

Moos durch und durch. In den Löchern und sonstigen Unebenheiten des Felsens wird das Wasser durch einen immerwährenden Zufluß genährt; das Laub der dichten Gesträuche schützt es vor den Wirkungen der Sonnenstrahlen und sichert es vor dem Austrocknen.

Allgemeine Erklärung und Uebersicht des Nivellirens.

§. 237. Nachdem wir im vorhergehenden Abschnitte den Ursprung, den Gang und die Natur des Wassers kennen gelernt haben, können wir jetzt zum Nivelliren oder Ausmitteln des Gefälles schreiten, was für die Anlegung eines jeden Werkes, welches durch Wasserkraft betrieben werden soll, von der größten Wichtigkeit ist.

Da das Messen im weitesten Sinne nichts anderes ist, als unbekannte Größen durch bekannte zu bestimmen, so gehören unter den Begriff des Messens nicht nur alle Längen, Höhen, Flächen und Körper, sondern auch das Nivelliren und Profiliren, weil diese Vermessungsart in dem allgemeinen Begriff der Höhenmessung begründet ist. Da nun aber bei Längen- und Höhenmessungen einerlei Maße vorausgesetzt werden, so ist dies natürlich auch beim Nivelliren der Fall.

Das Nivelliren überhaupt ist die Untersuchung, um wie viel ein auf der Erdoberfläche gegebener Punkt weiter oder näher vom Mittelpunkte der Erde entfernt liegt, als ein anderer, oder, um wie viel er höher oder tiefer als ein anderer liegt.

Sucht man jedoch im Kleinen nicht nur die horizontalen Abstände vorgeschriebener Punkte, sondern auch ihre senkrechten Entfernungen über und unter einer scheinbaren horizontalen Linie, so profilirt man, und so ist mithin das Profiliren nichts weiter als ein Theil des Nivellirens. Die durch das Profiliren erhaltenen Data bringt man in eine Zeichnung, welche Profilriß genannt wird.

Wie schon oben angedeutet, hängen alle Mühlen-Anlagen, Abzugsgräben, schiffbare Canäle, Schleusen u. s. w. von der genauen Kenntniß des Wasserzuges ab, und die Möglichkeit solcher Untersuchungen ergibt sich nur aus den Resultaten, welche das Nivelliren uns liefert. Da das Wasser vermöge seiner Schwere dem Mittelpunkte der Erde sich nähert, so ist jede Wasserleitung nur in dem Falle möglich, wenn der Ort, von welchem aus das Wasser geleitet werden soll, höher liegt als derjenige, wohin man es leitet.

Stellt sich durch das Nivelliren der umgekehrte Fall heraus, so ist eine derartige Anlage unmöglich, wenn man nicht etwa eine Pumpe oder Schöpfmaschine in Anwendung bringen kann.

Die Höhen des Ablaufes eines Flusses von seinem Ursprung bis zum Orte seines Ausflusses in's Meer nennt man das Gefälle, welches durch den Unterschied der Entfernungen beider Punkte vom Mittelpunkte der Erde durch den Unterschied ihrer wahren Horizontallinie angegeben wird (§. 226.). Hieraus geht hervor, daß die auf den Gebirgen entspringenden Gewässer sich bemühen werden, durch die Thäler abzulaufen, um sich so der allgemeinen Horizontallinie zu nähern, wie wir es auch schon im §. 225. gesehen haben.

Obgleich man jedem Nivelliment die wahre Horizontallinie des Ortes, von welchem man das Steigen oder Fallen desselben erfahren will, zum Grunde legt, so kann man sich doch der wahren Horizontallinie nicht bedienen, sondern man ist gezwungen, eine andere unveränderliche gerade Linie zu Hülfe zu nehmen, die man zum Unterschiede von der wahren die scheinbare Horizontallinie nennt. Durch diese Linie läßt sich nicht nur die wahre Horizontallinie, sondern auch überhaupt das Steigen oder Fallen eines Punktes hinsichtlich eines andern genau bestimmen. Die Möglichkeit, eine solche scheinbare Horizontallinie anzugeben, liegt in dem Instrumente, dessen man sich zum Nivelliren bedient. Da aber die Visirlinie, so lange sie nämlich in der geraden Linie fortgeht, d. h. so lange die Luft, durch die sie sich bewegt, von gleicher Dichtigkeit ist, so folgt, daß die Gesichtslinie bei'm Nivelliren von einem Punkte aus die scheinbare Horizontallinie und nicht die wahre angiebt.

Nimmt man nun auf der Erdoberfläche verschiedene Punkte

an, und verbindet man diese Punkte nicht nur mit dem Mittelpunkte der Erde, sondern verlängert sie auch noch so weit darüber hinaus, bis sie von dem scheinbaren Horizont geschnitten werden, so heißen diese Abstände „die Unterschiede oder Abstände, Abweichungen des scheinbaren und des wahren Horizonts“. Diese Unterschiede kann man bekanntlich durch Hülfe der Geometrie (Trigonometrie) genau berechnen.

§. 238. Um das Steigen oder Fallen zweier Punkte gegeneinander zu bestimmen, ist nur eine Abwägung nöthig. So dürfte man z. B. von A gegen B (Fig. 314.), oder umgekehrt von B gegen A zu nivelliren, gleichviel ob A oder B einander nahe oder entfernt liegen. Oder man setzt auch das Instrument zwischen beide gegebenen Punkte A und B (Fig. 315.) und zwar in die Mitte, wenn sie nicht zu sehr entfernt liegen. In beiden Fällen wird das Resultat, wenn richtig verfahren wird, das Steigen oder Fallen angegeben. Wird das Instrument in einen der Endpunkte (Fig. 314.), also hier in A oder B gestellt, und wägt man noch den andern Punkt ab, so nennt man dieses Verfahren das „Nivelliren aus den Endpunkten“. Stellt man hingegen das Instrument in die Mitte (Fig. 315.) beider Endpunkte und nivellirt nach beiden Punkten hin, so nennt man dies das „Nivelliren aus der Mitte“.

