die glattgehobelte Seitenfläche legt, und indem man sie an derselben festschiebt, durch zwei darin befindliche Stifte die Stärke des viereckigen Theils b b erhält. Eine zweite solche Reißschiene a, die wir schon bei Anfertigung der Strauberräder erwähnt haben (Fig. 262.) ist hier ebenfalls nothwendig, da man diese auf die glattgehobelte Seite legen und mit einem Stifte an derselben entlang ziehen muß, um die gerade Form des Kopfes zu erhalten. Schneidet man nun den viereckigen Theil bis auf die Risse b b ein (Fig. 263.) und arbeitet das überflüssige Holz mit einem Handbeil fort, so erhält der Kamm die in Fig. 264. dargestellte Form. Arbeitet man nun noch den viereckigen Theil des Stiels, so daß er in das Loch b der Schablone (Fig. 258.), und den achteckigen Theil, daß er in das Loch c paßt, so ist der Kamm fertig (Fig. 265.).

§. 188. Die Drehlings- und Getriebsstöcke werden entweder gedreht oder gehobelt. Dem gehobelten Stock giebt man jedoch den Vorzug vor dem gedrehten, weil er glätter als dieser sein soll. Man bedient sich auch hierzu einer Schablone, die man nach dem, was oben hierüber gesagt worden ist, sehr leicht selbst fertigen kann.

Von der Form der Kämme.

§. 189. Was die Form der Kämme bei den Rädern betrifft, so ist sie bisher bei allen Maschinen-Anlagen höchst gleichgültig betrachtet und gleichsam als Nebensache behandelt worden, so daß man nicht einmal darüber nachgedacht hat, ob für die Kämme eine besondere Form nöthig sei. Der praktische Maschinenbauer glaubt in dieser Beziehung genug gethan zu haben, wenn er die Kanten des Kammes etwas bricht, so daß derselbe die in Fig. 265. dargestellte Form erhält. $\frac{4}{7}$ der Theilung zur Stärke des Stockes, $\frac{3}{7}$ zur Stärke des Kammes, $\frac{2}{3}$ zur Kammkopfslänge; dies ist das Verhältniß, welches die Mehrzahl unserer Praktiker noch heut der Form der Kämme zum Grunde legt, indem sie von diesen Zahlen nicht abgehen zu dürfen glaubt. Die Folge davon ist, daß fast alle unsere Maschinen einen höchst schlechten Gang haben, und die Gebäude, worin sie sich befinden, dröhnen oft dermaßen, daß bei Mühlengebäuden die Mauern von oben bis unten Risse bekommen.

Denkt man sich nach Angabe der punktirten Linien in Fig. 266. ein Getriebe, in welches ein Kammrad greift, so ist es leicht ersichtlich, daß die Kämme, die alle nach dem Mittelpunkte gerichtet sind, immer, wie man sagt, übereck eingreifen müssen, je mehr sie sich von der Mittellinie entfernen; nicht minder klar ist es, daß dieses Eingreifen übereck noch auffallender wird, wenn an die Stelle eines Getriebes ein Drehling von bedeutender Größe tritt; denn Kämme und Stöcke klemmen sich in einem solchen Falle auf eine der Bewegung des Rades höchst nachtheilige Weise. Der Uebelstand des übereck Eingreifens der Kämme wird auch noch dadurch vermehrt, daß wegen der kreisrunden Form des Getriebes die Entfernung der Stöcke von der Mittellinie immer kleiner werden muß A (Fig. 266.). Die Mühlenbauer pflegen sich bei der Anfertigung der Getriebe hiernach einigermaßen einzurichten; sie machen nämlich die Stöcke rund, nehmen aber auf der hintern Seite etwas fort, und nennen dies das Abstoßen der Bahn. Hierdurch entsteht, wenn, wie gewöhnlich, die Stöcke $\frac{4}{7}$, die Kämme $\frac{3}{7}$ der Theilung stark sind, einiger Zwischenraum, und das Räderwerk bewegt sich jedenfalls leichter. Bisweilen macht man die Stöcke etwas schwächer, und erfahrene Mühlenbauer haben die Gewohnheit, die Kämme auf allen vier Seiten an ihren Kanten etwas zu brechen, so daß sie eine etwas runde Form erhalten (Fig. 265.) und leichter in das Getriebe eingreifen.

Ganz anders verhält es sich aber mit den eisernen Räderwerken. Die Kämme formen sich hier nicht so leicht, und es ist deshalb höchst nöthig, ihnen gleich anfangs die erforderliche Gestalt zu geben. Kommt es hierbei auf eine allzu große Genauigkeit an, so kann man bei einem kleineren Getriebe sich damit begnügen, die Seiten der Kämme mit einem Bogen abzurunden, dessen Halbmesser der Länge der Theilung und der halben Kammkopfsstärke gleich ist (Fig. 267.), so daß man also nur aus dem Mittelpunkte der Kämme auf dem Theilriß mit einem Radius von der vorerwähnten Länge, Kreisbogen zu schlagen hat, um die zweckmäßigste Abrundung zu erhalten.

§. 190. Hat man jedoch ein Kammrad, welches in einen großen Drehling eingreift, so ist eine größere Genauigkeit erforderlich, da hier 2 bis 3, oft sogar 4 bis 5 Kämme zugleich eingreifen und demnach sehr übereck zu stehen kommen. Man sieht daher, daß, wenn die Entfernungen der Stöcke immer kleiner werden, bei fehlerhafter Anordnung sowohl Kämme als Stöcke sich außerordentlich klemmen müssen.

§. 191. Bei Stirnrädern giebt man gewöhnlich den Kämmen oben eine runde Form. Um aber die Form der Kämme nach der praktischen Methode zu bestimmen, ziehe man eine gerade Linie A B (Fig. 226.), trage aus B nach C den Halbmesser des Stirnrades und aus C nach A den Halbmesser des Getriebes. Aus B ziehe man dann mit B C den Theilriß D C G, und aus A mit A C den Theilriß E C H. Zieht man dann aus E die gerade Linie E C, so giebt F den Durchschnittspunkt, wo der Stock E, der sich von E nach C bewegt, den Kamm angreifen soll, was nicht eher geschehen kann, als bis der andere Stock C an dem Berührungspunkt der beiden Theilrisse bei C angekommen ist. Um die Abrundung F d zu erhalten, braucht man nur aus F und d mit der Oeffnung des Zirkels C F Kreuzbogen in x, der hier mit dem Punkte C zusammenfällt, und auf der entgegengesetzten Seite aus m und n in y zu beschreiben, so wie man aus x den Bogen F d und aus y den Bogen m n erhält. Der übrige Theil des Kammes von d gegen den Rand des Stirnrades d e und h n richtet sich nach dem Halbmesser C i des Drehlingsstockes. Zieht man noch durch F die Linie L F K, so giebt diese die Höhe der Kämme im ganzen Stirnrade an, woraus man sieht, daß die Triebstöcke hier tiefer als ihre Dicke eingreifen. Endlich zieht man noch die Linie Q R für den Rand des Stirnrades, so ist die Form vollendet.

§. 192. Was die Form der Kämme bei Kammrädern betrifft, so kann man diese, wenn sie in konische Getriebe eingreifen (Fig. 268.), die sich nach dem Mittelpunkte des Kammrades verjüngen, unten ganz viereckig lassen, und die obere Abrundung ganz auf die nämliche Art wie bei den Stirnrädern machen, nur ist hier darauf Rücksicht zu nehmen, daß nebst der Linie p Q (Fig. 269.) auch die horizontale Linie R S für die Brüstung und die Linie G H für den Theilriß gesetzt werden muß; weil nämlich die Kämme in den Kammrädern auf einer geraden Fläche sitzen, was bei Stirnrädern nicht der Fall ist. Auf p Q wird die Theilung c e des Getriebes von c nach e getragen und die Linie p Q parallel mit G H gezogen, die auf R S die Dicke des Kammes g i giebt. Bei F befindet sich wieder der Durchschnittspunkt des Kammes, dessen krumme Linie F w aus x und y mit der Weite F C gezogen und bis e verlängert werden kann, damit der Kamm die Höhe des Eingriffes des Stockes erhält, wo er dann nach Belieben abgestumpft werden mag.

