Die Verzahnungen im allgemeinen und in Beziehung zur Uhrmacherei.

Von C. Dietzschold, Direktor der kais. kön. Uhrmacherschule in Karlstein (Nieder-Oesterreich).

I. Allgemeine Bedingungen der Verzahnungen.

In der folgenden Abhandlung über die Verzahnungen wird von der in Uhrmacherfachschriften üblichen Methode, die Anforderungen der Praxis sofort in die Betrachtungen einzubeziehen, abgegangen und zwar:

1. weil nur die allgemeine Behandlung des Problems der Verzahnungen Klarheit über das Wesen der letzteren bringen kann;
2. weil auf das allgemeine Problem stets zurückgegangen werden muss, sobald Verbesserungsvorschläge, welche die Zahnform betreffen, zu untersuchen sind.

Zu den Untersuchungen dienen jetzt vielfach Modelle. Führt aber eine einfache und klare Konstruktion zum selben Ziele, so ist stets die Zeichnung vorzuziehen.

Hierbei mag übrigens ganz davon abgesehen werden, dass die Modelle meist ohne jede Kenntniss der Gesetze der Verzahnungen gearbeitet und infolgedessen keine Vorkehrungen vorhanden sind, um die Verzahnung z. B. auf die Unveränderlichkeit des Uebersetzungsverhältnisses auch für kleine Drehungsgrössen zu prüfen. Welche Bedeutung letzteres hat, werden wir später sehen.

Wie wenig brauchbar endlich die gegenwärtig in Uhrmacherfachschriften fast ausschliesslich gegebene Behandlung des Verzahnungsproblems ist, möge folgendes einfache Beispiel zeigen: „Die Triebfussbegrenzung soll als gerade — jedoch der grösseren Festigkeit wegen — nicht radiale Linie ausgeführt werden!" Diese Linie ist keine Cykloide mehr. „Wie ist die Wälzung des Rades zu konstruiren, welches richtig mit dem Triebe arbeitet?"

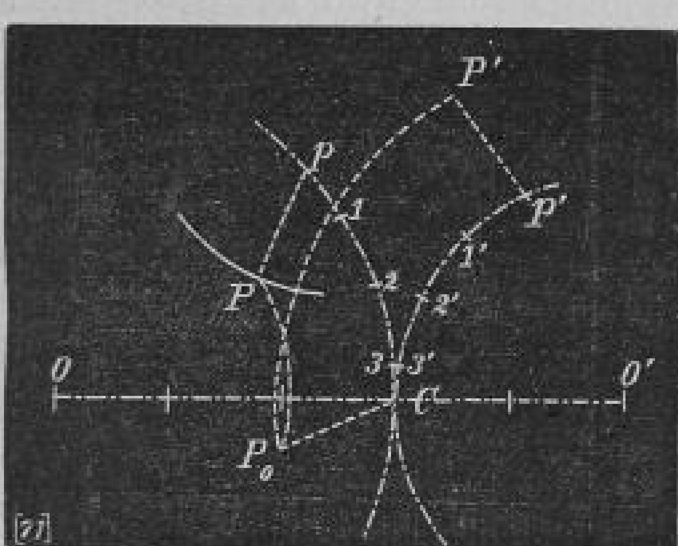

Fig. 1.

Diese Aufgabe, welcher wir später begegnen, kann genau nur mittels allgemeiner Konstruktion gelöst werden. —

Das Problem der Verzahnungen wird im Folgenden zunächst vom rein geometrischen Standpunkte betrachtet und dann erst unter Berücksichtigung der Bedingungen, welche die Praxis stellt, weiter ausgeführt, so dass wir zu in der Werkstätte unmittelbar verwendbaren Ergebnissen gelangen.

Die Anforderungen, welche eine gute Verzahnung erfüllen soll, sind:

1. dass die Zähne den wirkenden Kräften widerstehen, d. h. fest genug sind;
2. dass möglichst Kraftverluste bei der Bewegung gemieden werden;
3. dass die Zahnform leicht mit genügender Genauigkeit erzeugt werden kann.

Es werden also die Kurven gewählt, welche stets oder in besonderem Falle besonders einfache Formen*) liefern. —

Für unumstösslich wollen wir aber im Auge behalten, dass das, was den theoretischen Grundsätzen widerspricht — sofern die Grundlagen der allgemeinen Betrachtungen richtig sind — auch unhaltbar ist und früher oder später ausgeschieden wird, auch wenn es sich, an der äussersten Grenze des Erlaubten hinschreitend, noch mühsam hält, wie z. B. die Kronräder, deren Unzulänglichkeit jeder Uhrmacher anerkennt.

Haben wir aber die richtige allgemeine Betrachtungsweise ausgebildet, so können wir die Richtigkeit und praktische Tragweite jeder Neuerung beurtheilen, da sie sich stets im Rahmen des allgemeinen Gesetzes halten muss.

*) a) Laternentriebe — kreiscylindrischer Zahn; b) Cykloidenverzahnung — radiale Zahnform, wenn Rollkreisdurchmesser = Theilkreishalbmesser.

Bedingungen für Verzahnungen.