Da es aber in der Ausübung öfters nicht angeht, entweder von A nach B (Fig. 314.) oder von B nach A (Fig. 315.) aus der Mitte beider Punkte zu nivelliren, so ist man veranlaßt, in der Linie A C oder C A nur stationsweise, entweder aus den Endpunkten dieser Stationen oder aus der Mitte derselben zu nivelliren. Dieses Verfahren nennt man zum Unterschiede des oben beschriebenen „das zusammengesetzte Nivelliren“, so wie jenes das einfache genannt wird.

Das Nähere des Nivellirens selbst hier anzugeben, liegt nicht in unserem Plan und würde auch den Zweck unseres Werkes überschreiten, und muß es deshalb Demjenigen, der dasselbe dennoch kennen lernen will, überlassen bleiben, sich von Feldmessern darin unterrichten zu lassen.

§. 239. Bei der Anlage von Mühlen kommt es noch besonders darauf an, ob eine Mühle an das natürliche Bett eines Flusses gelegt werden kann, wenn dieses von Natur so beschaffen

ist, daß das Wasser des Frühjahrs oder der Herbstzeit nicht sehr anwächst; dann wird das Mühlengerinne unmittelbar in das Flußbett gebaut und das Wasser so hoch, als es das Terrain und die angrenzenden Localitäten erlauben, aufgestaut, während man das überflüssige Wasser durch die Freischützen abläßt.

Wächst jedoch der Fluß zu Zeiten hoch an, so legt man quer durch das Flußbett ein Wehr oder eine Freiarche, woran dann seitwärts das Mühlengerinne gelegt wird. Ganz besonders kommt es hierbei darauf an, recht viel Gefälle zur Anlage eines Mühlenwerkes zu bekommen, indem man hierbei nur dasjenige Gefälle benutzen kann, welches ein Fluß zu seiner Bewegung nöthig hat; aus diesem Grunde darf man auch eine solche Mühle nicht unmittelbar an einen Fluß legen, indem dieser in einer gewissen Distanz aufgestaut werden muß, damit das Gefälle stärker werde. Da das zeitweilige Anwachsen des Flusses dem angrenzenden Terrain leicht Schaden zufügen kann, so suchen sich viele Baumeister dadurch zu helfen, daß sie das Flußbett in der Nähe der anzulegenden Mühle ausgraben. Diese Maßregel hat jedoch nur einen geringen praktischen Werth, indem die ausgegrabene Stelle durch den Schlamm des Wassers sehr bald wieder ausgefüllt wird.

§. 240. Aus diesem Grunde legt man die Mühle selten an das natürliche Flußbett, sondern man zieht es vor, das Wasser durch besondere Mühlgräben zu dem Werke zu leiten, wie wir dies bereits in Fig. 301. u. 302. kennen gelernt haben. Die Vortheile, die durch eine derartige Einrichtung erwachsen, sind nicht etwa darin zu suchen, daß man das natürliche Gefälle des Flusses auf eine größere Länge benutzen kann, sondern vielmehr darin, daß der Mühlengraben gerader geführt und das Gefälle zum Betriebe der Mühle besser vertheilt wird. Außerdem ist aber auch noch eine Mühle, welche nicht unmittelbar an einem Flußbett angelegt ist, bei außerordentlicher Anschwellung des Wassers weniger der Gefahr ausgesetzt. Auch braucht der Fluß an keiner Stelle so hoch gestaut zu werden, als dies im ersteren Falle stattfinden müßte, sowie er auch den umliegenden Ländereien weniger gefährlich wird und bei dem Bau und der Reparatur der Mühle das Wasser besser abgehalten werden kann. Daher ist es auch vortheilhaft, wenn nicht andere Umstände

obwalten, es zu verhindern, daß man den Mühlengraben sowohl ober= als unterhalb so weit führt, als man das Gefälle des Wassers benutzen darf, weil man dann das Wasser im Flusse nicht mehr so hoch aufzustauen braucht. Obgleich die Beobachtung dieser Regel von praktischem Nutzen ist, so suchen doch viele Mühlen=Baumeister ein möglichst hohes Gefälle dadurch zu erzielen, daß sie das Wasser mittelst der Wehre so hoch als möglich spannen, während sie dieses hohe Gefälle und die vorhandene Wassermenge auf leichterem Wege benutzen könnten.

§. 241. Zur Bewegung des Wassers im Mühlengraben rechnet man gewöhnlich auf 100 Fuß einen Zoll Gefälle, was man Räusche, Risch oder Rösche nennt. In allen Mühlenordnungen ist dieser Zoll auch festgesetzt, obgleich in vielen Fällen, besonders bei beträchtlicher Wassermenge, ein halber Zoll schon ausreichend ist. Sobald also die nöthige Räusche bekannt ist, läßt sich aus dem Total=Gefälle das nutzbare Gefälle leicht finden. Betrüge demnach die Länge eines Mühlgrabens 3000 Fuß, so ist das Gefälle, welches auf die Räusche verwendet werden muß, $\frac{3000}{100} = 30 \text{ Zoll} = 2 \text{ Fuß } 6 \text{ Zoll}$.

Mündet der Mühlgraben dicht hinter der Mühle aus und erreicht der Fluß bisweilen eine beträchtliche Höhe, so giebt man dem Untergraben auch wohl mehr Räusche als dem Obergraben, und zwar deshalb, damit man den Widerwog nicht so leicht im Gerinne habe, weshalb man auch den Untergraben so weit als möglich macht.

§. 242. Gesezt wir hätten durch Nivellement gefunden, daß zwischen A und B (Fig. 316.) so viel Gefälle vorhanden sei, als nöthig ist, um ein Werk daran zu legen, so läßt sich die Frage aufwerfen, ob es vortheilhafter sei, dieses Werk oben bei A, unten bei B, oder endlich in der Mitte bei C anzulegen.

