

# Stodola, Aurel

Objektyp: **Obituary**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **121/122 (1943)**

Heft 7

PDF erstellt am: **21.09.2024**

## **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.

INHALT: † Aurel Stodola. — Casa San Giorgio ob Ascona, Lago Maggiore. — Ein Fest der Arbeit. — Mitteilungen: Bekämpfung der Radiostörungen. Die Haftung des Bauunternehmers und Poliers. Zum Fehlernachweis mit Magnetpulver. Ausschliessliche Verwendung der

Antiqua-Schrift. Transport langer Schienen. Erstickungsgefahren beim Stollenbau. Die Baugilde. — Nekrologe: Hans Hunziker. — Wettbewerbe: Motta-Denkmal in Bern. Zentralbibliothek in Solothurn. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 121

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung

Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestaffelt

Nr. 7

## † AUREL STODOLA

Am Weihnachtstag vergangenen Jahres hat ein ungewöhnlich reiches und für die Entwicklung der Technik hoch bedeutendes Leben seinen friedlichen Abschluss gefunden, ein Leben, dessen schönste Früchte in der Schweiz, an der E. T. H. heran gereift und von hier aus in die weite Welt sich verbreitet haben.

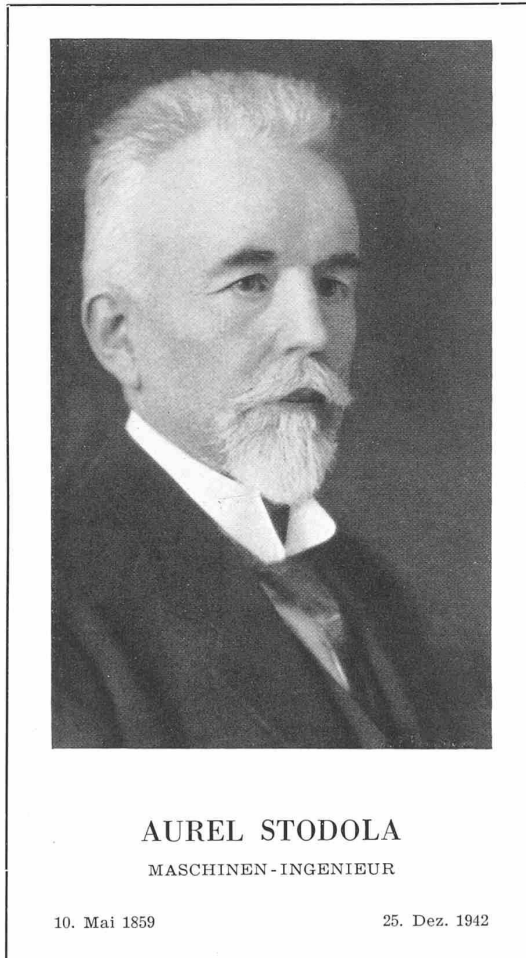
Der äussere Lebenslauf Stodolas war einfach. Er erblickte das Licht der Welt am 10. Mai 1859 in Lipt. St. Nikolau im nördlichen Ungarn, absolvierte 1878/80 das damalige Eidg. Polytechnikum (heute E. T. H.), studierte anschliessend, nach zweijähriger Praxis in der Masch.-Fabrik der k. ungar. Staatsbahn in Budapest, 1883 noch an der T. H. Charlottenburg, 1884 in Paris, und arbeitete sodann von 1886 bis 1892 als Ingenieur in der Prager Maschinenbau-A. G. vorm. Ruston & Cie. in Prag, bis zu seiner Berufung nach Zürich. Mit 33 Jahren, in noch jugendlichem Alter, hat Stodola als Professor für Maschinenbau an der E. T. H. sein Lehramt angetreten, um es während seiner 36-jähr. Wirksamkeit zu glänzender Höhe zu entwickeln. Siebzug-jährig trat er 1929 in den Ruhestand, setzte sich aber damit keineswegs zur Ruhe, sondern arbeitete klaren Geistes weiter, bis ihm der Tod mit sanfter Hand die Feder entwand. Wir wüssten ihn, der unserer Techn. Hochschule und schweizerischen Maschinenteknik zu grösster Ehre gereicht, nicht besser zu würdigen, als durch nachfolgendes, von seinem Schüler, Assistenten und Nachfolger als Lehrer, Prof. Dr. G. Eichelberg, anlässlich der Kremation gezeichnetes Charakterbild. Anschliessend würdigt der Kollege Eichelbergs und wie dieser Schüler, Assistent und Nachfolger in der 1929 aufgeteilten Professur Stodolas, Prof. H. Quiby, das wissenschaftliche Werk des Verewigten.

