

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 10

Artikel: Aus dem modernen Wasserturbinen-Bau
Autor: Perrig, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83272>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Aus dem modernen Wasserturbinen-Bau. — Neuere geologische Aufnahmen von Luzern und Umgebung und ihre bautechnische Anwendung. — Die Foundation der St. Karlskirche in Luzern. — Die neue evangelisch-reformierte Kirche Luzern. — Der neue Behälter „Gütschwald“ der Wasserversorgung der Stadt Luzern. — Das Kunst- und Kongresshaus der Stadt Luzern. — Neue Infanteriekaserne in Luzern. —

Sportplatzanlage Allmend der Stadt Luzern. — Die neue Schiessanlage der Schützen-gesellschaft der Stadt Luzern. — Der Neubau des Blinden-Altersheim Horw-Luzern. — Rootsee-Ruderregatten-Begleitung der SBB. — Wettbewerbe: Gewerbliche Berufsschule Winterthur. Platzgestaltungen beim Völkerbundgebäude in Genf.

LUZERNER-HEFT

ZUR GENERAL-VERSAMMLUNG DES S. I. A. IN LUZERN

Den Anlass der heutigen Tagung des S. I. A. in der Leuchtenstadt hat das Vereinsorgan dadurch betont, dass es das vorliegende Heft Arbeiten von Luzerner Kollegen verschiedenster Fachrichtungen gewidmet hat. Dabei kommt auch die recht rege öffentliche Bautätigkeit besonders zum Ausdruck. Auf Seite 104 findet der Leser eine Uebersichtskarte, in der mit eingeringen Ziffern der Standort der Objekte bezeichnet ist, deren Darstellung ganz oder teilweise sich anschliesst, teilweise unvollständig deshalb, weil wir einzelne Unterlagen nicht frühzeitig genug erhalten konnten. Es betrifft dies das Projekt für die neue Seebrücke anstelle der heutigen, sowie die Pläne und Einzelheiten des Kunst- und Kongresshauses, von dem wir der Gesamtdarstellung heute nur die wichtigsten Bilder vorausschicken. Aber auch so möge dieses Heft einen Ausschnitt aus der Arbeit unserer Luzerner Kollegen vermitteln. Red.

Aus dem modernen Wasserturbinen-Bau.

Von Dipl. Ing. A. PERRIG, S. I. A., Luzern.

Der moderne Turbinenbau unterscheidet sich in seinem eigentlichen Ziele — Schaffung der Maschine zur Umsetzung der hydraulischen Energie in mechanische — nicht grundsätzlich vom Turbinenbau früherer Jahre. Während aber ehedem das Bestreben des Turbinenbauers, der schrittweise errungenen Erkenntnis und Erfahrung und den bescheideneren Bedürfnissen folgend, zu einem wesentlichen Teil auf Energie-Umsetzung schlechthin abzielte, ist der moderne Turbinenbau auf allseitige systematische Vervollkommenung dieses Energie-Umsatzes hingerichtet.

Das Bestreben gilt vor allem der *hydraulischen* Vervollkommenung der Turbine im weitesten Sinne des Wortes, der Steigerung der Wirkungsgrade im ganzen Verwendungsbereich und einer möglichst restlosen Ergründung und Beseitigung aller Verlustquellen im ganzen System, wobei den Modellversuchen eine ausserordentlich wichtige Rolle zufällt. Das Bestreben geht dann auf weiteste *betriebstechnische* Vervollkommenung, auf grösste Betriebssicherheit, Steigerung der Lebensdauer aller arbeitenden Teile vom Laufrad angefangen bis zum letzten Maschinenzapfen, durch eine sorgfältige Auswahl und Behandlung der Baustoffe, durch zweckentsprechende Panzerungen sowie leichte und rasche Auswechselbarkeit aller dem Verschleiss ausgesetzten Teile, allseitige Zugänglichkeit zu den verschiedenen Turbinenorganen, Verdrängung der Innen-Regulierung der Kesselkonstruktionen, aller schlecht zugänglichen Lager usw. Damit verbindet sich eine weitgehende Rücksichtnahme bei der Wahl des Turbinentyps und seiner Aufstellung auf die Phänomene der Kavitation und der Korrosion und auf die Betriebswasserqualität. Der betriebs-technischen Vervollkommenung dienen endlich auch alle die Bestrebungen, die auf möglichst selbsttätige Anpassung an die vielfach wechselnden Bedürfnisse des modernen Kraft- und Parallelbetriebes und letzten Endes auf die vollständige Automatisierung hinzielen, bei der die menschliche Wartung in der Hauptsache nur noch für periodische Kontrollen in Anspruch genommen wird. Wenn hierin unter dem Einfluss der Krise eine gewisse rückläufige Bewegung eingesetzt hat, so bedeutet dies nur ein Korrektiv an der Ueberspannung einer an sich trefflichen Idee.