§. 193. Eine andere praktische Methode hinsichtlich der Abrundung der Kämme ist folgende: Ist k (Fig. 270.) ein Kamm, welcher aus dem Kranze des Rades hervorsteht, so fällt man in die Mitte desselben den Perpendikel m n; dann theile man m n in 2 gleiche Theile, so daß m q = n q wird, beschreibe aus m den Bogen r n s, so hat man die altdeutsche Abrundung.

§. 194. Ist k (Fig. 271.) wieder der Kammkopf, der aus einem Rade hervorsteht, und T ein ihn berührender Triebstock, so ziehe man durch die Mitte des Triebstocks die Linie t w und mache w s = r t; ziehe a b mit t w parallel und beschreibe aus w t mit der Oeffnung des Zirkels w s und t r, die Bogen s u und r v, so sind dies die Bogen, nach welchen der Kammkopf abgerundet wird. Dies Verfahren ist die sogenannte holländische Methode, und ist nicht nur, wie der Name zeigt, in Holland, sondern auch in Deutschland und selbst in Frankreich gebräuchlich.

§. 195. Wenn Fig. 272. einen Kammkopf darstellt, so ziehe man die Mittellinie m n, mache n q = q s = q r und beschreibe mit dem Halbmesser r q den Bogen r n s. Diese Methode wird fast allgemein angewendet.

§. 196. Eine andere Methode, welche jedoch von der in Fig. 271. dargestellten wenig verschieden ist, ist die in Fig. 273. gezeichnete. Man zieht nämlich hier wieder die Mittellinie p q auf t w, macht t q = q w, und beschreibt aus w mit dem Halbmesser r w und t s, die Bogen r v und u s, so hat man ebenfalls die Abrundung für den Kamm.

Eine richtige, in der Ausführung freilich mit manchen Schwierigkeiten verknüpfte Art der Abrundung findet man in den folgenden §§. näher erläutert. Wer sich mit der praktischen Methode begnügen darf und will, kann daher recht füglich die folgenden §§. übergehen, um so eher, als das Verständniß derselben sich auf theoretische Sätze stützt, welche den meisten Praktikern fremd sein dürften.

§. 197. Alle bisher angeführten Methoden, die Kämme zu formen und abzurunden, sind die gewöhnlichsten, und für den praktischen Gebrauch auch als vollkommen ausreichend zu betrachten, wenn sie nur von den Müllern und Mühlenbauern beachtet und angewendet würden; sie werden aber, obgleich aus alter Zeit her bekannt, in der Regel übergangen. — Die Kämme der Räder nach der Cycloide und Epicycloide u. s. w. zu fertigen, ist für den praktischen Gebrauch zu umständlich, und wäre es auch für den Praktiker im Gebrauche eine übertriebene Sorgfalt, für jeden Kamm, der ohnedies sehr kurz ist, jedesmal eine besondere Curve zu construiren; wir führen deshalb diese Methoden hier nur an, weil sie nicht übergangen werden können.

Zuvörderst fragt es sich, was für ein Rad gefertigt werden soll, um darnach die nöthige Curve zu construiren; denn es sind deren acht, die alle besonders für den nöthigen Gebrauch construirt werden müssen. Hätte man z. B. in Fig. 274. zwei cylinderische Räder, deren Wellen parallel liegen und deren Zähne sich auf der Peripherie befinden, also Stirnräder sind, so wird die Epicycloide angewendet, welche entsteht, wenn sich ein Kreis a (Fig. 275.) auf einem anderen Kreise so fortwälzt, daß sein Punkt d die Curve d c e beschreibt; diese Curve nun wird die Epicycloide genannt. Der bewegliche Kreis a heißt der erzeugende, der Kreis b dagegen der Grundkreis. Will man nun die Epicycloide construiren, so verbinde man die Mittelpunkte beider Kreise a und b durch eine gerade Linie a b und theile die Peripherie des erzeugenden Kreises a von dem Punkte d, wo die gerade Linie die beiden Peripherien schneidet, welcher als der ursprünglich erzeugende Punkt angesehen wird, in so viel gleiche Theile, daß jedes zwischen zwei Punkten liegende Bogenstück als eine gerade Linie angesehen werden kann. Bei der Umwälzung des erzeugenden Kreises müssen sich nun auf beiden Kreisen gleiche Bogenstücke abwickeln, weshalb man zuvor zu bestimmen hat, in wie viel gleiche Theile der Grundkreis einzutheilen sei, wenn vorher, wie oben angegeben worden, der erzeugende Kreis bereits in eine gewisse Anzahl Theile getheilt ist. Durch diese aufgetragenen Punkte 1, 2, 3 u. s. w. ziehe man Radien aus dem Mittelpunkte des Grundkreises b, bis sie den aus dem Mittelpunkte a gezogenen Kreis a, 22, 31 treffen. Die Durchschnitte dieses Kreises und die erwähnten Radien 1, 2, 3 u. s. w. sind die Mittelpunkte für die Curve des erzeugenden Kreises, welche er bei seiner Umwälzung von Punkt zu Punkt einnimmt.

Wenn man sich nach dem Vorhergehenden den erzeugenden Kreis a so weit aus seiner ersten Lage bewegt denkt, daß sein Mittelpunkt in dem Radius des durch a aus b beschriebenen Kreises 16 liegt, so wird sich der erzeugende Punkt d mit ihm bis 1 des erzeugenden Kreises bewegt haben, und seine neue Stelle ist der Durchschnitt eines Kreises aus obigem Punkte, und des Kreises aus dem Mittelpunkte des Grundkreises b durch den Punkt 1 beschrieben. Denkt man sich aber den erzeugenden Kreis a bis 17 fortbewegt, so daß sein Mittelpunkt in dem Durchschnitte 18 des aus b durch a beschriebenen Kreises a, 22, 31 und in dem Radius 3 sich befindet, so beschreibe man wieder aus 18 mit dem Radius des erzeugenden Kreises aus 3 eine Curve, bis sie die Linie, welche in den Radius b, 3 des erzeugenden Kreises trifft, so ist dieser Durchschnitt die Stelle, welche der erzeugende Punkt d nach dieser Wälzung eingenommen hat. Hat sich nun der erzeugende Kreis a bis 19 bewegt, so verfährt man eben so, bis sein Mittelpunkt auf dem Radius b, 23 sich befindet, wo sich dann seine halbe Peripherie abgewickelt hat. Auf diese Weise erhält man, nachdem alle Punkte durch die Linie d c verbunden sind, die eine Hälfte der gewünschten Epicycloide. Die andere Hälfte findet man durch dasselbe Verfahren, indem man sich den erzeugenden Kreis so lange fortbewegt denkt (und jedesmal die Stelle bezeichnet, welche der erzeugende Punkt d bei dieser Fortbewegung eingenommen hat), bis er wieder als Berührungspunkt des Grundkreises in e erscheint, wo dann die ganze Epicycloide abgewickelt ist.

Diese Curve soll man nicht nur bei zwei cylinderisch eingreifenden, sondern auch bei conischen Rädern, deren Wellen im rechten Winkel liegen, anwenden; im letzteren Falle hat man jedoch immer nur einen Theil der Curve nöthig.

