

## Bau der Räder.

### Allgemeine Erklärung.

§. 52. Es ist bekannt, daß die runde Figur die geschickteste zur Bewegung ist, was selbst die Natur bestätigt, denn Alles, was sich leicht und beständig bewegen soll, ist von derselben kugelförmig gebildet worden. Hieraus folgt nun, daß im Maschinenwesen die Räder unstreitig die wichtigste Rolle spielen, da durch sie die Bewegung auf eben so mannigfaltige als bequeme Art hervorgebracht werden kann. Von einer guten Räder-Construction hängt nicht allein der gute Gang, sondern auch die Dauer einer ganzen Maschine ab; man muß sich daher bemühen, sie so genau als möglich kennen zu lernen, um in allen vorkommenden Fällen die gehörige Anwendung von ihnen machen zu können.

§. 53. Das Rad ist ein Cylinder, der sich um seine Achse dreht. Dieser Cylinder sitzt entweder unmittelbar auf seiner Achse fest, oder er ist mittelst Armen darauf befestigt.

1) Steht die Achse A (Fig. 67.) auf der horizontalen Oberfläche der Erde senkrecht, und sind durch diese senkrechte Achse Bäume B gesteckt, mittelst welcher man sie in Bewegung setzen kann, so nennt man dasselbe einen Göpel oder Zug.

2) Liegt hingegen diese Achse A mit den durchgesteckten Bäumen B horizontal oder waagerecht, wie in Fig. 68. dargestellt ist, so nennt man es eine Winde, Erdwinde, Haspel oder Erdhaspel.

3) Ist an diesen Bäumen B ein Kranz C angebracht (Fig. 69.), also rund, ein Cylinder, so nennt man dies ein Rad, und die Bäume, woran der Kranz C auf seiner Achse befestigt ist, heißen die Arme des Rades.

§. 54. Die Kränze der Räder setzt man aus einzelnen Theilen doppelt zusammen, indem man sie nach dem Halbmesser des zu erbauenden Rades ab- und abrundet; diese Stücke nennt man Felgen. Die Zahl der zu einem Rade erforderlichen Felgen richtet sich nach der Höhe des zu erbauenden Rades und nach der Breite der Bohlen, aus denen sie geschnitten werden.

§. 55. Um die Felgen über einander zu befestigen, bedient man sich hölzerner Nägel, obgleich auch bisweilen der Schraubenbolzen oder der Nietnägeln. Die Stelle, wo zwei solcher Felgen zusammentreffen, x y (Fig. 69.), nennt man den Stoß. Kommen bei Wasserrädern zwischen zwei Schaufeln zwei Paar Nägel, so muß jeder Stoß in der Mitte zwischen zwei Schaufeln und den dazwischen befindlichen Nägeln angebracht werden. Bei weit geschaukelten Rädern, wo zwischen je zwei Schaufeln drei Paar Nägel kommen, muß der Stoß jeder zwei Schaufeln zwischen zwei Paar Nägel in das Drittheil der Schaufelweite treffen. — Bei Kamm- und Steinrädern dagegen, sowie bei Drehlingen, wo zwischen je zwei Kammern oder Stöcken nur ein Paar Nägel angebracht werden, muß der Stoß jedesmal auf einen Kamm oder ein Stock treffen.

§. 56. Ist der Kranz des Rades an dem äußeren Rande, auf der Stirn desselben, ausgehöhlt, daß ein Seil darin liegen kann, so nennt man es ein Seil- oder Scheibenrad (Fig. 70.).

§. 57. Sind auf dem äußeren Rande des Rades Handgriffe (Doppen) a a (Fig. 71.) angebracht, um dasselbe mit den Händen in Bewegung zu setzen, so nennt man es ein Stern- oder Hornrad.

§. 58. Laufen diese Handgriffe a a (Fig. 72.) parallel mit der Welle, so daß man sie von der Seite handhaben kann, so nennt man sie Kronräder.

§. 59. Gehen die Handgriffe quer durch den Kranz des Rades, damit man sie von beiden Seiten anfassen und hierdurch die Last besser und leichter bewältigen kann, so heißen sie Zieh- räder (Fig. 73.). Man kann aber auch füglich Fig. 72., wo

die Handgriffe nur an einer Seite angebracht sind, ein Ziehrad nennen, da auch dies gewöhnlich durch den Zug, d. h. durch das Herunterziehen des Rades in Bewegung gesetzt wird.

§. 60. Sind Zähne auf der Peripherie eines Rades angebracht, *aa* (Fig. 74.), so nennt man letzteres Stirn- oder Radenrad. Der äußere Rand eines Rades heißt gewöhnlich die Stirn desselben, und in diesem Sinne sagen auch die Müller die Stirnleere, oder das Rad von der Stirn ableeren, d. h. prüfen, ob das Rad auch gehörig im Zirkel geht.

Die Zähne *aa*, welche in den Kranz des Rades eingesetzt sind, nennt man Kämme, und nur dann werden sie Zähne genannt, wenn sie mit dem Kranze eine Masse bilden (Fig. 75.), wie dies bei den eisernen und Metallrädern der Fall ist.

§. 61. Sind die Kämme *aa* (Fig. 76.) in den Kranz des Rades parallel mit der Welle eingesetzt, so nennt man sie Kammräder; sie werden auch von Einigen Kronräder und die Stirnräder Sternräder genannt. Diese Benennung ist jedoch eine Verwechslung mit den oben angeführten Ziehrädern, demnach falsch, und kann überdies leicht ein Mißverständniß nach sich ziehen.