Im Bestreben nach grösstmöglicher *Wirtschaftlichkeit* seiner Maschinen wurde der Turbinenbauer sowohl im Gebiete der Reaktions- als auch Aktionsturbinen zur Anwendung raschlaufender, einfacher Typen und damit zu den verschiedenen Arten von Propellerturbinen und zu den forcierten Peltonrädern gedrängt. Dem gleichen Zwecke dient die starke Erweiterung des Anwendungsbereites der Francis-Spiralturbine in hohe Gefällszonen hinauf und die stete Erhöhung der Einheitsleistungen. Ihm dienen weiterhin die Bestrebungen nach besserer Anpassung der Turbinen-Charakteristik an die Variablen des Wasserhaushaltes und der Belastungen und die bereits genannten Bestrebungen nach Automatisierung.

Im Anschluss an diese allgemeinen Erläuterungen mag eine Bildschau aus dem Wasserturbinenbau der A.-G. der Maschinenfabrik von Theodor Bell & Cie., Kriens-Luzern zur Jahresversammlung des S. I. A. in Luzern besonderes Interesse bieten.

Da den turbinentechnischen Problemen nur zu einem kleinen Teil auf rein theoretischem Wege beizukommen ist, dient eine modernste Turbinenversuchsanlage der empirischen Forschung (vgl. hierzu „SBZ“ Bd. 87, Nr. 9 bis 11, 1926: „Die Turbinenversuchsanlage der A.-G. der Maschinenfabrik von Theodor Bell & Cie. in Kriens“ von O. Walter, sowie Abb. 1 und 2). Sie ist die eigentliche Seele des Bell'schen Turbinenbaues; sie liefert ihm durch rastlose Versuchsarbeit an in allen Teilen genau entsprechend den Betriebsverhältnissen durchgebildeten Modellen die eigentlichen Grundlagen für die fast mit jeder Anlage wechselnden Turbinentypen und deren zweckmässige

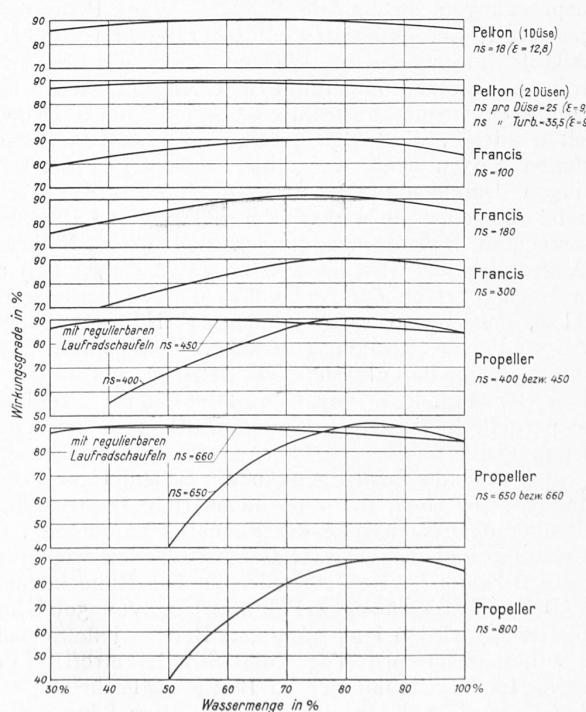


Abb. 3. Wirkungsgrad-Diagramme moderner Bell-Wasserturbinen.

