

# Theoretische Betrachtung über eine neue Art der Umsetzung von Dampfenergie in mech. Arbeit

Autor(en): **Lolder, Eugen / Stodola, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **43/44 (1904)**

Heft 3

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-24666>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

### Die St. Michaelskirche in Zug.

Von Karl Moser, Architekt in Firma Curjel & Moser in Karlsruhe.

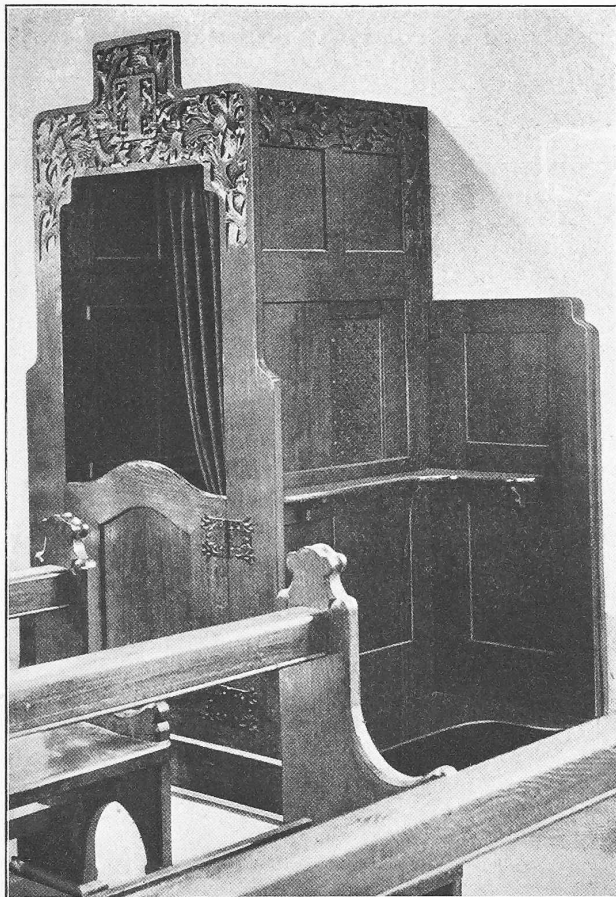


Abb. 14. Ansicht eines Beichtstuhls.

wie Bd. XXI, S. 40, 46, 70, 77, 107 bis 112) ausführlich besprochen und dargestellt wurde. Seither hat kein Wettbewerb für eine katholische Kirche der Schweiz mehr stattgefunden, weder ein allgemeiner noch ein beschränkter, was im Interesse der künstlerischen und neuzeitlichen Entwicklung des katholischen Kirchenbaues sehr zu bedauern ist. Die Bauten werden meist frei vergeben und gar oft in Hände gelegt, die bedeutenden Aufgaben nicht gerecht werden können. Daher wäre es sehr zu begrüßen, wollten die katholische Geistlichkeit sowohl als auch die Kirchenbehörden zu einem Verfahren zurückgreifen, das am ehesten Gewähr für eine entsprechende Behandlung des Bauobjektes bieten dürfte.

K. M.

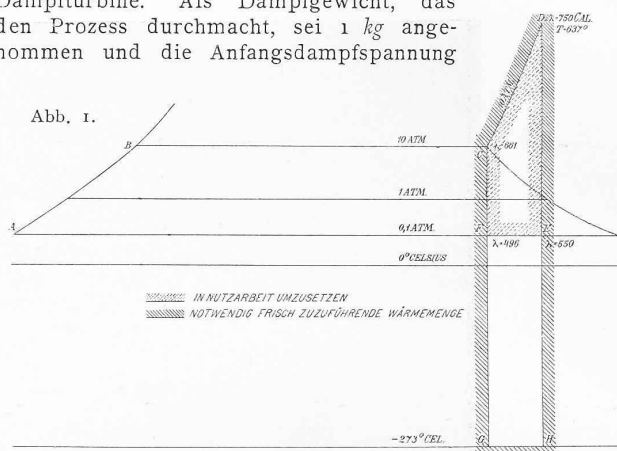
### Theoretische Betrachtung über eine neue Art der Umsetzung von Dampfenergie in mech. Arbeit.

Von Ingenieur Eugen Dolder, Professor am Technikum in Winterthur.