§. 62. Die Stirn- und Kammräder treiben noch andere und zwar kleinere Räder, welche man daher, weil sie getrieben werden, Getriebe und Drehlinge nennt. In Fig. 77. u. 78. sind verschiedene Drehlinge dargestellt; sie bestehen aus zwei Scheiben oder Kränzen *aa*, zwischen welchen runde Stäbe *bb* befestigt werden. Drehlinge, die nicht über 20 bis 24 Stöcke haben, nennt man Getriebe.

§. 63. Die Getriebe bestehen ebenfalls aus zwei Scheiben *aa* (Fig. 79.), in welchen runde Stäbe *b* befestigt sind. Jede Scheibe des Getriebes wird aus einem Stücke gefertigt, welches auch leicht geschehen kann, weil sie selten über 12, 16 bis 18 Zoll im Durchmesser groß werden und daher das Uebereinanderblatten derselben nicht nöthig macht. Man nimmt deshalb gleich solche starke Bohlen zu denselben, daß sie einfach stark genug sind, und macht jede Scheibe, wenn es sein kann,  $1\frac{1}{2}$  bis 3 Zoll stark. Um die Stäbe, d. h. die Getriebstöcke, in den Scheiben zu befestigen, legt man um dieselben einen, einen halben Zoll starken Ring *c*.

Eine andere Art von Getriebe sind die sogenannten Schlaggetriebe (Fig. 80.), welche aus drei oder vier Stöcken bestehen und besonders zur Bewegung des Sichtezeuges dienen. Man bringt sie gewöhnlich gleich da an, wo das Kammrad eingreift, zu welchem Behufe in der untersten Scheibe drei Knagen angebracht werden, die das Schlaggetriebe ersetzen.

§. 64. Nicht selten werden die Getriebestöcke in eine Welle eingelegt und befestigt (Fig. 81.), man nennt sie dann Kumpfe und die Welle, in welche die Stöcke eingelegt sind, Kumpfwelle. Um aber die Stöcke in der Welle zu befestigen, wird auf jedem Ende der ersteren ein eiserner Ring a, wie bei den Getrieben, gelegt.

§. 65. Sollen die Räder durch das Wasser getrieben werden, so nennt man sie Wasserräder. Diese Wasserräder müssen so gebaut sein, daß sie dem Wasser Flächen entgegensetzen, damit sie durch den Stoß oder Druck desselben sich herum bewegen. Die Flächen, welche man dem Wasser entgegensetzt, werden die Schaufeln des Rades genannt.

§. 66. Die Wasserräder theilt man in drei Arten ein:

- 1) oberflächliche,
- 2) mittelschlächtige, und
- 3) unterschlächtige.

Die unterschlächtigen Wasserräder werden wieder in

- a) Staber,
- b) Strauber oder Stelzenräder, und
- c) in Panzer- oder Pansterräder

eingetheilt.

§. 67. Man theilt auch im Allgemeinen die Räder in vier Klassen, nämlich:

- 1) Wasserräder, welche die Kraft empfangen,
- 2) Triebräder, welche die Kraft fortpflanzen (Stirn- und Kammräder),
- 3) Räder, welche getrieben werden (Drehlinge und Getriebe),
- 4) Schwungräder, welche der Maschine das Gleichgewicht geben.

Benennung der verschiedenen Wasserräder.

§. 68. Das Staberad (Fig. 371.) besteht 1) aus den beiden Kränzen a a, 2) den Schaufeln b b, 3) den Armen c c,

welche den Kranz nach §. 53. mit der Welle verbinden, und 4) den Faschen d d, welche wieder die Arme an den Kränzen festhalten. — Diese Räder gehen gewöhnlich in einem Schnur- oder nur wenig gekröpften Gerinne, und erhalten, je nachdem das Gefälle und das Aufschlagewasser groß oder klein ist, eine Höhe von 14, 16, 18 bis 20 Fuß, eben so eine Breite von 3 bis 5 Fuß; man macht sie nicht gern schmaler, jedoch bisweilen breiter. — Die Schaufeln macht man gern breit; jedoch richtet sich dies nach der Breite der Felgen und nach der Menge des Aufschlagewassers, so daß sie bei großem Wasser breit und bei kleinem schmal gefertigt werden; gewöhnlich macht man sie 12, 16 bis 18 Zoll breit.

Als Form und Richtung der Schaufeln bei Staberrädern hat man im Allgemeinen eine gebrochene, die in der Mitte einen rechten Winkel bildet (Fig. 82.), als die beste annehmen wollen. Die Schaufel a (Fig. 371.) ist die gewöhnlichste, sie besteht aus einem einfachen Brette und wird nach dem Halbmesser des Rades zwischen den Kränzen in die Nuthen eingesetzt und mittelst des Schaufelkeils befestigt. (S. über den Bau der Wasserräder.)

Die in Fig. 83. dargestellte Schaufelung wurde 1759 von Deparcieur vorgeschlagen. Er stellte die Schaufeln nicht nach der Richtung des Halbmessers, sondern mit einem kleineren oder größeren Winkel gegen denselben. Nordwall und Bossut fanden die Neigung von 16 bis 30 Graden als die beste und besonders dann vortheilhaft, wenn das Wasser im Gerinne groß ist.