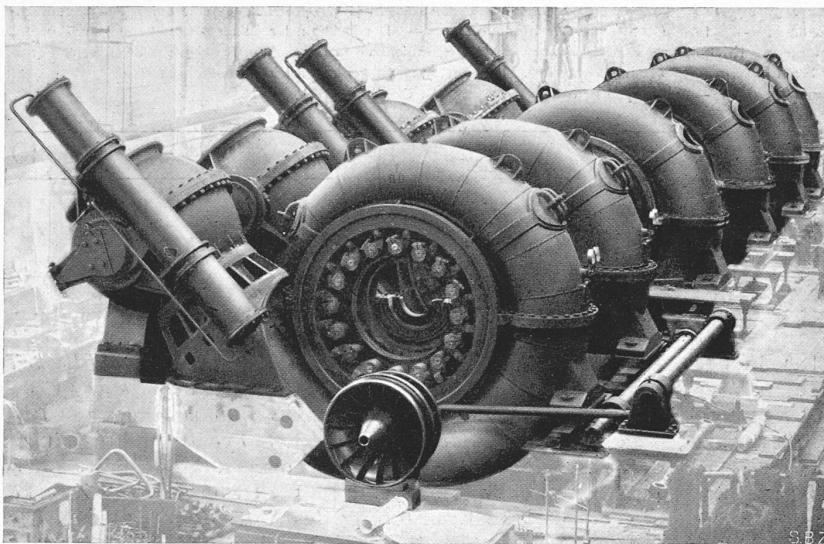


Abb. 2. 16 000 PS-Zwillings-Spiralturbinen für 93 bis 53 m. — Anlage Sautet am Drac (Frankreich).

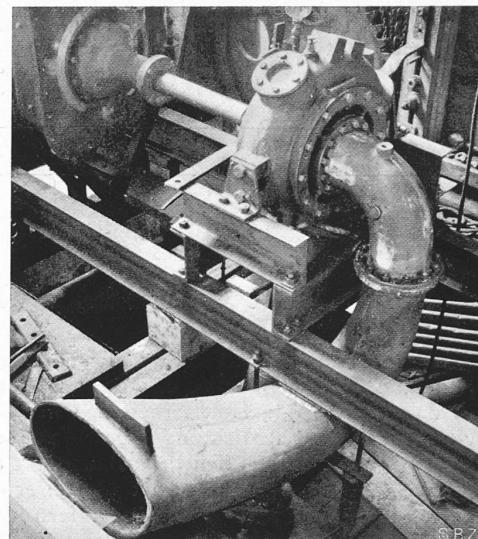


Abb. 1. Modellturbine für die Turbinen in Abb. 2.

Ausführung und Anordnung. Hier werden nicht nur die mannigfachen Lauf- und Leitrad-Formen den geheimnisvollen und verwickelten Strömungen des Wassers abgelauscht; auch die Formen der Wasserkammern, der Aspiratoren, der Krümmer und so fort werden hier unter Zuhilfenahme moderner und präzisester Mess- und Beobachtungsmethoden auf ihre beste Ausbildung hin ergründet. Hauptfrüchte all dieser Forschungsarbeit sind gute Wirkungsgrade an der modelltreuen Ausführung. Abb. 3 veranschaulicht derartige Resultate, die an einer Reihe von Bell-Turbinen in den letzten Jahren gemessen wurden. In Anlehnung an die von Prof. Dr. Oesterlen („Z. V. D. I.“ Bd. 72, Nr. 48) gewählte instruktive Darstellungsweise sind die Wirkungsgrade der verschiedensten Turbinentypen mit spezifischen Drehzahlen von 18 bis 800 in Funktion der Wassermengen vergleichend dargestellt.