1. Das Zahnrad ist eine Verbindung von Hebeln, deren Enden so geformt sind, dass während der Drehung beider zwei Bedingungen erfüllt werden:

1. die Berührung muss stetig,
2. das Uebersetzungsverhältniss muss gleich bleiben.

Das Uebersetzungsverhältniss ist das Verhältniss der Umdrehungen, welche die in Eingriff stehenden Räder in derselben Zeit machen. Wäre dies = 1 : 5, so müsste bei richtiger Zahnform dies für die kleinsten Drehungsgrössen gelten und z. B. das eine Rad sich um 1 Bogenminute, das zweite sich genau um 5 Minuten drehen.

Centralpunkt.

2. Untersucht man die Aufgabe unter Berücksichtigung dieser Bedingungen mathematisch, so ergiebt sich, dass die Bedingungen nur erfüllt sind, wenn die gemeinsame Normale im Berührungspunkte beider Zahnkurven durch einen bestimmten Punkt geht.

Dieser Punkt, Centralpunkt, liegt auf der Verbindungslinie der Drehungsmittelpunkte, der Centrallinie, und theilt sie im umgekehrten Verhältniss der Uebersetzung (wäre letzteres 1 : 5, so theilte er im Verhältniss 5 : 1, ist also von der Achse, welche eine Umdrehung macht, 5mal so weit entfernt als von der, welche gleichzeitig 5 Umdrehungen macht).

Theilkreise.

Ziehen wir durch den Centralpunkt um die beiden Mittelpunkte Kreise und lassen wir sie fest verbunden mit der Verzahnung sich drehen, so werden sie, ohne aneinander zu gleiten, aufeinander rollen, während die Verzahnungskurven sich bewegen.

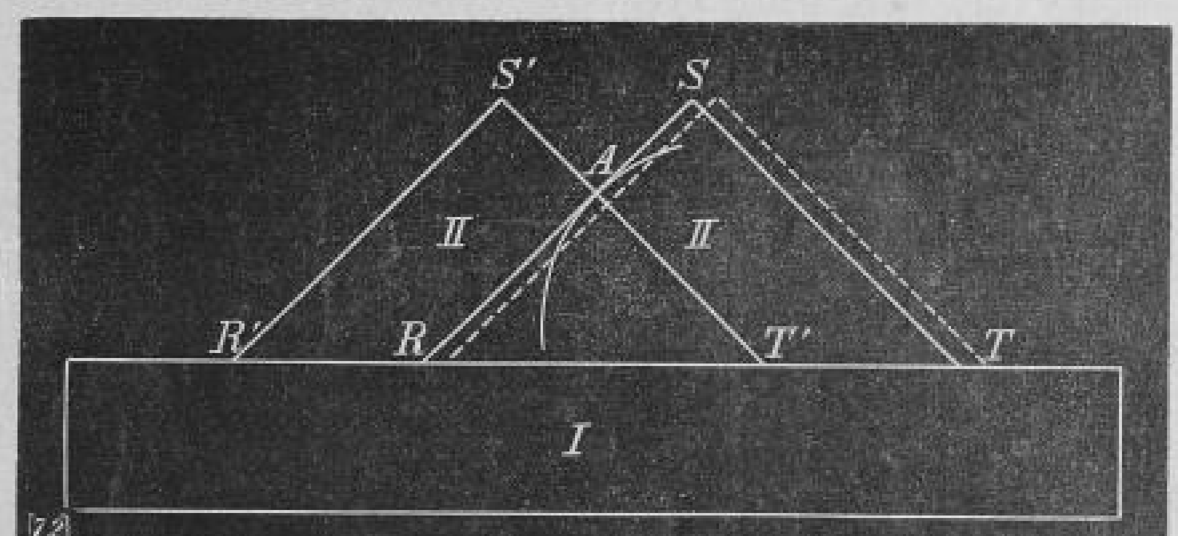

Fig. 2.

Diese Kreise sind die Theilkreise, ihr Berührungspunkt ist der Centralpunkt.

Auf die Thatsache, dass die gemeinsame Normale im jeweiligen Berührungspunkte beider Zahnkurven durch den Centralpunkt geht und dass während der Bewegung der einander berührenden Kurven die Theilkreise aufeinander rollen, gründen wir die allgemeine Lösung der Verzahnungskonstruktion.

Aufsuchung der zweiten Zahnkurve.

Gegeben muss nach obigem sein:

1. Entfernung der Drehungsachsen (Eingriffsentfernung);
2. Uebersetzungsverhältniss;
3. Eine Zahnkurve*) — die Konstruktion der zweiten Zahnkurve ist dann die zu lösende Aufgabe. —

In nebenstehender Fig. 1 sind O und O' die Drehungsmittelpunkte der Zahnkurven, das Uebersetzungsverhältniss 2 : 3 und eine Lage der Zahnkurve, welche sich um O dreht, gegeben.

Der Centralpunkt C theilt die Centrallinie im umgekehrten Verhältniss der Uebersetzungen, wodurch er und die Theilkreise bestimmt sind. Um das Verfahren leichter verständlich zu machen, suchen wir zunächst nur für einen Punkt P der Kurve den Punkt der zweiten Kurve, welcher im Momente der Berührung mit ihm zusammenfällt.

*) Die Konstruktion beider Zahnkurven im Sinne dieser allgemeinen Lösung erfolgt später.