Man hat noch eine andere Art Schaufelung vorgeschlagen (Fig. 84.), die sich namentlich da als sehr zweckmäßig bewährt haben soll, wo das Wasser keinen so großen Strom hat, d. h. wo es mit weniger Geschwindigkeit gegen die Schaufeln stößt, und das Rad daher mit dem Unterwasser zu kämpfen hat. Und da in diesem Falle die Schaufel senkrecht aus dem Wasser gezogen wird, so ist dem Hinaufwerfen des Wassers an der Rückseite des Rades vorgebeugt.

Als die beste Stellung der Schaufeln bei Staberrädern hat sich die in Fig. 371. dargestellte bewährt, und man kann sie auch als die vortheilhafteste bei diesen Rädern anwenden, da bekanntlich das Wasser während der verschiedenen Jahreszeiten nicht gleich groß ist. Die Staberräder wie in Fig. 82. zu brechen ist nur

da anwendbar, wo wenigstens 3 bis 4 Fuß Gefälle vorhanden ist, dann heißt es schon Kröpf- oder Saßrad. — Man hat jedoch auch Räder ohne gebrochene Schaufeln, welche dessen ungeachtet in bedeutenden Kröpfungen gehen; hier sucht man das Ueberschießen des Wassers über die Schaufeln durch einen halben Boden zu verhindern, wie in Fig. 85.; auch werden die Staberäder, welche in gekröpften Gerinnen gehen, statt der gebrochenen Schaufeln, mit ganzen Boden versehen (Fig. 86.) — eine Einrichtung, die jedoch nicht anzurathen ist; denn durch den ganzen Boden werden die Zwischenräume zwischen den Schaufeln luftdicht, und die darin eingeschlossene Luft verhindert dann das Eindringen des Wassers in die Zellen, wodurch der Effect des Rades verringert wird. Will man einen ganzen Boden beibehalten, so müssen im Boden des Rades wenigstens Löcher gebohrt werden, damit die eingeschlossene Luft entweichen kann.

§. 69. Was die Schaufelstellung anbetrifft, so ist in dieser Beziehung noch keine bestimmte theoretische Regel vorhanden; auch der Praxis ist es bis jetzt noch nicht gelungen, ein bestimmtes Maas dafür anzugeben. Gleichwohl lehrt die Erfahrung, es sei am zweckmäßigsten, die Schaufelweite so zu wählen, daß die Räume zwischen den Schaufeln nicht zu weit und nicht zu eng werden, d. h. so, daß das Wasser noch Platz genug zwischen den Schaufeln habe. Denn stellte man sie zu dicht, so kann das Wasser seine Gewalt nicht ausüben, weil dasselbe zwischen den Schaufeln zu sehr gepreßt und folglich in seinem Zuge gehemmt wird, wodurch natürlich der Effect des Rades verloren geht.

Die Praxis giebt uns hierüber folgende Regel, die wir so lange beachten müssen, bis uns die Theorie eines Besseren belehrt, und da diese Regel auch in der theoretischen Maschinenlehre vorgeschlagen wird, so ist es nothwendig, daß wir sie hier kennen lernen.

Ist nämlich  $b$  (Fig. 87.) unter dem senkrechten Halbmesser des Rades eine Schaufel, so entsteht die Frage: in welcher Entfernung von ihr sich eine zweite befinden soll? Hier soll man die Wasserhöhe  $bd$  in vier gleiche Theile theilen und durch den Theil 1 eine Linie  $ce$  ziehen, bis diese die Peripherie des Kranzes  $e$  berührt, indem dann der Punkt  $e$  als die Stelle der

zweiten Schaufel anzusehen ist. Da jedoch bei kleinen Rädern die Theilung kleiner werden muß, so ist diese Regel auch nicht allgemein anzuwenden, es bleibt mithin nichts weiter übrig, als sich an die Erfahrung zu halten und zwar nach folgender praktischen Regel:

Ist nämlich das Wasser ab auf dem Fachbaume c (Fig. 88.) 8 bis 16 Zoll hoch, so soll man die Schaufeln bei einem unterschlächtigen Rade, das in einem Schnur- oder sehr wenig gekröpften Gerinne geht, 12 bis 16 Zoll weit auseinander stellen, bei 16 bis 20 Zoll Wasserstand 16 bis 18 Zoll weit, und bei 20 bis 24 Zoll Wasserstand 19 bis 21 Zoll weit, endlich bei 30 bis 36 Zoll Wasserstand 21 bis 24 Zoll weit, so daß bei höherem Wasserstande eine größere und bei niedrigerem Wasser eine kleinere Schaufelweite stattfindet.

§. 70. Legt man die Wasserräder so an, daß sie nach dem Fallen oder Steigen des Wassers gehoben oder gesenkt werden können, so heißen sie Panzer- oder Pansterräder. Die Vorrichtung, wodurch das Heben oder Senken bewerkstelligt wird, nennt man Pansterwerk, Ziehwerk oder Ziehpansterwerk, die Mühle selbst aber Panstermühle (s. §. 79. Thl. I.).

