

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Der Maschinenbau**

**Redtenbacher, Ferdinand**

**Mannheim, 1863**

Die Praxis des Turbinenbaues. Konstruktive Details

[urn:nbn:de:bsz:31-270981](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-270981)

## 11. Anzahl der Radschaufeln:

$$i = 35 + 50 R_1$$

Von diesen Regeln sind 1, 2, 5, 6, 11 nach gut ausgeführten Tangentialrädern aufgestellt worden, die übrigen dieser Regeln sind Ergebnisse unserer Theorie.

Was den Nutzeffekt dieser Tangentialräder anbelangt, so kann derselbe auf rationellem Wege nicht herausgerechnet werden. Nach unseren Rechnungen ist es allerdings möglich, den Bedingungen des absolut besten Effektes zu entsprechen, allein unsere Rechnungen setzen voraus, dass keinerlei Störungen in der Bewegung und Wirkung des Wassers vorkommen, und diese Voraussetzung kann in der Wirklichkeit niemals erfüllt werden. Die Tangentialräder sind nun einmal Partial-Turbinen, das Wasser füllt die Radkanäle nicht vollkommen aus, es sprüht theilweise durch das Rad, und kann daher nur eine unvollkommene Wirkung hervorbringen. Ganz verlässliche Versuche über die Leistungen von ausgeführten Tangentialrädern kenne ich nicht. In der Umgebung von Karlsruhe in den grossen Fabriken zu Ettlingen sind mehrere von *Escher Wyss & Comp.* in Zürich erbaute, und in der That meisterhaft gearbeitete Tangentialräder im Gange. Mit einem dieser Tangentialräder wurden von Herrn *Gross*, Konstrukteur in der Maschinenfabrik zu Karlsruhe, Bremsversuche angestellt, dabei wurde ein Nutzeffekt von 65 bis 70 Prozent gefunden, und dieses Güteverhältniss blieb bei sehr veränderlichem Wasserzfluss ziemlich konstant. Diese günstigen Ergebnisse scheinen mir nicht nur aus theoretischen Gründen unwahrscheinlich zu sein, sondern auch mit der wiederholt gemachten Erfahrung im Widerspruch zu stehen, dass gewöhnliche Turbinen einen auffallend ungünstigen Effekt liefern, wenn sie nur theilweise gefüllt arbeiten. Sollten sich diese günstigen Leistungen der Tangentialräder in der Folge bestätigen, so würden dieselben allerdings bei kleinen veränderlichen Wassermengen und grösseren Gefällen sehr zu empfehlen sein.

### Die Praxis des Turbinenbaues. Konstruktive Details.

Anfertigung des Einlauf- und des Turbinenrades für eine Jonval'sche Turbine. Die Körper des Einlauf- und des Turbinenrades sind jederzeit von Gusseisen. Die Schaufeln werden ebenfalls von Gusseisen gemacht und mit dem Radkörper zusammengegossen, wenn die Metalldicke derselben 1<sup>cm</sup> oder mehr, dagegen von Schmiede-

eisen, wenn dieselbe weniger als 1<sup>cm</sup> beträgt. Die Räder werden mit getrockneten Sandmassen geformt. Die Tafel XII., Fig. 4, 5, 6 zeigen, wie die Einförmung geschieht. *a b a<sub>1</sub> b<sub>1</sub>* ist eine konische Grube im Sandboden des Giesshauses. *c* ist eine plattenförmige Sandmasse, welche auf dem Boden der konischen Grube liegt. *a a* ist ein ringförmiger Sandkörper. *e* der Sandkörper für die Höhlung der Nabe des Rades. *f f...* sind die Sandkörper, welche den Radkanälen entsprechen. Fig. 6 zeigt einen solchen Körper in Ansicht. Die unteren Theile *f<sub>1</sub>* dieser Körper bilden eine zusammenschliessende Masse und erhalten die oberen Theile freistehend. Die linke Hälfte der Fig. 5 entspricht einem Rade mit gusseisernen Schaufeln, die rechte Seite einem Rade mit Blechschaufeln. Man sieht, dass die Blechschaufeln mit ihren inneren Kanten in den ringförmigen Raum zwischen *a a...* und *f f...* eingreifen.

