

Das Prüfen und Berichtigen der Eingriffe

Von H. A p e l, Hamburg

Es wird manchem Fachmann überflüssig erscheinen, daß über dieses Thema noch geschrieben wird, da es zu den Hauptpunkten der Uhrmacherlehre gehört. Hieraus sollte die Annahme berechtigt sein, daß jeder fachangehörige, der Anspruch auf die Bezeichnung „Uhrmacher“ erhebt, auf diesem Gebiet sattelfest ist. Die Erfahrung aus dem Umgang mit vielen Ausübenden unseres Berufes lehrt jedoch, daß dies durchaus nicht der Fall ist; es ist im Gegenteil häufig ein recht erheblicher Mangel an Kenntnissen der Eingriffstheorie und oftmals auch eine bequeme Nachlässigkeit in der Beachtung der notwendigen Forderungen in diesem Punkt anzutreffen. Für den guten Gang einer Uhr sind aber einwandfreie Eingriffe von außerordentlicher Bedeutung, da von ihnen die gleichmäßige und möglichst verlustfreie Übertragung der Antriebskraft auf die Hemmung und den Gangregler in hohem Maße abhängig ist. Diese Tatsache zwingt den gewissenhaften Uhrmacher, den Eingriffen die größte Sorgfalt zuzuwenden und mit allen ihm zur Verfügung stehenden Mitteln und Maßnahmen ihr tadelloses Funktionieren herbeizuführen. Nun kann zwar gesagt werden, daß in den modernen Uhren kaum noch grobe Eingriffsfehler anzutreffen sind; jedoch müssen auch immer noch viele Uhren älteren Ursprungs repariert werden, bei denen sehr oft die Eingriffe verbesserungsbedürftig sind. Jedenfalls genügt es niemals, daß man bei einer Uhr die Eingriffe als in Ordnung befindlich ansieht, wenn das Laufwerk nach Entfernen der Hemmung ohne Stockung abläuft, wie dies der Verfasser schon so oft beobachtet konnte! Im Folgenden soll nun das Thema „Eingriffe“ unter dem Gesichtspunkt der täglichen Werktscharbeit besprochen werden.

Wie wir wissen, arbeitet ein Eingriff einwandfrei, wenn bei richtigem Durchmesser von Rad und Trieb ihre Teilkreise sich so berühren, daß sie aufeinander abrollen. Es ist meistens nicht möglich, die Erfüllung dieser Bedingung mit dem Auge nachzuprüfen, da die Bauart der Uhren in den weitaus meisten Fällen keinen Einblick in die Funktion der Eingriffe gestattet. Die Prüfung der Eingriffe ist daher zur Hauptsache eine Angelegenheit des „Fingerspitzengefühls“, d. h. die Fehler wie auch die einwandfreie Beschaffenheit werden vorwiegend gefühlt. Zu diesem Zweck setzt man Rad und das mit ihm im Eingriff stehende Trieb — n u r d i e s e b e i d e n T e i l e — in das Werk ein, dreht das Rad mit Hilfe eines angespitzten Putzholzes in seiner Laufrichtung und bremst gleichzeitig das Trieb, so daß es im leichten Lauf gehemmt wird. Das Bremsen des Triebes erfolgt mit einem nicht zu schlank angespitzten Putzholz, das man gegen den hinteren Triebzapfen in die Olsenkung drückt. Bei diesem Probieren des Eingriffes ist es von außerordentlicher Wichtigkeit, daß das Rad ganz langsam, Zahn für Zahn, gedreht wird! Das wird häufig nicht beachtet; bei dem schnellen, ruckartigen Vorwärtsdrehen des Rades, wie es von unkundiger Hand meistens ausgeführt wird, können aber Fehler nicht sicher wahrgenommen werden. Das sachgemäße, langsame Durchfühlen des Eingriffes ist ein untrügliches und auch das einzige sichere Mittel, jeden Eingriffsfehler zu entdecken, auch wenn die ineinandergreifenden Zähne nicht zu sehen sind.

Sehr oft wird versucht, die Güte eines Eingriffes nur nach dem Maß der Zahnluft zu beurteilen; das ist unbedingt falsch. Ein Eingriff kann knappe Zahnluft aufweisen und doch zu seicht stehen, umgekehrt kann trotz reichlicher Zahnluft ein zu tiefer Eingriff vorliegen. An und für sich ist es für das glatte Durchgehen eines Eingriffes gleichgültig, ob viel oder wenig Zahnluft vorhanden ist, natürlich dürfen sich die Zähne auch nicht klemmen. Man soll aber — besonders bei Kleinuhren — darauf achten, daß jeder Eingriff eher reichliche Zahnluft hat, damit nicht schon jedes kleinste Schmutzteilchen das Laufwerk blockieren kann.

