

Zeitschrift: Schweizer Pioniere der Wirtschaft und Technik
Herausgeber: Verein für wirtschaftshistorische Studien
Band: 75 (2003)

Artikel: Aurel Stodola (1859-1942) : Wegbereiter der Dampf- und Gasturbine
Autor: Lang, Norbert
Kapitel: Professor in Zürich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1095656>

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: 26.04.2026

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

Professor in Zürich

*Aurel Stodola zu Beginn seiner Lehrtätigkeit am Polytechnikum in Zürich
(Bild ETH)*



Vom Polytechnikum zur ETH

Das 1855 eröffnete Eidgenössische Polytechnikum in Zürich ist ein Kind des 1848 gegründeten Schweizerischen Bundesstaates. Die wachsende Bedeutung der Technik verlangte eine Hochschule für die künftige technisch-wissenschaftliche Elite. Das Konzept orientierte sich an der während der Französischen Revolution geschaffenen Ecole Polytechnique in Paris. Das Zürcher Polytechnikum genoss von Anfang an einen hervorragenden Ruf. Die Schule war durch den Geist des liberalen Aufbruchs und durch herausragende Professoren geprägt. Später berühmt gewordene Persönlichkeiten wie Jacob Burckhardt, Rudolf Clausius, Carl Culmann, Franz Reuleaux, Gottfried Semper und Anton Zeuner gehörten dem Lehrkörper der ersten Stunde an. Den Gründervätern lag sehr viel daran, Ingenieure heranzubilden, die fähig waren, wissenschaftlich-analyti-

sches Denken mit der «hohen Kunst» des technischen Gestaltens zu vereinen.

Bei ihrer Eröffnung umfasste die Schule sechs Abteilungen: die Bau- schule (Architektur), die Ingenieur- schule (Strassen-, Eisenbahn-, Brücken- und Wasserbau), die mecha- nisch-technische Schule (Maschinen- bau), die chemisch-technische Schule, die Forstschule sowie die philoso- phisch-staatswissenschaftliche Abtei- lung. Die Studiendauer betrug anfänglich bloss vier Semester, wurde aber bald auf sechs und 1892 auf sieben Semester ausgedehnt. 1930 wur- de sie um ein weiteres Semester auf- gestockt. Bis 1924 waren aus den ursprünglich sechs Abteilungen suk- zessive deren zwölf geworden.

1864 bezog das Polytechnikum das auf einer Geländeterrasse über der Stadt gelegene klassizistische, von Gottfried Semper (1803–1879), dem Professor für Architektur, konzipierte Hauptgebäude. Wegen wachsender Studentenzahlen, verlängerter Stu- diendauer und weil im einen Gebäu- deflügel die Zürcher Universität bis 1913 Gastrecht genoss, wurden die Platzverhältnisse bald prekär. Des- halb erstellte man für einzelne Fach- disziplinen noch vor der Jahrhundert- wende separate Annexbauten: 1886 das Chemiegebäude, 1890 das Physik- gebäude, 1891 die Materialprüfungs- anstalt und 1900 das Maschinenlabor- gebäude. 1909 erhielt das Polytechni- kum das Promotionsrecht zuerkannt, und 1911 erfolgte die Umbenennung in Eidgenössische Technische Hoch- schule (ETH).



Der Semperbau, das Hauptgebäude des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich, um 1890 (Bild ETH)

Die mechanisch-technische Abteilung

Zwangsläufig bauen spezifisch maschinentechnische Disziplinen auf mathematischen und physikalischen Grundlagenfächern auf. Die ersten drei Studiensemester waren deshalb schwergewichtig der Erarbeitung der mathematisch-physikalischen Basis gewidmet. Grundkenntnisse für den Maschinenbau vermittelten die Werkstoffkunde, die Formgebung der Metalle und die Maschinenelemente. Strömungslehre, Thermodynamik und Messtechnik ergänzten das technische Fundament. Das Fach Maschinenkonstruktion, also das eigentliche technische Gestalten, wurde durch Vorlesungen und anschliessende Übungen vermittelt. Entsprechend der möglichen Vertiefungsrichtungen war es unterteilt in hydraulische, thermische und elektrische Maschinen. Später kamen für alle Richtungen noch entsprechende Laborstunden hinzu.