Rücksichtlich des Gefälles ist die Beantwortung dieser Frage von keiner Wichtigkeit, da der Effect derselbe bleibt, ob man das Werk bei A, bei B oder bei C anlegt. Bei der Anlage bei B könnte man aber sehr leicht zu dem Glauben verleitet werden, hier das Wasser am höchsten stauen zu können. Dies ist jedoch nur scheinbar, denn man mag das Werk bei A, bei B oder bei C anlegen, so muß man doch immer die Räusche vom Total=

Gefälle subtrahiren. Legte man daher das Werk bei B an, so erhielte man nach Abzug der Rausche das nutzbare Gefälle. Legte man hingegen das Werk bei A an, wo man so tief mit der Sohle des Flusses hineingehen könnte, daß man nicht vom Unterwasser belästigt würde, so betrügt man sich hier ebenfalls. Denn nimmt man die Sohle des Flusses horizontal, giebt man diesem also kein Gefälle, so wird das Unterwasser im Frühjahr und Herbst hinaufsteigen, was zur natürlichen Folge haben würde, daß das Rad im Unterwasser baden müßte. Man muß daher dem Fluß oben bei A eben so gut die Rausche geben, als unten bei B. Aus diesem Grunde erhält die Anlage bei B die Rausche für das zufließende und bei A die Rausche für das abfließende Wasser, wenn man die Sohle des Flusses horizontal nehmen will. Das eben Gesagte gilt auch für die Anlage des Werkes bei C, wo man ebenfalls die Hälfte der Rausche für den Zufluß und die andere Hälfte zum Abfluß verwenden muß. Hieraus geht also hervor, daß es Hinsichts des nutzbaren Gefälles ganz gleichgültig sei, ob man das Werk bei A, bei B oder bei C anlege.

§. 243. Was aber das Terrain betrifft, so kann dies doch die Sache ändern. Wären nämlich die Ufer des Flusses so hoch, daß man das Wasser für die Anlage bei B aufstauen könnte, ohne daß es über die Ufer träte, so würde man hier auf jeden Fall am vortheilhaftesten und auch am wohlfeilsten bauen können, und zwar deshalb, weil man in diesem Falle keiner Ausgrabungen bedarf.

Sind jedoch die Ufer niedrig, so daß man für die Anlage bei B künstliche Vorrichtungen oberhalb anlegen müßte, so würde die Anlage sehr kostspielig werden. In diesem Falle wäre daher eine breite Anlage bei A vorzuziehen, sowie auch der Fluß unterhalb ausgegraben werden müßte, damit das Wasser abfließen kann, wodurch die Kosten der künstlichen Verwallung erspart würden.

Würde man aber die Anlage bei A und die Flußsohle so tief ausgraben müssen, daß dies zu viel Kosten verursachte, so schlägt man einen Mittelweg ein und macht die Anlage bei C, so daß oberhalb einige Verwallung und unterhalb einige Ausgrabungen nöthig werden, um das erforderliche Gefälle zu erhalten.

Hat man bei einem vorhandenen Durchstich A B die Wahl, so wählt man die Stelle bei C, weil, wenn ein Fluß im Frühjahr Hochwasser führt und dieses von unten heraufstaut, dieses nicht sogleich nach C, sondern vielmehr nach B gelangen wird; aus welchem Grunde daher das Werk in der Mitte bei C, als an der Ausmündung des Flusses, anzulegen ist.

§. 244. Hätte man aber einen Fluß, der zwar Gefälle genug hätte, um ein Werk damit zu treiben, der aber keinen Aufstau erlaubte, weil die Umgegend dadurch unter Wasser gesetzt würde, so kann man ihn auf der niedrigen Seite ableiten (Fig. 316.) und mit dem ausgegrabenen Erdreich eine künstliche Verwallung anlegen. Solche Anlagen findet man sehr häufig und besonders an kleinen Bächen, auch in Gebirgsgegenden; man kann hier nach Umständen ober- oder unterschlächtig bauen. Auch kann man hier noch bei a ein Schutzwehr anlegen, um das Wasser in seiner Gewalt zu haben.

§. 245. Ganz besonders ist aber bei Maschinen- und Mühlen-Anlagen noch auf die Sammelteiche zu sehen, weil gerade diese die vortheilhafteste Benutzung des Wassers gestatten. Ist eine Mühle an einem Sammelteich angelegt, so kann das Werk stundenlang stillstehen, während jener alles Oberwasser aufnimmt, was dem Betriebe sehr zu Gute kommt, da das übrige Wasser nicht nutzlos abgelassen wird. Man legt daher die Werke gern an solche Stellen, wo dergleichen Sammelteiche angelegt werden können; wobei es besonders zweckdienlich ist, wenn der Fluß in einen See fließt.

§. 246. Es fragt sich noch zuvörderst, in wiefern ein Werk an einem Fluß oder Bach angelegt werden könne? — Bei dieser Untersuchung kommt es wieder und ganz besonders auf folgende Punkte an:

1) Ob bei einem Flusse ein Aufstau überhaupt möglich und wie weit ein solcher möglich ist, — eine Frage, die beziehungsweise durch den Augenschein und durch das Nivellement entschieden wird. Denn es muß bei einem jeden Fluß, wenn er auch wirklich Wassermenge hinreichend enthielte, aber die erforderliche Geschwindigkeit nicht hätte, das Gefälle auf einen Punkt gebracht werden, von wo aus der Druck vermehrt wird. Auch kommt es auf die Beschaffenheit der Ufer an, ob es thunlich sei,

wenn diese nicht hoch genug sind, noch Verwallungen anzulegen, und ob dies die Ländereien gestatten, oder ob die natürliche Höhe der Ufer einen Aufstau zuläßt. Fließt der Bach in einem engen Thale und kann man dasselbe dicht vor der Mühle unter Wasser setzen, so erspart man alle Verwallungen.

2) Kommt es auf das bei dieser Distanz zu erwartende Gefälle an, welches sich aus dem Nivellement ergibt; ferner

3) auf die Wassermenge, welche gefunden wird, wenn man den Querschnitt des Flusses mit der Geschwindigkeit des Wassers multiplicirt. Hat also ein Profil 18 □ Fuß, die Geschwindigkeit 2 Fuß in einer Secunde, so ist $18 \cdot 2 = 36$, d. h. 36 Kubfuß Wasser fließt in einer Sekunde durch dieses Profil. Wie der Querschnitt durch Rechnung und Theilung gefunden wird und wie man die Geschwindigkeit des Flusses mißt, gehört nicht hierher, sondern wird als bekannt vorausgesetzt.