Ein Eingriff kann als einwandfrei bezeichnet werden, wenn er sich beim langsamen Durchführen vollständig glatt anfühlt, so daß man nicht merkt, wann ein Radzahn das Trieb verläßt oder ein neuer in dasselbe eintritt. Außerdem muß in jeder Stellung des Rades und des Triebes genügende Zahnluft vorhanden sein. Zur Prüfung der Zahnluft hält man das Trieb fest, drückt das Rad gegen das Trieb und untersucht an möglichst vielen Stellen des ganzen Radumfanges durch Hin- und Herbewegen des Rades, ob seine Zähne in jeder Stellung des Triebes Luft in den Triebzahnlücken haben. Auf diese Weise findet man etwaige unrunde Stellen des Rades sowie einzelne zu kurze oder zu dicke Zähne leicht heraus.

Es kann vorkommen, daß ein Eingriff tadellos glatt durchgeht, ohne aber genügende Zahnluft zu haben. Ein solcher Eingriff steht nicht zu tief, und er würde daher nur verschlechtert werden, wollte man die fehlende Zahnluft durch Kleinerwälzen des Rades herbeiführen. In diesem Falle müssen vielmehr die Radzähne nur dünner gewälzt werden, ohne dabei die Zahnspitzen zu kürzen. Je dicker die Triebzähne sind, um so dünner müssen in solchen Fällen die Radzähne werden; die einzige andere Abhilfe besteht im Eindrehen eines neuen Triebes mit dünneren Zähnen.

Einen fehlerhaften Eingriff erkennt man daran, daß während des langsamen Durchführens beim Ein- oder Austritt eines jeden Radzahnes ein mehr oder weniger starker Ruck gefühlt wird; der Eingriff geht nicht glatt und weich sondern holperig und unsanft. Es muß nun festgestellt werden, ob das Rucken und Holpern von N a c h f a l l oder von S t o ß herrührt. Für den ungeübten Anfänger ist es zunächst schwierig, diese beiden Fehler sicher zu unterscheiden; jedoch mit fortschreitender Übung erlangt man die Fähigkeit, ohne weiteres zu erkennen, ob es sich um Nachfall oder um Stoß handelt. Am besten lassen sich die beiden Fehler unterscheiden, wenn man in den Eingriff hineinsehen kann. Da dies in den meisten Fällen nicht möglich ist, muß man sich ausschließlich auf das Gefühl verlassen können. Zur Übung und Aneignung der nötigen Sicherheit empfiehlt es sich, die Eingriffe in größeren Uhren zu untersuchen, da man hier neben dem Fühlen auch die Möglichkeit des Sehens hat. Nachdem man so mit Sicherheit erkannt hat, wie ein stoßender Eingriff sich gegen einen solchen mit Nachfall im Fühlen unterscheidet, wird man in der Lage sein, diesen Unterschied bei den Eingriffen der Kleinuhren nur zu fühlen. Sollte man trotzdem einmal im Zweifel sein, welcher der beiden Fehler vorliegt, so kann man einen Eingriffszirkel zu Hilfe nehmen, der genau auf die Eingriffsentfernung eingestellt wird und in dem der Eingriff dann bequem zu übersehen ist.

Wie unterscheiden sich nun Stoß und Nachfall im Fühlen? Spiert man beim ganz langsamen Durchführen des Eingriffes bei jedem Zahn eine kleine, schnelle Weiterbewegung des Rades allein, dann ein glattes Fortbewegen ohne Widerstand, dem beim nächsten Zahn wieder ein ruckweises freies Vorwärtsfallen des Rades folgt, dann ist N a c h f a l l vorhanden!

Hat ein Eingriff Stoß, so gibt es auch bei jedem Zahn einen Ruck. Aber diesem Ruck folgt dann kein glattes Weitergleiten des Radzahnes, sondern er sitzt fest und muß beim Weiterdrehen ein deutlich spürbares Hindernis überwinden. Darauf geht es etwas glatter weiter, worauf plötzlich wieder — doch ohne vorherigen freien Fall — ein erheblicher Widerstand zu fühlen ist. In einem derart beschaffenen Eingriff ist also S t o ß vorhanden.

