Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 25

Artikel: Neue Wasserturbinen-Konstruktionen
Autor: Dubs, Robert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-41022

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: 07.08.2025

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

INHALT: Neue Wasserturbinen-Konstruktionen. — Basels künstlerische Kultur. — Wettbewerb für einen Neubau der Schweizer. Volksbank in Solothurn. — Der englische „Weir"-Wohnhausbau. — Randenbahn, Hegaubahn, Bibertalbahn. — Von der 50. Generalversammlung des S. I. A. — Miscellanea: Automobilverkehr und Strassenausbildung. Elektrische Verschiebe-Lokomotive mit eigener Stromerzeugung. Ueber die Entwicklung des Luftverkehrs in Deutschland. Motorschiffe mit Still-Motoren-Antrieb. Neues Postdienstgebäude beim Hauptbahnhof Zürich. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Bündner. Ing.- u. Arch.-Verein. Zürcher Ing.- u. Arch-Verein.

Band 88. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 25

Neue Wasserturbinen-Konstruktionen.

Von Dipl. Masch.-Ing. ROBERT DUBS, Zürich, Oberingenieur der A.-G. der Maschinenfabriken von Escher Wyss & Cie.

Infolge der wirtschaftlichen Verhältnisse der letzten Jahre ist der Ausbau der Niederdruck-Wasserkräfte in Verbindung mit Hochdruck-Akkumulierwerken stark gefördert worden. Damit wurden die Wasserturbinen-Konstrukteure vor eine Reihe neuer Aufgaben gestellt. Durch Steigerung der Wassergeschwindigkeiten in den Zu- und Ableitungen sollten die Baukosten und durch Erhöhung der relativen Umfangsgeschwindigkeiten (spezifische Drehzahlen) die Maschinenkosten auf einen kleinstmöglichsten Wert unter Beibehaltung guter Wirkungsgrade gebracht werden. Für die Lösung solcher Aufgaben kann jede Theorie nur bestimmte qualitative Wegleitungen geben, während man den quantitativen Zusammenhang der einzelnen Grössen und ihre gegenseitige Beeinflussung nur auf dem Wege des systematischen Versuches ermitteln kann. Da eine solche Versuchsarbeit nur in einer mit allen technischen Hilfsmitteln versehenen hydraulischen Prüfanstalt durchführbar ist und diese Erkenntnis bei den führenden Wasser-Turbinenfirmen schon seit Jahren besteht und sich auch andernorts immer mehr Bahn bricht, haben diese Firmen sich Versuchslaboratorien gebaut, in denen alle hydraulischen Untersuchungen systematisch nach bewährten Methoden vorgenommen werden können. Die hydraulischen Prüfanstalten von Escher Wyss & Cie. sind in den Jahrgängen 1915 und 1922 dieser Zeitschrift beschrieben.[1])

[1]) Band 66, Seite 287 (18. Dezember 1915) und Band 80, Seite 235 (18. November 1922). Red.

Die im folgenden beschriebenen Neukonstruktionen sind alle vor ihrer Festlegung und Ausführung in der neuen Turbinen-Prüfanstalt in Zürich gründlich unter den verschiedensten Betriebsverhältnissen untersucht worden, wobei insbesondere der Wasserableitung vom Laufrad d. h. dem Turbinensaugrohr eine, seiner heutigen Bedeutung im Schnelläuferbau entsprechende Aufmerksamkeit zugewendet wurde (vergl. a. Wasserkraft-Jahrbuch 1924 und 1925/26, Verlag von Richard Pflaum in München). Die Erhöhung der spezifischen Schnelläufigkeit n_s der Wasserturbinen war eben ausser durch Verminderung der Reibungsverluste in Leit- und Laufrad nur möglich durch Verkleinerung der Laufraddurchmesser, was aber naturgemäss eine Vergrösserung der relativen Wassergeschwindigkeiten beim Saugrohreintritt, und damit des Austrittsverlustes aus dem Laufrad zur Folge hatte. Um nun trotz des relativ hohen Austrittsverlustes für die Turbine doch noch einen guten Wirkungsgrad zu erhalten, war es unbedingt nötig, im Saugrohr den grössten Teil der Austrittsenergie zurückzugewinnen, d. h. die vorhandene Geschwindigkeitsenergie in Druckenergie umzusetzen. Diese Umsetzung erforderte nun ganz besondere Saugrohrformen und hauptsächlich gegenüber früher bedeutend längere Saugrohre. Das Saugrohr ist damit gewissermassen zu einem integrierenden Bestandteil der Turbine geworden und nicht mehr, wie bei den früheren normal laufenden Francisturbinen, eine blosse Ableitung des Wassers vom Laufrad zum Unterwasser. Da