§. 198. Sind in Fig. 274., wie wir im **§. 197.** angenommen haben, zwei ineinander greifende Zahnräder, deren Wellen parallel liegen, dargestellt, und ist die Theilung gehörig aufgetragen, so kommt es hier nur noch darauf an, die vorhergehende Epicycloide als Abrundungsmittel anzuwenden. Zu diesem Behufe beschreibe man mit dem Halbmesser des Rades aus B den Theilriß DCE, und aus A mit dem Halbmesser des Getriebes FCH, und zwar so, daß sich beide Theilkreise in C berühren. Dann theile man einen der Theilkreise in so viel gleiche Theile, als das Rad Zähne bekommen soll; theile demnächst die Theilung in 4 gleiche Theile und ziehe die Radien Ba, Be, Bc u. s. w. Auf gleiche Weise verfährt man bei den Getrieben, und verbindet die Theilpunkte durch Radien A 1, A 2, A 3 u. s. w., so sind hierdurch nicht allein die Mittelpunkte der Zähne bestimmt, sondern auch die Breite derselben, sowie die der Zwischenräume von beiden Rädern.

Um nun auch die Länge der Zähne und die Form derselben zu bestimmen, so besteht hier ein jeder Zahn aus 3 Theilen, erstlich aus der Abrundung vw, der Flanke ws und aus der Höhlung st. Die Abrundung der Zähne ist ein Bogenstück der Epicycloide, die Flanken derselben bestimmen die Radien, und die Höhlung die verlängerte Epicycloide, welche wir im §. 201. kennen lernen werden. Will man nun die Abrundung der Zähne haben, so halbire man den Halbmesser des Getriebes AC, beschreibe mit der Hälfte als Radius einen Kreis, dessen Mittelpunkt L auf dem Radius AC liegt, so daß derselbe den Theilriß in C berührt. Dieser Kreis ist der im §. 197. erwähnte wälzende Kreis, der sich auf dem Grundkreis BC fortwälzt. Nun construire man von C aus, als dem ursprünglich erzeugenden Punkte, eine Epicycloide Ci, so weit, bis sie den Radius Ba in i schneidet. Dieses Bogenstück muß auch auf der andern Seite des Zahnes a aufgetragen werden; der Durchschnitt i bestimmt dann zugleich die Länge der Zähne, und zieht man durch diesen Punkt i eine Linie KiM, so hat man die Länge aller Zähne bestimmt. Durch die Länge der Zähne wird aber auch zugleich die Höhlung des Getriebes bestimmt. Denkt man sich den Zahn a bis N bewegt, so ist dies die Stelle, wo die Zähne am tiefsten in das Getriebe eingreifen. Zieht man nun mit dem Radius AN die Linie ONP, so hat man wieder die Durchschnittspunkte aller Höhlungen des Getriebes. Der Kreis MNK bestimmt ferner nebst der Tiefe der Höhlungen des Getriebes auch noch die Länge der Flanken w s des Getriebes. Dieser Kreis schneidet nämlich den aus dem Mittelpunkte L beschriebenen Kreis in n und m, welches die Länge der Flanken anzeigt. Beschreibt man nun aus dem Mittelpunkte A mit dem Halbmesser A n eine Linie s m n, so hat man die Punkte für alle Flanken bestimmt, welche nach dem Radius des Rades gezogen werden, bis sie die Linie F C H trifft.

§. 199. Auf die nämliche Weise erhält man auch die Abrundung der Zähne des Getriebes und die Tiefe der Höhlungen, sowie die Länge der Flanken. Halbirt man nämlich den Halbmesser B C und beschreibt mit dessen Halbmesser Q B einen Kreis, dessen Mittelpunkt Q ist, welcher auf der Linie A B liegt und den Theilkreis H C F in C berührt, so ist dieser wieder der wälzende Kreis, der sich auf seinem Grundkreise H C F herumwälzt. Mit diesem Kreise, den man sich als erzeugenden und auf der Peripherie des Getriebtheilkreises fortwälzend denkt, verzeichnet man jetzt wieder eine Epicycloide von C als ursprünglich erzeugenden Punkt, bis sie das Zahnmittel des Getriebes A b bei d schneidet. Nimmt man nun A d als Radius und beschreibt aus A einen Kreis V h d k W, so bezeichnet diese Linie die Länge aller Zähne im Getriebe; trägt man noch das Stück Epicycloide C d als Abrundungscurve, auf die beschriebene Weise, auf alle Zähne über, so hat man die Abrundung für die Zähne des kleinen Rades. Denkt man sich den Zahn b so weit bewegt, bis sich seine Spitze d in f befindet, und man nimmt den Radius B f, beschreibt damit aus B einen Kreis g f t, so bezeichnet dieser in den Durchschnittspunkten die Mitte der Zwischenräume und die Tiefe der Höhlungen. Der aus Q mit dem Halbmesser Q B beschriebene Kreis schneidet den aus A mit A d beschriebenen Kreis in h und k. Nimmt man nun noch den Radius B h oder B k als Radius und beschreibt damit aus B einen Kreis h k s, so schneidet dieser die Radien, welche die Zahnbreite bezeichnen, und so bestimmt dieser Kreis hierdurch, gleichwie bei dem Getriebe, die Länge der Flanken.

§. 200. Um auch noch die Höhlung dieses Rades B C zu bestimmen, nehme man den Theilkreis des Getriebes H C F als wälzenden in concentrischer Verbindung der mit dem Radius A d aus A beschriebenen Kreise als erzeugenden, und ziehe, indem man denselben auf den Theilkreis wälzt, von f aus, als ursprünglich erzeugenden Punkt, eine verlängerte Epicycloide f b, bis sie sich mit dem nächsten Zwischenraummittel an dem Punkt b, wo diese von dem mit dem Radius B k oder B h aus B beschriebenen Kreise geschnitten wird, vereinigt, wodurch man die Hälfte der Höhlung bekommt, welche dann gleich den Abrundungen zu beiden Seiten der Höhlungsmittel übertragen wird.

§. 201. Die Höhlung des Getriebes erhält man, wenn man den Theilkreis H C F als Grundkreis annimmt und auf ihn in concentrischer Verbindung des Kreises mit dem Radius B h als erzeugenden, den Theilkreis D C E des wälzenden, und die hierdurch entstehende verlängerte Epicycloide N a, vom Punkte N an, zeichnet, bis sie sich mit dem nächsten Höhlungsmittel an dem Punkte a vereinigt, wo diese von dem, mit dem Radius A S aus A beschriebenen Kreise geschnitten wird, wodurch, wenn die halbe Höhlung N a wieder zu beiden Seiten der Höhlungsmittel nach dem Vorhergehenden übertragen wird, die Construction beider Räder vollendet ist.

§. 202. Daß eine auf solche Weise construirte Verzahnung nicht auf alle Räder Anwendung finden kann, sieht man schon aus der Länge der Zähne und Tiefe der Höhlungen; denn da die Breite der Zähne sich ganz nach der Stärke der Maschine richtet, so würde ihre Länge oft so beträchtlich sein, daß bei kleinen Getrieben die Höhlung so nahe dem Mittelpunkte kommen müßte, daß man keine Welle bei demselben anbringen könnte. Ferner verlieren die Zähne auch an Festigkeit, worauf doch vorzugsweise Rücksicht zu nehmen ist. Diese Construction ist mithin nur bei großen Rädern anwendbar, wo man die Zähne hinlänglich stark nehmen kann. Um aber auch den kleinen Getrieben eine größere Haltbarkeit zu geben, stumpft man die Zähne parallel mit dem Theilkreise ab, und eben so läßt man die Höhlung um so viel stärker, wie in den Fig. 274. bei r r und o o angedeutet ist, wo sie dann fast die in Fig. 276. dargestellte Form erhalten.

