Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Erste Verzahnung mit Triebstöcken

urn:nbn:de:bsz:31-270970

bemerken, dass nicht jede in geometrischer Hinsicht richtige Verzahnungsart auch in praktischer Hinsicht von gleichem Werth ist, sondern dass nur solche Verzahnungsarten zur Ausführung empfohlen werden können, die nicht zu starke Reibungen verursachen und bei welchen keine erheblichen Formänderungen der Zähne durch Abnützung entstehen. Die beste Verzahnung wäre diejenige, welche nicht nur den früher ausgesprochenen geometrischen Bedingungen entsprechen würde, sondern die noch überdies gar keine Reibung noch eine Formänderung der Zähne durch Abnützung verursachen würde.

Bei diesen einleitenden Erklärungen sind wir von der speziellen Annahme ausgegangen, dass die mit einander durch Räder zu verbindenden Axen parallel sind. Dies ist aber nicht immer der Fall, sondern sehr häufig bilden die Axenrichtungen einen Winkel, schneiden sich jedoch, und zuweilen bilden die Axenrichtungen einen Winkel, ohne sich zu schneiden. Wir haben also Verzahnungen anzugeben, 1) für parallele Axen, 2) für gegen einander geneigte, aber sich schneidende Axenrichtungen, 3) für gegen einander geneigte und sich nicht schneidende Axenrichtungen. Wir beginnen nun mit einigen speziellen Verzahnungsarten für parallele Axen, gehen sodann zu speziellen Anordnungen für geneigte Axen über und schliessen mit den allgemeinsten Verfahrungsarten zur Auffindung von richtigen Zahnformen für jede beliebige Gegeneinanderlagerung der Axen.

Erste Verzahnung mit Triebstöcken.

Es seien, Fig. 6, Tafel XVI., C und c die Mittelpunkte der Räder, K und k die Theilrisse derselben, d. h. zwei aus C und c beschriebene sich berührende Kreise, deren Halbmesser sich verkehrt wie die Winkelgeschwindigkeiten der beiden Axen verhalten. Die Halbmesser dieser Theilkreise können vermittelst der früher für die Scheiben aufgefundenen Gleichungen (2) berechnet werden. Versehen wir den Kreis k mit dünnen Stiften $1, 2, 3 \ldots.$, die in gleichen Abständen aufeinander folgen, den Kreis K dagegen mit Zahnformen $a\,b$, $a_1\,b_1$, $a_2\,b_2 \ldots.$, die nach der Epicycloide geformt sind, welche ein Punkt des Kreises k beschreibt, wenn derselbe auf dem Kreis K fortgerollt wird, so haben wir eine geometrisch richtige Verzahnung. Denn denken wir uns, der Zahn $a\,b$ werde in die Position $a_1\,b_1$ gebracht, so wird der Stift 1 nach dem Punkt 2 fortgeschoben, in welchem die Epicycloide $a_1\,b_1$ den Kreis k durchschneidet. Ist nun die Zahnform richtig, so muss die Bogenlänge $\widehat{a\,a_1}$ gleich sein der

Bogenlänge $\widehat{12}$. Dies ist aber in der That der Fall, wenn der Zahn nach der Epicycloide geformt ist, die durch das Rollen des Kreises k auf K entsteht.

Damit aber die Bewegung continuirlich fortdauern kann, muss in dem Augenblick, in welchem der Stift mit dem äussersten Ende der Zahnkurve in Berührung tritt, wiederum ein nachfolgender Zahn mit einem nachfolgenden Stift in dem Punkt a zusammen treffen u. s. f. Die Continuität der Bewegung erfordert also 1) dass die Entfernung der Stifte gleich ist der Entfernung der Zähne, oder dass $\widehat{a a_1} = \widehat{a_1 a_2} \ldots = \widehat{12} = \widehat{23} = \ldots$ 2) dass die Zahnlinie a b durch Wälzung des Kreisses k auf dem Kreis K auf eine Bogenlänge, die wenigstens gleich $\widehat{a a_1}$ ist, gebildet werde.

Man nennt die Entfernung der Stifte oder die Entfernung der Anfangspunkte der Zähne die Theilung oder Schrift, und kann daher sagen, dass diese Stiftenverzahnung 1) gleiche Theilungen und 2) eine Zahnlänge verlangt, die wenigstens so lang ist, als der epicycloidische Bogen, der durch Wälzung auf einer Theilung beschrieben wird.