4) Ist die Eintheilung des Gefälles von Bedeutung.

§. 247. Nach §. 241. ist das Gefälle, welches ein Fluß auf einer gewissen Strecke hat, das Total-Gefälle, welches wieder in mehrere Abtheilungen zerfällt: wenn nämlich Fig. 217. den Durchschnitt eines horizontalen Flußgerinnes mit dem Durchschnitt eines Wasserrades darstellt, so ist AB der Wasserspiegel, CD der Wasserspiegel des Unterwassers, BE der Wasserstand oder die vertikale Entfernung des Fachbaumes unter dem Oberwasser, BF das Druckwasser, d. h. die Höhe des Oberwassers über der Schußöffnung; FE die Höhe der Schußöffnung, EC das lebendige Gefälle oder der vertikale Abstand des Fachbaumes vom Unterwasser; BC das nutzbare Gefälle oder der vertikale Abstand des Oberwassers bis zum Unterwasser; BN die Geschwindigkeitshöhe des anschlagenden Wassers, oder die senkrechte Höhe vom Oberwasserspiegel bis auf die Mitte der, nach der Richtung des Halbmessers auf dem Gerinnboden senkrecht stehenden Schaufel.

§. 248. Bei'm Niveliren hat man es nur mit dem Total-Gefälle zu thun, wobei man zugleich die Käusche erhält. Bei der Anlage selbst kommt aber das nutzbare Gefälle BC (Fig. 317.) in Betracht. Ist kein Druckwasser vorhanden, so hat man es nur mit dem einfachen Wasserstande BE zu thun.

Aus der Erfahrung weiß man aber, daß, wenn man die Schütze gezogen und das Wasser mit Kraft durchströmt, das

Unterwasser D G durch den Druck des Aufschlagewassers aus dem Gerinne herausgeworfen und fortgeschoben wird; daß also, wenn das Wasser sich einmal im Schuß befindet, das Unterwasser D G so gut als gar nicht zu betrachten ist.

Aus diesem Umstande kann man aber bei der Anlegung eines Grundwerkes Nutzen ziehen. Denn liegt in D, wie wir oben annahmen, die Sohle des Unterwassers, welches beim Aufziehen der Schütze verdrängt wird, so kann man den Gerinnboden noch tiefer und zwar bis J (Fig. 318.) legen. Wenn mithin das Schuß geschlossen ist, so wird das Unterwasser im Gerinne in der Höhe J K stehen, was nichts schadet, weil es durch das Oberwasser herausgeworfen wird. In diesem Falle nennt man E C das nutzbare und K J das todte Gefälle.

§. 249. Will man aber bei Anlagen von derartigen Werken noch auf die Benutzung des todten Gefälles rechnen, so hat man zu ermitteln, ob nicht im Frühjahr zuweilen hohes Stauwasser von unten eintritt. Ist dies der Fall, so kann das todte Gefälle nicht benutzt werden, weil das Rad tief im Unterwasser baden würde. Sonst aber kann man nach Umständen bei einem schwachen Bache 8 bis 9 Zoll und bei großer Wassermenge 15 bis 16 Zoll in das Unterwasser oder todte Gefälle hinein bauen.

Rother äußert in seinen Beiträgen zur Maschinenbaukunst, daß die Theoretiker noch gar nicht auf das todte Gefälle geachtet haben, und daß es Pflicht sei, so weit in's todte Gefälle hinein zu bauen, als die Höhe der Schaufeln beträgt.

Viele Vorschriften, wie man den Abschlußboden bauen soll, sind zwar des Erwähnens nicht werth, ich will sie aber deshalb nicht übergehen, weil sie von sachkundigen Männern vorgeschlagen sind. — So soll man z. B. den Abschlußboden hinter dem Rade nicht horizontal, sondern wie in Fig. 317. D G schräg fortgehen lassen, damit das Unterwasser leichter aus dem Rade treten könne. Allein das Aufschlagewasser erhält ja dieselbe Geschwindigkeit, welche das Rad hat, und bewegt sich daher mit demselben fort, hält also dasselbe nicht auf. Daher würde man in diesem Falle das Gefälle J K, welches dem Rade zu Gute kommt, verlieren; auch würde das Hochwasser bei'm schrägen Gerinne weit leichter eintreten, wogegen bei'm horizontalen

Boden dasselbe länger abgehalten wird und daher nicht so leicht in's Rad hineintreten kann.

Der Wasserbau = Inspector Neumann will hinter dem Kropfrade zuerst einen schrägen und dann einen horizontalen Gerinnboden GM (Fig. 317.) angeordnet wissen und diese Senkung DG soll bei hohen Kröpfungen 8 und bei niedrigen bis 12 Zoll betragen. Allein auch hier verschwendet man Wasser und Gefälle, wie sehr leicht aus Fig. 318. zu ersehen ist, weil nämlich das Rad um DJ tiefer liegen müßte.

Der Ober-Landes-Bau-Director Eytelwein sagt in seiner Hydraulik S. 184.: „Auch ist daselbst am Ende des Kropfes A (Fig. 319.) dem Gerinne eine größere Tiefe zu geben, damit sich das Wasser, wenn es das Rad verläßt, leichter austreiben kann und die Umdrehung des Rades nicht hindert.“ Aber auch diese Einrichtung ist fehlerhaft, denn wenn der Unterwasserspiegel B es erlaubt, den Boden des Gerinnes um so viel tiefer zu legen, so verliert man nur an Gefälle, wenn man, wie oben Fig. 317., das Rad nicht um so viel tiefer legte. Erlaubt es aber der Unterwasserspiegel nicht, so erwächst wieder der Nachtheil, daß man hinter dem Rade einen todten Raum B erhält, wodurch ein Kochen des Wassers in diesem todten Winkel entsteht, so daß das Wasser nicht fortfließen kann und folglich auf die Umdrehung des Rades nachtheilig wirken muß.