§. 203. Um diese zu construiren, zieht man die Linie AB (Fig. 276.), beschreibt den Theilriß des Getriebes H C F aus A und den des Rades D C E aus B, so daß sie sich wieder in C berühren. Von C trage man die Theilung des Rades auf die beiden

Theilrisse nach a und b und die des Getriebes nach e und d, und theile diese wieder in 4 gleiche Theile. Hierauf ziehe man für das Rad die Radien B a, B b u. s. w. aus B, und für das Getriebe aus A die Radien A e, A d u. s. w. als Zahn- und Höhlungsmittel. Man nehme ferner den vierten Theil der Theilung als Radius und beschreibe aus C einen Kreis, welcher die Linie A B in x und y schneidet; B y nimmt man dann als Radius und beschreibt aus B einen Kreis g y k; B x nimmt man gleichfalls als Radius, um damit den Kreis J x w aus B zu beschreiben. Von diesen Kreisen bestimmt der mit dem Radius B y mittelst Durchschneidung der bereits gezogenen Radien die Lage der Flanken und auch die Tiefe des Zahns. Die Länge der Flanken hängt daher von Rädern ohne Höhlung nicht wie bei den vorhergehenden von der Größe der Theilkreise ab, sondern diese bestimmen nur die Tiefe des Eingriffes der Zähne, welcher, wenn die Räder gleich groß sind, auch bei beiden gleich ist. Die zwischen zwei Zähnen liegenden Bogenstücke mit dem Radius B y verbinden immer zwei Flanken und begrenzen die Zwischenräume der Zähne. Damit aber Letztere nicht auf dem Grunde aufsitzen, nimmt man hier nicht den Radius B y, sondern einen etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{8}$ Zoll kleineren. Der zweite, mit dem Radius B x beschriebene Kreis J x w bestimmt die Länge der Zähne und begrenzt diese nach außen.

Bei dem Getriebe wird auf die nämliche Weise verfahren. Man nimmt nämlich einen etwas kleineren Radius als A x und beschreibt aus A einen Kreis L x M, dessen zwischen zwei Zähnen liegende Bogenstücke die Tiefe der Zwischenräume bestimmen. Eben so schlägt man mit A y aus A einen Kreis V y Z, welcher nach außen die Zähne begrenzt und dadurch die Lage derselben bestimmt.

Hinsichtlich der Abrundung der Zähne hat man auf folgende Weise zu verfahren: Man zeichnet einen Kreis, dessen Durchmesser gleich ist dem Radius des Getriebtheilkreises H C F als erzeugenden, auf dem Theilkreise D C E als Grundkreis wälzend und von C aus, als ursprünglich erzeugendem Punkte nach dem Radius A eine Epicycloide, bis sie den Kreis mit dem Radius B y in h schneidet, welches Stück C h die Abrundungscurve der

Zähne des Rades B C ist, und welche auf die andere Seite des Zahnes auf die bekannte Weise übertragen wird.

Die Abrundungscurve für die Zähne des Getriebes ist ebenfalls ein Stück einer Epicycloide, welche von C aus, als ursprünglich erzeugendem Punkte, mittelst Wälzung eines erzeugenden Kreises mit dem Radius des Radtheilkreises D C E als Durchmesser auf dem Theilkreise des Getriebes, als Grundkreis, erzeugt wird, bis sie den Kreis mit dem Radius A y, aus A beschrieben, in i schneidet. Nach dieser Methode ausgeführte Räder gewähren in der Anwendung, besonders hinsichtlich der Stärke der Zähne, nicht geringe Vortheile; das Abstumpfen der Zähne dagegen ist nicht anzurathen.

§. 204. Aus §. 201. haben wir gesehen, daß zur Construction der Zähne und Höhlungen (Fig. 274.) auch noch die verlängerte Epicycloide gebraucht wird. Diese entsteht dann, wenn sich ein Kreis A (Fig. 277.) in concentrischer Verbindung mit einem größeren Kreise B auf den Grundkreis C wälzt, so daß ein Punkt des Kreises B, als erzeugender, bei dieser Wälzung eine Curve d e beschreibt, welche die verlängerte Epicycloide genannt wird.

§. 205. Will man diese verlängerte Epicycloide construiren, so ziehe man wieder durch die Mittelpunkte der Kreise A C (Fig. 277.) eine gerade Linie D C E und theile von dem Punkt 16, wo diese die Kreislinie A und C schneidet, als Berührungspunkte des Kreises A, diesen Kreis in beliebige gleiche Theile, in dem vorliegenden Falle also in 16 gleiche Theile, 1, 2, 3 2c. Diese Anzahl gleicher Theile trage man von dem Berührungspunkt 16 auf die Peripherie des Grundkreises C, die hier mit a, b, c u. s. w. bezeichnet sind, und ziehe durch die Punkte a, b, c u. s. w. Radien vom Mittelpunkte C bis an den Kreis A F G, der die Mittelpunkte A F G verbindet und mit dem Radius A C gezogen wird. Die Punkte a′, b′, c′ u. s. w., wo die Radien des Kreises A F G treffen, sind die Mittelpunkte für die Kreise A B, wenn diese sich auf dem Grundkreise C nach F fortbewegen.

Denkt man sich nun beide Kreise A B bis a′ fortbewegt, so daß also ihr gemeinschaftlicher Mittelpunkt in a′ zu liegen kommt, so ziehe man mit dem Radius a′ 1 einen Bogen und durchschneide diesen mit einem Bogen, der aus dem Punkt C 17 gezogen wird, dann ist dieser Durchschnittspunkt die Stelle des ursprünglich erzeugenden Punktes d, den er nach der Wälzung eingenommen hat. Dieses Verfahren wird so lange fortgesetzt, bis man in dem Punkte h′ 8 angekommen, ganz so wie es bei der Construirung der Epicycloide gezeigt worden ist. Indem man nämlich mit dem Radius A d des erzeugenden Kreises B die Bogen aus den Punkten a′, b′, c′ u. s. w. beschreibt, und die Peripherien durch die entsprechenden Zahlen 17, 18, 19 ꝛc. des erzeugenden Kreises B aus dem Mittel des Grundkreises C geführten Kreise durchschneidet, bis der Berührungspunkt d wieder als Berührungspunkt des Grundkreises C in d′ erscheint. Hierdurch erhält man eine Anzahl der auf den Grundkreis aufgetragenen Punkte, welche der verlängerten Epicycloide angehören, und mit einer Linie d e d′ verbunden die verlangte Curve geben, und welche, wie wir gesehen haben, bei der Höhlung cylinderischer Räder angewendet wird.

§. 206. Greift ein verzahntes Rad in ein mit cylinderischen Stöcken versehenes Getriebe (Fig. 278.), so ist die Construction derselben auch eine andere, und man verfährt bei derselben auf folgende Weise: Bezeichnet B C den Halbmesser des großen Zahnrades, bis zum Theilriß gerechnet, so beschreibe man mit diesem den Theilriß D C E; bezeichnet A C den Halbmesser des Getriebes, so beschreibe man mit ihm den Theilriß H C F, so daß sich beide Theilkreise in C berühren. Vom Punkte C aus, als dem Mittelpunkte eines Triebstockes, theile man die übrigen Mittel derselben in d e f und nach den andern Seiten ebenfalls in h i k u. s. w. auf den Theilriß des Getriebes ein, und beschreibe aus diesen Theilungspunkten die Stärke der Triebstöcke. Ferner theile man auf der Peripherie des Theilrisses des Rades D C E von C, als Mittelpunkt einer Höhlung des Rades, die übrigen Höhlungsmittel in 1, 2, 3 ꝛc. ein und beschreibe aus diesen Punkten mit der Stärke eines Triebstockes die Halbkreise, innerhalb des Radtheilkreises, welche wieder die Höhlungen des Rades sind.

