

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 70 (1952)
Heft: 49

Artikel: Ideen von Leonardo da Vinci zur Ausnützung der Wasserkräfte
Autor: Dubs, Robert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59722>

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: 01.07.2025

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

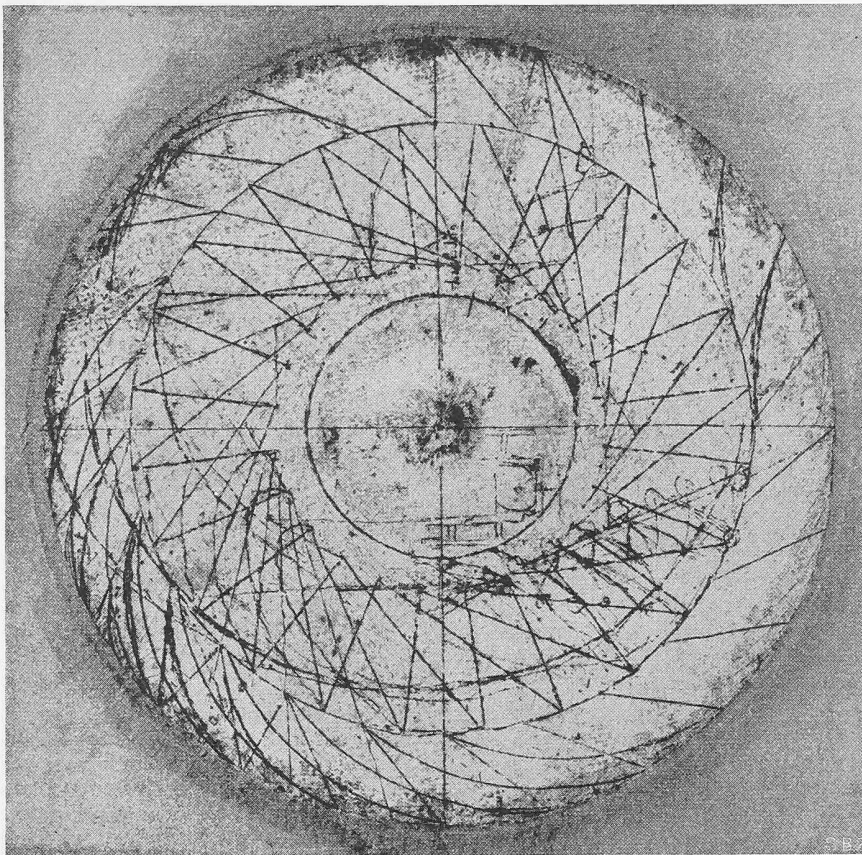


Bild 1. Schaufelstudie von Leonardo da Vinci aus dem «Codex Atlanticus»

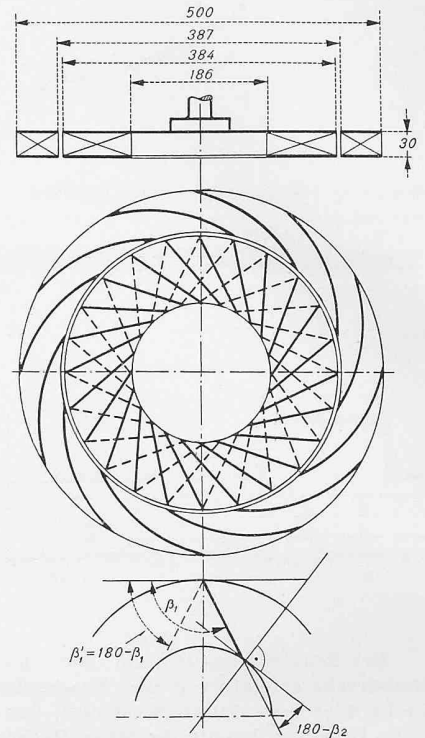


Bild 2. Nachgebildete Radialturbine

von Leonardo anfertigte, eine Modellturbine und auch ein Modellwasserrad auszuführen und beide Maschinen im Institut für Hydraulik und hydraulische Maschinen an der ETH experimentell zu untersuchen. Durch dieses Vorgehen konnte natürlich nicht abgeklärt werden, welche Ideen Leonardo damals bei Anfertigung seiner Skizze beseelten, ob er schon an eine Wasserkraftmaschine dachte, die wir heute als Turbine bezeichnen, oder ob er nur ein oberflächliches Wasserrad besonderer Konstruktion im Auge hatte. Die Versuche mit den beiden Modellen wurden deshalb in erster Linie aus rein wissenschaftlichem Interesse unternommen, um die Wirkungsweise einer nach den Skizzen von Leonardo ausgeführten Maschine festzustellen.