Endlich haben noch viele Mühlenbaumeister vorgeschlagen, das Grundwerk hinter dem Wasserrade zu erweitern, damit das Wasser um so bequemer abfließen könne. Aber auch dieser Vorschlag hat sich in der Praxis nicht bewährt, indem die Erfahrung gezeigt hat, daß bei einer derartigen Einrichtung des Grundwerkes das Wasser um so langsamer abfließt. Es ist daher für den beabsichtigten Zweck am vortheilhaftesten, den Gerinnboden hinter dem Rade bis auf eine gewisse Strecke gerade und horizontal fortlaufen zu lassen, damit das Wasser die größtmögliche Geschwindigkeit behalte. Eben so rathsam ist es auch, die Wasserbänke nicht zugleich mit dem Rade aufhören zu lassen, indem man sie vielmehr noch eine Strecke fortführen muß, weil im entgegengesetzten Falle das Rad vom Stauwasser nur um so früher erreicht und dadurch in seinem zweckmäßigen Gange gehindert wird.

Allein diese horizontale Verlängerung des Gerinnes hinter dem Rade hat auch ihre Grenzen; denn ist sie zu groß, so vermindert sich gleichsam die Geschwindigkeit. Man geht daher mit dem Gerinne höchstens 24 Fuß hinter dem Rade horizontal fort und giebt ihm dann einen kleinen Fall, damit das Wasser fortgehen und sich unterhalb mit dem Unterwasser wieder vereinigen könne. Bei großem Stauwasser muß man nicht selten einige Zoll vom Gefälle hinzugeben, um eine bessere Ableitung des Wassers zu bewirken.

§. 250. Bei der Anlage eines Grundwerkes entsteht aber noch die wichtige Frage, wie hoch man den Fachbaum N (Fig. 317.) legen müsse, und ob es nicht vielleicht vortheilhaft sei, tief mit demselben herunter zu gehen, um durch den Abschlußboden dem Rade das Wasser zuzuführen, oder ob man ihn nicht recht hoch legen müsse, um nur wenig Standwasser auf demselben zu behalten?

Die Erfahrung sowohl als die Theorie haben uns gelehrt, daß, wenn ein natürliches nutzbares Gefälle vorhanden ist, es besser sei, den Fachbaum recht hoch zu legen, um einen hohen Kropf anzubringen, damit recht viel Wasserdruck auf das Rad geleitet werden könne. Die Erfahrung lehrt uns zwar, daß bei gewöhnlichen Werken ein durchschnittlich 18 Zoll hoher Wasserstand anzunehmen sei. Bei dem höher zu legenden Fachbaume baut man aber die Gerinne breiter, damit dieselbe Wassermenge darüber hinwegschießen kann, aus welchem Grunde das Wasserrad breiter construirt werden muß.

§. 251. Die Engländer gehen hierin mit großer Aufmerksamkeit zu Werke und legen in gewöhnlichen Fällen den Fachbaum nur 6 Zoll unter den Oberwasserspiegel, weil sie gefunden haben, daß dadurch der Effect des Rades am größten wird. Sie bringen aber auch mit dieser Einrichtung die breitesten Räder in Verbindung, indem die hierher gehörigen Wasserräder eine Breite von 16 bis 18 Fuß haben, während wir in dieser Beziehung das Maß von 6 bis 8 Fuß nicht überschreiten. Die Engländer rechnen bei der Construction dieser Wasserräder nicht sowohl auf den Stoß, als vielmehr auf das Gewicht des Wassers. Um dem Uebelstande zu begegnen, welcher nothwendiger Weise durch das Einfrieren des Vorgesenkens entstehen würde, geht der Kropf

bei der in Rede stehenden Einrichtung unmittelbar bis an den Fachbaum, wodurch natürlich verhindert wird, daß die ganze Kraft des einströmenden Wassers in das Rad (welches hier mit einem Boden versehen ist) und über die gebrochenen Schaufeln hinwegstürze. Bei hohem Wasserstande, namentlich im Frühjahr, wo das Wasser in dem Vorgesente bis zu einer beträchtlichen Höhe steigt, wird auf den Fachbaum und den Kropf noch ein anderer künstlicher Kropf c (Fig. 320 a.) gesetzt, welcher vorn mit einer Lippe versehen ist, wodurch der Abfluß des Wassers ganz besonders befördert wird.

Da unsere gewöhnlichen Mühlen die eben beschriebenen Vorrichtungen nicht haben, so sind unsere Praktiker auf die Benutzung des größten Wasserdruckes angewiesen, wodurch bei hohem Wasserstande der Nachtheil entsteht, daß ein großer Theil des Wassers nutzlos über die Schaufeln des Rades hinwegströmt.

§. 252. Nach dem Vorhergehenden läßt sich die wichtige Frage aufwerfen, ob bei dem gewöhnlichen Gefälle ein ober- oder ein unterschlächtiges Rad vortheilhafter sei? Wir wollen durch folgende Beispiele diese Frage lösen.

Bei einem Gefälle von 8 Fuß würde man bei der Anwendung eines unterschlächtigen Rades diesem einen Kropf von 8 Fuß geben müssen. Man baut jedoch schon bei 8 Fuß Gefälle gern oberflächtig, weil allgemein behauptet wird, daß ein oberflächtiges Rad mehr leistet, als ein unterschlächtiges. Stehen aber nur 8 Fuß Gefälle zu Gebot und man baute oberflächtig, in welchem Falle das innere Werk ein einfaches würde, so kommt man mit dem Fußboden der Mühle bis auf den Unterwasserspiegel zu liegen (§. 4. u. 45.), und ist dann Alles dem Verstopfen und Verderben unterworfen, weil bei hohem Unterwasser der Fußboden unter Wasser gesetzt werden würde. Beispiele hiervon haben dies vielfältig bewiesen.