§. 207. Um nun auch die Mittelpunkte der Zähne zu erhalten, halbire man die Entfernungen von einem Höhlungsmittel zum andern C 1 u. s. w. und ziehe Radien durch diese Halbirungspunkte aus B. — Will man jetzt noch die Abrundung der Zähne haben, so wird auf folgende Weise verfahren: Man nehme den Theilriß des Rades D C E als Grundkreis und construire mittelst Wälzung des Getriebtheilkreises H C F auf ihm von C aus, als ursprünglichen Erzeugungspunkt, ein Stück einer Epicycloide C p. Dieses Stück Epicycloide ist aber nicht die Abrundungs-Curve für die Zähne, sondern diese liegt noch um den Radius eines Triebstockes. Man nehme daher den Halbmesser eines Triebstockes und beschreibe mehrere Kreisbogen, deren Mittelpunkte alle auf der Epicycloide C p liegen; dann ziehe man eine Curve q u, welche sich an diese Kreisbogen anlegt, und zwar so, daß sie parallel mit C p zu liegen kommt, bis sie den Radius des Zahnes in u schneidet. Durch u beschreibe man aus B einen Kreis, welcher die Länge aller Zähne bestimmt, und trage die Abrundung auf die bereits oben angegebene Weise zur linken und zur rechten Seite über, so ist die Abrundung aller Zähne bestimmt.

§. 208. Will man diese Abrundung auch auf hölzerne Räder anwenden (Fig. 279.), so werden die Spitzen, sowie die Höhlungen fortgelassen, weil es zu umständlich sein würde, sie auf diese Weise auszuführen.

§. 209. Greift ein cylinderisches Rad in eine verzahnte Stange, wie dies nicht selten bei Schneidemühlen der Fall ist, so ist die Construction desselben schon zusammengesetzter, und müssen wir deshalb zuerst die Evolvende und die Evolute kennen lernen, bevor wir zur Construction schreiten.

Die Evolvende ist eine krumme Linie, welche dann entsteht, wenn sich eine Tangente um eine Curve herumbewegt, und zwar so, daß sie immer Tangente bleibt und nach und nach alle Elemente einer Curve in sich aufnimmt. Man zeichnet die Evolvende am einfachsten, indem man um einen Cylinder A (Fig. 280.) einen Faden wickelt, an dessen Ende ein farbiger Stift befestigt ist. Wickelt man diesen Faden von dem Cylinder mit stets gleicher Anspannung ab, so ist die krumme Linie, welche von dem Stifte beschrieben wird, eine Evolvende, und der Kreis oder die Curve, um welche der Faden gewickelt, wird die Evolute genannt.

Soll die Evolvende construirt werden, so theile man den Kreis A (Fig. 280.) in so viel gleiche Theile 1, 2, 3, 4 rc., daß jedes zwischen zweien dieser Theile liegende Bogenstück als gerade Linie angesehen werden kann. Dann führe man Tangenten durch alle Theilungspunkte an die Evolute und mache die Länge der Tangente 1 gleich einem Theile, die Tangente 2 gleich zwei, und die Tangente 3 gleich drei Theilen u. s. w. Die Endpunkte der Tangenten a, b, c, d u. s. w., deren Endpunkte in der Evolvende liegen und ihr angehören, werden alle durch die Linie DK verbunden, die alsdann die Evolvende geben.

Will man diese Punkte mit dem Cirkel verbinden, so setze man ihn in 1, und beschreibe den Bogen D a, dann setze man ihn in 2 und ziehe die Linie a b u. s. w.

Eine so construirte Curve, welche man die Evolvende nennt, wird nicht allein bei Kammbäumen, sondern auch bei konischen Rädern, welche unter einem rechten Winkel eingreifen, ferner bei Hebedäumen und endlich bei Walklöchern angewendet; bei den letzteren werden namentlich die Höhlungen der Walklöcher danach gefertigt, wodurch ein zweckmäßiges Wenden der zu walkenden Gegenstände erzielt wird.

§. 210. Die verlängerte Evolvende, welche ebenfalls nicht selten in Anwendung kommt, entsteht dann, wenn man sich auf einer Tangente einen Perpendikel a 1 (Fig. 281.) denkt, der von stets gleicher Länge ist, so daß der Endpunkt D des Perpendikels in seiner ersten Lage innerhalb einer Curve A als Evolute liegt, und daß die Tangente alle Elemente nach und nach erhält und bewegt, so beschreibt der Punkt D eine Curve, welche die verlängerte Evolvende genannt wird.

Will man eine solche verlängerte Evolvende construiren, so bestimme man, wie dies bei der gewöhnlichen Evolvende geschah, die Stellen, welche eine Tangente bei ihrer Bewegung einer, der Bedingungen der Evolvende entsprechenden, auf der Evolute aufgetragenen Theilung 1, 2, 3 u. s. w. einnimmt. Man bestimme ferner auf eben diese Weise, wie dies bei der Evolvende geschah, die Länge dieser Tangenten und fälle an ihren Endpunkten a, b, c u. s. w. Perpendikel auf sie, welche von gleicher Länge gemacht werden und deren Richtung so ist, daß der erste Endpunkt des Perpendikels D innerhalb der Evolute A liegt. Dann verbinde man diese Endpunkte m, n, o, p u. s. w. aller Perpendikel durch eine Linie, so hat man die verlangte verlängerte Evolvende, die bei den Höhlungen der Zähne in dem Falle angewendet wird, wenn ein Rad in eine verzahnte Stange eingreift.

§. 211. Ebenso wendet man zur Abrundung der Zähne auch noch die Cycloide oder die eigentliche Radlinie (Fig. 282.) an, welche entsteht, wenn sich ein Kreis A auf einer geraden Linie BC herumwälzt. Dieser sich wälzende Kreis A wird der erzeugende Kreis, der Punkt B, an welchem der Kreis A die Linie BC in seiner ruhenden Lage berührt, der erzeugende Punkt, und die gerade Linie BC die Grundlinie genannt. Wenn nun der Kreis A auf seiner Grundlinie BC fortbewegt wird, so beschreibt der erzeugende Punkt B eine krumme Linie BD, welche die Cycloide genannt wird, und welche vollendet ist, sobald sich die ganze Peripherie des erzeugenden Kreises A auf der Grundlinie BC abgewickelt hat, und der erzeugende Punkt B wieder als Berührungspunkt in C auf der Grundlinie erscheint.

§. 212. Um nun diese Curve zu construiren, theilt man die Peripherie des Kreises A in so viel gleiche Theile, daß jedes Bogenstück eines solchen Theiles als gerade Linie angenommen werden kann. Dann trägt man diese Theile von dem ursprünglich erzeugenden Punkt B auf die gerade Linie BC so oft auf, als der Kreis A solche Theile hat; hier also müßten 16 solcher Theile aufgetragen werden. Aus diesen Theilungspunkten errichte man ferner senkrechte Linien und durchschneide diese mit einer durch den Mittelpunkt des erzeugenden Kreises A parallel mit der Grundlinie laufenden Linie, so liegt der Mittelpunkt des erzeugenden Kreises, während er sich wälzt, immer in dem Durchschnitte dieser geraden Linie AE und in dem errichteten Perpendikel.