Diese inneren Kanten der Schaufeln sind verzinkt, so dass sie beim Giessen in den Radkörper eingelöthet werden. *h* ist ein innen cylindrischer, aussen konischer Sandkörper. *i* ein cylindrisch plattenförmiger Körper, in welchem der Einguss *k* angebracht wird. Die Form des Einlaufrades wird ganz auf ähnliche Weise gebildet, nur mit dem Unterschiede, dass die äussere Grundform eine konische Fläche bildet.

Zur Anfertigung der Blechschaufeln muss ein Gusskörper hergestellt werden, an welchem eine Fläche vorkommt, die mit der Form einer Schaufelfläche übereinstimmt. Die Bleche, welche die Schaufeln bilden, werden im rothglühenden Zustand gegen diese Gussform hingehämmert, wodurch sie ihre richtige Form erhalten.

Sind die Räder gegossen, so werden sie auf einer Drehbank so abgedreht, dass die äusseren Kanten der Schaufeln in der richtigen cylindrischen oder konischen Fläche liegen. Auch der Turbinenmantel wird genau ausgedreht. Der Trichter, in welchen das Einlaufrad eingesetzt wird, ist konisch auszudrehen, und zwar genau nach der Umfangsform des Einlaufrades. Der an den Trichter anschliessende Theil des Mantels ist cylindrisch auszudrehen, und zwar mit einem Halbmesser, der um den Spielraum des Rades im Mantel grösser ist, als der äussere Halbmesser des Rades.

Anfertigung des Rades für Fourneyron'sche Turbinen. Tafel XII., Fig. 7, 8, 9. Bei diesen Turbinen werden jederzeit Blechschaufeln angewendet. Die Blechschaufeln, Fig. 8, des Turbinenrades werden vermittelst kleiner parallelepipedischer Zäpfchen in zwei abgedrehte ringförmige Platten *a a<sub>1</sub>*, Fig. 7, eingenieter und der untere dieser Ringe wird mit einigen Schrauben gegen den horizontalen Rand *b*

des gusseisernen Radkörpers geschraubt. Auf ähnliche Weise werden die Leitschaufeln des Einlaufrades in die Tellerplatte *c* eingienietet. Für ganz kleine Turbinen kann man die Schaufeln aus Stahlblech herstellen. Damit sich das Turbinenrad durch zufällige Einwirkungen nicht längs der Axe verstellen kann, ist es angemessen, an die Axe einen konischen Theil anzubringen, und die Radnabe entsprechend konisch auszudrehen, Fig. 9. Dies gilt sowohl für *Jouval'sche* wie für *Fourneyron'sche* Turbinen.

**Zapfeneinrichtungen.** Bei mehreren Turbinen, welche ausgeführt worden sind, haben sich grosse Schwierigkeiten gezeigt, den Zapfen der Axe und die Pfanne in gutem Zustande zu erhalten. Diese Schwierigkeiten zeigten sich vorzüglich bei sehr langen und starken und bei schnell sich drehenden Axen. Bei der Turbine von Langenau z. B., deren Axe 7 bis 8<sup>m</sup> lang und 22<sup>cm</sup> dick ist, und die 50 Umdrehungen per 1' macht, musste der Zapfen mehrere mal in kurzen Zeitintervallen erneuert werden. Das Gleiche musste auch bei der Turbine von St. Blasien geschehen, deren Axe zwar weder lang noch dick ist, die aber 2300 Umdrehungen per 1' macht.