Auf dem Gebiete des *Freistrahl*-turbinenbaues bedeutet die in Abb. 4 dargestellte Bell'sche Radkonstruktion (⊕ P, D. R. P. und andere) einen besonders erfolgreichen Fortschritt. Sie geht von folgenden Ueberlegungen aus. Die Beanspruchungen, denen die Schaufel eines Peltonrades ausgesetzt ist, werden durch die Fliehkräfte und durch die Strahlkraft hervorgerufen. Während nun die Fliehkraftspannungen ihres wohldefinierten Charakters und ihrer Beständigkeit wegen konstruktiv keine erheblichen Schwierigkeiten bieten, sind die durch die Strahlkraft hervorgerufenen Spannungen wesentlich anders geartet: Beim jeweiligen Durchgang des Strahles durch die einzelne Schaufel schwanken die wirksame Strahlkraft und die durch sie erzeugten Biegungsspannungen von einem Nullwerte (im Augenblick des Strahleintreffens auf der Schaufel) auf einen Höchstwert an (im Augenblick der Vollwirkung des Strahles), um ebenso rasch wieder auf Null abzuklingen (im Augenblick des Strahlaustrittes aus der Schaufel). Diese Erscheinung wiederholt sich im Betriebe periodisch in direkter Abhängigkeit von der Dreh- und Strahlzahl. Diese periodischen Beanspruchungen, die sich den Fliehkraftspannungen überlagern, haben elastische Ausbiegungen und entsprechende Schwingungen der Schaufel zur Folge. Es handelt sich somit um eine hämmernde Deformationsarbeit über der Arbeitszone der Fliehkraftspannungen, die sich ständig und mit grosser Geschwindigkeit wiederholt und die Schaufel im Betriebe niemals zur Ruhe kommen lässt. Bei einer zweidüsigen Pelonturbine von 500 U/min beispielsweise wird bei 24-stündigem Betrieb jede Schaufel 1,44 millionenmal pro Tag vom Strahl getroffen und gebogen. Im Verein mit der im Betriebe gleichzeitig wirkenden Korrosion durch das Betriebswasser führen diese periodischen Beanspruchungen, sofern sie selbst oder die

Periodizität ihres Auftretens gewisse Grenzen überschreiten, leicht zu vorzeitiger Ermüdung und damit zu gefährlicher Schädigung des Materials.¹⁾

Die vorgenannte neue Peltonradkonstruktion ermöglicht nun eine weitgehende Herabsetzung dieser Schwingungsbeanspruchungen und damit auch der Korrosionsgefahr, soweit diese von den Schwingungsbeanspruchungen abhängen. Dieses Ziel wird dadurch erreicht, dass die einzelnen Schaufeln nicht nur, wie bei den bislang üblichen Konstruktionen an der Radscheibe befestigt, sondern dass sie auch an ihrem äussern Umfang durch aufgebrachte Ringe gegeneinander abgestützt sind, und zwar derart, dass jede Schaufel angenähert als beidseitig eingespannt angesehen werden kann. Die relative Lage der äussern Abstützungen und ihre Form ist auf Grund von Sonderversuchen so gewählt, dass weder der Wirkungsgrad des Strahles, noch jener der Schaufeln irgendwie beeinträchtigt wird. Der Ventilationsverlust der Abstützringe ist praktisch bedeutungslos und wird mehr als aufgewogen durch die günstige Ventilationswirkung auf den Strahl, wie dies durch einlässliche vergleichende Versuche an einem Rade ohne Ringe und hernach am gleichen Rade nach Aufbringen der Ringe festgestellt wurde (vgl. Abb. 5).

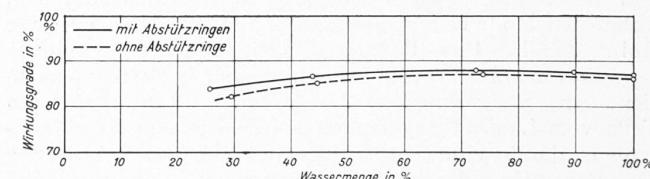


Abb. 5. Gemessene Wirkungsgrade eines Peltonrades mit und ohne Abstützringe.

Um den Einfluss der äussern Abstützungen auf die Biegungsbeanspruchungen festzustellen, hat die Maschinenfabrik Bell Herrn Prof. Dr. M. Roš, Direktor der EMPA beauftragt, vergleichende Messungen an dem in Abb. 4 dargestellten Peltonrade von 10 000 PS (theoret. Raddurchmesser 1400 mm) durchzuführen. Bei den hierfür erforderlichen Versuchen wurde die der Strahlkraft entsprechende Kraft durch zwei an eine Amsler'sche Hochdruck-Presspumpe von 2500 at angeschlossene Presskolben von je 20 t Maximaldruck erzeugt. Diese beidseits der Bechermittel-schneide eingeschlossenen Presskolben stützten sich einerseits auf die Schaufelbecher-Oberfläche und anderseits auf die Rippen der Nachbarschafel ab, wie dies aus den Abb. 6

¹⁾ Vgl. hierzu den Artikel des Verfassers „Contributo allo studio delle sollecitazioni e delle corrosioni delle ruote Pelton“ in L'Elettronica Vol. 21, Nr. 16.

