

die Breite der Kämme, welche die Kammköpfe erhalten, $t u$, $v w$ (Fig. 187.), nach welchen man den Falz mit dem Stemmeisen leicht ausarbeiten kann.

§. 149. Will man ein Kammrad mit doppelter Verkämmung bauen (Fig. 202.), so zieht man den zuvor berechneten Haupttheilriß $a b c$ und trägt auf diesen die Anzahl der Kämme auf, zieht demnächst die Linie $d e$ nach der Richtung des Halbmessers, und trägt aus den Theilungspunkten die halbe Kammstärke nach $f g$, worauf man die Linie $h i k l$ ebenfalls nach der Richtung des Halbmessers zieht. Auch trägt man auf den Theilriß $a b c$ die Breite der Backen, welche jeder Kamm erhalten soll, die halbe Entfernung zwei zusammengehöriger Kammstiele, nebst der Hälfte der Kammstärke sowohl nach außen als nach innen, und zieht die Linie $o p$ und $q r$; die Punkte $s s$ geben dann die Mitte der Kämme. Ferner beschreibe man noch mit dem Handzirkel die Kreislinien, so erhält man die Stärke des Kammes. Den viereckigen Theil für die Kammlöcher findet man dadurch, daß man an dem Radzirkel die Linien $t u$ zieht.

Die Backen der Kämme macht man hier ungefähr $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{7}$ der Theilung, so daß die Löcher der Ober- und Unterkämme 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll auseinander stehen. Das Verfahren bei'm Bau selbst geschieht ganz so, wie im §. 146. gezeigt wurde.

Vom Bau der Stirnräder.

§. 150. Der Bau der Stirnräder ist von dem der Kammräder nur wenig verschieden; den Halbmesser findet man bei beiden Arten von Rädern auf dieselbe Weise (§. 142. u. 143.).

Die Kämme werden hier in die Felgen wie in Fig. 203. eingesetzt (§. 60.) und erhalten einen vierseitigen Stengel, der in der Richtung des Halbmessers nach dem Mittelpunkte a (Fig. 204.) verjüngt zuläuft; die schmalen Seiten sind parallel und erhalten zur Stärke des Kopfes, wie bei den Kammrädern, $\frac{3}{7}$ und zu der Länge desselben $\frac{2}{3}$ der Kammtheilung. Die Backen der Köpfe sind hier ebenfalls wie bei den Kammrädern $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll breit. Innerhalb des Kranzes werden die Kämme mit einem Loche versehen und mit einem Nagel befestigt; auch hier, wie bei den Kammrädern, ist es Regel, die Kämme immer auf die Stöße zu bringen, damit die Nagelung stets zwischen ein

Paar Rämme und nicht auf die Stöße treffe. Aber auch hier kommen auf die Stöße eiserne Schienen *ff* (Fig. 204.), denen man bisweilen, obschon ohne eigentlichen Grund und Nutzen, eine schwalbenschwanzförmige Gestalt giebt. Sie werden etwas in die Felgen eingelassen und mit eisernen Schrauben befestigt. Bei leichten Rädern bringt man zu gleichem Zwecke auch hölzerne Schienen *d* in Anwendung (Fig. 204.).

Die Kränze der Stirnräder bestehen aus zwei Felgenlagen, die nach dem Halbmesser des Rades ab- und ausgerundet werden. Bisweilen giebt man ihnen auch eine Spiegelfelge *A* (Fig. 200.), wie wir dies bei den Kammrädern gesehen haben; dies ist besonders der Fall, wenn die Stirnräder horizontal gehen müssen; die Spiegelfelge wird dann 1 Zoll stärker als die Bogenfelge. Die Arme werden hier wie bei den Kammrädern eingelegt (Fig. 203.) und erhalten auch häufig noch Streben.

Den Kränzen der Stirnräder giebt man die doppelte Theilung zur Stärke. Räder, die wenig Gewalt auszuüben haben, erhalten Kränze von einer geringeren Stärke; die Arme werden nicht von einer, sondern, wie bei den Strauberrädern, von beiden Seiten eingelegt (Fig. 205.), und der Hängenagel *e* geht hier durch beide und durch die Felgen. Uebrigens müssen die Arme jedesmal zwischen zwei Rämme eingelegt werden; sie erhalten ferner eine Theilung zur Stärke und $1\frac{1}{2}$ bis 2 Theilungen mehr zur Breite, so daß beide Arme $2\frac{1}{2}$ bis 3 Theilungen zur Breite haben.