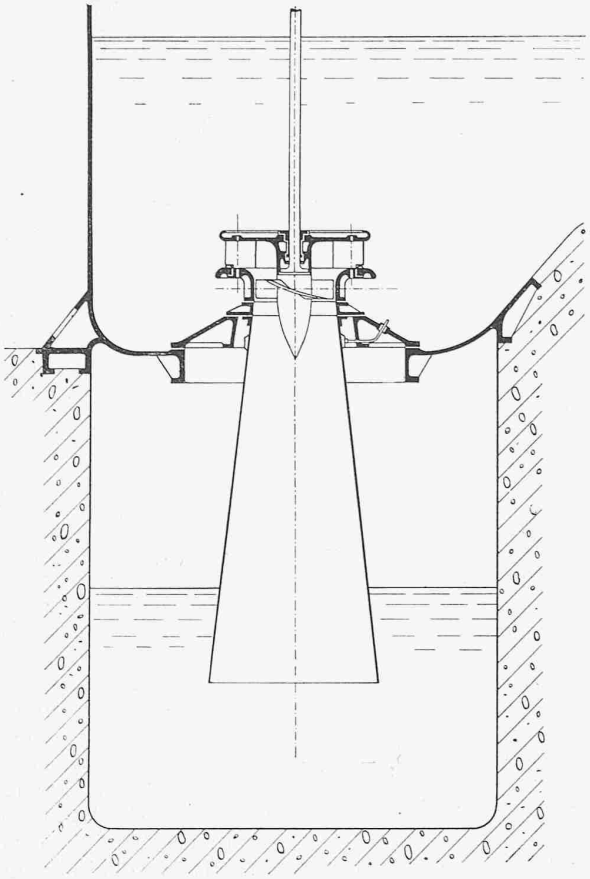


Abb. 1. Propeller-Turbine in der Versuchsanstalt Zürich von EWC.

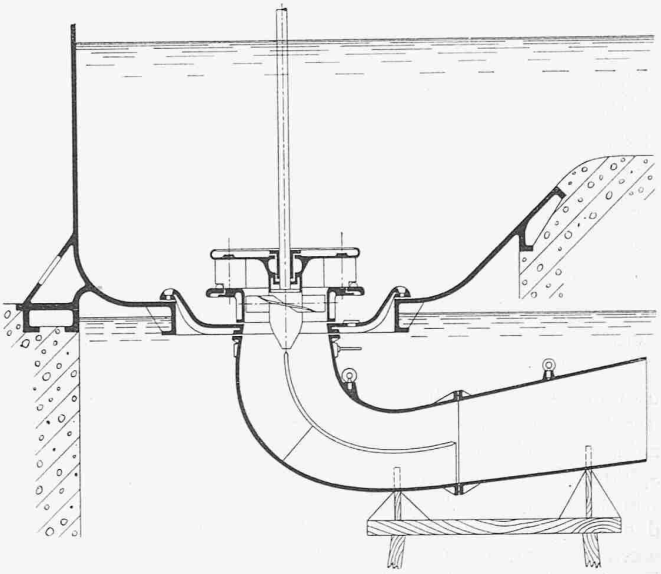


Abb. 14. Propeller-Turbine in Verbindung mit einem Saugkrümmer mit Mittelwand.

die heutigen rasch laufenden Propeller- und Kaplanturbinen mit Austrittsverlusten von 30 bis 50 % der total zur Verfügung stehenden Energie arbeiten, so dürfte es auch dem Nichtspezialisten klar werden, welche Bedeutung heute dem Saugrohr bei solchen Turbinen zukommt. Jedem Hydrauliker, der sich mit dem Studium der im Saugrohr auftretenden Vorgänge befasste, war und ist bekannt, dass man es hier mit einer sogenannten unerzwungenen Bewegung des Wassers zu tun hat, bei der stets viel grössere Verluste vorhanden sind, als bei den erzwungenen Bewegungen,