In den letzten Jahren sehen wir die Dampftechnik bemüht, die Auswertung der Brennstoffe nach verschiedenen Gesichtspunkten zu vervollkommen. Dies geschieht einerseits durch Anwendung überhitzten Dampfes, sowohl bei den Kolbendampfmaschinen, als bei den Dampfturbinen, andererseits durch weitere Ausnützung des Auspuffdampfes bei den Abwärmekraftmaschinen. Bei all diesen Arbeitsprozessen handelt es sich darum, von der gesamten potentiellen oder kinetischen Energie, die einem bestimmten Dampfquantum innewohnt, einen möglichst grossen Prozentsatz durch die Maschine in mechanische Arbeit umzusetzen, wobei nach Möglichkeit die Arbeitsverrichtung nach dem Carnotschen Kreisprozess angestrebt wird. Davon unterscheidet sich nun

vollständig der im nachfolgenden zu beschreibende Arbeitsprozess und zwar im allgemeinen in dem Sinne, dass von der gesamten disponiblen Dampfenergie nur ein Teil durch die Maschine in mechanische Arbeit umgesetzt wird, ein anderer Teil aber durch Umsetzung von kinetischer in potentielle Energie bei einem möglichst kleinen Wärmeentzug dem Dampfkessel wieder zurückgeführt wird.

Betrachten wir diesen Arbeitsvorgang vorerst an der Dampfturbine. Als Dampfgewicht, das den Prozess durchmacht, sei 1 kg angenommen und die Anfangsdampfspannung



sei 10 Atm. bei einer Ueberhitzung auf  $T = 637^{\circ}\text{C}$ . Nach rein adiabatischer Expansion bis auf 0,1 Atm. erreicht dann der Dampf eine Geschwindigkeit, die der Wärme-Fläche  $ABCF$  (Abb. 1) entspricht, und befindet sich in dem durch Punkt  $E$  bestimmten Zustande. Von dieser gesamten kinetischen Energie wird nun bloss ein Teil, z. B. der Fläche  $CDEF$  entsprechend als hydraulische Arbeit an das Laufrad abgegeben, sodass nach Verlassen desselben der Dampf noch eine der Fläche  $ABCF$  entsprechende Geschwindigkeitsenergie besitzt. Nach vollständig vollzogener adiabatischer Expansion auf 0,1 Atm. wird dem Dampfe, sei es vor Eintritt in das Laufrad, in diesem oder nach Verlassen desselben die Wärme  $EFGH$  bei konstanter unterer Temperatur ent-

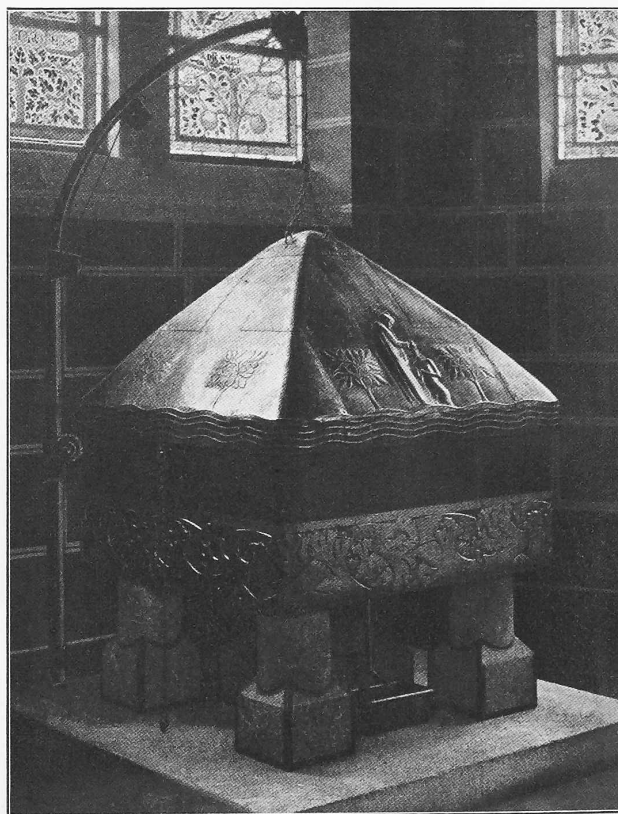


Abb. 15. Der Taufstein.