Um möglichst einfache Einbauverhältnisse zu erhalten, wurde eine Radialturbine mit zentripetalem Durchfluss gewählt, wie sie im Jahre 1865 von Francis ausgeführt und untersucht worden ist. Das Bild 2 zeigt das Leitrad und das Laufrad der Modellturbine sowie die Dimensionen, die mit Rücksicht auf geringste Versuchskosten klein gewählt wurden. Die Turbine arbeitete ohne Saugrohr, was bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse berücksichtigt werden muss. Im Bild 3 sind die bei einem mittleren Versuchsgefälle von $H = 0,800$ m gefundenen Ergebnisse in Funktion der Drehzahl n dargestellt, wobei Q die konsumierte Wassermenge in l/s , M_d das Drehmoment in $kg \cdot cm$ und N_t die Leistung in PS bedeuten. Unter η ist der totale Wirkungsgrad zu verstehen, welcher alle hydraulischen und mechanischen Verluste einschliesst. Wie Bild 3 zeigt, ist der Wirkungsgrad sehr klein, was auch bei der geraden Laufradschaufel infolge des gewählten grossen relativen Eintrittswinkels β_1 zu erwarten war.

Um festzustellen, welche Veränderung die Arbeitsweise der Turbine erfährt, wenn man alles unverändert beibehält und nur die Laufradschaufel um eine Radiale spiegelt (gestrichelte Schaufelung in Bild 2) derart, dass der relative Eintrittswinkel nun $180 - \beta_1$ ist, wurde noch ein Laufrad mit einer solchen Schaufelung ausgeführt und experimentell untersucht. Bild 4 zeigt die Versuchsergebnisse, die nun, wie zu erwarten war, eine ganz bedeutende Verbesserung erfuhren, indem ein maximaler Wirkungsgrad von 53 % erreicht wurde. Mit Rücksicht auf die kleinen Dimensionen und das kleine Gefälle sowie das Fehlen eines Saugrohres darf dieses Ergebnis als bemerkenswert bezeichnet werden. In der Skizze von

Leonardo sind zwischen den beiden inneren Kreisen auch rein radiale Linien zu sehen, die als Schaufeln eines Radiallaufrades angesprochen werden könnten. Es scheint mir dies darauf hinzudeuten, dass Leonardo unter Annahme einer gleichen Zuströmung zum Laufrad (gleiches Leitrad) schon verschiedene Stellungen (d. h. verschiedene β_1) einer allerdings geraden Laufradschaufel erwogen hat. Auf Grund dieser Überlegungen wurde vom Verfasser die Berechtigung abgeleitet, auch einen Versuch mit einer um eine Radiale gespiegelten Laufradschaufel durchzuführen. Die Skizze von Leonardo kann auch ohne weiteres eine Radialturbine mit zentrifugaler Durchströmung darstellen, wobei sinngemäss die gleichen Überlegungen gelten, wie sie oben für eine zentripetal durchströmte Radialturbine gemacht wurden.

Zur Frage, ob es sich um eine Turbine oder ein Wasserrad handelte, kann in Ergänzung der Ausführungen des Verfassers in der «NZZ» noch folgendes bemerkt werden. Bei einem oberflächlichen Wasserrad sind geschlossene Zellen vorhanden und die Arbeitsabgabe des Wassers an das Rad geschieht zum grössten Teil in Form von potentieller Energie. Sollte es sich um ein unterschlächtiges Wasserrad handeln, so hätte der innere Schaufelkranz keinen grossen Sinn. Sollte aber Leonardo bei seiner Skizze an ein oberflächliches Wasserrad ohne Zellen, d. h. mit radialer Durchströmung gedacht haben, so hätten die verschiedenen Schaufelwinkel beim Austritt aus dem äusseren Schaufelkranz und Eintritt in den inneren Schaufelkranz des gleichen Rades keinen Sinn und nur grössere Verluste zur Folge gehabt. Bei der etwa 400 Jahre nach Leonardo ausgeführten und bereits früher erwähnten «Hydrovolve» sind diese Winkel gleich. Verschiedene Schaufelwinkel sind nur berechtigt, wenn es sich um zwei Räder handelt, wobei sich das eine gegenüber dem andern verdreht, wie dies beim Leitrad und Laufrad einer Turbine der Fall ist.