Was das Holz betrifft, so fertigt man sie vorzugsweise aus Eichenholz, und nur zu den kleineren verwendet man büchenes, welches aber, wie schon oben bemerkt worden ist, durchaus nicht der Masse ausgesetzt werden darf. Die Arme macht man von Eichen- oder auch von Kiehnholz; man kann hier ebenfalls Kreuz- oder Sternarme wählen.

§. 151. Ein gewöhnliches Stirnrad wird so angefertigt, daß sich die Kammlöcher in jeder Felge zur Hälfte befinden (Fig. 74.). Aber wenn schon bei den Kammrädern die Wechsel leicht auspringen, so springen sie bei Stirnrädern und besonders bei den erwähnten (Fig. 74.) noch leichter aus. Um dies zu verhüten, bringt man die Löcher für die Rämme nach Fig. 205. in die eine und das andere ganz in die andere Felge, so daß sie

immer nur durch eine Felge gehen und gegen einander abwechseln. Hierzu braucht man freilich etwas stärkeres Holz, das Rad wird aber auch um vieles dauerhafter. Die erste Art (Fig. 74.) nennt man gerade Stirnräder und die letztere Schrankstirnräder.

§. 152. Um den Kämmen der Stirnräder eine längere Dauer zu geben, werden sie in der Regel um etwas breiter gemacht. Bei geraden Stirnrädern erreicht man diesen Zweck dadurch, daß man den Löchern eine größere Breite giebt. Da aber die Stiele nicht viel breiter sein dürfen, als sie am Kopfe stark sind, weil durch den tiefen Einschnitt die Felgen zu sehr geschwächt werden, so hilft man sich dadurch, daß man jedes Loch, wie Fig. 205. zeigt, in der einen Felge die ganze und die andere die halbe Stärke wechselsweise hinüberspringen läßt, so daß die Kammstiele ein und ein halb Mal breiter werden können, als sie am Kopfe stark sind. Bei diesem Verfahren hat man nicht so leicht das Auspringen der Wechsel zu befürchten; sie sind deshalb bei Werken, die eine beträchtliche Gewalt der Räder erfordern, zu empfehlen.

§. 153. Auch bei Stirnrädern ist es gebräuchlich, sie mit doppelten Kämmen zu versehen (Fig. 206.), die aber dann aus dreifachen Felgen a b c zusammengesetzt werden müssen. Die ganze Stärke des Kranzes braucht nicht viel mehr als $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll über die doppelte Theilung zu betragen; und da es gerade nicht nöthig ist, daß die Kämme in die äußere und mittlere Planke um gleich viel eingeschnitten werden, so kann man von dreizölligen Planken ein solches Rad zusammensetzen, namentlich dann, wenn die Theilung nicht über 4 Zoll beträgt. Den einzigen Vorwurf, welchen man diesen Kämmen machen kann, ist der, daß die Wechsel sehr leicht auspringen. Wenn sie jedoch gut gebaut sind und man bei'm Ein- und Auskämmen behutsam ist, so halten sie ungleich länger, da der Druck des Kammes auf vier dergleichen Stücke vertheilt ist. Der Zwischenraum zwischen zwei zusammengehörigen Kämmen beträgt $1\frac{1}{2}$ Zoll, so daß die Backen der Kämme $\frac{3}{4}$ Zoll werden. Die Kammstiele werden dann so breit gemacht, als sie am Kopfe stark sind.

§. 154. Kleine Stirnräder erfordern eine Felgenstärke von 4 Zoll, größere dagegen eine solche von 5 Zoll. Hat man kein so starkes Holz, so muß man sogenannte Spundräder in An-

wendung bringen (Fig. 207.). Zu diesem Zwecke nimmt man Bohlen von 3 Zoll Stärkt, bearbeitet sie zu Felgen und setzt zwischen dieselben Klöße a von hartem Holze ein, so daß diese Klöße und die Felgen die Kammlöcher bilden, zwischen welche jedesmal ein Kamm gesteckt wird. Die Verbindung der Klöße mit den Felgen bewirkt man am zweckmäßigsten durch ein Paar Nägel. Auf diese Weise kann man die Kämme so breit machen als man will, vorausgesetzt daß die Spunde die erforderliche Breite haben. Die Klöße werden auf jeder Seite $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll tief eingelassen. Die Spundräder haben große Vortheile vor den andern Stirnrädern, namentlich springt bei jenen das Wechselholz nicht aus, wie dies so häufig bei den letzteren geschieht, indem es aus Längenholz besteht. Auch kann man mit der nöthigen Rücksicht auf die erforderliche Breite der Spunde, Räder von jeder beliebigen Breite und Stärke aus nur dreizölligen Bohlen bauen.