zogen, wodurch allein die Geschwindigkeit nicht geändert wird und der Dampf nach geleisteter Arbeit in den Zustand  $F$  gelangt. Dabei besitzt derselbe also noch eine kinetische Energie, äquivalent der Wärme fläche  $ABCF$ , vermöge der das Dampfquantum von  $1\text{ kg}$  durch rein adiabatische Kompression auf  $10\text{ Atm.}$  Spannung in Zustand  $C$  gebracht und also als trocken gesättigter Dampf dem Dampfkessel zurückgeführt werden kann. Um dieses Dampfge-  
wicht von  $1\text{ kg}$  wieder in seinen Anfangszustand zu bringen, also bei konstantem Drucke auf  $T = 637^\circ\text{C}$  zu überhitzen, muss demselben eine Wärmemenge frisch zugeführt werden entsprechend  $Q_1 = CDHG$  oder:  $Q_1 = 750 - 661 = 89\text{ Kal.}$

Abgeführt muss werden die Wärmemenge  $Q_2 = EFGH$  oder:  $Q_2 = 550 - 496 = 54\text{ Kal.}$ , sodass die verrichtete Arbeit, in Kal. gemessen, beträgt:

$A \cdot L_i = Q_1 - Q_2 = 89 - 54 = 35\text{ Kal.}$  und sich darnach der theoretische kalorische Wirkungsgrad berechnet auf:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A \cdot L_i}{Q_1} = \frac{35}{89} = 0,393.$$

Für den Arbeitsprozess der üblichen Dampfturbinen berechnet sich der theoretische kalorische Wirkungsgrad aus dem Wärmediagramm, als:

Frisch zuzuführende Wärme bei Vorwärmung des Speisewassers auf  $35^\circ\text{C}$  mit  $Q_1 = 750 - 35 = 715\text{ Kal.}$ , abzuführende Wärmemenge mit  $Q_2 = 550 - 35 = 515\text{ Kal.}$

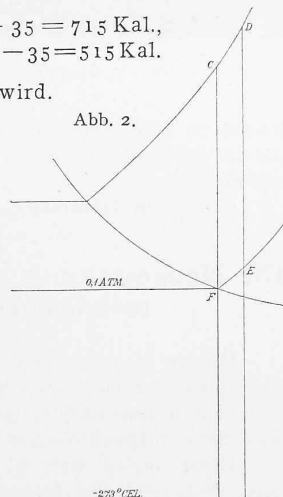
$$\text{sodass } \eta = \frac{200}{715} = 0,280 \text{ wird.}$$

Nützt man nur eine verhältnismässig schmale Wärme fläche  $CDEF$  (Abb. 2) zur Arbeitsverrichtung aus, so wird der kalorische Wirkungsgrad noch bedeutend erhöht. Derselbe steigt bei  $3\text{ Atm.}$  Druck und einer Ueberhitzung von etwa  $300^\circ\text{C}$  bis auf  $\eta \approx 0,55$ . Abgesehen von diesen bedeutend höhern Werten des kalorischen Wirkungsgrades bestünden hauptsächlich noch bemerkenswerte Unterschiede einer solchen Anlage gegenüber den üblichen Dampfturbinen:

Die St. Michaelskirche in Zug. Von Architekt Karl Moser.



Abb. 16. Ansicht der Kanzel.



1. in der nach Diagramm ersichtlichen Nutzbarmachung des niedrigen Druckes von etwa  $0,1\text{ Atm.}$  ohne Anwendung eines Kondensators;

2. in der Möglichkeit, eine ganz bedeutend geringere Umfangsgeschwindigkeit bzw. Tourenzahl zu erreichen, als

selbst bei den mehrstufigen Druckturbinen, da der Dampf eben noch mit verhältnismässig grosser absoluter Geschwindigkeit aus dem Rade austreten kann.

Betrachten wir nun nach demselben Prinzip die Arbeitsverrichtung bei der Kolbendampfmaschine, so könnte dieselbe gerade als Volldruckmaschine mit überhitztem Dampf ökonomisch arbeiten. Es müsste nämlich die gesamte potentielle Energie des in der Totpunkt-Lage des Kolbens im Zylinder eingeschlossenen Dampfquantums durch freie adiabatische Expansion in Geschwindigkeits-Energie umgesetzt werden. Hierauf würde dem expandierten Dampf eine bestimmte Wärmemenge entzogen, sodass derselbe durch adiabatische Kompression auf den Dampfkesseldruck gebracht werden könnte. Bei diesem Drucke müsste der Dampf immer noch so viel an kinetischer Energie besitzen, dass er vermöge derselben bei einem bestimmten spezifischen Volumen in den Dampfkessel gefördert werden könnte. Die nähere Untersuchung dieses Pro-

zesses setzt die Kenntnis voraus, wie bei den aufeinanderfolgenden auspuffenden Dampfmen gen bei adiabatischer Expansion sich die potentielle in kinetische Energie umsetzt, worüber jedenfalls auch Versuche nähern Aufschluss geben müssten.