Die Bauart der Pansterräder ist dieselbe wie die der Staberräder (Fig. 371.), nur mit dem Unterschiede, das erstere bedeutend breiter gemacht werden, weil gewöhnlich ein jedes Pansterrad zwei Mahlgänge treibt, und sie außerdem nur an großen Flüssen angelegt werden, wo das Wasser breit ist und nicht so zusammengeengt werden kann. Daher werden sie selten unter 10 Fuß und nicht gern, aber ohne Grund, über 12 Fuß breit gebaut, so daß hier wieder die Breite von 10 bis 12 Fuß stattfindet. Wegen dieser Breite werden die Schaufeln noch mit Kiegeln e ein, zwei, auch drei Mal verbunden, damit sie nöthigenfalls einer größeren Wassermenge Widerstand leisten können. — Die Höhe dieser Räder ist verschieden aus eben demselben Grunde, den wir oben bei den Staberrädern angegeben haben.

§. 71. Es giebt noch eine andere Art Pansterräder, die sogenannten Stockpansterräder, welche jedoch jetzt selten angewendet werden, indem sie nur an solchen Flüssen angelegt werden können, wo das Heben und Senken des Rades seltener und

nicht so schnell geschehen darf; aus diesem Grunde läßt man diese Vorrichtung zum Heben und Senken ganz fort (s. S. 78. Theil I.).

Die Bauart dieser Räder ist ebenfalls dieselbe wie die der Staberräder mit zwei Reifen und eingesetzten Schaufeln (Fig. 371.). Die Breite beträgt 4 bis 6 Fuß. Die Schaufelweite ist auch die nämliche wie die der Staberräder.

Das Heben und Senken des Rades geschieht hier in eben der Art wie bei einer Hebelade. Es stehen nämlich auf den dazu bestimmten Grundbalken zwei aufgeschlitzte Ständer, die mit zwei Reihen Löcher versehen sind, in welche eiserne Bolzen gesteckt werden, auf welchen die Hebebäume ruhen, mittelst denen das Zapfenlager nebst Welle und Rad gehoben und gesenkt wird.

§. 72. Die Strauberräder bestehen nur aus einem Reifen a (Fig. 89.), der aus einzelnen Theilen zusammengesetzt wird; die Schaufeln b b sind hier nicht wie bei den anderen Wasserrädern an der Seite der Kränze eingeschoben, sondern an Hölzern c, die man Stelzen nennt, genagelt und auf die Stirn des Kranzes befestigt; auch werden die Schaufelbretter auf beiden Seiten verriegelt e, damit sie mit ihren Flächen den Druck des Wassers widerstehen können.

Obgleich die Strauberräder sehr wenig in Anwendung gebracht werden, so sind sie doch den anderen unterschlächtigen Wasserrädern hauptsächlich deshalb vorzuziehen, weil sie sehr leicht auszubessern sind. Hat sich ein Kropfrad in einem Gerinne verzogen, so ist es immer mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, dasselbe wieder in den Zirkel zu bringen, vorzüglich dann, wenn es mit Eis befroren ist. Bei den Strauberrädern aber braucht man nur die einzelnen Stelzen zu verschneiden, um das Rad wieder in den Zirkel zu bringen.

Man hat den Strauberrädern zwar den Vorwurf gemacht, daß die Schaufeln dem Wasser zu wenig Widerstand leisten; diesem Uebelstande läßt sich jedoch leicht dadurch abhelfen, daß man von einer Schaufel zur andern Kiegel e anbringt. Sollte ein Strauberrad sehr im Unterwasser baden und demnach eine Verminderung des Effectes zu befürchten sein, so macht man die Schaufeln breiter, vermindert aber die Zahl derselben, indem man eine um die andere herausnimmt.

Sie haben auch noch dadurch den Vorzug vor den anderen unterschlächtigen Wasserrädern, daß man die Schaufeln so lang machen kann, als das Gerinne breit ist, wodurch der Kraftverlust, welcher bei den Staberrädern durch die Reifen und Laschen besonders entsteht, vermieden wird. Wer bei einer Mühle beobachtet hat, was für Stöße besonders die Laschen auf das Wasser ausüben, wird gewiß nicht läugnen können, daß dadurch ein bedeutender Theil der Kraft verloren gehen muß. Dies wird aber bei den Strauberrädern gänzlich vermieden, weil hier die vorhandenen Laschen nicht bis in's Wasser reichen. Auch können die Schaufeln so breit gemacht werden, als es nur immer angeht, vorausgesetzt, daß die Stelzen lang genug seien. Aus diesem Grunde sind sie besonders zu Pansterrädern sehr anwendbar, wie Fig. 89. B zeigt. Wegen der Schaufellänge sind hier zwei Kränze a und zwar am zweckmäßigsten gleich so nahe an den Enden anzubringen, daß man sie nur in der Mitte ein oder zwei Mal zu verriegeln braucht.

Bis jetzt hat man die Strauberräder nur an kleinen Flüssen, wo wenig Aufschlagewasser, hingegen ein größeres Gefälle vorhanden ist, angelegt; aber auch hier sind sie dann nur anwendbar, wenn Räder im Kropsgerinne gehen müssen (Fig. 90.) und bei denen die Schaufeln nicht gebrochen werden können.

Die Strauberräder erhalten einen Durchmesser von 16, 18 bis 22 Fuß. Die Länge der Schaufeln richtet sich nach der Breite des Gerinnes. Die Schaufelweite ist verschieden; gewöhnlich aber giebt man ihnen eine Theilung von 14 bis 24 Zoll. Die Breite der Schaufeln ist ebenfalls verschieden und richtet sich nach der Menge des Aufschlagewassers.