Entsprechend dem Wunsche von M. Ruoff, der im Jahre 1950 gestorben ist, wurde 1949 nach der Skizze von Leonardo noch ein oberflächliches Wasserrad (s. Bild 5) mit gekrümmten Schaufeln angefertigt und experimentell untersucht. Die Versuchsergebnisse mit diesem Rädchen sind für verschiedene Öffnungen «s» der «Spannschütze» in den Bildern 6a und 6b in Funktion der Drehzahl dargestellt. Man erkennt, dass mit dem kleinen Rädchen ganz beachtliche

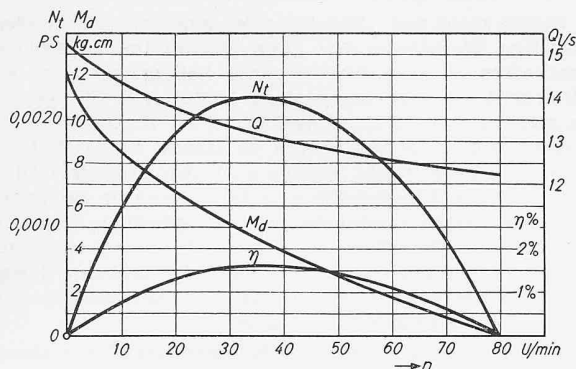


Bild 3. Gemessene Versuchswerte bei Stellung der Laufschaufeln gemäss ausgezogenen Linien in Bild 2

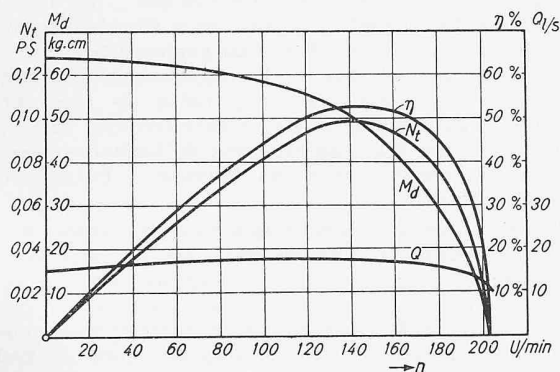
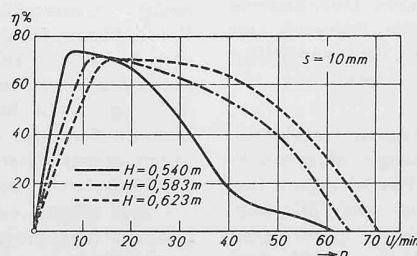
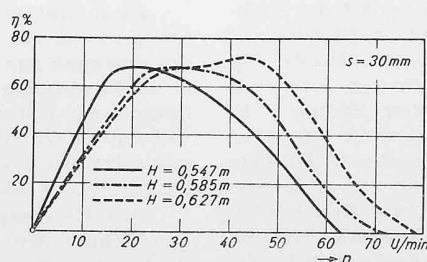
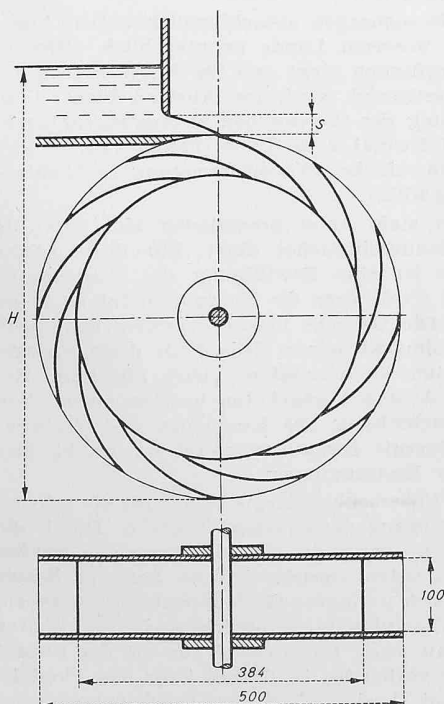


Bild 4. Gemessene Versuchswerte bei Stellung der Laufschaufeln gemäss gestrichelten Linien in Bild 2

Wirkungsgrade, allerdings nur bei kleinen Drehzahlen, erzielt wurden. Um den Einfluss des Nutzgefälles H auf den Wirkungsgrad η festzustellen, wurden die Versuche jeweils bei drei verschiedenen Nutzgefällen durchgeführt. Es war dann noch mit M. Ruoff vereinbart worden, weitere Versuche mit einem überschlächtigen Wasserrad mit äusserem und innerem Schaufelkranz und radialer Durchströmung (ähnlich der Hydrovolve) durchzuführen; das Material für diese Versuche wurde auch vorbereitet. Infolge Rücktritt des Verfassers vom Lehramt im Frühjahr 1950 kamen diese Untersuchungen nicht mehr zur Ausführung.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, dass die Skizze von Leonardo da Vinci zu Untersuchungen angeregt hat, die interessante, wenn auch heute nicht durchwegs neue Ergebnisse zeitigten.