Wenn man sich nun den erzeugenden Kreis A aus seiner ursprünglichen Lage so weit auf der Grundlinie BC fortgewälzt denkt, daß sein Mittelpunkt im Durchschnitte der geraden Linie AE und der senkrechten a liegt, so wird sich der erzeugende Punkt B mit fortbewegt und zugleich ein Stück der Cycloide Ba abgewickelt haben. Will man jetzt die neue Lage des erzeugenden Punktes finden, so beschreibe man aus dem Durchschnitte der Senkrechten a und der durch A mit BC parallel gezogenen

Linie einen Kreis, bis er die mit der Grundlinie B C parallel aus 1 gezogene Linie trifft; dieser Durchschnittspunkt ist die Stelle, welche der erzeugende Punkt eingenommen hat. Hat sich aber der Kreis A so weit fortgewälzt, daß sein Mittelpunkt in dem Durchschnitt b ist, so beschreibe man aus diesem abermals einen Kreis b, ziehe wieder aus dem Theil 2 des erzeugenden Kreises eine Parallele mit der Grundlinie, bis sie diesen gezogenen Bogen schneidet, so ist dies diejenige Stelle, welche der erzeugende Punkt nach der Wälzung eingenommen hat. Setzt man dieses Verfahren so lange fort, bis der ursprünglich erzeugende Punkt B die Senkrechte h erreicht, so hat sich die halbe Peripherie des erzeugenden Kreises A auf der Grundlinie abgewickelt, der erzeugende Punkt B wird bei der Wälzung des Kreises A der Zahl nach eben so viel Punkte einnehmen, als die halbe Peripherie des erzeugenden Kreises Theile enthält. Aber eben diese Punkte gehören der Cycloide B D an, welche durch eine Linie B D verbunden wird. Ganz auf die nämliche Weise erhält man auch die andere Hälfte der Cycloide D C.

Die Anwendung dieser Curve, deren man nur theilweise bedarf, findet besonders bei konischen Rädern statt, welche unter einem rechten Winkel in einander greifen, ferner bei verzahnten Stangen u. s. w.

§. 213. Die verlängerte Cycloide entsteht dann, wenn sich zwei concentrische Scheiben oder Kreise auf einer geraden Linie fortwälzen. Hier ist aber nicht, wie bei der Cycloide, der wälzende zugleich der erzeugende Kreis, sondern es sind immer zwei concentrische mit einander verbundene Kreise nöthig, von denen der kleine Kreis A (Fig. 283.) wälzt, der große Kreis B dagegen erzeugt. Eben so liegt hier nicht der ursprünglich erzeugende Punkt C auf der Grundlinie C D, sondern er liegt vielmehr da, wo eine Senkrechte durch den Mittelpunkt der in ihrer ursprünglichen Lage befindlichen Kreise den erzeugenden Kreis B in E trifft.

§. 214. Da sich nun die Peripherie des wälzenden Kreises A auch hier auf der Grundlinie C D abwickelt, so theilt man diese in eben so viele gleiche Theile 1, 2, 3, 4 u. s. w. ein, so, daß immer ein solches Bogenstück gleich einer solchen Theilung einer geraden Linie C a wird, die man dann alle von dem Berührungspunkt C des Kreises A auf die Grundlinie CD aufträgt; dann errichte man wieder die Senkrechten a, b, c, d u. s. w., bis sie die Linie AH, welche die Mittelpunkte der Kreise verbindet und die parallel mit der Grundlinie CD gezogen wird, trifft; diese sind dann die Mittelpunkte für die beiden concentrisch verbundenen Kreise AB, welche sie bei ihrer Wälzung von Punkt zu Punkt einnehmen. Aus diesem Mittelpunkte beschreibe man mit dem Halbmesser des Kreises B Kreisbogen, bis sie die aus den Punkten des Kreises B 17, 18 ꝛc. parallel gezogenen Linien schneiden, welche Durchschnittspunkte des erzeugenden Punktes C sind und der verlängerten Cycloide angehören.

Denkt man sich die beiden concentrisch verbundenen Kreise BA bis in den Punkt der senkrechten Linie a fortbewegt, und liegt demnach der Mittelpunkt derselben in der Linie a, so beschreibe man aus diesem Punkte mit dem Radius des Kreises B aus q die Peripherie, bis sie die Parallele aus 17 trifft; der Durchschnittspunkt bezeichnet dann die neue Lage des erzeugenden Punktes. Fährt man auf diese Weise fort, so erhält man alle Punkte für die verlängerte Cycloide, nämlich so viele, als man Theilungspunkte auf der horizontalen Linie CD aufgetragen hat; verbindet man diese Punkte durch die Linie EJ, so erhält man die Hälfte der verlängerten Epicycloide, welche besonders bei den Höhlungen der verzahnten Stangen angewendet wird.

§. 215. Hat man nach §. 209. ein cylinderisches Rad A (Fig. 284.), welches in eine verzahnte Stange B eingreift, so construirt man auf folgende Weise: Ist der Radius des Theilkreises für das Getriebe, welches in die verzahnte Stange eingreift, (nach §. 176.) bestimmt, so beschreibe man, wenn AC dieser Radius ist, den Theilriß DEC aus A und ziehe die Linie AC; dann ziehe man auch die Horizontale FCH durch C, theile auf dem Theilriß DCE diejenigen Zähne ein, welche das kleine Rad erhalten soll, trage ferner den vierten Theil von C nach a und errichte hier als Zahnmittel der gezahnten Stange eine Senkrechte auf FCH. Von hier aus theile man auf der Stange die erforderlichen Zähne ein, ziehe, ganz so wie bei'm Getriebe, die Radien und ferner die Flankenlinien des Getriebes nach A. Was die Abrundung der Zähne an der Stange betrifft, so erhält man diese auf folgende Weise:

Man wälze einen Kreis, dessen Durchmesser gleich ist dem Radius des Theilkreises DCE, auf der Theilungslinie FCH und zeichne eine gemeinschaftliche Epicycloide von C, als ursprünglichem Erzeugungspunkte, bis sie das Zahnmittel ha in h schneidet. Durch h ziehe man eine Parallele JhK mit FCH, welche die Länge aller Zähne der Stange bestimmt, und trage die Curve Ch auf ihre gehörigen Stellen zur linken und rechten Seite der Zähne über. Die Linie JhK, die mit FCE durch h gezogene Parallele, schneidet den Kreis, welcher die Curve Ch erzeugt, und dessen Mittelpunkt L ist, in m und n. Dann nehme man Am oder An als Radius und beschreibe aus A einen Kreis Omn, welcher die Länge der Flanken bestimmt, die wie bekannt nach dem Mittelpunkte gezogen werden. Die Tiefe der Höhlungen des Getriebes erhält man dadurch, daß man sich den Zahn a so weit zurückbewegt denkt, bis seine Spitze h im Punkte l zu liegen kommt. Dann nimmt man Al als Radius und beschreibt aus A einen Kreis RlN, welcher die Tiefe der Höhlungen in dem Durchschnitte der Höhlungsmittel anzeigt.

Die Abrundung der Zähne des Getriebes findet man, wenn man von w aus, als dem Entstehungspunkt, eine Evolvende annimmt, deren Evolute der Theilkreis DCE ist, und von hieraus eine Evolvende nach §. 209. construirt, bis sie das Zahnmittel in i schneidet. Durch i beschreibe man mit dem Radius Ai aus A einen Kreis PiM, welcher die Länge aller Zähne des Getriebes anzeigt; und wenn man die Curve wi auf alle Zahnmittel zur rechten und linken aufträgt, so hat man die Abrundung aller Zähne.

Die Zähne der gezahnten Stange haben keine Flanken, indem sich die Höhlungen mit den Abrundungen der Zähne an der Theilungslinie FCH vereinigen. Diese Höhlungen werden auf folgende Weise gefunden: Man nimmt den Kreis ECD als wälzenden in concentrischer Verbindung, der mit dem Radius iA als erzeugenden Kreis auf der Theilungslinie FCH sich fortwälzt, und construire von dem Punkte k nach §. 213. die Curve qk, bis sie sich in dem nächsten Zahnmittel des Getriebes im Punkte q vereinigt.