Es wird jetzt einleuchten, daß diese geschilderten Merkmale von Nachfall und Stoß nur bei ganz langsamem Durchführen jedes einzelnen Eingriffes gefühlt und klar unterschieden werden können. Das folgende vergleichende Beispiel läßt den Unterschied der beiden Fehler recht anschaulich erkennen: Wenn man einen Stock über Kopfsteinpflaster hinter sich herzieht, so gleitet er ohne merklichen Widerstand über die Unebenheiten, wobei sein Ende immer von einem Stein zum nächsten einen kleinen freien Sprung ausführt. Diesem Vorgang entspricht der Nachfall in einem Eingriff. Schiebt man dagegen den Stock über das Pflaster vor sich her, so wird sich sein Ende vor jedem Stein feststauchen und erst nach Überwindung dieses Widerstandes weitergleiten bis zum nächsten Hindernis. Hiermit ist ein stoßender Eingriff gekennzeichnet.

Aus welchen Ursachen entstehen Nachfall und Stoß, und wie werden sie beseitigt? Beide Fehler können — abgesehen von falscher Zahnform — durch zwei verschiedene Ursachen hervorgerufen werden, die mitunter auch beide gleichzeitig vorliegen. Trifft man Nachfall an, so steht entweder der Eingriff zu tief oder das Trieb ist im Durchmesser zu klein. Welche dieser beiden Ursachen den Nachfall hervorruft, läßt sich am sichersten durch Berechnen und Nachmessen des Triebes feststellen. Wird der Nachfall durch einen zu tief stehenden Eingriff verursacht, so müßte folgerichtig die Eingriffsentfernung um so viel vergrößert werden, wie der Eingriff zu tief steht. Bei Grobühren ist dieser Weg verhältnismäßig leicht zu beschreiten, indem die Zapfenlöcher des Triebes zugefüttert werden und der Eingriff mit Hilfe

des Eingriffszirkels neu gesetzt wird. In Kleinuhren, deren Räder meistens in Steinen gelagert sind, kommt man weit schneller und oft durchaus zulässige Weise dadurch zum Ziel, daß man das Rad in der Wälzmaschine um so viel kleiner wälzt, bis die Eingriffstiefe richtig ist. Damit wird der Kleinfall verschwinden und der Eingriff fällt durchgehen. Beim Wälzen dürfen aber die Zähne auf keinen Fall dünner werden, worauf bei der Auswahl des Wälzfräses Rücksicht genommen werden muß.

Weniger einfach ist die Beseitigung des Nachfalles, wenn er durch ein zu kleines Trieb hervorgerufen wird. Hier müßten, streng genommen, Trieb und Rad ersetzt werden, deren richtige Größen aus der gegebenen Eingriffsnäherung zu bestimmen sind. In den meisten derartigen Fällen wird jedoch das Trieb nur wenig zu klein sein, und es gibt daher noch einen anderen Weg, bei dem das Ersetzen der Teile vermieden werden kann. Der Nachfall läßt sich hier dadurch beseitigen, daß man die Radzähne durch Wälzen etwas schief stellt und zwar nach rückwärts geneigt, d. h. der Laufrichtung des Rades entgegengesetzt. Um zu verhüten, daß dabei der Eingriff zu seicht wird, ist es ratsam, die Radzähne vor dem Wälzen etwas zu strecken. Über das Strecken und Wälzen der Räder wird weiter unten noch ausführlicher berichtet werden.

Der Nachfall ist ein Fehler, an dem eine Uhr in der Regel nicht stehen bleiben kann. Es tritt jedoch durch das freie Vorwärtsfallen des Rades bei jedem Zahn ein Kraftverlust ein, da die Zähne während des Falles nicht mit dem Trieb in Berührung stehen. Die Übertragung der Antriebskraft wird hierdurch außerdem ungleichmäßig, was sich verschlechternd auf die Gangleistung der Uhr auswirkt besonders dann, wenn der Nachfall im Sekundenradeingriff auftritt. Für die Erzielung bestmöglicher Gangergebnisse ist es also erforderlich, daß dieser Eingriffsfehler beseitigt wird.

Im Gegensatz zum Nachfall kann der Stoß in Eingriffen sehr leicht zum Stehenbleiben einer Uhr führen, er ist daher wesentlich gefährlicher und muß möglichst gründlich beseitigt werden. Hat ein Eingriff Stoß, so können auch hier zwei verschiedene Ursachen vorliegen. Entweder steht der Eingriff zu seicht oder das Trieb ist im Durchmesser zu groß, manchmal ist auch beides zugleich der Fall. Bei dem zu seichten Eingriff wäre die richtigste Abhilfe das Zusammenrücken von Rad und Trieb, was bei Großuhren leicht durchführbar ist. Bei kleinen Uhren mit Steinloggen kommt man zum gewünschten Ziel, indem man die Radzähne streckt und nachwälzt oder — falls das nicht genügen sollte — durch Aufsetzen eines entsprechend größeren Rades.