Inwieweit nun die wirklichen Verhältnisse mit Rücksicht auf die auftretenden, verschiedenen passiven Widerstände von der Theorie abweichen, darüber können entschieden nur Versuche sichern Aufschluss geben und die Erfahrung muss lehren, ob überhaupt oder unter welchen Umständen eine solche Anlage praktisch verwendbare Vorteile bietet. Mir selbst ist es vorderhand nur daran gelegen, zu zeigen, dass bei gegebenen Temperaturgrenzen nach dem beschriebenen Prozesse der gewöhnliche, theoretische kalorische Wirkungsgrad noch bedeutend erhöht, ja verdoppelt werden kann.

Winterthur, im November 1903.

\* \* \*

Auf Wunsch des Verfassers und der Redaktion erlaubt sich der Unterzeichnete an die oben mitgeteilte Beschreibung

des neuen Arbeitsverfahrens einige kritische Bemerkungen anzuschliessen.

Soweit die Kolbenmaschine in Frage kommt, ist das Verfahren meines Wissens schon von Missong vorgeschlagen worden, jedoch mit dem Unterschied, dass sowohl die Expansion als auch die ebenfalls adiabatische Kompression des Dampfes in gewohnter Weise durch den Kolben der Maschine ausgeführt werden sollten. Der für die Dampfturbine vorgeschlagene Prozess ist hingegen neu und von hoher Originalität.

Zwar hat Lindmark im deutschen Patente Nr. 142964 schon im Februar 1902 ein Verfahren schützen lassen, nach welchem bei vielstufigen Turbinen die kinetische Energie des abströmenden Dampfes durch konisch erweiterte Kanäle in Druckenergie umgewandelt werden sollte, allein ohne Wärmeentziehung. Letztere ist aber, wie Professor Dolder thermodynamisch wohl begründet hat, für seinen Prozess wesentlich und unentbehrlich. Eine andere Frage ist es, ob der Prozess praktisch verwirklichtbar ist und es muss in dieser Beziehung folgendes erwogen werden:

1. Die Strömung in der Düse, noch mehr aber in den Schaufeln der Turbine ist bekanntlich mit erheblichen Widerständen verbunden, welche eine Umwandlung von kinetischer Energie in Wärme mit Entropievermehrung bedingen. Die Rückverwandlung der verbleibenden kinetischen Energie in potentielle, d. h. in Druck, ist ferner, wie aus meinen Versuchen hervorgeht, fast stets mit „Dampfstössen“, d. h. ebenfalls mit bedeutenden Verlusten verbunden. Auch neuere Versuche, die ich seither unternahm, zeigen, dass der Dampfstoss auftritt, ob wir nun die Verdichtung in einer konisch divergenten oder aber in einer konisch konvergenten Düse vor sich gehen lassen. Schliesslich wird auch der Eintritt des Dampfes aus dem Laufrad in die Verdichtungsdüse nicht ohne Wirbelungsverluste erfolgen. Dies alles bedeutet, dass man den Punkt *F* der Entropiedarstellung wesentlich nach links rücken, d. h. die abzuleitende Wärme wesentlich vergrössern müsste, wodurch der Wirkungsgrad schon des theoretischen Prozesses stark herabgezogen wird.

2. Die Wärmeentziehung bedingt Kühlflächen, zunächst also eine Verlängerung der Zuleitung zur Verdichtungsdüse.

Hierdurch führen wir neue Widerstände ein und zehren einen weitem Teil der kinetischen Energie auf; Punkt *F* wird noch mehr nach links verschoben; wir müssen also noch mehr Wärme ableiten, wieder die Kühlflächen vergrössern u. s. f., ohne dass man absehen könnte, wo hier Halt gemacht werden kann.

3. Der entscheidende Einwand ist schliesslich der, dass sich bei der Wärmeentziehung der Dampf immer nur örtlich, an den Kühlflächen, niederschlagen wird und diese kondensierten Teile ihre Geschwindigkeit nahezu ganz einbüssen. Aus dem Zustande *F* kann aber der Dampf auch bei widerstandsloser, idealer Verdichtung durch seine eigene lebendige Kraft die höhere Pressung im Punkte *C* nur erreichen, wenn der seinem Zustande entsprechende Wassergehalt in mikroskopisch feiner Zerstäubung und vollkommen homogen verteilt die Dampfmasse erfüllt. Bleibt das Kondensat an der Kühlfläche haften, so ist der zu trockene (oder ungenügend nasse) Dampf weder imstande, selbst den Druck zu überwinden, noch viel weniger etwa dieses Kondensat durch blosser Reibung mitzunehmen. Auch wenn man den Prozess nur im Ueberhitzungsgebiete zu leiten beabsichtigt, wird sich an den Kühlflächen unweigerlich Kondensat niederschlagen. Ich sehe durchaus keine Möglichkeit, diese Klippe zu umgehen, und muss dem Verfahren aus diesem Grunde praktischen Erfolg absprechen.

obwohl es sich ungemein bestechend darstellt und jedenfalls als eine sehr interessante theoretische Idee angesehen werden darf.