Diese so construirte Curve k q trägt man dann auf die bekannte Weise auf die Höhlungsmittel zur rechten und linken Seite auf, so hat man die Höhlungen der ganzen gezahnten Stange.

Die Höhlungen für das Rad erhält man, wenn man von l aus eine verlängerte Evolvende, deren Evolute der Theilkreis E C D und die Länge der auf die Tangente zu errichtenden Senkrechten C l ist, eine Curve r l construirt, bis sie mit dem nächsten Höhlungsmittel bei r, wo der Kreis O m n diese schneidet, welche aber wieder die halbe Höhlung ist und, an ihre gehörigen Stellen getragen, die Höhlung aller Zähne giebt.

§. 216. Greift dagegen ein mit cylinderischen Stöcken versehenes Getriebe in eine verzahnte Stange (Fig. 285.), so bestimmt man die Abrundung der Zähne dadurch, daß man den Theilkreis des Getriebes E C D, als den erzeugenden, auf dem Theilkreise der Stange F C G wälzt und vom Punkte C aus eine Cycloide C d construirt, welche als Basis zur Abrundung der Zähne dient, indem man mit der Entfernung eines Triebstockes mehrere Bogen 1, 2, 3 u. s. w. beschreibt, deren Mittelpunkt alle auf c d liegen, und nun eine Curve mit c d zieht (§. 207.), bis sie das nächste Zahnmittel e in f schneidet. Durch f zieht man eine Parallele, welche die Länge aller Zähne in der gezahnten Stange bezeichnet. Daß man die Höhlungen, in welche die Triebstöcke zu liegen kommen, etwas größer nehmen muß, ist wohl einleuchtend, und darum nöthig, weil diese darin Platz haben müssen, um sich leichter auswinden zu können. Eben so kann man bei diesen, wie bei dem vorhergehenden (Fig. 274.), die Höhlungen ganz fortlassen und die Zähne abstumpfen (Fig. 286.). Von der Construction der abgestumpften Zähne haben wir bereits oben (§. 202.) gesprochen.

§. 217. Das Eichenholz zu einem gewöhnlichen Kammrade von 64 Kämmen mit $3\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll Theilung kostet in hiesiger

Gegend ungefähr	30	Thlr.	—	Sgr.
Die hierzu nöthigen Kämme	6	=	—	=
Der Mühlenbauer, welcher durch den Bau eines Kammrades 15 Tage beschäftigt wird, erhält pro Tag $1\frac{1}{2}$ Thlr., in Summa also	22	=	15	=
Das Getriebe zu dem Kammrade	4	=	—	=
Summa . .	62	Thlr.	15	Sgr.

Ein solches Rad kann 30 Jahre gebraucht werden; in 60 Jahren werden also zwei derselben erfordert, was nach dem obigen Anschlage einen Kostenaufwand von	125 Thlr.
verursacht. Jedes hölzerne Kammrad muß alle zwei Jahre neu verkämmt werden, was in 60 Jahren . .	180 =
kostet. Dann sind in diesen 60 Jahren wenigstens 40 Getriebe nöthig, à Getriebe 4 Thlr.	160 =
In Summa kostet daher ein hölzernes Kammrad, incl. der Getriebe und Kämme, ...	465 Thlr.

Dagegen kostet ein Kammrad mit hölzernen Felgen und eisernen Kämmen (Fig. 287.), wie nachfolgender Anschlag ergiebt, nur 110 Thaler.

Nämlich: das eichene Holz	30 Thlr.	— Sgr.
Der Mühlenbauer erhält	22 =	15 =
Die gußeisernen Kämme kosten, à Ctr. 7 Thlr. gerechnet	21 =	— =
24 Stück eiserne Schraubenbolzen a, à 15 Sgr.	12 =	— =
Das gußeiserne Getriebe	3 =	15 =
In 60 Jahren muß das Getriebe sechs Mal durch ein neues ersetzt werden, also . . .	21 =	— =
In Summa . .	110 Thlr.	— Sgr.

Ein auf diese Weise gebautes Rad hält gewiß 60 Jahre, und man hat noch den Vortheil, daß die mit eisernen Reifen versehenen Kammräder nicht wie die gewöhnlichen der Reparatur unterworfen sind. Der Zeitverlust aber, der durch solche Reparaturen bei ganz hölzernen Rädern herbeigeführt wird, ist groß und muß auf folgende Weise berechnet werden:

Nach obigem Anschlage gehen 30 Tage verloren, ehe zwei Kammräder gebaut werden, d. h. in 60 Jahren	30 Tage,
Zur Ausbesserung der Kämme und Getriebe jährlich 5 Tage, folglich in 60 Jahren	300 =
Die Mühle müßte also stillstehen während 60 Jahren	330 Tage.

Dabei erfordert ein eisernes Kammrad rücksichtlich des Einschmierens nicht mehr Kosten als ein hölzernes. Ferner kann man ein eisernes Getriebe durch Umwenden 2 Mal gebrauchen. Dann hat man außer der Dauerhaftigkeit eines eisernen Rades auch noch den Vortheil, daß man die Theilung statt $3\frac{1}{2}$ oder 4 Zoll nur 2 oder $1\frac{1}{2}$ Zoll nehmen kann, wodurch ein schnellerer Umschwung, oder wie der Müller sagt, ein schnelleres

Durchziehen erzielt wird. Auch hat die Erfahrung gelehrt, daß bei gleicher Wassermenge und gleichem Gefälle in denselben Zeiten, bei einem Werke, dessen Kammrad mit eisernen Kämmen versehen, und bei einer Theilung von 2 Zoll, $\frac{2}{5}$ mehr Getreide vermahlen wird, als bei einem Werke von gewöhnlicher Art. Sollte sich vielleicht bei einer so großen Geschwindigkeit des Läufers das Getreide zu sehr erhitzen, so kann man dem Stein einen größern Durchmesser geben, wodurch eine größere Fläche zum Vermahlen des Getreides erlangt und die Verminderung der Geschwindigkeit des Steines durch den erhöhten Effect der Mühle mehr als hinlänglich ausgeglichen wird.

Auch Stirnräder (Fig. 288.) werden auf diese Art gebaut; in diesem Falle ist jedoch der Reifen etwas stärker als gewöhnlich zu fertigen.

Der augenscheinliche Nutzen, den die theilweise eisernen Räder gewährten, hat nicht blos zu der häufigen Anwendung, sondern auch zu der Vervollkommnung derselben geführt, indem man ganz eiserne Räder erbaute.

§. 218. Seitdem man überhaupt das Metall zu Hülfe genommen hat, ist man in den Stand gesetzt worden, die Mahlmühlen weit genauer und richtiger zu construiren; auch sind dadurch die, durch die hölzernen Räder nothwendig erforderten großen Räume entbehrlich gemacht worden. Die Maschinen sind daher weit dauerhafter und richtiger, und das Gußeisen deshalb ein wohlfeileres Material, wenn man von dem Grundsatze ausgeht, den Rädern, Wellen &c. zwar die größeste Festigkeit zu geben, dessen ungeachtet aber hierzu nicht mehr Masse zu verwenden, als unerläßlich nöthig ist, weil sonst nicht allein die Last, sondern auch die Kosten vermehrt werden.

Kleine Getriebe, welche man auf die Achse keilt, bestehen nur aus einer Scheibe (Fig. 289.), an welcher die Zähne a zugleich mit angegossen sind; größere Getriebe dagegen versieht man, wie Fig. 290. zeigt, mit Armen. Soll ein Getriebe auf eine hölzerne Welle kommen, so besteht es aus einem Ringe a (Fig. 291.), der mit Zähnen b b versehen ist. Vortheilhaft ist es in diesem Falle, die Welle eckig und nicht rund zu nehmen, weil durch eine eckige Welle das Ganze an Stärke und Festigkeit gewinnt. Größere Räder werden mit Armen versehen (Fig. 75.), die entweder geschweift oder gerade sind; im letzteren Falle hat man jedoch die rechtwinkligen und scharfen Ecken zu vermeiden (Fig. 292.). Vortheilhaft ist es auch, die Muffe dabei so anzuordnen, daß die Achse übereck zu stehen kommt.