Als Stodola seine Professur antrat, existierte noch kein Maschinenlaboratorium. Er war einer der aktivsten Befürworter einer solchen Institution. Allerdings hatte Stodola kaum damit gerechnet, dass ihn seine neue Aufgabe derart stark belasten würde. 1892 schrieb er seinem Bruder: «Ich

bin 25 Stunden per Woche beschäftigt, davon 8 Stunden Vortrag, das übrige Übungen... Wenn ich geglaubt habe, hier in Zürich einen Ruhepunkt zu finden, so habe ich mich getäuscht. Nicht einmal die Zukunft der Familie ist gesichert.» Seine Besoldung war, gemessen am Arbeitsaufwand, offensichtlich nicht gerade üppig. Stodola rechtfertigte sich einmal, dass er auf eine nebenamtliche Tätigkeit als Gutachter unbedingt angewiesen sei, da er eine Familie zu ernähren habe. Erst gegen Ende seiner Lehrtätigkeit war Stodola finanzieller Sorgen enthoben.

Die Lehrplanreform von 1897

Am Zürcher Polytechnikum war es sowohl für die Dozentschaft als auch für den direkt dem Bundesrat verantwortlichen Schulrat Pflicht, die vermittelten Lehrinhalte stets den neuesten Entwicklungen und Erfordernissen anzupassen. Jedes Verharren wäre ein Rückschritt gewesen. 1894, knapp zwei Jahre nach Stodolas Aufnahme der Lehrtätigkeit, beauftragte der Schulrat die Dozenten der mechanisch-technischen Abteilung, eine Neubewertung der Unterrichtsfächer und eine Reorganisation der Studienpläne vorzunehmen. Daraus sollte dann eine optimale Verteilung

der Lehrinhalte auf die verfügbaren Dozenten abgeleitet werden. Stodola legte einen eigenen Programmwurf zur Diskussion vor. Dabei lag ihm besonders daran, im Lehrplan die neuesten Entwicklungstendenzen sowohl des thermischen und hydraulischen Kraftmaschinenbaus als auch des Elektromaschinenbaus gebührend zu berücksichtigen.

Mit dem ab dem Studienjahr 1896/97 gültigen Lehrplan erhielt Stodola folgende Fächer und Wochenstunden zugeteilt (noch ohne Laborübungen):

5. Semester:

Dampfmaschinen-Steuerungen	2
Übungen und Repetitorium	2
Dampfmaschinen-Regulatoren	2

6. Semester:

Dampfmaschinenbau	4
Repetitorium	1
Maschinenkonstruktion	12

7. Semester:

Maschinenkonstruktion	6
-----------------------	---

Später kamen Vorlesungen und Übungen über Gas- und Petrolmotoren hinzu. Ab 1904 hielt Stodola Vorlesungen über Dampfturbinen und

ein fakultatives Kolleg über «Neuere Erfindungen auf dem Gebiet der Wärmekraftmaschinen». Nachdem Stodola den klassischen Dampfmaschinenbau an einen Kollegen abgetreten hatte, konzentrierte sich seine Lehrtätigkeit ab 1911 vermehrt auf breiter abgestützte Vorlesungen und Übungen in technischer Wärmelehre sowie auf die Berechnung, Konstruktion und Weiterentwicklung der Wärmekraftmaschinen.