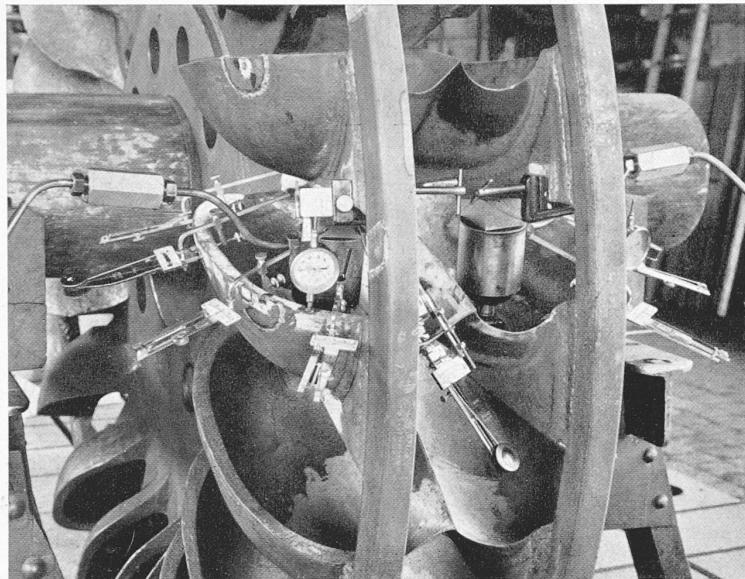


Abb. 6. Versuchs-Peltonrad mit Abstützringen und eingebauten Messapparaten.

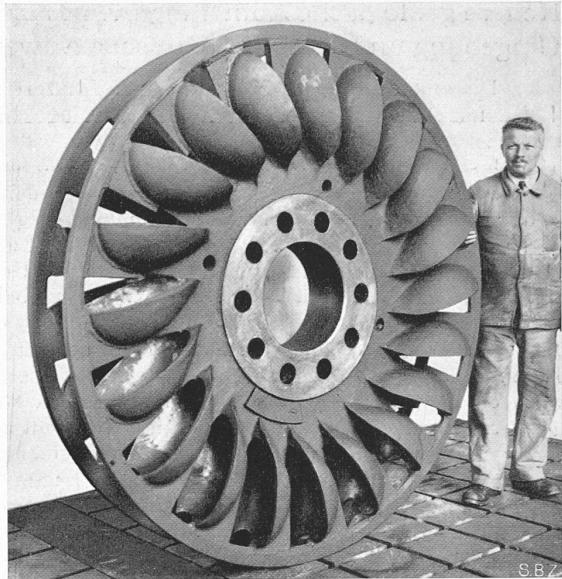


Abb. 4. Patent-Peltonrad für 10 000 PS bei 330 m und 500 Uml/min für das Kraftwerk Küblis der Bündner Kraftwerke A.-G.