Wenn ein solches Rad im Ringe sehr breit ist (Fig. 293.), so läßt man, um Eisen zu ersparen, die Arme nicht in der geraden Stärke des Ringes durchgehen, sondern man verjüngt sie und verstärkt sie dann mit Rippen a (Fig. 294.). Der ganze Zahnring hat auch wohl eine massive Scheibe (Fig. 286.), dann muß er aber mit dem Ansatze a a, oder mit Bolzen versehen sein (Fig. 245.).

Ganz große eiserne Räder können nicht wohl aus einem Stück gefertigt werden, schon des Transportes wegen; außerdem aber würden derartige Räder sehr schwer auf die Welle zu befestigen sein. Man zieht es daher vor, sie aus einzelnen Theilen zu gießen und diese nach Art der Felgen mittelst Bolzen a an die Arme b b (Fig. 295.) zu befestigen.

§. 219. Man läßt auch häufig eiserne Räder in hölzerne greifen. Da aber das hölzerne Räderwerk, besonders das nach der alten Methode gefertigte, ziemlich grobe Theilung hat, so müßte man starke eiserne Zähne nehmen, die mit den hölzernen Kämmen übereinstimmen, wodurch, wie ersichtlich, das Werk in seinem Gange nur behindert werden könnte. In diesem Falle werden die eisernen Zähne hinten abgestutzt. Die Mehrzahl der Mühlenbauer glaubt, daß bei so abgestutzten Zähnen das Räderwerk nicht gehörig gehen könne, und daß es klappern müsse; sie bleibt daher lieber bei der alten Methode der hölzernen Getriebe, allein mit Unrecht, denn Kamm und Stock nutzen sich auch ab, und doch geht das Räderwerk, und die entgegengesetzten Seiten berühren sich nie. Nur bei Windmühlen kann das Stutzen der Kämme nicht geschehen, da es öfter der Fall ist, daß der Mühlstein auf einige Augenblicke die Mühle treibt und besonders dann, wenn der Wind nachläßt.

§. 220. Endlich giebt man auch den eisernen Rädern hölzerne Kämme a (Fig. 292. u. 296.), und namentlich dann, wenn zwei eiserne Räder in einander greifen sollen. Der Ring des mit hölzernen Kämmen zu versehenden Rades erhält Löcher, in welchen jene befestigt werden. Dies geschieht auch deshalb, weil man dadurch bei einem raschen Gange des Werkes das laute Klappern verhüten will; da bei einem raschen Gange ein Zahn vom eisernen Rade springen kann, ist es für diesen Fall besser, dem einen Rade hölzerne Zähne zu geben, weil Holz zähe und elastisch ist und daher nicht so leicht brechen kann, endlich auch, weil Holz sich auf Eisen polirt und dann das Werk weit leichter geht, als wenn man Eisen auf Eisen gehen läßt. Es ist noch zu bemerken, daß der eiserne, mit Kammlöchern für die hölzernen Kämme versehene Ring eines Rades jederzeit stärker gefertigt werden muß, als er gefertigt werden würde, falls er eiserne Zähne enthielte.

§. 221. Was endlich die Theilung der Triebräder betrifft, so giebt man hölzernen Rädern, bei gewöhnlicher Kammkopfsbreite von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll, nach Verhältniß der zu bewältigenden Last 3 bis 5 Zoll Theilung, den eisernen hingegen nur $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll, worüber man selten hinausgeht; den stärksten giebt man 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll. Man macht aber bei größerer Last die Zähne breiter, und zwar bisweilen 6, 7 bis 8 Zoll, während die gewöhnliche Zahnbreite bei eisernen Rädern nur 3 bis 4 Zoll beträgt. Der Ring wird, mit Rücksicht auf die Stärke der Maschine, $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll stark gemacht; bisweilen verstärkt man ihn auch durch Rippen a (Fig. 293.), welche nach der Mitte zu stärker als am Kranze sind. Auch winklige Rippen kommen bei dem Ringe in Anwendung. Die Rippen a und A des Ringes (Fig. 294. u. 296.) und des Armes c c schließen sich dann aneinander an (Fig. 292.). Bei schmalen Rädern bringt man die Rippen a des Ringes (Fig. 297.) auch wohl auf einer Seite an, und der Arm des Rades erhält dann seine Rippe auch nur auf einer Seite. Dies Letztere sehen die Eisengießer lieber, weil die Form sich dadurch leichter macht.

Bei den eisernen Rädern ist es zweckmäßig, den Zähnen eine möglichst große Breite zu geben; denn sind die eisernen Zähne abgenutzt, so muß das ganze Rad weggeworfen werden, während man hölzerne Räder nur neu zu verkämmen braucht. Auch bei den hölzernen Rädern taugt eine zu grobe Theilung nichts, indem diese einen unregelmäßigen Gang zur Folge hat. Wenn man den Kämmen eine möglichst große Breite giebt, so hat man bei hölzernen nicht nöthig, mehr als 3 Zoll zur Theilung zu nehmen; bei sehr schweren Maschinen dagegen kann man den Kämmen eine Breite von 5 Zoll geben. Eine feine Theilung veranlaßt auch die mindeste Reibung, und man erzielt daher auf diese Weise den besten und gleichförmigsten Gang der Maschine oder Mühle.

Von den konischen Rädern.

§. 222. Wir haben bisher nur von der Construction solcher Räder gesprochen, deren Wellen parallel mit einander liegen; jetzt hat man aber häufig und fast allgemein die Räderwerke so verbunden, daß die Wellen derselben nicht parallel sind, also, verlängert gedacht, sich in einem Punkte schneiden müssen. Diese Einrichtung gewährt in gewissen Fällen größere Vortheile als die erstere, und namentlich dann, wenn eine Kraft nach verschiedenen Richtungen fortgeführt, also auf mehrere Punkte übertragen werden soll (Fig. 298.). Diese Art Räder nennt man konische Räder, Winkelräder, auch Senkungstriebwerke, und zwar weil sie Abschnitte von Kegeln sind, und da sie perpendikulär an ihren Achsen befestigt sind, bei ihrem Eingriff einen rechten oder stumpfen Winkel bilden.

Daß man bei der Construction konischer Räder, ebenso wie bei den früher erwähnten, zuerst die Theilkreise und ihre Durchmesser aus dem Verhältnisse der Umdrehungen der Räder zu einander berechnen muß, versteht sich von selbst; ebenso muß auch der Winkel bestimmt sein, den die beiden Achsen einschließen, was übrigens von der Richtung, nach welcher man die Bewegung fortpflanzen will, abhängt.

§. 223. Will man die konischen Räder aus Holz fertigen, so hat man nicht geringe Schwierigkeiten zu beseitigen, und dies ist auch die Ursache, daß man in gewöhnlichen Werken bis jetzt noch nicht weiter fortgeschritten ist. Bei einem geraden Rade gehört nur ein Bogenstück zur Felge, und man verwendet hierzu, bei 6zölliger Ringstärke, Bohlen von 2 bis 3 Zoll. Bei konischen Rädern hingegen, wo die Felgen schief stehen, muß die Bohle die volle Breite und demnach eine große Stärke haben. Es würde mithin viel Holz dazu gehören und man würde auch vieles Holz verschwenden müssen, sowie man auch die Stöße gegeneinander schwer würde befestigen können. Es sind überhaupt