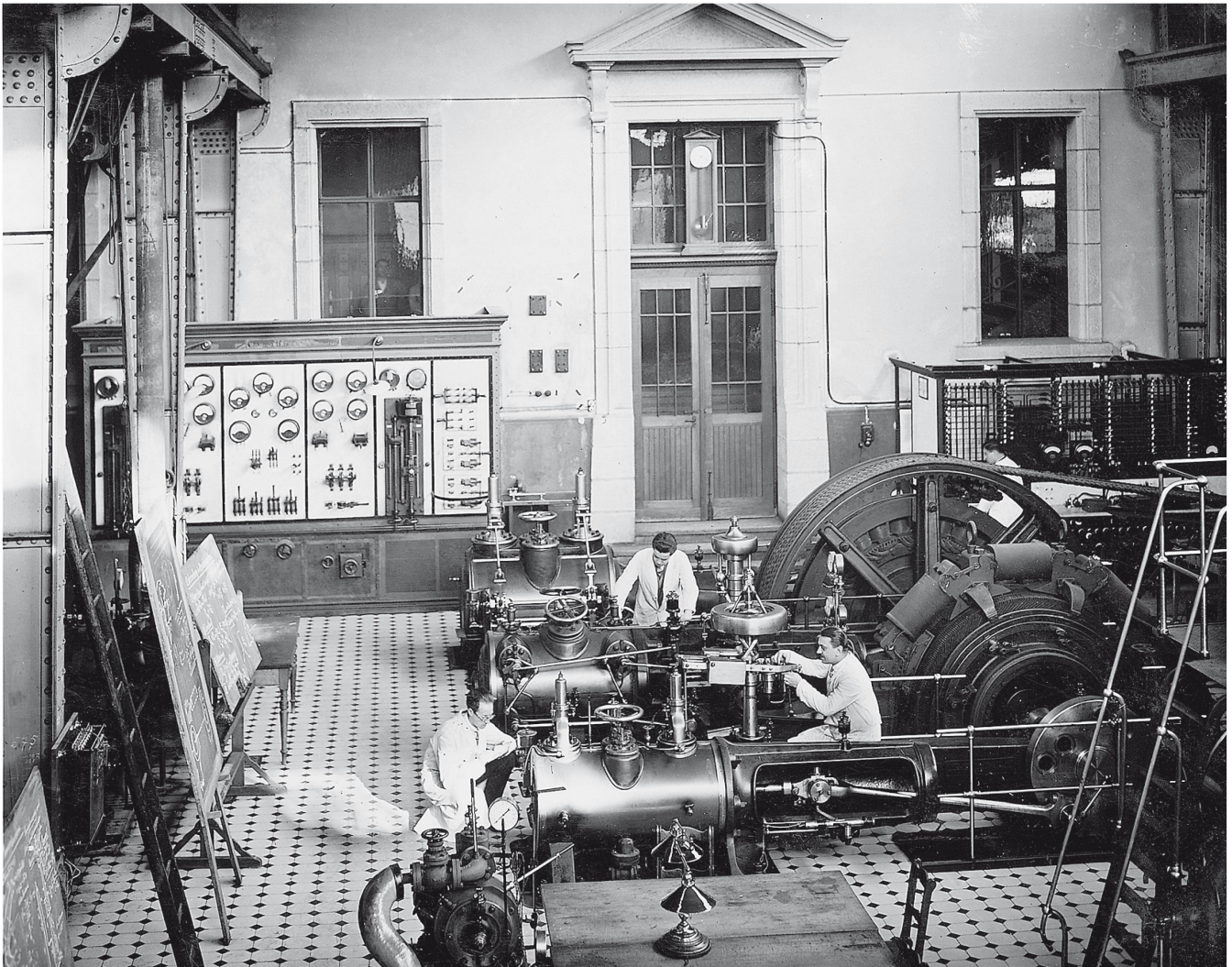
Das Maschinenlabor

Eine praxisbezogene Ausbildung der Maschineningenieure bedurfte noch in anderer Hinsicht dringend einer Vertiefung: Es genügte nicht mehr, die Konstruktionsübungen allein auf Berechnungen und zeichnerische Entwürfe zu beschränken. Damit die angehenden Ingenieure im betrieblichen Umfeld Beobachtungen und Messungen an Maschinen und ihren Bestandteilen durchführen konnten, wurde umgehend ein entsprechend ausgestattetes Laboratorium benötigt. Da im Hauptgebäude die Schulräume voll ausgelastet waren, sollte ein Neubau sowohl Zeichensäle als auch zeitgemäss ausgerüstete Laborplätze mit allen wichtigen Maschinengattungen enthalten. 1897 genehmigte das eidgenössische Parlament die beantragten Kredite, sodass mit dem Bau begonnen werden konnte. Das Laborgebäude wurde in der Nähe des Semper'schen Hauptbaus, zwischen der Clausius- und der Sonneggstrasse, errichtet. 1898 schrieb Stodola seinem Bruder: «Ich bin durch ein Übermass an Arbeit niedergedrückt, die uns durch den Bau des Laboratoriums aufgebürdet wird.»