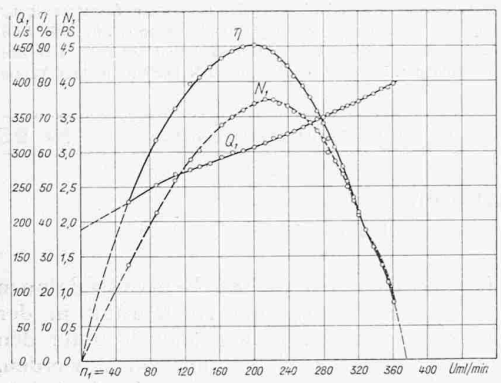


Abb. 5. Propeller-Turbine mit 4 Schaufeln.
Charakteristische Kurven in Funktion der Drehzahl für H = 1 m.

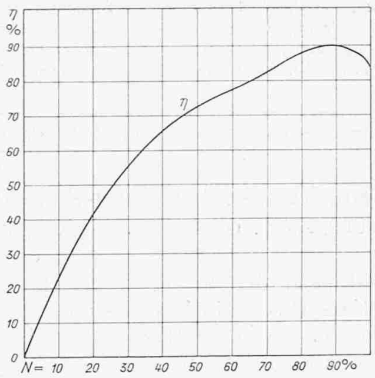
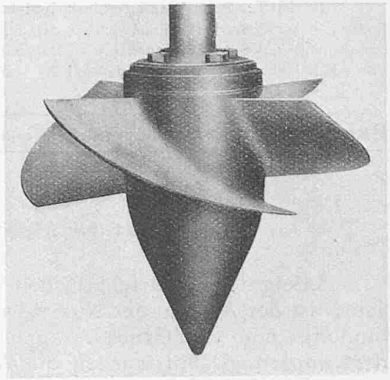


Abb. 8. Propeller-Turbine mit 4 Schaufeln.
Wirkungsgrad in Funktion N_e bei $n_s = 420$.



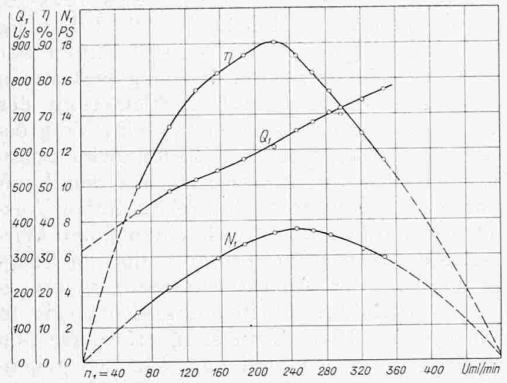


Abb. 6. Propeller-Turbine mit 6 Schaufeln.
Charakteristische Kurven in Funktion der Drehzahl für H = 1 m.

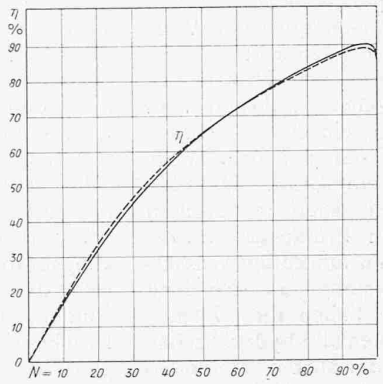
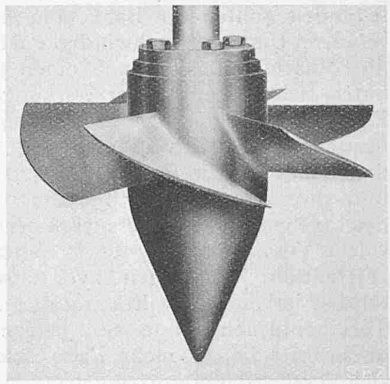


Abb. 9. Propeller-Turbine mit 6 Schaufeln.
Wirkungsgrad in Funktion N_e bei $n_s = 640$.



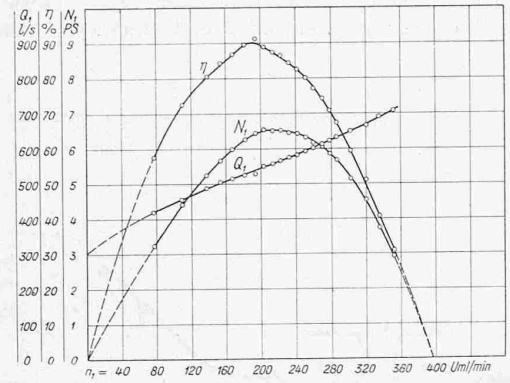


Abb. 7. Propeller-Turbine mit 8 Schaufeln.
Charakteristische Kurven in Funktion der Drehzahl für H = 1 m.