Viele Baumeister behaupten, daß es, unter der Voraussetzung richtiger und zweckmäßiger Bauart, völlig gleichgültig sei, ob man ober- oder unterschlächtiges Zeug wähle, indem das Wasser in beiden Fällen mit dem gleichen Gewicht wirke, und demnach der Effect beider Räder, unter übrigens gleichen Bedingungen, derselbe sein müsse. Daß diese Behauptung auf einem Irrthum beruhe, zeigt die Praxis, wird aber auch leicht

aus folgenden Beispielen erhellen. Man denke sich in Fig. 320. ein unterschlächtiges und in Fig. 321. A und B ein überschlächtiges Wasserrad; die lichte Schutzöffnung bei beiden sei 4 Fuß. Nach §. 78. Theil II. müssen die überschlächtigen Räder auf jeder Seite 3 Zoll breiter gebaut werden, als die lichte Schutzöffnung beträgt, wonach sich, da diese in dem vorliegenden Falle 4 Fuß beträgt, für das überschlächtige Rad eine Breite von 4 Fuß 1 Zoll ergibt, B (Fig. 321.).

Ein unterschlächtiges Rad erhält folgende Einrichtung: Oben haben wir eine gleiche Schutzöffnung angenommen, die 4 Fuß betrug (Fig. 320.); werden die Wasserbänke a mindestens 6 Zoll, die Wasserradsreifen b mindestens 3 Zoll, so bleiben für die lichte Radweite: $4' - 2(6 + 3'') = 48'' - 18'' = 30$ Zoll oder 2 Fuß 6 Zoll übrig. Man sieht aber hieraus, daß, wenn man nach gewöhnlichen Grundsätzen verfahren wollte, so würde man, wenn das Wasser nämlich die Schütze passiert ist, sich zusammendrängt und zwischen die Wasserbänke geräth, ein Wasserrad von 2 Fuß 6 Zoll im Lichten erhalten, wogegen man für dieselbe Einrichtung des überschlächtigen Rades eine lichte Weite von 4 Fuß 6 Zoll erhält.

Da nach den theoretischen Grundsätzen für eine gewöhnliche Wassermenge eine größere Fläche immer besser als eine kleinere ist, namentlich wenn die Zellen noch dazu so eingerichtet sind, daß kein Wasser vorbeiströmen kann, so muß auch ein überschlächtiges Rad, bei gleicher Wassermenge und gleichem Gefälle, mehr wirken als ein unterschlächtiges.

Man hat daher dem überschlächtigen Zeuge um so eher den Vorzug zu geben, als das unterschlächtige noch folgenden Nachtheil hat. Denkt man sich eine von der Hauptschütze N (Fig. 322.) ausgehende Zuleitung, so wird das Wasser sich nur langsam durch die Wasserbänke b hindurchwinden und eben so langsam auf das Rad fallen, was zur natürlichen Folge hat, daß, da sich das Rad anfänglich langsamer als das Wasser bewegt, die Schaufeln des Rades auf das Wasser aufschlagen müssen. Dies Aufschlagen wird so lange dauern, bis Rad und Wasser die gleiche Geschwindigkeit haben. Um diesem großen Uebelstande abzuhelpen, schlägt der Bergrath Eyseln vor, eine besondere Schütze dicht vor dem Rade anzubringen. Die Anlage des

Grundwerkes ist auf folgende Weise einzurichten: Das Wasserrad A erhält die lichte Weite der Schützöffnung, und um noch die Wasserbänke b b anzubringen, und da bei dieser sehr breite Griesssäulen a erforderlich werden, so setzt er sie aus zwei Theilen zusammen, die er mit Federn und Ruthe versieht und beide noch mit eisernen Bolzen befestigt.

Man sieht aber, mit welchem Vortheil man die unterschlächtigen Räder anwenden kann; wenn auch ein großes Gefälle vorhanden wäre, so kann man dem Ueberstürzen des Wassers über die Schaufeln dadurch begegnen, daß man das Rad breiter als die Schützöffnung macht, wodurch die Schaufeln das ganze Wasser aufzunehmen im Stande sind. Daß durch diese Anordnung mehr Kraft erzeugt wird, als durch die niedrigen ober-schlächtigen, sieht man wohl auf den ersten Blick, zumal dann um so mehr, wenn man den Zuleitungsboden N vor dem Rade (Fig. 322) nicht, wie gewöhnlich, horizontal, sondern bis zum letzten Moment etwas bergan gehen läßt. Es wird durch diese schräge Ansteigung das Wasser ebenfalls an Kraft gewinnen.

§. 253. Auf ähnliche Weise, wie man bei den unterschlächtigen Rädern durch die Zusammenziehung des Wasserstrahls den größten Effect erzielt, kann man dasselbe durch eine zweckmäßige Anordnung der Schütze des ober-schlächtigen Rades bewirken. Bei der gewöhnlichen Zuleitung des Wassers wird dieses nicht in die Schaufeln fließen, weil wegen des Frostes im Winter zwischen der Rinne und dem Rade (Fig. 321. A u. B) einige Zoll Spielraum gelassen werden muß. Ist noch dazu die Rinne sehr lang, so wird das Wasser an seiner Geschwindigkeit verlieren, und schießt daher nicht in die Zellen hinein, sondern fällt auf die Schaufeln, so daß diese das Wasser vor sich her treiben. Durch dieses Auffallen des Wassers geht aber ein nicht unbedeutender Effect desselben verloren, weshalb man bemüht gewesen ist, eine Anordnung zu treffen, daß alles Wasser in die Zellen des Rades gebracht wird. Zu diesem Behufe soll man das Rad so drehen, daß der obere Anfangspunkt a (Fig. 323.) einer Stoßschaufel lothrecht über das Centrum c des Rades zu stehen kommt. Dann soll man die Richtung zweier Stoßschaufeln a und b bis zum Durchschnittspunkt f verlängern, hierauf a b in e halbiren, e f ziehen und bis g verlängern. Ist dies

geschehen, so nimmt man den Punkt o so an, daß eo gleich einem Zoll wird, und macht $og = 22$ Zoll, worauf man durch fg eine Normale mn zieht und von g aus $gm = gn = 5$ Zoll macht. Zieht man nun me und ne , so werden diese Linien den Gerinnboden in Q und R durchschneiden, welche die Oeffnung für die Zuleitung des Wassers sein soll. Lothrecht auf om soll man dann oq ziehen, welche wieder die Richtung der Schüze anzeigt. Auf diese trichterförmige Oeffnung ist die Richtung des Wasserstrahls gegen die Schaufeln bestimmt (s. hierüber die überschlächtigen Räder).