Ab Herbst 1899 konnten im Neubau die Konstruktionssäle und im Sommer 1900 die Maschinenhalle bezogen werden. Im thermischen Teil wurde das neue Labor mit Dampfma-

Das Maschinenlaboratorium kurz nach der Fertigstellung im Jahr 1900. Im Turm befindet sich das Wasserreservoir für hydraulische Versuche. Der Kamin im Vordergrund gehört zum Kesselhaus. (Bild ETH)





schinen, Verbrennungsmotoren, einer Kältemaschine und einer Dampfturbine ausgestattet. Hauptmaschine war eine liegende Dreizylinder-Verbund-Dampfmaschine, gekuppelt mit einer 75-kW-Thury-Gleichstrom-Maschine. Die Hoch- und Niederdruckteile stammten von Sulzer, der abkoppelbare Mitteldruckteil von Escher Wyss. Ausserdem gehörten eine stehende Zweizylinder-Verbund-Maschine von Escher Wyss für einen Dampfdruck von 20 bar sowie eine raschlaufende Zweizylinder-Verbund-Maschine Bauart Brown von der Maschinenfabrik Oerlikon zur Ausstattung. Die Verbrennungsmotoren waren mit zwei Exemplaren vertreten, einem 5-PS-Petrolmotor Fabrikat Deutz und einem 10-PS-Gasmotor von Escher Wyss. Stodolas zukünftiges Hauptge-

biet war damals lediglich durch eine 10-PS-Laval-Dampfturbine vertreten.

Die Laborübungen mit der Protokollierung und Interpretation der Messergebnisse gaben den Studenten Gelegenheit, den in den Vorlesungen gebotenen Lehrstoff zu vertiefen. Zusätzlich konnten damit Kenntnisse und Fertigkeiten im praktischen Umgang mit Maschinen erworben werden. Mit diesem zusätzlichen Pensum war Stodola bis zum Äussersten belastet. Wenn man in Betracht zieht, dass er im Zeitraum von 1893 bis 1910 rund zwanzig teilweise umfangreiche Fachaufsätze und Ausstellungsberichte verfasst und nicht weniger als vier Auflagen seines Dampfturbinen-Lehrbuches herausgegeben hat, wird verständlich, dass Stodola mit seinen Kräften in keiner Weise haushälte-

Studenten bei Versuchen an der Dreizylinder-Dampfmaschine im Maschinenlabor (Bild ETH)

risch umging. Seinem Bruder Emil klagte er 1907: «Diesen Winter habe ich ständig an der Grenze permanenten Kopfwehs gearbeitet, immer nur aufgehört, wenn es gerade kam.» Und 1911: «Auch mit meiner Gesundheit bin ich nicht zufrieden, vor allem mit der jetzigen Leistungsfähigkeit, welche rapid abnimmt. Offenbar habe ich mich im Kampfe um die Stellung dauernd überbeansprucht.»