§. 73. Da die Schiffmühlenräder nach §. 47. nur durch einen starken Strom getrieben werden, so sind sie auch breiter und mit mehreren Armen versehen, als ein gewöhnliches unterschlächtiges Wasserrad; auch werden die Schaufelbretter bei dieser Art Räder breiter und stärker gefertigt, damit sie der größeren Wassermenge widerstehen können. Fig. 91. A u. B stellt ein solches Schiffmühlenrad dar; wir werden bei der Anfertigung derselben sehen, daß auch hier die Strauberräder mit Vortheil angewendet werden können.

§. 74. Bei den mittelschlächtigen Rädern fällt das Wasser in der Richtung des Halbmessers in die Schaufeln. Zu diesem Behufe sind die Räder mit gebrochenen Schaufeln versehen. Damit das einströmende Wasser nicht über die Schaufeln schlagen kann, wird noch das Innere des Rades mit einem Boden versehen, wo es dann so lange darin liegen bleibt, bis die angefüllte Schaufel den tiefsten Punkt des Kropfes erreicht hat (Fig. 86 a.).

Der Durchmesser dieser Räder beträgt in der Regel 14 bis 20 Fuß, ihre Breite 3 bis 5 Fuß. Die Schaufeln soll man nicht über 12 und nicht unter 8 Zoll weit auseinander stellen; gewöhnlich giebt man ihnen aber eine Schaufelweite von 12 bis 14 Zoll, je nachdem Gefälle und Wassermenge vorhanden sind. Auch giebt man dem Rade drei Mal so viel Schaufeln, als es Fuße im Durchmesser hat, so daß ein 16 Fuß hohes mittelschlächtiges Wasserrad 48 Schaufeln erhalten würde.

Zum Betriebe der Mahlmühlen und anderer großen Maschinen sind die mittelschlächtigen Räder weit anwendbarer als die niedrigen ober Schlächtigen, und zwar schon aus dem Grunde, weil sie mit der Welle höher zu liegen kommen.

Weil hier das Wasser in der Richtung des Halbmessers einfällt, nennt man sie mittelschlächte oder halb ober Schlächte Wasserräder. Fällt das Wasser unter dem Halbmesser des Rades in die Schaufeln, wie Fig. 82. u. 85 a. zeigt, so nennt man sie Kropf- oder Safräder.

§. 75. Bei allen Maschinen, die durch Kropfräder getrieben werden, ist es erforderlich, daß man einen bestimmten Wasserstand auf den Fachbaum des Hauptgerinnes zu halten sucht. Man leitet daher den Wasserstrahl, wenn er aus dem Hauptgerinne fließt, dergestalt, daß er die Bewegung des Rades möglichst beschleunigt. Dies kann aber nur dadurch geschehen, wenn man die Schütze dem Rade möglichst nahe bringt. Es giebt aber für Kropfwasserräder keine zweckmäßigere Art, das Wasser in die Schaufeln zu leiten, als die in den Fig. 82. und 85 a. dargestellte, weil eben hier das Wasser nicht allein durch den Druck, sondern auch durch den Stoß wirken kann.

§. 76. Wasserräder, bei denen sich der Gerinnboden über dem lothrechten Durchmesser befindet, damit das Wasser von oben

in die Schaufeln des Rades geleitet und letzteres dadurch in Umlauf gebracht wird, nennt man oberflächliche Wasserräder (Fig. 92.). Bei dieser Art von Rädern kann aber das Wasser nicht eher wirken, als bis die Einschusschaufel ihre bestimmte Wassermenge aufgenommen hat. Zu diesem Behufe erhalten die Schaufeln eine solche Stellung, daß sie leicht und ohne Hinderniß die erforderliche Wassermenge von oben aufnehmen und diese bis zum tiefsten Punkte des Rades halten können, um sie dann auszuschütten, ohne einen Theil davon mit in die Höhe zu nehmen. Man nimmt mithin bei einem oberflächlichen Rade einen gewissen Theil, auf welchen das Wasser einfällt, als mit Wasser beschwert an, und zwar von derjenigen Stelle der Einschusschaufel bis zu der Stelle im unteren Theile, wo das Wasser die Schaufeln wieder verläßt, der alsdann der wasserhaltige Boden genannt wird. Man läßt aber das Wasser nicht gerade in die am lothrechten Durchmesser liegende Schaufel a einfallen, sondern immer erst in die zweite b oder dritte Schaufel c (Fig. 92.), welche alsdann die Einschusschaufel genannt wird. Je schneller sich das Wasserrad herumschwingt, desto tiefer liegt auch die Stelle (Einschusschaufel), in welche das einschießende Wasser den Boden der Einschusschaufel erreicht; dann wird also auch das obere wasserhaltige Bodenstück kleiner, und folglich wird sich auch wegen der Schwungkraft das Wasser im unteren Theile desto eher verschütten; aus diesem Grunde kommt aber auch der größte Theil der Wassermenge, wegen der Geschwindigkeit, gar nicht zum Einschießen in die Schaufeln, sondern wird durch die Schwungkraft weggeschleudert; folglich vermindert die Schwungkraft den Druck des Wassers auf das Rad.