Zürich, im Dezember 1903. Prof. Dr. A. Stodola.

### Die Neugestaltung unserer eidgenössischen technischen Hochschule.

Unsere Leser haben bereits Gelegenheit gehabt, die Anträge kennen zu lernen, welche die Gesamtkonferenz der Lehrerschaft hinsichtlich der Umgestaltung des Polytechnikums dem eidgenössischen Schulrat unterbreitet.

Diese teilen sich in Mehrheits- und Minderheits-Anträge. Während die Mehrheit schon vom ersten Semester

#### Die St. Michaelskirche in Zug.

Erbaut von Karl Moser, Architekt in Firma Curjel & Moser in Karlsruhe.

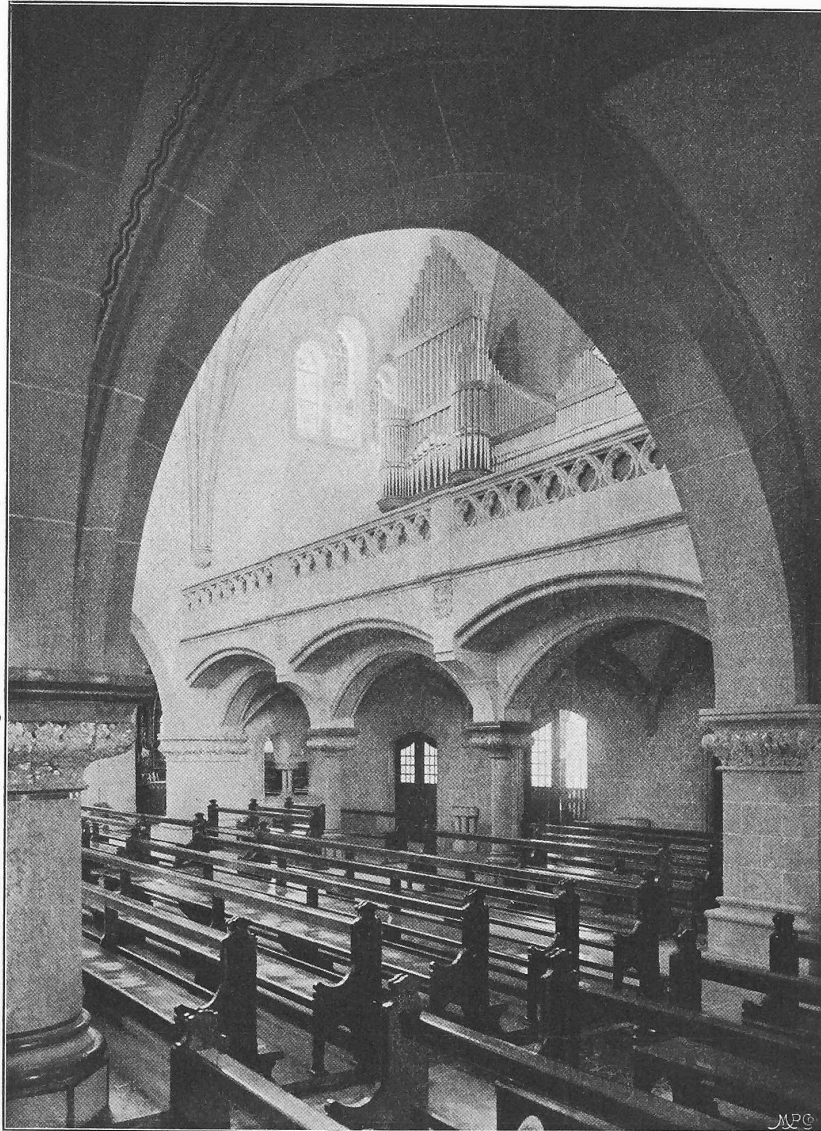


Abb. 17. Blick aus dem linken Querschiff nach der Orgelempore.