Dagegen gibt es wiederum andere Turbinen, bei welchen die Erhaltung des Zapfens keine Schwierigkeiten machte, so z. B. ist die Turbine von Thüringen bereits mehrere Jahre im Gange, und der Zapfen hält sich immer gut, obgleich die Axe 700 Umdrehungen per 1' macht, sie ist freilich nur 3<sup>m</sup> lang und 0.08<sup>m</sup> dick; so ist ferner die Turbine in Ettlingen 6 Jahre in gutem Gang, ihre Axe ist 5<sup>m</sup> lang und 0.18<sup>m</sup> dick, hat also ein bedeutendes Gewicht und macht 40 Umdrehungen per 1'.

*Fourneyron*, *Cadiat* und alle Konstrukteurs, welche sich mit dem Bau der Turbinen beschäftigen, verwenden auf die Konstruktion des Zapfens und der Pfanne die äusserste Sorgfalt. *Fourneyron* insbesondere wendet ein ziemlich umständliches Kanalsystem an, um das Oel zwischen die Grundfläche des Zapfens und die Bodenfläche der Pfanne zu bringen. Wenn aber nun in der That die Pfanne und der Zapfen so empfindlich sind, worin liegt wohl die Ursache? — Bei Turbinen, die mehrere Hundert, oder gar ein paar Tausend Umdrehungen per 1' machen, liegt wohl der Grund höchst wahrscheinlich in der grossen Geschwindigkeit, aus der bei einiger Pressung zwischen Zapfen und Pfanne eine heftige Erhitzung entstehen kann. Bei Turbinen, die Hundert oder weniger Umdrehungen machen, haben die Axen gewöhnlich ein bedeutendes Gewicht, zwischen Zapfen und Pfanne ist daher ein starker Wechsellruck vor-

handen, welcher allerdings für die Dauerhaftigkeit derselben nachtheilig wirkt, der aber doch nicht als die alleinige Ursache angesehen werden kann, weshalb auch die Zapfen dieser langsam gehenden Turbinen empfindlich sein sollen, denn bei den aufrechten oft durch sechs Etagen gehenden Wellbäumen der Spinnereien ist der Druck des unteren Zapfens gegen die Pfanne enorm und weit grösser, als bei irgend einer Turbine, und doch halten sich jene Zapfen und Pfannen, obgleich sie ganz einfach konstruirt sind und in der Regel nicht kontinuierlich geschmiert werden, 8 bis 10 Jahre.

In zweifacher Hinsicht befinden sich aber die Zapfen der Spinnereien unter günstigeren Umständen, als die Turbinenzapfen. Jene sind nämlich nicht unter Wasser und das Oel wird unmittelbar in die Pfanne gebracht, diese dagegen drehen sich unter Wasser und das Oel muss durch eine lange Röhre der Pfanne zugeführt werden. Ist das Wasser nicht ganz rein, enthält es z. B. feinen scharfen Kiessand, und kommt dieser in die Pfanne, so kann dadurch eine sehr nachtheilige Wirkung auf Zapfen und Pfanne entstehen. Wenn sich ferner bei der Turbine die Schmierröhre durch Unreinigkeiten verstopft, oder wenn in derselben im Winter das Oel stockt, so wird kein Oel dem Zapfen zugeführt, und dann müssen sich Zapfen und Pfanne zu Grunde arbeiten.

Aus diesen Betrachtungen ergeben sich für die Konstruktion der Zapfen und Pfannen für Turbinen folgende Regeln, bei deren sorgfältiger Beachtung auf eine lange Dauer gerechnet werden kann.