§. 254. Daß man mit allen diesen Schüzen-Vorrichtungen sehr nahe an die Wasserräder kommt, ist leicht einzusehen, und es ist daher wohl anzurathen, schon des Frostes wegen die ober- und unterschlächtigen Räder in Radstuben einzubauen, in welchen man noch ein kleines, sogenanntes Schmauchfeuer unterhalten kann, indem schon der Rauch das Ansetzen des Eises an die Räder verhindert. Ein solches Feuer kann hier um so weniger Schaden anrichten, als hier rund herum alles naß ist. Auf Hüttenwerken leitet man mit vielem Vortheil Wasserdämpfe hinein, die durchaus keinen Frost leiden. Das Einfrieren der Räder wird ganz besonders durch das Stillstehen derselben befördert, weil bei überschlächtigen Rädern die Schüzen selten so genau schließen, daß nicht etwas Wasser durchsickern sollte. Es friert aber dann das Wasser mit dem Boden des Rades sehr leicht zusammen, und es hält schwer, das Rad wieder in den richtigen Gang zu bringen.

§. 255. In dem Vorhergehenden ist gezeigt worden, daß man bei den unterschlächtigen Rädern, wie wir auch weiterhin sehen werden, zur Ersparung der Kosten, lieber mehrere Räder hinter einander in ein Schnur- oder ein Kropfgerinne legt, je nachdem man mit dem Wasser mehr oder weniger sparsam umgehen kann. Gehen nämlich in einem Gerinne mehrere Räder in der Weise hinter einander, daß der Gerinnboden ac eine gerade Linie bildet (Fig. 324.), so nennt man es ein Schnurgerinne. Erhält hingegen ein jedes Rad im Gerinne einen Kropf, so heißt dieses ein Kropfgerinne (Fig. 325.). Schnurgerinne sind mithin weit leichter zu bauen, indessen nur die vorhandene Wassermenge und das Gefälle bestimmen die

Wahl des einen oder des andern. Man wird jedoch in gekröpften Gerinnen selten mehr als zwei Räder hinter einander legen können, weil in der Regel zu mehreren Kröpfungen zu wenig Gefälle vorhanden ist, indem es sonst auch zu überschlächtigem Zeuge ausreichend wäre. Dann legt man aber auch, wenn mehr als zwei Räder in ein Gerinne kommen, in der Regel schon Pansterzeug an; bei welchen aber Kröpfungen ganz nutzlos sind, weil diese selten nahe genug auf dem Boden gehen. Es sind daher bei großen Flüssen, wo Wasser im Ueberfluß vorhanden ist und dieses nur zum Theil zum Betriebe der Maschine verbraucht wird, lieber Schnurgerinne anzubringen, weil man hier den Rädern die erforderliche Breite leicht geben kann.

Bei einer geringeren Wassermenge hingegen wählt man lieber das Kropfgerinne, weil man bei diesem das jedem Rade zukommende Gefälle bis zum Kropfe zusammenhalten kann, um dann mit einem Male dem Rade dasselbe mitzutheilen, so daß das Wasser durch den Stoß und das Gewicht wirkt.

§. 256. Befindet sich daher nur ein Rad in dem Gerinne (Fig. 325.), so erhält es das ganze Gefälle. Nach der allgemeinen Regel führt man aber das ganze Wasser nicht bis zum Rade horizontal, sondern das Gefälle $a b$ wird dergestalt vertheilt, daß man ein Drittel desselben $a c$ für die Zuleitung verwendet, mithin $a c = \frac{1}{3} a b$ ist und die Kropfschwelle also in c zu liegen kommt.

§. 257. Sind aber zwei Räder in einem Gerinne vorhanden (Fig. 326.), so giebt man dem ersten Rade A $\frac{3}{5}$ und dem zweiten Rade B $\frac{2}{5}$ des vorhandenen Gefälles $a b$. Damit aber das Wasser vom Schurz aus dem Rade rasch zufließe, macht man die Zuleitung nicht horizontal, sondern man nimmt von den $\frac{3}{5} a c$ des ersten Rades A und eben so von den $\frac{2}{5} b c$ des Gefälles des zweiten Rades B nur $\frac{1}{3}$ zur Käusche der Zuleitung (§. 241.).

§. 258. Gehen drei Räder in einem Gerinne (Fig. 327.), so giebt die Erfahrung Folgendes als Regel an: Das erste Rad erhält die Hälfte des ganzen Gefälles $a b$. Von den 5 Theilen $b c$ der zweiten Hälfte erhält das zweite Rad B $\frac{3}{5}$ und das dritte Rad C $\frac{2}{5}$ des Gefälles. Auch theilt man das ganze Gefälle ab in 10 gleiche Theile und giebt dann dem ersten Rade A

5 dieser Theile, dem zweiten B 3 und dem dritten C die noch übrigen 2 Theile. Dann nehme man wieder von jedem Gefälle $\frac{1}{3}$ zur Mäusche.

Eine andere Regel bei der Vertheilung des Gefälles, wo drei Räder in einem Gerinne gehen, ist die, daß man das ganze nutzbare Gefälle in 12 gleiche Theile theilt und von diesen dem ersten Rade 5, dem zweiten 4 und dem dritten 3 giebt.

§. 259. Befänden sich aber vier dergleichen Räder in einem Gerinne (Fig. 328.), so soll man das Gefälle a b in 22 gleiche Theile theilen und von diesen dem ersten Rade A 7, dem zweiten B 6, dem dritten C 5 und dem vierten D 4 geben.

Bei der zuletzt angegebenen Vertheilung des Gefälles auf drei und vier Räder in einem Gerinne muß aber schon ein bedeutender Druck des Standwassers vor der Hauptschütze vorausgesetzt werden. Wir werden bei Gelegenheit der Vorschäufeln der unterschlächtigen Räder (s. §. 67.) bemerken, daß das Standwasser von der Hauptschütze 12 bis 36 Zoll betragen könne. Ein solches Standwasser ist aber ein zu geringer Wasserstand und würde daher in dem vorliegenden Falle nicht den gewünschten Effect haben können; bei einem höheren Wasserstande findet aber mehr Druck und also auch mehr Geschwindigkeit statt, mit der das Wasser durch die Schütze hindurchströmt; und eben für die letztere Gefällevertheilung ist ein größerer Druck nothwendig, weil sonst die letzten Räder gar nicht gehen würden.