Desters findet man, daß die Spunde a mit dem Schwalbenschwanz (Fig. 208.), oder auf den Grad in die Felge eingesezt sind (Fig. 207.), eine Einrichtung, welche in der Ausführung sehr mühsam ist und füglich erspart werden kann, da schon durch das Nageln die Spunde hinlänglich gesichert werden, und dem Rade dadurch sowohl Festigkeit als Zusammenhang gegeben wird. Taucht man die Nägel, ehe man sie einkeilt, in Theer, so erhöht man hierdurch die Bindkraft derselben in dem Grade, daß das Rad nie wieder auseinander gehen kann. K. Neumann will statt der Nägel hölzerne Schrauben angewendet haben, deren man in Schlesien sich bedient. Die Anfertigung derselben ist aber an sich schon schwierig und kostbar, und in Theer getauchte Nägel möchten ihnen in Rücksicht auf die dem Rade zu gebende Festigkeit nicht nachstehen.

Die Felgen werden bei den Spundrädern $2\frac{1}{2}$ bis 3 Zoll und von Eichenholz gemacht. Die Spunde hingegen können von Eichen- oder Büchenholz gefertigt werden und müssen sehr gut getrocknet sein.

§. 155. Bisweilen müssen Stirnräder zugleich auch Kammräder werden. In einem solchen Falle bringt man die Kämme des Kammrades (Fig. 209.) so an, daß sie zwischen die Kämme des Stirnrades treffen. Man sieht aber, daß hierzu möglichst

breite Felgen nöthig sind, und thut wohl, sie mit Spiegelfelgen zu versehen, weil hierdurch nicht allein das Rad an Festigkeit gewinnt, sondern auch die Arme besser eingelegt werden können. Die Stöße der Felgen müssen jedesmal auf die Stirnradsfämme treffen. Damit die Wechsel nicht so leicht auspringen, ist es auch gut, sie entweder gleich herauszustemmen und durch Spunde zu ersetzen, oder Schienen a (Fig. 209.) über diese zu legen, welche die Stöße zusammenhalten.

Was die Stärke des Kranzes betrifft, so braucht dieser nicht stärker zu sein als die einfachen. In Fällen, wo diese Räder eine bedeutende Kraft auszuüben haben, giebt man ihnen $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll an Stärke zu.

§. 156. Wir haben früher schon Gelegenheit gehabt, über die Verbindung der Stöße mit Eisen zu sprechen; hier mag nur noch gesagt werden, daß man die Schienen so einlegt, daß sie mit der Fläche des Holzes bündig liegen (Fig. 204.). Wenn auch auf die kurzen Schienen wenig zu rechnen ist, so binden sie doch, weil die Schraubenbolzen durch die Schienen und die beiden Felgen, über deren Stoß sie liegen, durchgehen, gut zusammen; und man bringt bei den hintern und vordern Schienen die Bolzenköpfe jedesmal auf die vordere und die Schraubennuttern auf die Rückseite des Rades. In Fig. 193. und 204. sind verschiedene Verbindungen der Schienen mit den Kränzen dargestellt; man muß die Bolzenköpfe so flach als möglich machen, damit sie nicht bei'm Eingreifen in die Drehlinge oder Getriebe hinderlich werden. Ueberhaupt sollten Klammern, die man bei Stirn- und Kammrädern über die Stöße legt, jedesmal so lang gemacht werden, daß sie wenigstens über 3 Fämme reichen, indem sie nur dadurch die Stöße zusammenhalten können.

§. 157. Befinden sich die Stirnräder an einer stehenden Welle (Fig. 67.), so nennt man sie liegende Stirnräder. Wenn diese liegenden Stirnräder, nach Art der Kammräder, mit geraden hinteren Felgen gebaut werden, so erlangt man dadurch den Vortheil, daß die Arme von der hinteren Seite eingelegt werden können, und daher die Last des Rades besser von den Armen getragen wird.

In der Regel nimmt man dann die Spiegelfelge, in welcher die Arme eingelegt werden, 1 Zoll stärker als die Bogensfelge.

Werden die Kämme wechselsweise in die eine und die andere Felge geschnitten, so arbeitet man die Spiegelfelge etwa 1 Zoll tief aus, um die in der Felge liegenden Kämme herauszuschlagen zu können.