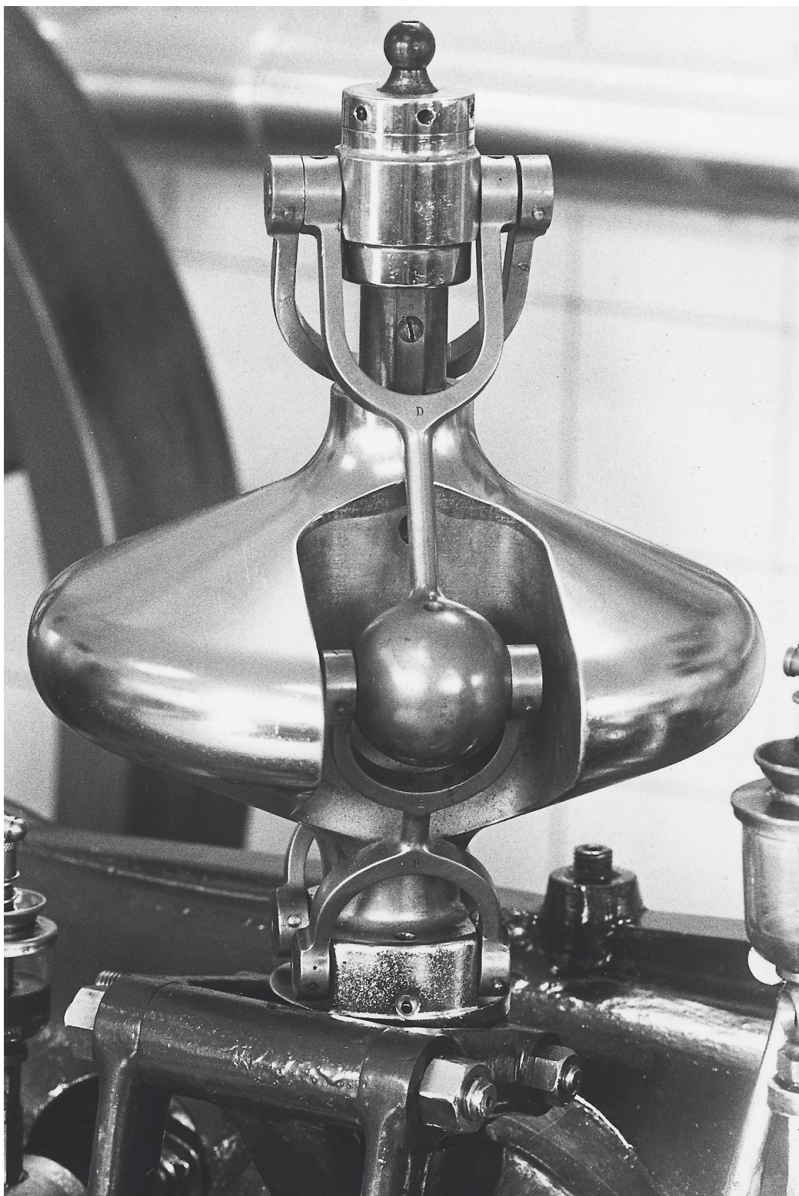
Beitrag zur Regelungstheorie

Stodola begann schon kurz nach seinem Amtsantritt 1892 mit seiner langen Reihe wissenschaftlicher Publikationen. Er schrieb hauptsächlich für die «Zeitschrift des Vereins Deut-

scher Ingenieure» (VDI) und für die «Schweizerische Bauzeitung», das Fachorgan des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins. 1893 erschien in der letztgenannten Zeitschrift Stodolas Abhandlung «über die Regulierung der Turbinen». Obschon hydraulische Maschinen nicht Gegenstand seines Lehrauftrages waren, analysierte er in diesem Aufsatz grundlegend den Ablauf der Vorgänge bei der automatischen Regulierung von Hochdruck-Wasserturbinen. Drehzahlregler kommen auch bei Dampfmaschinen und -turbinen zur Anwendung. Sie haben die Aufgabe, unabhängig von der Belastung die Drehgeschwindigkeit der Kraftmaschine auf einen vorgegebenen Wert einzuregulieren und sie innerhalb eines eng begrenzten Bereiches konstant zu halten. Bei Maschinen, die elektrische Generatoren antreiben, werden nur minimalste Frequenzabweichungen toleriert.

Das Prinzip der Drehzahlregelung ist seit über zweihundert Jahren bekannt. Im grundlegenden Patent von 1788 hatte James Watt für seine Dampfmaschine erstmals einen so genannten Fliehkraftregler vorgesehen. Ähnliche Geräte waren im Mühlenbau gebräuchlich. Ein Fliehkraftregler enthält um eine Achse rotierende, beweglich angelenkte Schwungmassen. Diese tendieren bei steigender Drehzahl unter Wirkung der Fliehkraft dazu, sich von der Drehachse zu entfernen. Dabei verschieben sie eine Muffe, die diese Bewegung über ein Hebelsystem auf ein Ventil überträgt. Das Ventil drosselt die Energiezufuhr (Dampf- oder Wasserstrom), und entsprechend öffnet es sie bei sinkender Drehzahl wieder. Für grosse Stellkräfte, etwa zur Verstellung des Leitapparates oder der Düse einer Turbine gegen den Dampf- oder Wasserdruck, genügt die Fliehkraft allein nicht. Es

Fliehkraftregler einer Sulzer-Dampfmaschine aus dem Jahre 1900



braucht dazu besondere Kraftverstärker, so genannte Servomotoren. Die Verstärkung erfolgt mit mechanischer, hydraulischer, pneumatischer oder elektrischer Hilfe. Klassische Turbinenregler verfügen über ölhydraulische Servomotoren. Moderne Turbinenanlagen werden meistens elektronisch geregelt und überwacht.