Mit dieser Anordnung kann aber keine Kraft übertragen werden, weil die Stifte durch den Druck der Zähne abbrechen müssten. Wenn man aber statt der unendlich dünnen Stifte runde cylindrische Stäbchen (Triebstöcke) anbringt und die Zähne des Rades K nach der äquidistanten Linie formt, die entsteht, wenn der Triebstockkreis so fortbewegt wird, dass sein Mittelpunkt stets der epicycloidischen Linie $\widehat{ab}$ folgt, so erhält man abermals eine geometrisch richtige und realisirbare Anordnung. Dieselbe ist in Fig. 7, Tafel XVI. dargestellt.

$a_1 c_1 b_1$ ist die der Stiftenverzahnung entsprechende Epicycloide, $\alpha_1 \gamma_1 \beta_1$ ist die mit dem Halbmesser des Triebstockes beschriebene Aequidistante der Epicycloide $a_1 c_1 b_1$. Der Zahn würde den Triebstock genau durch eine Theilung bewegen, wenn er nur bis γ_1 reichte, weil er aber noch weiter fortgesetzt ist, so bewegt er die Triebstöcke durch mehr als eine Theilung. Wenn der Zahn Z_2 mit dem Triebstock T_2 in Berührung tritt, hört demnach die Einwirkung von Z_1 auf T_1 noch nicht auf. Wollte man die Zähne so formen, dass ein Zahn einen Triebstock durch irgend einen beliebigen Bogen des Theilrisses zu bewegen vermöchte, so müsste die Epicycloide und die zugehörige Aequidistante gerade für diesen Bogen construirt werden. Die Zähne sind zu beiden Seiten symetrisch gebildet, was zur Folge hat, dass sowohl nach der einen wie nach der andern Drehungsrichtung richtige Bewegungen entstehen. Die

Lücken zwischen zwei Zähnen sind kreisbogenförmig, was übrigens nicht wesentlich ist, indem die Fläche der Aushöhlung mit dem Triebstock nicht in Berührung kommt. Die Lückenweite ist etwas grösser als der Durchmesser eines Triebstockes, damit nicht leicht eine Einklemmung eintritt. Bei mathematisch richtiger Form würde aber auch das Einklemmen nicht statt finden, wenn die Zahnlücke genau so weit wäre, als der Durchmesser eines Triebstockes.

Fragen wir nach dem praktischen Werth dieser Construktion, so können wir diesen nicht hoch anschlagen, weil der Triebstock nothwendig sehr bald seine runde Form verliert. Während ein Zahn aus der Position z_2 in die Position z_1 fortrückt, streicht der Triebstock auf der Zahnfläche hinaus, und zwar mit zunehmender relativer Geschwindigkeit. Dabei ist aber der Druck zwischen dem Zahn und dem Triebstock nicht constant, sondern fortwährend zunehmend. In der Position z_1 z. B. drückt der Zahn z_1 den Triebstock nach der Richtung $a\ \gamma_1\ c_1$. Fällt man von C aus auf die Verlängerung von $c_1\ a$ den Perpendikel $C\ D$, so ist die Länge desselben $R \cos \varphi$, wobei R der Halbmesser des Kreises K und $\varphi = \widehat{a\ C\ D}$. Nennt man also M das constante Moment der Kraft, welche das Rad K treibt, so ist $\frac{M}{R \cos \varphi}$ der Druck des Zahnes gegen den Triebstock in der Position z_1. Da nun φ von 0 an fortwährend wächst, je mehr sich der Zahn von der Position z_2 entfernt, so erkennt man daraus, dass die Pressung zwischen dem Zahn und Triebstock ebenfalls fortwährend zunimmt. Dies hat nun zunächst zur Folge, dass der Zahn nach aussen zu mehr abgenützt wird und daher allmählig eine Form annimmt, bei der er gegen das Ende seiner Einwirkung hin zu wenig vorschiebt, dass also die Bewegung des Triebstockrades nicht eine gleichförmige, sondern eine verzögerte wird. Dann aber hat der Theil des Triebstockumfanges, mit welchem der Zahn während seiner Einwirkung in Berührung kommt, nur eine äusserst geringe Ausdehnung, der Triebstock wird also nur an einer Stelle abgenützt und flacht sich daselbst ab, ändert also den eigentlich wirksamen Theil seiner Form sehr beträchtlich. Hieraus geht also hervor, dass diese Verzahnung mit Triebstöcken sehr starken Abnützungen unterliegt, daher nur von geringem praktischem Werth ist.

Zweite Verzahnung. Epicycloiden und radiale Einschnitte.

Es seien, Fig. 8, Tafel XVI., K und k die Theilrisse der beiden Räder, a der gemeinschaftliche Berührungspunkt derselben, $a\ b$ ein in dem Rade k angebrachter geradliniger radialer Einschnitt.