Es muß jedoch noch angeführt werden, daß hier nur von der praktischen Vertheilung des Gefälles die Rede ist, wie man es aus der Erfahrung rücksichtlich der Praxis bewährt gefunden hat, nicht aber wie es die Theorie lehrt. Ob jedoch die Theorie mit der Praxis übereinstimmt, ist eine andere Frage, die wir hier nicht erörtern können. Die Theorie ist aber eben so wenig als die Praxis für sich allein ausreichend, beide müssen einander ergänzen und berichtigen. Denn wenn die Flüsse im Frühjahr einen höheren und im trockenen Sommer einen tieferen Wasserstand haben, so paßt weder die praktische noch die theoretische Vertheilung des Gefälles. Es bleibt uns daher hier nichts weiter übrig, als einen Mittelweg einzuschlagen, und es ist damit keineswegs gesagt, daß man bei bedeutenden Anlagen die Theorie nicht mit in Anwendung bringen soll, obgleich man sich

nicht schmeicheln darf, durch die Theorie allein alles ganz vollständig und befriedigend gelöst zu erhalten.

§. 260. Wenn aber bei einem nutzbaren Gefälle für mehrere Räder die Vertheilung derselben so geschehen muß, daß, wie wir im vorigen §. gesehen haben, die ersten Räder immer mehr Gefälle haben als die letzten, so ist auch dieselbe Eintheilung bei den Schnurgerinnen (Fig. 324.) zu treffen, wenn kein bedeutender Druck vor der Schütze sein sollte. Ist aber dieser vorhanden, so lehrt die Erfahrung, daß man den Gerinnboden in gerader Linie fortführen darf, und das erste Rad dann immer noch sowohl an Geschwindigkeit als an Kraft zur Genüge bekommt. Bei einem geringen Druck hingegen würde das erste Rad zu wenig Geschwindigkeit erhalten, und man müßte dann demselben ein Drittel des Gefälles geben und von hier aus das Gerinne fortführen.

Ist hingegen kein Druck vorhanden, so erhält das erste Rad (Fig. 329.) die Hälfte $a c$ des ganzen Gefälles $a b$, und von d aus wird das ganze Gerinne in gerader Linie fortgeführt. Man theilt zwar nach der gewöhnlichen Regel (§. 256.) das ganze Gefälle in drei gleiche Theile (d. h. wenn nur ein Rad im Gerinne geht, Fig. 325.) und nimmt dann $\frac{1}{3}$ für die Zuleitung, $\frac{2}{3}$ für den Kropf. Dies ist jedoch nur eine allgemeine Regel; die Theorie will hingegen, daß man die Zuleitung nach einer Parabel formen soll. Das Nähere hierüber müssen wir hier übergehen, weil es uns in das Gebiet der Theorie führen würde, was dem Zwecke dieses Buches entgegen ist.

§. 261. Steht das Wasser in einem Flusse bald hoch, bald niedrig, so muß man auch hier eine Mittelstraße wählen, und dies gilt nicht allein für ein Rad, sondern auch für mehrere hinter einander befindliche Räder. Man hält sich nämlich auch an die Erfahrung und rundet den Anfang des Kropfes so ab, daß das Wasser seinen Stoß nach der Tangente des Rades ausübt.

Stellt demnach in Fig. 330. A eine 6 Fuß hohe, B eine 4 Fuß hohe und C eine 2 Fuß hohe Kröpfung dar, und ist das Wasserrad für alle drei Kröpfungen 16 Fuß im Durchmesser groß, so will Neumann, daß, wenn $m n$ die Lage des Gerinnes, $n o$ die Rundung der Kröpfung ist, und beide Linien sich in

n schneiden, soll man den dritten Theil des Wasserstandes vor der Schütze, die in der Regel 6 Zoll beträgt, nehmen und diese von n nach p und q tragen. Dann soll man aus p auf m n lothrecht p s und aus q auf den Bogen n o senkrecht q t, oder q t in der Richtung des Halbmessers ziehen und da, wo sich die beiden Linien p s und q t in r schneiden, den Zirkel einsetzen und mit dem Halbmesser r p den Bogen p q schlagen, welche Abrundung dann den oberen Theil des Kropfes angiebt. Geht der Kropf noch höher, etwa bis D, wo das Rad schon halbschlächting wird, so soll man diese Abrundung beibehalten, dem Kropfe jedoch nur eine Lippe v geben.

Diese Abrundung des Kropfes kann gleichwohl nur da ihre Anwendung finden, wo nur ein geringer Wasserdruck vorhanden ist und das Wasser keinen starken Strom hat. Bei einem hohen Wasserstande und einem starken Wasserdruck soll man statt jener 6 Zoll für n p und q n 9 Zoll nehmen, wodurch der Bug p q (Fig. 331.) größer wird, und bei noch größerem Wasserdruck soll man sogar bis 12 Zoll nehmen können.

§. 262. Eine andere Regel zur Näherung an die Parabel ist folgende Lehre: Man theile das ganze Gefälle a b (Fig. 332.) an der Peripherie des Kropfes in drei gleiche Theile und ziehe mit dem ersten Drittel einen verlängerten Halbmesser des Rades, so daß $p n = m n$ wird; hierauf schlage man mit dem Halbmesser m n einen Bogen n s, so giebt dieser die verlangte Krümmung.

Allein man würde hier offenbar zu viel thun; denn wenn kein Wasserdruck vorhanden ist, so bedarf es keiner so großen Berechnung, und das Wasser verliert dadurch ohne Noth an Geschwindigkeit. Da das Gewicht des Wassers die größte Wirkung hervorbringt und so früh als möglich in die Schaufeln treten muß, so ist um so weniger eine so große Berechnung nöthig; man kann sich daher in diesem Falle der Neumannschen Methode von 6, 9 oder 12 Zoll mit mehr Vortheil bedienen, um den Halbmesser der Abrundung zu finden.