Stodolas Methodik

Stodola ging vereinfachend von einem trägheitslosen Regulator mit unendlich grosser Energie aus, welcher auf jede Geschwindigkeitsänderung der Turbine augenblicklich reagiert, also in extrem kurzer Zeit Gleichgewicht herstellt. Stodola begründete dies damit, dass «die Praxis eine Anzahl von [Regulator-]Typen geschaffen hat, denen man eine fast ideale Vollkommenheit zusprechen muss». Im Weiteren stellte Stodola fest:

1. Zur Verstellung des Steuerungsmechanismus (Ventil oder Schieber) gegen den Wasserdruck ist eine bedeutende Kraft erforderlich.
2. Jede Veränderung des Abflusses übt auf die in Bewegung befindliche Wassermasse eine Rückwirkung aus, die Druckschwankungen in der Zuleitung erzeugt.

Stodola wies nach, dass jeder Regelungsvorgang einer mehr oder weniger stark gedämpften Schwingung eines gekoppelten Systems entspricht. Das Optimum im Betrieb besteht einerseits im möglichst raschen Ansprechen der Regulierung und andererseits im Vermeiden eines Überschwingens. In dieser frühen Arbeit entwickelte Stodola seine später als didaktisch mustergültig beurteilte Methode, durch bestimmte Vereinfachungen ein Problem berechenbar zu machen. Damit gewann er Erkennt-

Steuerungen und Regulatoren der Dampfmaschinen

nach den Vorlesungen von Prof. Dr. A. STODOLA.

Herausgegeben vom

Akadem. Maschinen-Ingenieurverein

Zürich.

Als Manuskript gedruckt. — Alle Rechte vorbehalten.

ZÜRICH

Buchdruckerei J. F. Kobold-Lüdi
1911

Titelblatt der Vorlesung Stodolas über Steuerungen und Regulatoren der Dampfmaschinen

nisse über funktionale Zusammenhänge. Schrittweise eliminierte er dann die Vereinfachungen und erfasste möglichst alle Einflussgrößen, um Regeln für die Dimension der einzelnen Anlagekomponenten und ihr Zusammenwirken abzuleiten. Diese Arbeit Stodolas war grundlegend für die Entwicklung einer allgemein gültigen Regelungstheorie.

Stodola hielt auch Vorlesungen über die Regulatoren von Dampfmaschinen und verfolgte die Entwicklungen auf diesem Gebiet mit grossem Interesse. 1899 publizierte er in der VDI-Zeitschrift einen Aufsatz über neuere amerikanische Drehzahlregler, so genannte «Inertie»-[Trägheits-]Regulatoren.

Die Mathematik als Werkzeug des Ingenieurs

1897 hielt Stodola am ersten internationalen Mathematiker-Kongress in Zürich ein viel beachtetes Referat zum Thema «Die Beziehungen der Technik zur Mathematik». Der Vortrag wurde ebenfalls in der «Schweizerischen Bauzeitung» abgedruckt. Darin sind erste Ansätze zu Stodolas Arbeitsprogramm der nächsten Jahre erkennbar. Er skizzierte einige Ideen, die er später realisiert hat. Weiterhin finden sich darin Vorschläge zur Lehrplanreform und zur Verlängerung der Studierendauer für Maschineningenieure am