1. Man mache die Axe der Turbine so kurz als möglich und nicht stärker, als es für die Torsionsfestigkeit derselben nothwendig ist. Die Turbinenaxe durch mehrere Etagen eines Gebäudes in der Absicht in die Höhe zu führen, um eine einfache Transmission zu erhalten, muss als eine fehlerhafte Anordnung angesehen werden, weil bei derselben der Druck des Zapfens auf die Pfanne sehr gross ausfällt.
2. Man mache den Durchmesser des Zapfens nicht viel kleiner, als jenen der Welle, denn kleine Zapfen, die sich schnell drehen und ziemlich stark gegen die Pfanne drücken, greifen dieselbe jederzeit an. Die Zapfen der aufrechten Wellen in den Spinnereien werden immer sehr gross gemacht, und gewiss ist in diesem Umstande die Ursache zu suchen, weshalb sich diese Zapfen bei dem ungeheuren Totaldruck, welchen sie auszuhalten haben, so gut halten.
3. Man richte die Grundfläche des Zapfens und die Bodenfläche der Pfanne so ein, dass das Oel zwischen beide Flächen eindringen, und nachdem es daselbst einige Zeit verweilt hat,

wiederm abfliessen kann. Bei dieser Einrichtung werden Zapfen und Pfanne nicht nur kontinuierlich geölt, sondern auch fort und fort gereinigt.

4. Man nehme zum Schmieren reines Nussöl und nicht Olivenöl, weil ersteres einen viel tieferen Gefrierpunkt hat, als letzteres, und untersuche fleissig den Zustand der Schmierröhre.
5. Man Sorge dafür, dass nicht leicht Wasser zwischen Zapfen und Pfanne kommen kann.

In meinem grösseren Werke über Turbinen findet man auf Tafel I. und Tafel XII. verschiedene Zapfeneinrichtungen dargestellt und beschrieben, hier begnüge ich mich, nur zwei von diesen Einrichtungen zu beschreiben.

Tafel XII., Fig. 10 ist eine Anordnung, die ich schon in den früheren Auflagen der Resultate für den Maschinenbau angegeben, und in den „Prinzipien des Maschinenbaues“ beschrieben und beurtheilt habe. Am unteren Ende der Welle sind zwei Gehäuse vorhanden. Das innere mit einer Stopfbüchse versehene Gehäuse *b* umfasst die Welle und ist mit Oelfurchen versehen, durch welche die Umfangsfläche der Axe eingefettet wird. Das äussere Gehäuse *c* umschliesst das innere, ist unten, sowohl aussen als innen, halbkugelförmig gebildet, und enthält eine halbkugelförmige Zapfenunterlage *a*, auf welcher der Zapfen der Welle aufsitzt. Dieses äussere Gehäuse sitzt in einer halbkugelförmigen Höhlung *e*, die durch mehrere Arme mit dem Turbinenmantel befestigt ist. Das Oel wird durch ein Röhrchen *g* zugeleitet, gelangt zunächst in die an der inneren Wand des Gehäuses *b* angebrachten vertikalen Furchen, wodurch der Zapfenumfang eingefettet wird, dringt hierauf zwischen die Grundfläche des Zapfens und der oberen Ebene der Unterlage *a* ein, zu welchem Behufe in diese Ebene eine Quersfurche angebracht ist, und fliesst zuletzt durch die vertikalen Durchbohrungen der Unterlage und der Gehäuse und durch das Röhrchen *h* ab.

Bei dieser Einrichtung muss unter allen Umständen eine gleichförmige Vertheilung des Druckes sowohl an der Grundfläche wie an der Umfangsfläche des Zapfens eintreten, und eine fehlerhafte Aufstellung ist hier so zu sagen nicht möglich.

Tafel XII., Fig. 11 ist eine Konstruktion eines *Fontain'*-schen Ueberwasserzapfens. *a* ist die Tragstange; *b* das Rohr, an welches das Turbinenrad gekeilt wird; *c c* eine Kappe, welche das Röhrende verschliesst und auf dasselbe durch mehrere Schrauben befestigt ist. Diese Kappe enthält den halbkugelförmigen Körper *a*, der mit seiner unteren ebenen Fläche auf der oberen

Fläche des in die Tragstange eingesetzten Zapfens *e* aufliegt und sich darauf herumdreht. Das Oel wird aus dem Behälter *f* durch eine Durchbohrung nach der Berührungsfläche der Körper *a* und *e* geleitet. Das Transmissionsrad *g* ist an die Röhre *b* gekeilt und diese selbst wird durch ein in der Zeichnung nicht angedeutetes Halslager in vertikaler Richtung erhalten.