§. 158. Die Kämme der Stirnräder greifen gewöhnlich, wie Fig. 209. zeigt, etwa in die Hälfte ihrer Länge, von der Peripherie des Rades gerechnet, ein. Dahin muß also auch der berechnete Theilriß fallen. Da man aber bei der Anfertigung des Stirnrades die Kämme auf dem Kranze eintheilt, muß daher die Theilung im Drehlinge nothwendig größer werden, und zwar deshalb, weil sie in dem Angriffspunkte der Kämme größer ist. Der praktische Mühlenbauer nennt die Differenz der Theilung auf dem Kranze und der Theilung in den Angriffspunkten der Kämme gewöhnlich den Ausschmitt, und man setzt diesen, um die Theilung des Drehlings zu erhalten, der angenommenen Theilung zu (s. §. 166.).

§. 159. Wenn sämtliche, zu einem Stirnrade bestimmte Felgen ausgearbeitet und auf dem Radestuhl zusammengesetzt sind (Fig. 210.), so werden sie einstweilen an den Stößen, wie man sagt, verloren genagelt, da der Kranz doch wieder auseinander genommen werden muß. Dann zieht man den Theilriß a a und theilt auf diesen, wie bei den Kammrädern, die Anzahl der Kämme darauf ein, wodurch man die Punkte b b erhält. Sodann theilt man die Theilung in 7 gleiche Theile und nimmt 3 solcher Theile zur Stärke des Kammes, während die übrigen 4 Theile für die Stärke des Drehlingsstocks bestimmt sind. Man trägt dann die Hälfte dieser 3 Theile aus den Theilungspunkten b b und zieht durch die Punkte c c, welche nach der Richtung des Halbmessers gehen, die Linien c d, so geben diese die Richtung und Stärke der Kammlöcher. Da nun diese Risse auf die entgegengesetzten Flächen der Felgen übertragen werden müssen, so transportirt man sie mittelst eines Winkelhafens oder einer Reißchiene (Fig. 142.), die Punkte c c auf die äußere Fläche und die Punkte d d auf die innere Fläche des Kranzes, wonach es dann leicht ist, die zusammengehörigen Punkte auf den gegen einander liegenden Flächen durch gerade Linien zu verbinden, und die Kämme danach mittelst einer Spannsäge einzuschneiden. Ehe man aber die Felgen des Kranzes auseinander nimmt,

müssen erst die Löcher für die Nägel darauf aufgerissen und gebohrt werden. Darauf nimmt man den Kranz wieder auseinander und bemerkt die Tiefe der Kammlöcher mittelst einer Reißnadel (Fig. 143.) auf der äußern und auf der innern schmalen Kante, auf welchen dann die Kämme eingeschnitten werden (Fig. 211.). Sind sämtliche Kammlöcher ausgearbeitet, so wird der Kranz auf dem Radestuhl wieder zusammengelegt, genagelt und von Neuem abgehobelt, wo er dann so weit fertig ist, daß die Arme eingelegt werden können.

§. 160. Die Arme werden, wie schon früher erwähnt worden ist und wie Fig. 204., 205. u. 206. zeigt, von beiden Seiten eingelegt, so daß zwischen beiden ein Spielraum von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll übrig bleibt, damit man sie gegeneinander gehörig anziehen kann. Auch werden sie sowohl an den Seiten, als an der innern Fläche des Kranzes $\frac{3}{8}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll tief eingelastet, wobei es zweckmäßig ist, außer dem Hängenagel die Arme im Innern des Kranzes noch durch Schraubenbolzen zu verbinden (Fig. 208.). Wie aber die Arme auf dem Kranze eingetheilt und auf dem Radestuhl zusammengelegt werden, haben wir schon beim Bau der Wasserräder (§. 105.) gesehen, und darf daher hier nicht erst wiederholt werden; wir erwähnen nur noch, daß man bei Stirnrädern sowohl Kreuzarme, als auch Sternarme oder Aufstreifarmer anwenden kann, je nachdem es die Umstände erfordern. Bringt man Aufsteckarme an (Fig. 212.), und es geht nicht gut an, daß die Arme nicht schräg über die Kämme treffen sollten, so ist ganz besonders darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Hängenagel so viel als möglich in die Mitte zwischen zwei Kämme trifft. Desters trifft es sich jedoch, daß man dem Stirnrade nur einfache Arme und diese von der einen Seite einlegen kann (Fig. 213.); dann muß man aber, wie gedachte Figur zeigt, den Arm 2 bis 3 Zoll breiter machen, als der Kranz stark ist; Kranz und Arme sind außerdem noch mit eisernen Schienen und Schraubenbolzen zu verbinden (Fig. 213.). Die Schienen a werden auf der bündigen Seite so tief eingelegt, daß sie mit der Fläche des Rades bündig liegen. Die Bolzenköpfe müssen aber auf die Schienen und die Schraubenmuttern auf das Blatt des Armes kommen, und damit sich diese nicht in das Holz eindrücken, legt man starke Bleche unter die Muttern.