Stößt ein Eingriff trotz richtiger Eingriffstiefe, so ist das Trieb zu groß und müßte demnach eigentlich durch ein kleineres ersetzt werden. Dadurch würde der Eingriff dann zu seicht stehen, so daß außerdem das Rad durch ein größeres ersetzt werden müßte. Die richtigen Größen beider Teile müssen in diesem Falle unter Berücksichtigung der gegebenen Eingriffsnäherung berechnet oder aus einer der bekannten Tabellen entnommen werden. Da aber diese umfangreiche und zeitraubende Arbeit meistens zu hohe Kosten verursacht, wird man versuchen, auf einem einfacheren Wege zum Ziel zu gelangen. Man kann sich dann dadurch helfen, daß man die Radzähne streckt und danach durch Wälzen nach vorwärts geneigt schief stellt, d. h. in der Laufrichtung des Rades.

Eingriffsfehler, die auf falscher Zahnform beruhen, äußern sich ebenfalls entweder durch Nachfall oder durch Stoß. Es kommt nur darauf an, daß man diese beiden Fehler unbedingt sicher voneinander unterscheiden kann, dann wird man auch über die Ursache und über den einzuschlagenden Weg der Abhilfe nie im Zweifel sein.

Fassen wir nochmals zusammen:

- Nachfall — Eingriff zu tief oder Trieb zu klein (evtl. beides);
- Stoß — Eingriff zu seicht oder Trieb zu groß (evtl. beides).
- Zu tiefer Eingriff — Rad kleiner wälzen;
- zu kleines Trieb — Radzähne strecken und nach rückwärts schief stellen.
- Zu seichter Eingriff — Radzähne strecken und nachwälzen oder größeres Rad aufsetzen;
- zu großes Trieb — Radzähne strecken und nach vorwärts schiefstellen.

Das Strecken der Räder.

Diese Arbeit, die mehr oder weniger immer nur als Notbehelf zu bezeichnen ist, muß mit gebührender Sorgfalt und Überlegung ausgeführt werden und erfordert Übung und Erfahrung, wenn sie nicht in Pfüscharten soll.

Steht kein besonderer Streckambos oder kein Streckmaschinchen zur Verfügung, so läßt sich das Strecken der Radzähne auf einem gut gehärteten und polierten Stahlambos mit Hilfe des Hammers ausführen. Dabei ist aber auf die zweckmäßigste Form des Ambos zu achten. Ein runder Ambos ist ungeeignet, da auf ihm die Zähne leicht schief geschlagen werden können; der Ambos muß vielmehr eine rechteckige Form haben, etwa nach Abb. 1. Wird jetzt der Hammer während des Schlagens versenklich etwas schiefgehalten und seitlich geneigt, so trifft er nur auf die gerade Vorderkante der Unterleiste, so daß die Zähne nicht schief geschlagen werden können. Die Anwendung dieses Ambos sowie die richtige Haltung des Hammers sind aus der Abb. 2 ersichtlich. Das Rad liegt mit der Oberseite auf dem Ambos und wird gleichmäßig langsam gedreht, während mit dem Hammer in der gezeigten Haltung recht gleichmäßige Schläge auf die Zähne ausgeführt werden. Nach dem Strecken

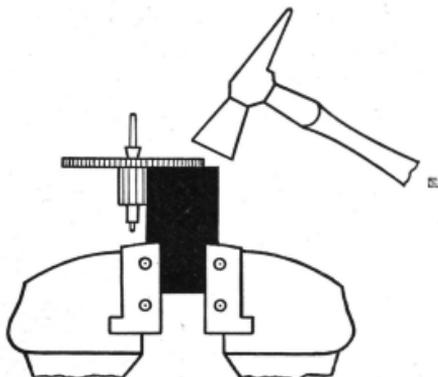


Abb. 2

müssen die Zähne auf der Unterseite des Rades bis zum Grund gleichförmig abgeschärft erscheinen, wie Abb. 3 zeigt. Es darf also nicht durch zu senkrecht Auftreffen des Hammers auch der Radkranz gestreckt werden, da in diesem Falle das Rad gewissermaßen eckig wird. Diese Verunstaltung des Rades kommt dadurch zustande, daß die Zähne, die in der Nähe der Radschenkel sitzen, nur allein gestreckt werden, während zwischen den einzelnen Schenkeln der Radkranz ebenfalls mit gestreckt und dadurch nach außen gebeult wird. Ein Rad mit fünf Schenkeln wird also fünfeckig werden, was natürlich vermieden werden muß.

Neben dieser einfachsten Art des Streckens kann man sich verschiedener im Handel befindlicher Spezialambos und Maschinchen bedienen. Als recht brauchbar hat sich der in Abb. 4 gezeigte Ambos bewährt, der auf die verschiedenen Raddurchmesser einstellbar ist. Auch hier werden die Zähne direkt mit dem Hammer gestreckt, wie oben beschrieben. Aus diesem Grunde wäre es zweckmäßiger, wenn die vordere Kante dieses Ambos nicht kreisbogenförmig sondern gerade wäre.