Soll aber das Wasser auf das Rad seine volle Kraft äußern, so muß es nicht allein durch sein Gewicht, sondern auch noch durch den Stoß wirken können, was nur dann bei oberflächlichen Rädern geschehen kann, wenn das Wasser parallel mit der Stoßschaufel a einfällt (Fig. 93. und 94.). Da das Wasser mehr gegen die obere Seite der Stoßschaufel anschlagen soll, so muß die Sprungweite des Wasserstrahls mit der Druckhöhe im Zuflußgerinne, sowie mit der Breite der Schußöffnung, und diese wieder mit der Breite des Wasserrades zwischen den Kränzen in einem bestimmten Verhältniß stehen.

§. 77. Wo jedoch bei einem Werke eine beträchtliche Geschwindigkeit des Wasserrades erforderlich wird und das einfließende Wasser sich dennoch nicht verschütten soll, bedient man sich der Mäntel A (Fig. 95.), die vom Einschusse des Wasser bis zu dem untersten Punkte reichen, wo die Schaufeln anfangen das Wasser wieder auszugießen. Ein solcher Mantel muß aber dergestalt construirt werden, daß er das Wasser, welches sich in Folge der Schwungkraft verschüttet, wieder in die Schaufeln zurückwirft und dieses bis a in die Gegend leitet, welches in der Regel  $46^{\circ}$  beträgt, und von wo alsdann eine Art Kropf b wieder anfängt. Das Rad muß sich hier aber nach derjenigen Seite herumdrehen, von welcher das Wasser aufschießt, damit es, wenn es seine Wirkung verrichtet hat, ungehindert abfließen kann. Da aber ein solcher Mantel im Winter wegen des Eises hinderlich sein würde, so richtet man ihn so ein, daß er nöthigen Falls zurückgezogen werden kann, zu welchem Behufe man den Kropf b auf einen Unterbau c setzt, der sich nach Art eines Schlittens hin und her schieben läßt.

§. 78. Die Erfahrung lehrt aber, daß das überschlächtige Wasserrad mit einer bestimmten Breite und mit einer unveränderlichen Menge Wasser eine gewisse Geschwindigkeit annimmt, die der Geschwindigkeit des einstürzenden Wasserstrahls, dem Widerstande der Luft und den Nebenhindernissen entspricht, d. h. so lange das Rad nicht mit einer zu großen Last sich herumschwingt. Belastet man aber die Maschine, so nimmt auch die Geschwindigkeit des Rades immer mehr ab, bis zuletzt die Last so groß wird, daß die Bewegung ganz aufhört. Sobald aber die Geschwindigkeit des Rades geringer wird, als die Geschwindigkeit des einschlagenden Wasserstrahls ist, so wird eine größere Wassermenge beifließen, als die Zellen fassen können (Fig. 94.). Je langsamer daher das Rad sich herumbewegt, je mehr wird sich das Wasser wie ein Ring um dasselbe legen und nutzlos fortfließen; je geschwinder sich das Rad bewegt, desto geringer ist auch die Wasseranhäufung. Hieraus geht nun hervor, daß man dem Rade diejenige Geschwindigkeit geben muß, welche mit dem einströmenden Wasser im Verhältniß steht.

§. 79. Hierbei kommt es aber noch besonders darauf an, den Wasserstrahl so zu leiten, daß er bei'm Ausfließen aus dem

Gerinne die Bewegung des Rades beschleunigt. Dies kann man aber nur dadurch erreichen, daß man auf dem Fachbaume oder über dem Boden des Hauptgerinnes einen bestimmten Wasserstand hält und die Höhe vom oberen Gerinnboden bis zum Einfluß des Wassers in die Schaufel klein macht, d. h. die Einlaufsstelle des Wassers muß dem Rade so nahe als möglich gebracht werden. Auch soll man die Breite der Schutzöffnung jedesmal kleiner machen, als die Länge der Schaufeln zwischen den Kränzen beträgt, damit die in den Schaufeln befindliche Luft entweichen und der Wasserstrahl, ohne über die Zellen wegzufließen, sich in denselben ausbreiten kann.

§. 80. Dies kann aber nur in folgenden vier Fällen geschehen:

1) Wenn das Schutz senkrecht über dem Scheitel des Rades steht (Fig. 92. u. 94.), so wird die Sprungweite des Strahls bis  $l$  gehen, d. h. wenn nicht viel Druckwasser vor demselben steht.

2) Bei sehr hohen Wasserrädern, die wenig Druckwasser haben, muß das Schutz über den Scheitel des Rades hinaus verlängert werden, weil die Wasserhöhe im Gerinne nicht die Druckkraft besitzt, daß sich die Sprungweite des Wasserstrahls bis dahin erstrecken könnte (Fig. 93.).

3) Desters muß man auch das Schutz zurücksetzen, weil die Wasserhöhe im Gerinne zu hoch ist und dadurch die Springweite größer wird (Fig. 92.).

4) Bei sehr kleinem Wasser und sehr hohen Rädern, wo man ersteres nicht aufstauen kann, ist man häufig genöthigt, die Boden der Schutzöffnung niederwärts zu richten (Fig. 96.), um den Wasserstrahl in die zweite oder dritte Einschusschaufel zu leiten.

Will man aber den größtmöglichen Effect von dem Aufschlagewasser erhalten, so haben sich in der Praxis die Vorrichtungen Fig. 93. und 95. als die vorzüglichsten bewährt. Erfordert die innere Einrichtung der Maschine eine größere Geschwindigkeit des Wasserrades, so bedient man sich der Vorrichtung in Fig. 92. u. 94. Das Wasser aus dem Gerinne ganz frei auf das Rad fließen zu lassen, ohne es abzuschützen, wie es öfters in Gebirgen bei hohen überschlächtigen Rädern geschieht, ist schon deshalb nicht anzurathen, weil bei jedem größeren oder geringeren Wasserzufluß sich auch der Wasserstrahl Fig.