Bilder 6a und 6b. Gemessene Versuchswerte bei verschiedenem Gefälle

Bild 5 (links). Oberschlächtiges Wasserrad, nachgebildet aus der Studie Bild 1

Schweizerische Binnenschifffahrts-Fragen

DK 656.62 (494)

Der Streit um das Kraftwerk Rheinau hat im Kreise des Rhein-Schifffahrtsverbandes Konstanz eine interessante Beleuchtung erfahren, die wir am besten durch den Abdruck folgender Resolution wiedergeben:

«Die Mitgliederversammlung des Rheinschifffahrtsverbandes Konstanz e.V., welche am 6. September 1952 unter besonderer Beteiligung von Vertretern der Bundes- und Landesregierungen, schweizerischer, österreichischer und deutscher befreundeter Verbände, Vertretern zahlreicher ober-rheinischer Städte und Kreise, Mitgliedern und Freunden der Rheinschifffahrt in Rheinfelden/Baden tagte, nahm mit besonderer Freude und Genugtuung Kenntnis von den Ausführungen des Bundesverkehrsminister, Dr. Ing. Chr. Seeböhm, und des Innenministers des Landes Baden-Württemberg, F. Ulrich, welche sich beide in bejahender Form zu den Fragen der Schiffbarmachung des Hochrheins von Basel zum Bodensee bekannten und im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten Hilfe und Unterstützung zusagten. Die Mitgliederversammlung brachte im Vertrauen auf diese wertvollen Erklärungen erneut ihren Willen zum Ausdruck, dass sie die Schiffbarmachung des Hochrheins von Basel zum Bodensee als eine Aufgabe unserer Zeit und nicht erst der kommenden Generationen betrachtet, und dass sie in Zusammenarbeit mit der Bundesregierung, der Landesregierung Baden-Württemberg und in freundschaftlichem Verhältnis mit der Schweiz und Oesterreich die Arbeiten vorwärtstreiben will, um ihr Ziel in einer überschaubaren Zeitspanne zu erreichen. Der Rheinschifffahrtsverband Konstanz e.V. übernimmt die Verpflichtung, durch wirtschaftliche Untersuchungen das Material zu erarbeiten und den zuständigen deutschen Regierungsstellen zur Verfügung zu stellen, das als wichtige Grundlage für die letzte Entscheidung unerlässlich sein wird. Der Rheinschifffahrtsverband glaubt mit vollem Recht sich dafür einsetzen zu können, dass die Grossschifffahrtsstrasse Basel-Bodensee zum Segen der gesamten Bevölkerung des Hochrhein- und Bodenseegebietes in Deutschland, der Schweiz und Oesterreich bereits unserer Generation zugute kommen soll.»

Diese Resolution fand den Beifall der rd. 300 Teilnehmer, unter denen schweizerischerseits Dir. F. Kuntschen und Ing. Dr. M. Oesterhaus vom A. f. W. anwesend waren, sowie zahlreiche weitere Fachleute, die mit der Rheinschifffahrt verbunden sind. In den Worten des deutschen Verkehrsministers kam die eindeutige Zustimmung zur Haltung des Schweizerischen Bundesrates in der Rheinaufrage zum Ausdruck; weiter betonte er, dass die kommende Hochrheinakanalisierung Basel-Bodensee untrennbar verbunden sei mit der vor dem Abschluss stehenden Oberrheinregulierung Strassburg-Basel, und zwar sowohl in verkehrswirtschaftlicher wie in völkerrechtlicher Hinsicht (Vertrag von 1929).

Wie aus der Tagespresse bekannt ist, sammelt das «Ueberparteiliche Komitee zum Schutze der Stromlandschaft Rheinfall-Rheinau» Unterschriften für zwei eidgenössische Verfassungsiniciativen, deren erste die Aufnahme der aus Art. 22 des Eidgenössischen Wasserrechtsgesetzes bekannten Naturschutzformel (siehe SBZ 1952, Nr. 30, S. 425) in Art. 24bis der Bundesverfassung vorsieht, ferner die Aufhebung der erteilten Konzession zum Bau des Werkes Rheinau fordert und verlangt, dass auch keine solche mehr erteilt werden darf. Die zweite Initiative will die Kompetenz zur Erteilung von Wasserrechtskonzessionen dem Bundesrat entziehen und sie den Eidgenössischen Räten erteilen, sowie deren diesbezügliche Beschlüsse dem fakultativen Referendum unterstellen.

Mit diesen Initiativen befasste sich der Nordostschweiz. Verband für Schifffahrt Rhein-Bodensee anlässlich seiner Generalversamm-