Es sei an dieser Stelle gleich darauf hingewiesen, daß man vor dem direkten Strecken der Zähne mit dem Hammer schon den passenden Wälzfräser aussuchen muß, da die Zähne bei dieser Bearbeitung nicht nur länger sondern auch breiter werden, wodurch die Auswahl der richtigen Fräserstärke erschwert wird.

Die Abb. 5 zeigt ein Streckmaschinchen, das nach dem Prinzip einer Walze arbeitet. Eine kleine, unter verstellbarem Druck stehende Rolle wälzt in den Radkranz eine Rille und treibt dadurch die Zähne nach außen, so daß das Rad im Durchmesser größer wird. Dieser Apparat hat sich allerdings nicht den Erwartungen entsprechend bewährt, er wird wohl heute nicht mehr hergestellt. Ein hervorragend geeigneter, in der Schweiz viel benutzter Streckapparat ist in der Abb. 6 dargestellt. Derselbe ist leider nicht im Handel erhältlich, sondern er muß aus einem kleinen Eingriffszirkel selbst angefertigt werden. Wie aus der Abbildung ersichtlich, wird ein Spitzenlager gekürzt und hier ein Fuß zum Einspannen in den Schraubstock angehängt. Das gleiche Spitzenlager wird auch auf der inneren Seite etwas kürzer gekürzt, größer aufgebohrt und ein gehärteter und fein polierter



Abb. 1



Abb. 3

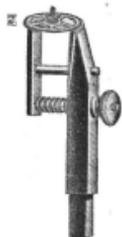


Abb. 4

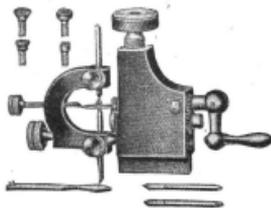


Abb. 5

Stahlambos fest eingesetzt. Das oben gegenüberliegende Spitzenlager wird ebenfalls — mittels Kanonenbohrer — größer aufgebohrt auf ca. 2,1 mm Durchmesser und dient zur Aufnahme der Streckpunzen, von denen man etwa drei Stück mit verschiedener breiter Meißelfläche anfertigen muß. Die Punzen müssen ohne Klemmung, aber auch ohne zu schlittern in der Brosche beweglich sein. Damit sie sich während des Schlagens nicht um ihre Längsachse verdrehen können, sind sie mit einem seitlichen Führungsstift versehen, der in einem in die Brosche eingesägten Schlitz gleift. Die beiden Spitzen der anderen Zirkelhälfte nehmen das zu streckende Rad mit seinen Zapfenenden auf; sie werden so in ihrer Längsrichtung verschoben, daß das Rad mit seiner Oberseite eben auf dem Ambos aufliegt. Dann wird die Zirkelöffnung sorgfältig eingestellt, daß der Punzen dicht hinter dem Zahngrund auf den Radkranz trifft. Nun gibt man mit dem Hammer in schneller Folge leichte, gleichmäßige Schläge auf den Punzen, während gleichzeitig das Rad mit den Fingern der anderen Hand langsam gedreht wird. Auf diese Weise schlägt man eine saubere, schmale Rille in den Radkranz, wodurch die Zähne nach außen getrieben werden. Das Aussehen des Rades nach diesem Strecken zeigt die Abb. 7 im Schnitt. Da bei dieser Streckmethode die Zahnform nicht verändert wird, kommt man sehr oft ohne nachfolgendes Wälzen des Rades aus. Das setzt allerdings voraus, daß das Rad rund läuft und daß alle Zähne gleichmäßig viel gestreckt werden, damit das Rad nicht nachträglich unrund wird. Umgekehrt kann man aber auch ein etwas unrund laufendes Rad durch Strecken an der Stelle des zu kleinen Radius zum Rundlaufen bringen. Meistens wird man das Rad mehrmals herumführen müssen, um eine genügende Streckwirkung zu erzielen; man stellt dann die vollen Umdrehungen des Rades fest, indem man die Radschenkel abzählt, wenn sie den Punzen passieren. Wer mit diesem Streckapparat vertraut geworden ist,



Abb. 7

wird ihn nie mehr missen wollen. Man kann mit ihm die Räder der kleinsten Baguette-Uhren strecken; das erfordert freilich ein feines Gefühl für die Bemessung der Hammerschläge, was man nach einiger Übung schnell erwirbt. Die Streckwirkung läßt sich verstärken, wenn man zunächst eine recht schmale Rille einschlägt und diese dann mit dem nächststärkeren Punzen verbreitert. Es kann allerdings auch einmal geschehen, daß ein Radzahn abgetrennt wird und sich selbständig macht; jedoch tritt dieses Malheur nur äußerst selten ein, am ehesten noch bei einem zu dünnen Rade, das dann für das Strecken sowieso ungeeignet war. Ist das Rad genügend dick, so kann man die Rille durch Abschleifen beseitigen, so daß von der ganzen Prozedur des Streckens nichts sichtbar bleibt.