**Einrichtungen zur Regulirung des Wasserzuflusses.** Die Voll-Turbinen geben bei reichlichem und konstantem Wasserzufluss recht gute Effekte. Aber so wie der Wasserzufluss zur vollständigen Füllung der Turbine nicht mehr ausreicht, wird man gezwungen, an einer oder an mehreren Stellen die Querschnitte der Oeffnungen, welche das Wasser durchströmt, zu verkleinern, und dadurch entstehen in der Regel entweder Unregelmässigkeiten, Störungen oder Hemmungen in der Bewegung des Wassers, oder fehlerhafte Querschnittsverhältnisse, wodurch, wie die Theorie und die Erfahrung beweiset, das Güteverhältniss dieser Turbinen beträchtlich abnimmt. Es ist dies eine sehr fatale schwache Seite der Turbinen, von welcher die Wasserräder ganz frei sind, denn diese geben in der Regel (und insbesondere die überschlächtigen Räder) bessere Effekte bei schwachem als bei reichem Wasserzufluss.

In dem grösseren Turbinenwerke sind auf Tafel 8 verschiedene Einrichtungen zur Regulirung des Wasserzuflusses abgebildet. Die meisten derselben sind weiter nichts als Einrichtungen, durch welche die Kanäle des Einlaufrades je nach dem Wasserzufluss mehr oder weniger geschlossen oder verstopft werden können, wodurch eigentlich die Voll-Turbinen in Partial-Turbinen verwandelt werden und ihr Güteverhältniss geschwächt wird. Nur eine von den auf Tafel 8 dargestellten Anordnungen beruht auf richtigen Grundsätzen und diese wollen wir hier beschreiben.

Tafel XII., Fig. 12. Wir haben gefunden, dass eine Turbine nur dann einen günstigen Effekt geben kann, wenn die Ausströmungsöffnungen am Einlaufrad und am Turbinenrad in einem gewissen konstanten Verhältniss stehen. Der Effekt wird also noch gleich günstig bleiben, wenn man sowohl die einen als auch die andern Ausströmungsöffnungen in solcher Weise veränderlich macht, dass dieses Verhältniss konstant bleibt. Auf diesem Grundsatz beruht die in Fig. 12 angedeutete Regulirung. Die Schaufeln des Einlaufrades und des Turbinenrades sind oben schneidig, unten dagegen ziemlich dick. An der untern Ebene des Einlaufrades ist eine Drehscheibe angebracht, die ringsum mit Oeffnungen von einer

solchen Form versehen ist, dass dieselben genau die Fortsetzungen der Kanalfächen bilden, wenn die Scheibe so gestellt wird, wie Fig. 12 zeigt. Wird dagegen diese Drehscheibe gegen das Einlauf- rad etwas gedreht; so werden die Ausströmungsöffnungen des Einlauf- rades verengt. Eine ganz ähnlich konstruirte Drehscheibe ist auch am Turbinenrad angebracht und dreht sich mit demselben, kann aber gegen dasselbe etwas verstellt werden, so dass auch die Ausströmungsöffnungen des Turbinenrades innerhalb gewisser Grenzen stetig verkleinert werden können. Bringt man einen in der Zeichnung nicht angedeuteten Mechanismus an, durch welchen die beiden Drehscheiben gleichzeitig und um gleich viel gegen die beiden Räder verstellt werden können, so erhält man eine Regulirung, bei welcher das Verhältniss der Ausströmungsöffnungen an den beiden Rädern nahe konstant bleibt. Ich habe eine solche Regulirung schon im Jahr 1846 bei einem Turbinenmodell in grösserem Maassstabe angebracht. Die Herren *André Köchlin* in Mühlhausen haben für diese Regulirung Patente genommen, gewiss ohne von der Existenz meines Modelles etwas zu wissen. Dem Prinzip nach ist dieses sicherlich eine ganz richtige Regulirung, allein eine ganz tadellose Realisirung derselben ist doch nicht vorhanden, denn wenn die Drehscheiben so gestellt werden, dass die Ausströmungsöffnungen theilweise maskirt werden, bilden die Oeffnungen der Drehscheiben nicht mehr ganz stetige Fortsetzungen der Radkanäle, sondern es kommen Ecken und leere Stellen vor.