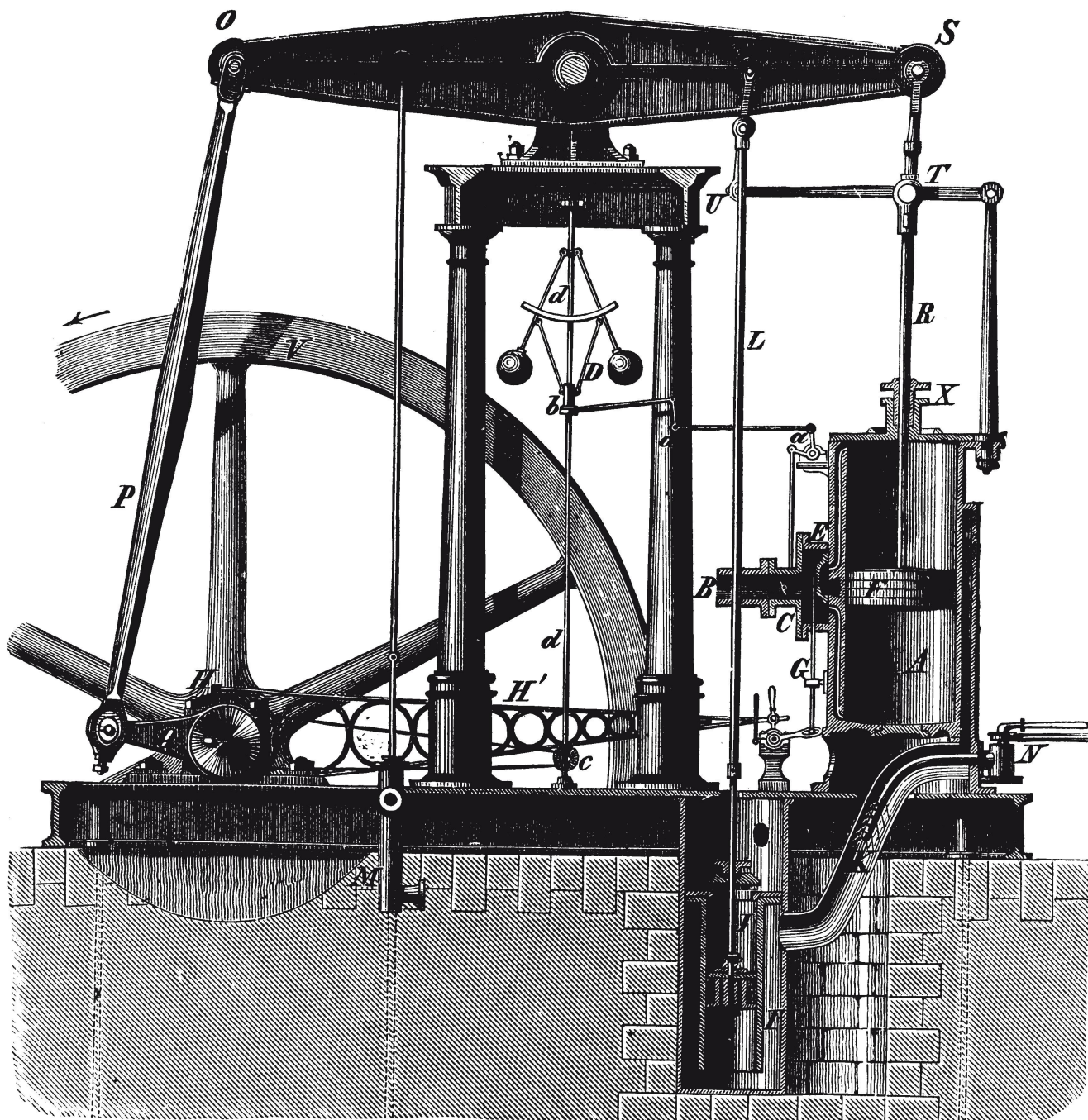
Aurel Stodola im Jahre 1914



Prof. St. A. Stodola

Polytechnikum: «Reine Anschauungskraft hat zur Erfindung der Gasmachine geführt, die einen neuen Markstein in der Geschichte der Wärmemotoren bedeutet. Doch erst in allerletzter Zeit, da schon tausende von Motoren der Industrie Dienste leisteten, unternahm es die Wissenschaft, die Vorgänge im Gasmotor zu erklären. Die Überzeugung von der Notwendigkeit und Erspriesslichkeit einer genaueren mathematischen Behandlung technischer Probleme durch den Ingenieur ist insbesondere unter der jüngeren Generation viel verbreiteter, als mancher ältere Fachgenosse zugeben möchte. Andererseits ist auch die Befähigung zu solcher Tätigkeit unter den praktischen Ingenieuren heute in viel grösserem Masse vorhanden, als man vor einem Jahrzehnt vorausgesetzt hätte. Zu dieser Behauptung gelange ich aufgrund aufmerksamer Beobachtungen der Praxis; sie führen mich dazu, auch die Frage des mathematischen Unterrichtswesens an den technischen Hochschulen zu erörtern.»

Gemäss Stodolas Auffassung ist die Mathematik für jeden Ingenieur eine grundlegende und notwendige Wissenschaft. Dieser könne sich «Tag für Tag weniger dem Zwang entziehen, den Gütegrad, den Konsum seines Motors etc. etwa auf 1 % genau zu garantieren und den Kaufpreis der Maschine auf einen Schilling oder Heller genau anzugeben. [...] Nur auf dem Boden der exakten Wissenschaften, für welche wieder die Mathematik der Lebensnerv ist, entspringt für uns eine einwandfreie Erkenntnis».



Doppeltwirkende Balancier-Dampfmaschine mit Drehzahlregler von James Watt um 1800