92. ändert, welcher dann, statt in die Schaufel b einzufallen, bei d einfällt. Hat man aber das Gerinne mit einem Schutz versehen (Fig. 93.), so ist man, selbst bei zunehmendem Druckwasser, im Stande, den Strahl so zu leiten, daß er stets in die zweite oder dritte Schaufel einfallen muß.

§. 81. Es ist jedoch nicht hinreichend, daß man nur bei einem oberflächlichen Wasserrade das Wasser auf eine zweckmäßige Weise zuführen muß, man muß vielmehr nach §. 76. das oberflächliche Rad so bauen und die Zellen so einzurichten wissen, daß sie das Wasser leicht und ohne Hinderniß von oben aufnehmen, dasselbe bis zum niedrigsten Punkte des Rades halten und endlich hier ausschütten. Damit sie aber eine große Wirkung hervorbringen, sollen sie viel Wasser aufnehmen können, ohne aber mit Holz überladen und dadurch zu schwer zu werden. Macht man daher die Entfernung der Schaufeln zu groß, so wird zwar das Rad leicht, es erhält aber nur wenig Zellen, und kann daher nicht mehr Wasser aufnehmen, als die geringe Anzahl fassen kann. Stellt man im Gegentheil die Schaufeln näher zusammen, so erhält man viele Zellen, aber der Inhalt wird klein und das Rad mit Holz zu überladen und schwer. Man muß also den Zellen eines oberflächlichen Rades solche Gestalt und Lage geben, daß das Wasser nicht allein nahe am Scheitel einfallen kann, sondern diese auch nicht zu früh verlässe. Mehreres und Ausführlicheres über die Stellung der Schaufeln werden wir bei'm Bau und bei der Zusammenstellung der oberflächlichen Räder sehen. Hier sei nur noch bemerkt, daß die Höhe dieser Räder sehr verschieden ist und sich auch kein bestimmtes Maas dafür angeben läßt; es kommt vielmehr ganz auf die Lage des Wassers und des Gefälles an. Oberflächliche Räder von 6 bis 8 Fuß Durchmesser nennt man Walzenräder. Wenn es die Maschinerie gestattet, ist es immer vortheilhafter, ein Kropfrad anstatt eines niedrigen oberflächlichen Rades in Anwendung zu bringen; gleichwohl läßt sich in dieser Beziehung keine bestimmte Anleitung geben, da die Wahl des einen oder anderen Rades durch die Dertlichkeit, so wie den Zweck der Maschinerie, ja nicht selten durch physische Nebenumstände bedingt wird.

§. 82. Rücksichtlich der Schaufelzahl bei oberflächlichen

Rädern beobachtet man im Allgemeinen das Verfahren, nach welchem ein solches Rad drei bis vier Mal so viel Schaufeln erhält, als der Durchmesser Fuße hat. Will man daher für ein oberflächliches Rad von 14 Fuß im Durchmesser die erforderliche Zahl der Schaufeln durch Rechnung finden, so muß man 14 mit 3 oder 4 multipliciren; das Product 42 oder 56 bestimmt in dem vorliegenden Falle die Anzahl der Schaufeln. Da aber diese Regel nicht immer als anwendbar erscheint, indem bekanntlich fast jedes Land sein eigenes Fußmaaß hat und dieses folglich von einander abweichend ist; so soll man den Halbmesser des zu erbauenden Rades mit 3 multipliciren und dieses Product zu 18 addiren, so giebt diese Summe die Anzahl der Schaufeln, welche man dem Rade geben soll. Z. B. das zu erbauende Rad soll 14 Fuß Durchmesser erhalten, so ist der Halbmesser 7 Fuß, folglich:  $18 + 3 \cdot 7 = 39$  Schaufeln, wofür man lieber 40 Schaufeln nehmen kann, weil man die Anzahl Schaufeln gern so nimmt, daß sie sich durch 4 theilen lassen. — Man sieht aber hieraus, daß diese Regel auch nicht ganz richtig ist. Eine bessere Regel ist die, daß man die Schaufeln nie über 12 Zoll weit auseinander setzen soll. Gewöhnlich nimmt man aber die Theilung bei oberflächlichen Wasserrädern, wie bei den mittelschlächtigen Rädern, von 8 bis 12 Zoll, und baut das Rad dafür lieber breiter, damit das Wasser in den Schaufeln noch Platz habe.

§. 83. Die in England gebräuchliche Schaufelstellung bei oberflächlichen Rädern ist wie die in Fig. 97. dargestellte. Nach dieser Construction der Schaufelstellung wird die Fläche  $dabc$  sehr nahe gleich der Fläche  $fab c$ , so daß die bis zur Höhe  $fc$  gefüllte Schaufel noch alles Wasser enthält, wenn  $a d$  in die horizontale Lage  $g$  gekommen ist. Dies geschieht aber erst dann, wenn die Schaufel noch um einen Bogen von 35 Graden von dem tiefsten Punkte des Rades absteht, und wenn dieser Abstand noch ungefähr 24 Grade beträgt, so wird diese Schaufel das halbe Wasser ausgeschüttet haben. Es versteht sich übrigens von selbst, daß hier eine sehr langsame Bewegung des Rades vorausgesetzt wird, um den Einfluß der Fliehkraft des Wassers, die sonst eine frühere Entleerung der Schaufeln zur Folge hätte, vernachlässigen zu können. In diesem Falle also würden die