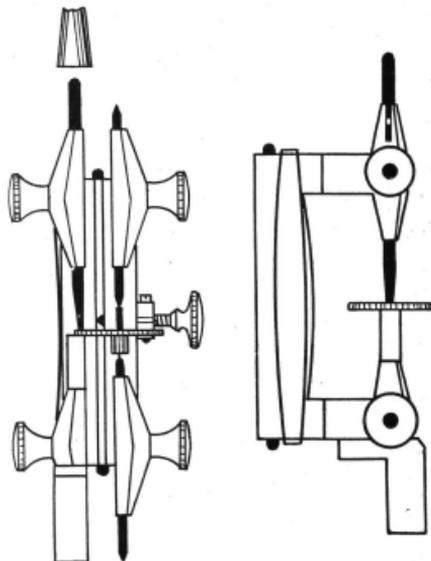


Abb. 6

Das Wälzen der Räder mit der Wälzmaschine.

Die Wälzmaschine ist ein Gerät, das in keiner Werkstatt fehlen sollte, dem ernsthaften Reparatteur ist sie unentbehrlich. Sie ist im Laufe der Zeit entsprechend der fortschreitenden Entwicklung, besonders im Hinblick auf die Verkleinerung der Uhren, verbessert worden.

Bei den alten Modellen läuft die Fräserwelle in Körnerlagern, sie muß zum Auswechseln der Fräser aus ihrer Lagerung herausgenommen werden. Es muß hier stets darauf geachtet werden, daß die Welle ohne achsiale Luft läuft, andernfalls werden die Räder unweigerlich verderben. Das zu wälzende Rad liegt in dieser Maschine mit seiner Ebene waagrecht, die Fräserwelle wird von vorn gegen das Rad geführt, wodurch die Sicht auf den Vorgang des Wälzens recht behindert ist. Es folgte dann die in Abb. 8 gezeigte bekannte Ausführung. Hier wird der Fräser auf das frei aus dem Lager ragende Ende der Welle gesetzt. Das Rad steht mit seiner Ebene senkrecht, der Fräser wird von oben gegen die Zähne geführt, so daß eine gute Beobachtung des Wälzvorganges möglich ist. Die erforderlichen Einstellungen



Abb. 8

sind bei dieser Maschine bequemer ausführbar und leichter zu überblicken. Als weitere Verbesserung erschien die Wälzmachine mit der schwenkbaren Fräserwelle, die ein sehr bequemes und ungehindertes Arbeiten gestattet (Abb. 9). Erwähnt sei auch die besonders kleine Wälzmachine unter einer Glasglocke, bei der die Fräserwelle über ein Zahnradgetriebe in Umdrehung gesetzt wird. Als neueste Errungenschaft schließlich ist vor einiger Zeit eine Wälzmachine im Handel erschienen, bei der sämtliche Einstellungen an Hand von Skalen mit $\frac{1}{100}$ Millimeter-einteilung genauestens kontrollierbar sind. Die hier aufgeführte Typenreihe von Wälzmaschinen erhebt selbstverständlich nicht Anspruch auf vollständige Erfassung sämtlicher Modelle.

Beim Ausschuchen des Fräses muß berücksichtigt werden, ob die Radzähne nur kürzer oder zugleich auch dünner oder nur dünner werden sollen, ferner ob sie gerade oder schief stehend gewälzt werden sollen. Um den richtigen Fräser zu ermitteln, hält man das Rad zwischen den Fingern einer Hand; mit der anderen Hand führt man den Fräser an seinem dickeren Ende in