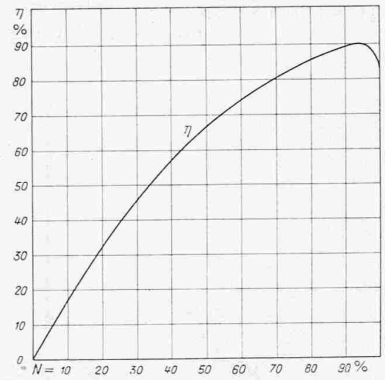


Abb. 10. Propeller-Turbine mit 8 Schaufeln
Wirkungsgrad in Funktion N_e bei $n_s = 570$.

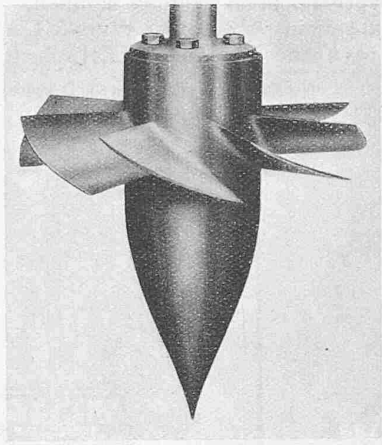


Abb. 2 bis 4. Propeller-Turbinenräder, Bauart EWC., mit 4, 6 und 8 Schaufeln.

und bei der zugleich auch leicht Labilitätserscheinungen in der Strömung auftreten [1]). Da ferner im Saugrohr für die zulässigen Unterdrücke die absoluten Verhältnisse (Atmosphärendruck) massgebend sind, und nicht die relativen, wie in Leit- und Laufrad, so erhellt auch hieraus, dass dem Saugrohr eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden muss, wenn Fehlschläge vermieden werden sollen. Es wird hier auf diesen Punkt besonders deshalb eindringlich hingewiesen, weil es oft noch sehr schwer fällt, der Ueberzeugung Bahn zu brechen, dass heute dem Saugrohr in den meisten Fällen eine ganz andere Bedeutung zukommt, als früher.

Es sollen nun im folgenden die Durchführung der Versuche mit den neuen Konstruktionen und die erzielten Ergebnisse kurz besprochen, und daran anschliessend einige ausgeführte Anlagen beschrieben werden.

In Abbildung 1 ist der Einbau einer Propellerturbine in der Turbinenversuchsanstalt in Zürich dargestellt. Zur Prüfung der Laufräder wird stets die einfachste Aufstellungsart mit vertikaler Welle und geradem, rundem Saugrohr bevorzugt. Es wurden eine Anzahl verschieden konstruierter Versuchslaufräder von gleichem Durchmesser durchgeprüft und mit dem günstigsten Laufrad dann Versuche mit anderen Saugrohrformen (Saugkrümmer usw.) und andern Zuleitungsverhältnissen (Spiralen usw.) vorgenommen. In den Abbildungen 2, 3 und 4 sind die als am günstigsten befundenen Versuchslaufräder mit 4, 6 und 8 Schaufeln dargestellt, wobei noch zu bemerken ist, dass diese Laufräder als sogenannte Propellerräder (die Schaufellänge ist in keinem Zylinderschnitt kleiner als die Schaufelteilung) gebaut waren und bei Gefällen von 2 und 4 m untersucht wurden. Der grösste Laufraddurchmesser war bei allen Rädern $D_1 = D_2 = 600$ mm und es wurde stets der gleiche Leitapparat benutzt. Die Prüfung der Räder erfolgte im übrigen nach den in Versuchs-Laboratorien üblichen Methoden, nach denen bei einer Anzahl konstanter Leitschaufelöffnungen die Charakteristik der Turbine in Funktion der Drehzahl aufgenommen wird.

[1]) Siehe auch Forschungsarbeiten des V. D. I., Heft 76, Untersuchungen von Andres.

