  $\frac{1}{3}$  der Theilung beträgt.

Die Finirfräse hat nun die Lücke von 0,33 bis 0,55 der Theilung also um das  $\frac{2}{3}$  fache zu erweitern und dabei auch die Wälzung zu geben.

Die Fräse wird keineswegs durch eine Theilung gezwungen die Lücken je an den rechten Stellen herauszuarbeiten, sondern die Fräse wirkt sozusagen von ungefähr und die ungenügend vorgeschnittenen Lücken erleichtern ihnen nur etwas die Wirkung.

\*) Die Wälzungshöhe ist  $\frac{0,443 + 0,387}{2} = \frac{0,83}{2} = 0,415 = 0,42 t$  und bei 0,08 t Luft zwischen Radzahnspitze und Triebgrund folgt  $d_g = d_w - 2 \cdot (0,42 + 0,08) \cdot t = d_w - \dots$