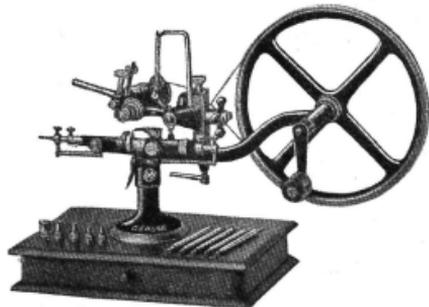


Abb. 9

eine Zahnücke des Rades ein und dreht ihn dann zwischen den Fingern vorsichtig vorwärts, so daß seine Zähne durch die Radzahnücke gleiten. Sollen die Radzähne nur kürzer, aber nicht dünner werden, so muß sich der Fräser frei und ohne Klemmung durch die Zahnücke führen lassen; er darf aber auch nur ganz geringen seitlichen Spielraum in der Lücke haben. Letzteres muß kontrolliert werden, wenn ein Fräserzahn mit seiner breitesten Stelle in der Radzahnücke steht. Wird der Fräser zu dünn gewälzt, so erhält man eine kurze, plumpe Zahnwölbung. Der Fräser muß hingegen etwas mehr seitlichen Spielraum in der Zahnücke haben, wenn die Radzähne schief stehend gewälzt werden sollen.

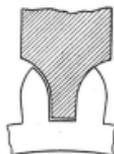


Abb. 10

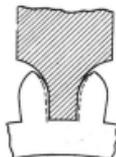


Abb. 11

Die Abb. 10 zeigt, wie der Fräser an seiner stärksten Stelle in die Zahnücke passen muß, wenn die Radzähne nur kürzer werden sollen. Aus der Darstellung ist ersichtlich, daß ein geringer seitlicher Spielraum vorhanden sein muß. Sollen die Radzähne dünner werden und eine schlankere Wölbung erhalten, so muß der Fräser ohne jegliche Seitenluft in die Zahnücke passen. Dieser Fall ist in der Abb. 11 dargestellt. Nachdem der Fräser tiefer eingedrungen sein wird, werden die Zähne die gestrichelte Form angenommen haben.

Wenn die Radzähne schief stehend entweder nach rückwärts oder nach vorwärtsgeneigt gewälzt werden sollen, so muß der Fräser etwas schwächer genommen werden, da die Zähne durch das Schiefstellen sowieso dünner werden, was aus der Abb. 12 ersichtlich ist. Diese Abbildung zeigt gleichzeitig, wie der Fräser in der Wälzmachine seitlich neben dem Zeiger Z stehen muß, damit die durch die gestrichelten Linien angedeutete Schiefstellung der Zähne entsteht. Dreht sich das Rad in der Uhr in der Richtung des oberen Pfeiles, so würden die Zähne nach rückwärts geneigt stehen; bei entgegengesetzter Laufrichtung des Rades (unterer Pfeil) wären sie nach vorwärts geneigt.



Abb. 12

Nachdem der Fräser nach den vorstehenden Erläuterungen richtig ausgesucht ist, wird er auf die Fräserwelle der Wälzmachine gesteckt; anschließend muß der Mitnehmer richtig eingestellt werden, der gewissermaßen ein Teilstück eines Schraubenganges darstellt. Bei den älteren Wälzmaschinen bildet dieser Mitnehmer ein separates Teil, das neben dem Fräser auf der Welle festgeschraubt werden muß. Praktischer in der Handhabung und schneller einzustellen ist der Mitnehmer bei den modernen Wälzfräsen, wo er mit dem Fräser aus einem Stück besteht und angeschmiedet ist. Der ältere separate Mitnehmer besitzt zwei Einstellschrauben, mit denen die beiden Enden der federnden Lamelle richtig eingestellt werden. Das hintere Ende, das vor dem dünneren Fräseranfang steht, muß so eingestellt werden, daß das Rad in jedem Falle so weit geführt wird, daß der Fräser mit seinem Anfang sofort genau in die Mitte der Radzahnücke trifft. Je nach der Größe der Teilung des Rades wird demnach das hintere Ende des Mitnehmers mehr oder weniger seitlich neben dem Fräseranfang stehen müssen, da der Mitnehmer wesentlich dünner als die Zahnücke ist. Bei den Fräsen mit angeschmiedetem Mitnehmer entfällt diese Einstellung, weil hier das Mitnehmerende direkt in den Fräseranfang übergeht. Wird bei dem separaten Mitnehmer sein hinteres Ende nicht so eingestellt, daß der Fräseranfang genau in die Zahnückenmitte eintritt, so wird das Rad während des Wälzens zum Teil durch den Fräser weitergedreht. Dabei werden natürlich die Zähne einseitig angegriffen, was umso stärker in Erscheinung tritt, je schwerer sich das Rad zwischen den Spitzen dreht. Ist die Reibung des Rades außerdem noch ungleichmäßig, was z. B. durch Unflachlaufen des Rades entstehen kann, so werden die Zähne verschieden dick, entsprechend dem unterschiedlichen Widerstand, den der Fräser beim Weiterdrehen des Rades überwinden muß.