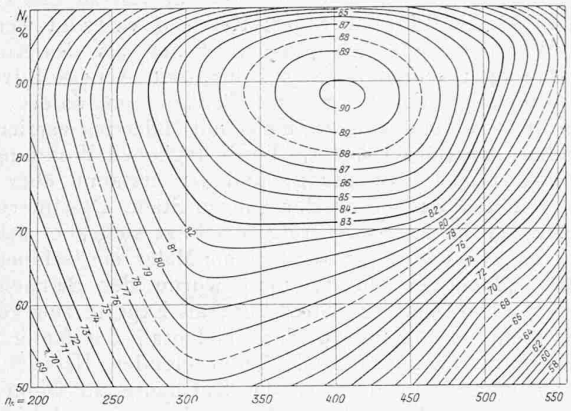


Abb. 11. Hauptcharakteristik der Propeller-Turbine mit 4 Schaufeln.

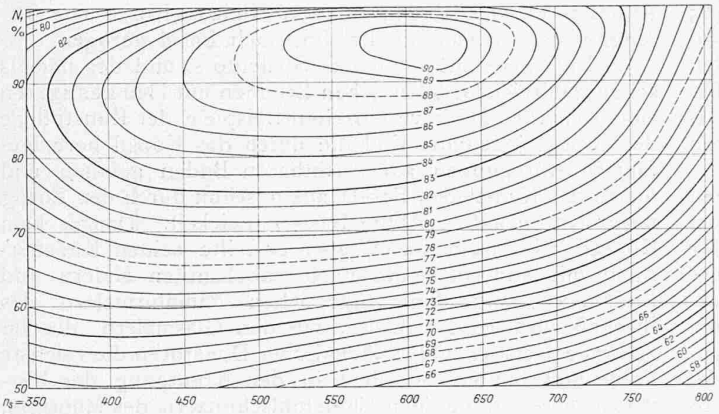


Abb. 12. Hauptcharakteristik der Propeller-Turbine mit 6 Schaufeln.

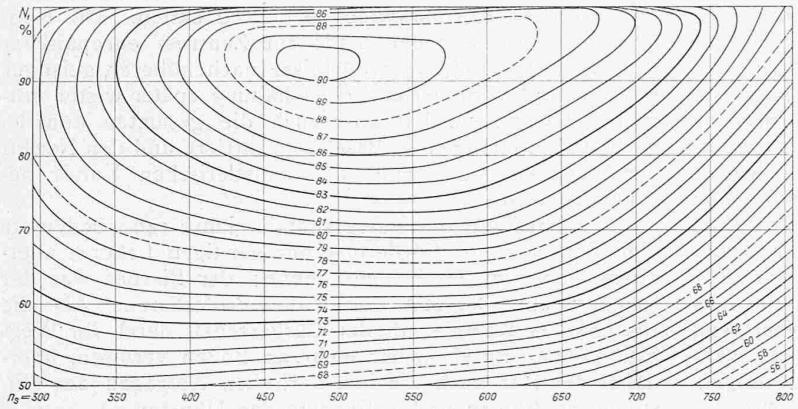


Abb. 13. Hauptcharakteristik der Propeller-Turbine mit 8 Schaufeln.

Da das Nutzgefälle während der Versuche nie vollständig konstant gehalten werden kann, ist es üblich, alle Versuchswerte auf konstantes Gefälle und zwar $H =$ 1,000 m umzurechnen. In den Abbildungen 5, 6 und 7 sind für die drei betreffenden Laufräder bei konstanter Leitschaufelöffnung die auf 1 m Gefälle umgerechneten Werte der Wassermenge Q, der Leistung N_e und des Wirkungsgrades η in Funktion der Drehzahl n dargestellt; man erkennt, dass diese Räder eine qualitativ sehr gute, d. h. von Unstetigkeiten freie Charakteristik besitzen. Aus den Abbildungen 8, 9 und 10 ist der Verlauf des Wirkungsgrades η dieser Räder bei konstanter Drehzahl in Funktion der Leistung N_e (in Prozenten ausgedrückt) zu entnehmen; wie ersichtlich, ist mit solchen Rädern ein sehr hoher Wirkungsgrad erreichbar, der aber bei kleiner werdender Belastung stark abfällt. Diese Räder eignen sich deshalb nur für wenig veränderliche Wasserführung, oder dann, wenn es möglich ist, die total auszunützende Wassermenge auf mehrere Turbinen zu verteilen. Im Gegensatz hierzu ist es möglich, bei gleicher spezifischer Drehzahl mit einer Kaplanturbine mit drehbaren Laufschaufeln auch stark veränderliche Wassermengen mit einer Turbine günstig auszunützen, wie später gezeigt werden soll.