**Schützenaufzüge.** Die eigentlich nur zur Abstellung und Ingang- setzung tauglichen Turbinenschützen sind meistens ringförmig. Das Heben und Senken derselben geschieht durch Parallelbewegungen. Einige derselben wollen wir beschreiben.

Tafel XIII, Fig. 1. ist ein Schützenzug, bei welchem der von *Cadiat* erfundene, Band I., Seite 354, beschriebene Kurbel- Mechanismus angewendet ist. *a* ist der Ringschützen. *b b b b* vier an denselben angebrachte Schraubenmutter. *c c c c* vier Stangen mit eingeschnittenem Gewinde. Diese Stangen werden oben an der Turbinenbrücke so gehalten, dass sie sich drehen können, aber längs ihrer Richtung nicht verschiebbar sind. Jede Stange ist mit einer Kurbel *d d d d* versehen. Dieselben sind parallel gestellt und über ihre Zapfen ist ein Ring oder Kreuz *e* gestekt. Wird eine dieser Kurbeln gedreht, so wird ihre Bewegung durch die drei andern identisch nachgeahmt, wodurch der Ringschützen in paralleler Lage aufwärts und niederwärts geschraubt wird.

Fig. 2 ist ein Ringschützen mit Hebelwerk. *a* der Schützen.



b b b b vier Stangen, welche unten in vier am Schützen angebrachte Zapfen c c c c, oben an den Enden von vier Hebeln d d d, d<sub>1</sub> eingehängt sind. Die Hebel d d sind an einer Axe e, die Hebel d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> an einer zweiten Axe e<sub>1</sub> befestigt. Diese Axen befinden sich in ungleicher Höhe, so dass sie sich nicht begegnen und liegen in Lagern, die in der Zeichnung nicht angedeutet sind; wird eine dieser Axen, z. B. e<sub>1</sub>, mittelst eines Hebels f, gedreht, so gehen die vier Stangen b b b b um gleich viel aufwärts oder abwärts, und heben oder senken den Schützen a so, dass er stets zu sich selbst parallel bleibt.

Fig. 3 ist ein Schützenzug mit Zahnstangen und Rädern. a der Schützenzug. b b b<sub>1</sub> b<sub>1</sub> vier in denselben eingehängte, oben mit Verzahnungen versehene Stangen. c c<sub>1</sub> zwei in ungleicher Höhe angebrachte, auf der Brücke der Turbine gelagerte Axen. d d zwei mit c verbundene Getriebe, die mit ihren Zähnen in die Verzahnungen von b und b eingreifen. d<sub>1</sub> d<sub>1</sub> zwei mit c<sub>1</sub> verbundene Getriebe, die mit ihren Zähnen in die Verzahnungen von b<sub>1</sub> und b<sub>1</sub> eingreifen. Wird die Axe c mittelst der Kurbel e gedreht, so geht der Schützen a in horizontaler Stellung aufwärts oder abwärts. Diese Anordnung ist sehr einfach und fast in allen Fällen anwendbar.

**Die Wasserkästen.** Die Turbinenmäntel aller Niederdruck-Turbinen werden in den Boden eines hölzernen Wasserkastens eingelassen, der das Ende des Zuflusskanales bildet. Ein Beispiel wird zur Erklärung der Konstruktion dieser Wasserkästen genügen.