Schaufeln anfangen Wasser zu verschütten, wenn diese noch ungefähr um den achten Theil des Durchmessers oberhalb der tiefsten Stelle wäre, und die halbe Wassermenge würde sie ausgeschüttet haben, wenn dieser Abstand noch  $\frac{1}{4}$  des Durchmessers betrüge. Es ist klar, daß, wenn die Schaufeln bis über  $f c$  gefüllt würden, auch das Ausschütten des Wassers früher eintreten müßte, und daher der Verlust an Wassermenge beträchtlicher wäre, so wie wieder umgekehrt dieser Verlust noch unbedeutender sein würde, wenn die Schaufeln nicht bis auf diese Höhe  $f c$  angefüllt würden.

Es folgt hieraus, daß man den Schaufeln eine hinreichende Größe geben muß, die aber mehr durch die Tiefe, als durch die Länge derselben zu erreichen ist. Mit einer gehörigen Länge der Schaufeln, so wie mit einer gewissen Breite des Rades ist noch der Vortheil verbunden, daß bei'm Einstürzen des Wassers die Luft zu beiden Seiten leicht entweichen kann (§. 79.), widrigenfalls das schnelle Eintreten des Wassers hierdurch verhindert und durch die entweichende Luft dasselbe verspritzt wird (Fig. 321. Tbl. I.).

§. 84. Robert Bruns hat vor einigen Jahren zu Kenfrewschill im England ein oberschlächtiges Wasserrad mit ganz eigener Schaufelung, welche vor der gewöhnlichen große Vorzüge besitzen soll, ausgeführt. Das Wesentlichste derselben besteht darin, daß jede Schaufel aus drei Theilen  $a b$ ,  $b c$  und  $c d$  (Fig. 98.) zusammengesetzt und noch überdies durch eine mit dem Radfranze concentrische Zwischenwand  $b n$  so abgeschnitten ist, daß der dadurch entstehende innere Raum  $a b n$  gleich dem äußeren  $b c d$  wird. Bei dieser Einrichtung sollen die Schaufeln, wenn sie bis auf ein Drittheil gefüllt sind, erst bei einem Abstände von 18 Graden von dem tiefsten Punkte anfangen das Wasser zu verschütten und bei 11 Graden noch die halbe Wassermenge enthalten.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß das Eindringen des Wassers in den inneren Raum der Schaufeln seine eigene Schwierigkeit haben muß; gleichwohl lehrt die Erfahrung, daß bei einem langsamen Gange des Rades, bei einer gehörigen Richtung des einstürzenden Wassers und einer mäßigen Länge der Zwischenwand, dieser innere Raum bis zur Hälfte gefüllt werden kann.

Die Ausführung solcher Räder möchte freilich wohl am vortheilhaftesten dann geschehen, wenn man die Radfränze mit der ganzen so gestalteten Schaufelung aus Gußeisen fertigte, weil dann die Schaufelung und die Zwischenwände viel schwächer ausgeführt werden können und daher nicht so viel Raum wegnehmen, als wenn die Ausführung von Holz geschieht. Zugleich hat diese Art Schaufelung den Vortheil, daß man bei wenig Wasser, welches blos in die äußeren Räume der Schaufeln geleitet wird, den Effect um etwas vergrößern kann.

### Der Radestuhl.

§. 85. Der Radestuhl ist eine Vorrichtung, auf welchen man die Räder abbindet, oder auf denen die einzelnen Theile eines Rades zusammengesetzt und befestigt werden.

Soll ein Rad aus 4, 6, 8 u. Theilen bestehen, so muß der Radestuhl auch mit 4, 6, 8 u. Armen oder Unterstützungspunkten versehen sein. Die Construction eines solchen Radestuhls ist sehr einfach, indem man dazu nur einiger Stücke Halbholz bedarf, die in der Mitte bündig über's Kreuz zusammengeblattet werden (Fig. 99.), und die man in der Mitte sowohl, als auch an den Enden gehörig durch Füße unterstützt. Die Höhe eines solchen Radestuhls beträgt gewöhnlich 2 bis 3 Fuß. Um die Felgen auf den Radestuhl zu befestigen, bringt man an jedem Ende des Arms zwei Paar Docken c c an, die aber etwas weiter auseinander zu stehen kommen müssen, als die Felgen breit sind, um Keile zwischen jene und die Felge schlagen zu können. In die Mitte des Radestuhls wird ein Zapfen d fest eingesetzt, den man den Mönch oder Minig nennt und welcher die in Fig. 100. gezeigte Form hat. In der Mitte hat er einen Ansatz e, welcher dazu dient, den Radezirkel bei Verreißung der Felgen aufzulegen; die beiden Zapfen c und d sind in der Regel 1 bis 1½ Zoll stark, und er wird mit dem untersten Zapfen c in das Schloß, d. h. in der Mitte des Radestuhls befestigt.

In Fig. 101. ist ein neunarmiger Radestuhl dargestellt. Brauchte man aber einen achtarmigen, und es ließen sich nicht vier Hölzer so über's Kreuz zusammenblatten, daß man 8 Arme erhielte, so legt man erst zwei Hölzer in Form eines Kreuzes