In den Abbildungen 11, 12 und 13 sind endlich die Hauptcharakteristiken der drei Versuchslaufräder dargestellt. Diesen Diagrammen kann alles Wissenswerte über das hydraulische Verhalten der drei Räder bei den verschiedensten Betriebsbedingungen entnommen werden. Interessant ist vor allem das Ergebnis, dass alle drei Räder einen maximalen Wirkungsgrad von 90 % erreichten, und zwar das Rad mit 4 Schaufeln bei einer spezifischen Drehzahl $n_s = 390$ bis 420, das Rad mit 6 Schaufeln bei einem $n_s = 570$ bis 640 und das Rad mit 8 Schaufeln bei einem $n_s = 460$ bis 515. Aus den Hauptcharakteristiken erkennt man ferner, dass das Laufrad mit 6 Schaufeln hydraulisch eine grössere „Elastizität" besitzt, als die mit 4 und mit 8 Schaufeln. Trotzdem bieten auch diese beiden Räder bei ganz kleinen oder sehr grossen Durchmessern gewisse Vorteile gegenüber dem mit 6 Schaufeln, weshalb dann auch bei ausgeführten Anlagen öfters das Laufrad mit 4 Schaufeln gewählt wurde. Um Missverständnisse zu verhüten, sei hier noch besonders hervorgehoben, dass die in den Abbildungen 11, 12 und 13 angegebenen spezifischen Drehzahlen jeweilen bei ein und demselben Laufrad mit 4, 6 oder 8 Schaufeln ohne irgend welche Aenderung der Schaufeln, und mit dem gleichen Leitapparat erreicht wurden. Da die betreffenden Hauptcharakteristiken ein vollständiges Bild über die Betriebseigenschaften der untersuchten Laufräder geben, erübrigt es sich hier wohl, noch weiter auf diesen Punkt einzutreten.

Um den Einfluss eines Saugkrümmers auf das Arbeiten der untersuchten Laufräder festzustellen, wurde in der Folge das hydraulisch günstigste Laufrad mit 6 Schaufeln in Verbindung mit einem Saugkrümmer mit Mittelwand untersucht, wie Abb. 14 (S. 333) zeigt. Die bei einer bestimmten spezifischen Drehzahl erreichten Wirkungsgrade sind in Abbildung 9 durch die gestrichelte Linie angegeben. Sie lassen erkennen, dass der untersuchte Saugkrümmer in seiner Wirkung dem langen, geraden Saugrohr nicht nachsteht. Infolge der meridionalen Mittelwand erfolgt die Umlenkung des Wassers im Saugkrümmer unter günstigern Verhältnissen und insbesondere dann, wenn, wie dies bei voller Leitschaufelöffnung der Fall ist, das Wasser nur mit sehr kleiner Umfangskomponente das Laufrad verlässt. Da aber gerade bei Vollast das Wasser im Saugrohr die grösste Geschwindigkeit besitzt, so kommt in diesem Betriebszustand die günstige Wirkung der Mittelwand besonders zum Ausdruck. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei Teilöffnungen, bei denen die Umfangskomponenten relativ umso grösser werden, je kleiner die Belastung ist, wobei die Meridiankomponente der absoluten Geschwindigkeit immer kleiner wird, sodass die günstige Wirkung der Mittelwand auf die Meridianströmung infolge der Vernichtung der Umfangskomponente durch die Mittelwand beinahe paralysiert wird und zwar besonders dann, wenn der Anfang der Mittelwand etwas zu nahe am Laufradaustritt liegt. Aus diesen Gründen ist von Fall zu Fall wohl zu überlegen, ob durch die Anordnung einer Mittelwand wirklich eine Verbesserung des Wirkungsgrades erreicht werden kann, da auch leicht das Gegenteil eintritt[1]).

Aus den obigen Darlegungen geht hervor, dass eine Mittelwand im Saugrohr nur dann eine Verbesserung mit sich bringt, wenn eine scharfe Saugrohrkrümmung vorliegt und die Meridiankomponente der absoluten Geschwindigkeit dominiert.

Wir werden auf die Einzelheiten einiger ausgeführter Anlagen zurückkommen. (Schluss folgt)

[1]) Siehe Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26, erschienen bei Richard Pflaum.