Tafel XIII., Fig. 4. a Ende des Zuflusskanales. b Anfang des Abflusskanales. c der Wasserkasten. Der Boden desselben besteht aus einem Balken-Rahmenwerk, in welches Bretter so eingelegt sind, dass sie durch den Druck des Wassers gegen ihre Auflagen auf die Balken des Rahmenwerkes angepresst werden, somit bei jedem Druck verschliessen. Die drei Wände des Wasserkastens werden durch Bretter gebildet, die in vertikale Säulenhölzer eingelegt sind. Auf diesen Säulen liegt ein zweites mit Brettern belegtes Rahmenwerk, das eine Brücke bildet, die den Lagerstuhl für die Axen trägt. d ist ein Leerlauf, um das Wasser aus dem Zuflusskanal a direkt in den Abflusskanal leiten zu können, wenn die Turbine abgestellt werden soll. e ist ein mit einem Aufzug versehener Schützen. Wird derselbe niedergelassen, so ist die Kommunikation zwischen a und b aufgehoben und jene zwischen a und c hergestellt. Die Turbine ist dann im Gang. Wird e aufgezo- gen, so ist die Kommunikation zwischen a und b hergestellt, jene zwi-

schen *a* und *c* aufgehoben. Die Turbine ist dann abgestellt. Der Boden *ff* des Abflusskanals unter dem Wasserkasten muss entweder durch eine Betonirung oder durch einen bedielten Pfahlrost gegen die aufwühlende Kraft des aus dem Turbinenrade wirbelnd austretenden Wassers geschützt werden. Wenn die Pfanne des Turbinenzapfens durch einen auf den Boden *f* gestellten Pfannenträger getragen werden soll, muss dieser entweder auf einen in den Boden eingesenkten Quaderblock oder auf mehreren in den Boden eingerammten Pfählen gelegt und angeschraubt werden. Besser ist es aber, diesen Pfannentstuhl ganz wegzulassen und den Pfannentopf durch gusseiserne Arme mit dem Turbinenmantel zu verbinden, weil auf diese Weise eine ganz solide relative Verbindung der Pfanne mit dem Mantel, unabhängig von dem Holzbau, erzielt werden kann.

Bei grösseren Turbinenanlagen mit mehreren Turbinen werden die Tragbalken des Wasserkastens und jene der Brücke, welche die Lagerstühle zu tragen haben, aus Eisen hergestellt. Eine derartige, äusserst solide, aber auch sehr kostspielige Konstruktion findet man bei der grossen Turbinenanlage in der Spinnerei nächst Bamberg angewendet. Es sind vier Turbinen vorhanden, jede zu 150 Pferdekräften Nutzeffekt. Die Grenzen unseres Werkes erlauben uns nicht, in eine Darstellung und Beschreibung von solchen grösseren Anlagen einzugehen.

### Vergleichung der Turbinen mit den Wasserrädern.

Nachdem wir nun die Wasserräder und Turbinen für sich betrachtet haben, müssen wir sie auch im Verhältniss zu einander in's Auge fassen, denn erst dadurch wird sich der wahre Werth dieser Maschinen herausstellen, werden die Vortheile und Nachtheile derselben zum Vorschein kommen, und wird es endlich möglich werden, die Frage zu beantworten, ob unter gegebenen Umständen die eine oder die andere dieser Maschinen gewählt werden soll.

*I*) Vergleichen wir zuerst die beiden Arten von Maschinen hinsichtlich des Nutzeffektes, welchen sie bei verschiedenen Gefällen zu entwickeln vermögen.

Das Verhältniss zwischen dem Nutzeffekt und dem absoluten Effekt der Wasserkraft nimmt, wenn das Gefälle wächst, bei den Wasserrädern zu, bei den Turbinen dagegen nimmt es ab. Bei kleinen Gefällen geben die Turbinen, bei grossen Gefällen die Wasserräder (so weit sie anwendbar sind) bessere Effekte, bei mittleren Gefällen leisten die einen so viel wie die andern.