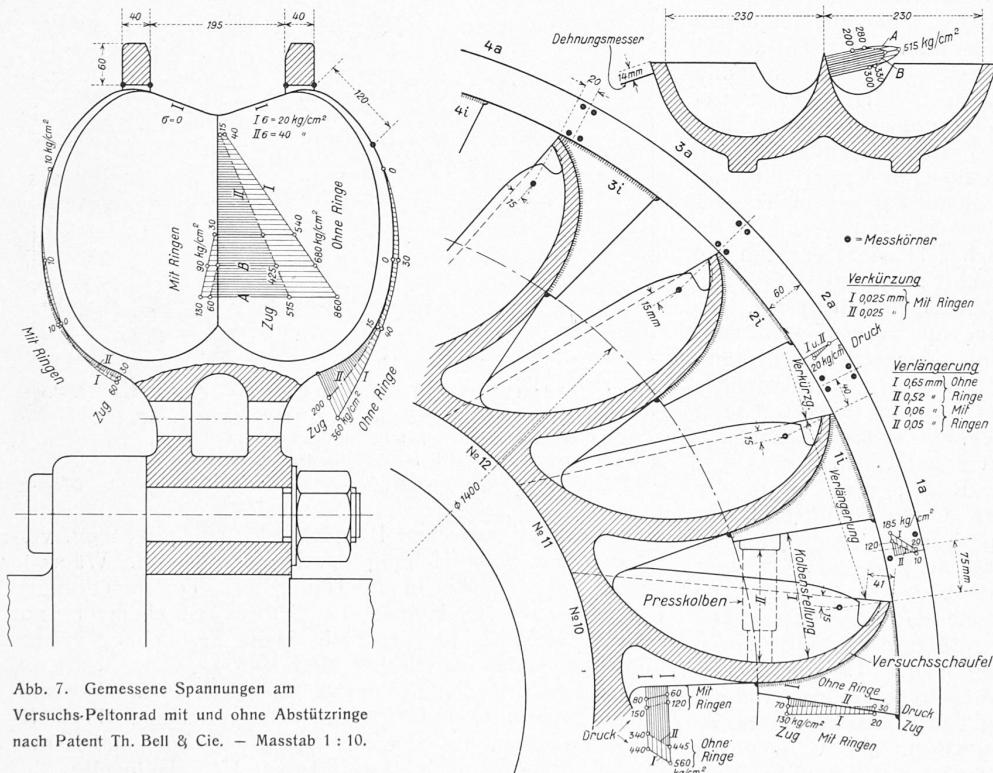


Abb. 7. Gemessene Spannungen am Versuchs-Peltonrad mit und ohne Abstützringe nach Patent Th. Bell & Cie. - Masstab 1:10.

und 7 ersichtlich ist; die Versuche wurden vorerst am Rade ohne Ringe und dann am gleichen Rade nach Aufbringen der Ringe durchgeführt. Sie umfassten Deformationsmessungen längs und quer zur Mittelschneide der Schaufel, auf ihrem Umfang und an den Verstärkungsringen; ferner Messungen der Veränderungen der Abstände der beiden Schaufeln und schliesslich Deformationsmessungen an den Ringen. Alle diese Messungen wurden mittels Huggenberger'scher Tensometer und Stoppani-Uhren und zwar für zwei Kolbenstellungen (I und II in Abb. 7) vorgenommen. Die Resultate dieser Versuche sind in Abb. 7 zusammengestellt und führten Herrn Prof. Dr. Roš für die gewählte Versuchsanordnung zu folgenden Feststellungen:

„Durch das Aufschweißen der Ringe werden:

1. Die Zugspannungen auf der Schneide bei den ausgeführten Belastungsarten bedeutend vermindert und zwar auf rund ein Sechstel;

2. auf dem Schaufelrad sinken die Spannungen ebenfalls auf ein Sechstel herab und auf der Versteifungsrippe auf rund ein Viertel;

3. die Spannungen im Ring selbst sind sehr mässig;

4. die Veränderung des Schaufelabstandes sinkt auf rund ein Zehntel. Eine teilweise Verteilung des Druckes auf mehrere Schaufeln wird gewährleistet.“ —

Von diesen Versuchen ausgehend liessen sich unter Berücksichtigung der effektiven Strahlkraft-Diagramme die betriebsmässig auftretenden Beanspruchungen und Deformationen in einem bestimmten Augenblick errechnen. Diese Berechnungen ergeben für das Rad *mit* Abstützringen:

1. Bei Betrieb mit einem Strahl: Die grössten Spannungen werden auf $\frac{1}{4}$ herabgesetzt, d. h. sie betragen nur 25 % der grössten, entsprechenden Spannungen für die Turbinenschaufeln *ohne* Entlastungsringe. Die grössten Durchbiegungen am oberen Ende der Turbinenschaufeln vermindern sich auf $\frac{1}{5}$ der Durchbiegungen der freien Turbinenschaufeln ohne Entlastungsringe.

2. Bei Betrieb mit zwei, um rd. 50° gegeneinander versetzten Strahlen: Die maximalen Spannungen und die unter 1. genannten Schaufeldurchbiegungen vermindern sich auf 40 %.

3. Sind die Strahlen um mehr als 50° gegeneinander versetzt, so nähern sich die Verhältnisse mit wachsender Strahldistanz jenen eines einstrahligen Rades.

Diese neue Radkonstruktion, die besonders für formierte Peltonräder bedeutende Vorteile bietet, hat sich im Betrieb in einer grossen Zahl von Ausführungen sehr gut bewährt und ergibt eine wesentliche Steigerung der Betriebssicherheit. (Schluss folgt.)