Das vordere Ende des Mitnehmers muß sorgfältig so eingestellt werden, daß es genau in die Mitte der nächstfolgenden Radzahnücke eintritt. Das ist besonders kritisch bei kleiner Radteilung, also engen Zahnücken, da hier die Zähne leicht durch den Mitnehmeranfang beschädigt werden können, wenn er nicht genau in die Lückenmitte trifft.

Sollen die Radzähne gerade stehen, was ja meistens der Fall sein wird, so muß die Fräserwelle der Wälzmachine derart in achsialer Richtung eingestellt werden, daß der Kontrollzeiger mit seiner Spitze genau auf die Mitte der Fräserdicke zeigt. Das setzt natürlich voraus, daß dieser Zeiger nicht zufällig verbogen worden ist; in diesem Falle würden die Zähne immer nach der gleichen Richtung schief werden, so daß der Zeiger dementsprechend gerichtet werden müßte. Die Stellung des Fräzers zur Erzeugung schief stehender Zähne wurde bereits anhand der Abbildung 12 erläutert.

Sollen die Radzähne gerade stehen, was ja meistens der Fall sein wird, so muß die Fräserwelle der Wälzmaschine derart in achsialer Richtung eingestellt werden, daß der Kontrollzeiger mit seiner Spitze genau auf die Mitte der Fräserdicke zeigt. Das setzt natürlich voraus, daß dieser Zeiger nicht zufällig verbogen worden ist; in diesem Falle würden die Zähne immer nach der gleichen Richtung schief werden, so daß der Zeiger dementsprechend gerichtet werden müßte. Die Stellung des Fräasers zur Erzeugung schief stehender Zähne wurde bereits anhand der Abbildung 12 erläutert.

Es muß nun noch dafür gesorgt werden, daß das Rad die richtige Lagerung und Stellung in der Wälzmaschine einnimmt. Die Auflage für das Rad wird so groß gewählt, daß der Zahngrund eben noch frei über den Rand derselben ragt. Das Rad darf nicht zu fest auf der Auflage aufliegen und darf auch nicht zu schwer gehend zwischen die Spitzen gespannt sein. Öl! Durch Drehen des Rades mit dem Finger überzeugt man sich von der gleichmäßigen sanften Reibung. Schließlich ist noch darauf zu achten, daß auch das Rad in achsialer Richtung so eingestellt werden muß, daß die Mitte der Raddicke genau zum Mittelpunkt der Fräserwelle gerichtet ist. Diese Einstellung ist besonders wichtig bei dickeren Rädern. Zu ihrer Kontrolle ist ebenfalls ein schwenkbarer Zeiger an der Wälzmaschine angebracht, dessen Spitze also auf die Mitte der Raddicke zeigen muß.

Man lasse beim nun folgenden Wälzen den Fräser von Anfang an möglichst tief eingreifen; dabei beobachtet man durch eine Lupe den ganzen Vorgang und stellt den Fräser mittels der Anschlagsschraube allmählich immer tiefer, bis alle Zahnspitzen glänzend erscheinen, erst dann ist das Rad rund. Muß nach der jetzt folgenden Prüfung des Eingriffes das Rad nochmals gewälzt werden, so achte man darauf, daß zuerst der Mitnehmer in eine Zahnücke eingeführt wird und nicht der Fräser. Nachdem der Eingriff zufriedenstellend funktioniert, schleift man den durch das Wälzen auf der Unterseite des Rades entstandenen Grat mit einem flachen Schleifstein ab, wobei das Rad auf einer Korkunterlage ruht und entfernt die Gratreste aus den Zahnücken mit Hilfe einer kleinen Messingkratzbürste. Die Räder besserer Uhren versieht man danach zum Schluß noch auf der Unterseite mit Kreisschliff, der mittels Schieferstein und Öl erzeugt wird. Das betreffende Rad lackt man zu diesem Zweck auf eine Lackscheibe des Drehstuhles.

Wenn eingangs gesagt wurde, daß das Strecken der Räder zwecks Berichtigung von Eingriffen als Notbehelf zu bezeichnen sei, so wird man dennoch nicht allzu viel Einwände dagegen erheben können, sofern die damit verbundenen Arbeiten sorgfältig und sauber ausgeführt werden, da hierdurch mit geringem Aufwand eine wirkliche Verbesserung der betreffenden Uhr erreicht wird, wofür diese mit einer guten Gangleistung die Bestätigung geben wird. Es ist hier bewußt davon abgesehen worden, die reine Theorie der Eingriffe mit heranzuziehen; das Thema wurde so behandelt, wie es sich dem Reparatur-Praktiker bei seiner täglichen Arbeit darbietet.

Quelle: Die Uhr Nr. 12 vom 25. Juni 1950 S. 07 bis 10 & Nr. 13 vom 09. Juli S. 10 bis 12