\*

Die hohe Anerkennung auch des Auslandes, die einerseits in den zahlreichen Berufungen Stodolas an fremde Hochschulen sich kundgab, andererseits nicht weniger die Ehrenpromotionen verschiedener Hochschulen — beginnend schon 1901 mit der der Zürcher Universität — waren eine fast selbstverständliche Folge seines Rufes. England hat mit der Ueberreichung der James Watt-Medaille seine höchste Ingenieurauszeichnung an Stodola verliehen<sup>1)</sup>, und schon 1908 verlieh ihm Deutschland als höchste Ehrung auf dem Gebiete der Technik die Grashof-Denk Münze des Vereins Deutscher Ingenieure, der heute durch einen Kranz dem Altmeister der Technik seine Verehrung bekundet. Die Erschwerung aller Verbindungen mit dem Ausland und gar mit Uebersee wird im übrigen das Echo von dorther verzögern. Wer aber je und je erleben konnte, was überall in der Welt wo Ingenieure oder gar ehemalige Schüler zusammenkommen, der Name STODOLA bedeutet, der weiss, wie die Nachricht vom Tode des Meisters einen Strom von Gefühlen der Verehrung und der Dankbarkeit auslösen wird.

Verehrung und tiefen Dank möchte auch ich in Worte fassen können, wenn ich nun über den Forscher und Lehrer sprechen darf. Uns, die wir sein reiches Wirken erlebten — damals als wir noch zu seinen Schülern und jungen Assistenten zählten, und heute, wo wir fachlich in seinem Arbeitsgebiet, ja in seinem

<sup>1)</sup> Vergl. SEZ Bd. 118, Seite 101. Red.



AUREL STODOLA

MASCHINEN-INGENIEUR

10. Mai 1859

25. Dez. 1942

Lehrbereich tätig sind — uns war Stodola begeisternder Meister, strenges Vorbild und väterlicher Freund zugleich.

Es kann sich jetzt und hier nicht darum handeln, angesichts der über mehr als vier Jahrzehnte sich erstreckenden wissenschaftlichen Arbeiten Stodolas, auf Einzelheiten einzugehen. Wesentlich ist uns aber gleichsam die Art seiner Griffelführung: Denn ob es sich dabei um thermodynamische Erkenntnisse handle — etwa der Arbeitsprozesse von Wärmekraftmaschinen, oder der Strömungsformen des Dampfstrahles — oder um Untersuchungen aus dem Gebiet der Mechanik — wie bei der Lösung von Regulierproblemen oder der Berechnung subtiler Schwingungen von Turbinenwellen und -scheiben — immer bezeugt schon die Art der Fragestellung und die Behandlungsweise den lebendigen Blick des begnadeten Ingenieurs, dessen Schaffen — dem seiner Zeitgenossen vielfach vorausseilend — unter einem neuen Zeichen stand. Denn es war ja in der Tat, etwa seit der Jahrhundertwende, eine tiefe Wandlung auch im technischen Gestalten reif geworden. Es vollzog sich auf dem Gebiet der Technik, was auf dem der Physik lange zuvor geschehen war: der Schritt vom statischen zum dynamischen Denken. Auf einmal waren es nicht mehr nur die klassischen Fragen der Geometrie sich verlagernder Maschinenteile, des Kräftegleichgewichts an Hebeln und Rollen, oder des statisch langsamen sich Verschiebens von Kolben unter dem Dampfdruck, jetzt war — mit einer neuen, rascheren Zeit — die Maschine gleichsam in allen ihren Teilen lebendig geworden. Das scheinbar starre Material beginnt zu schwingen und zu atmen, sich zu dehnen und zu werfen unter inneren Spannungen; eigenwillig strömt der Dampf seine Bahn und gibt in raschem Flug, dem selbst der Schall nicht mehr zu folgen vermag, seine Leistung an den Radkranz der Turbine ab.

Um Fragen solcher Art, die so nur angedeutet seien, geht es in den fachlichen Arbeiten Stodolas, seien es Berechnungen, Konstruktionen oder Messungen. Diese Rätselfragen aber erschliessen sich in solcher Fülle wie es hier geschah nur dem verwandten, selber bewegten Geist. Und es geht in all den Untersuchungen auch nicht mehr nur um naturerkennende Analyse von Einzelercheinungen, sondern — wie in allem eigentlichen Ingenieurschaffen — um naturausbauende Synthese einer technischen Realisation. Gerade das Gelingen aber der immer komplexen Realisation wird entscheidend bestimmt durch das Ausmass der gegebenen Gestaltungskraft.

Denn das ist das eine Element bauender Technik: schöpferische Initiative der Persönlichkeit; verantwortungsfreudige Zusammenarbeit ist das andere. Diesem Appell der Technik an Formkraft und Verantwortungsfreude hat Stodola mit dem Einsatz seiner reichen Persönlichkeit geantwortet durch ein Leben hindurch. In diesem Einsatz liegt auch — nachwirkend bis heute — der einzigartige Erfolg seines grossen Lehrbuches über den Dampfturbinenbau begründet. Wer, wie der Sprechende, über ein Jahrzehnt in der Industrie mit Verbrennungsmotoren zu tun hatte und doch unter den Büchern, die in Handnähe seines Arbeitsplatzes standen, kein Buch über Motoren einreihete, wohl aber immer wieder nach dem Dampfturbinenbuch Stodolas griff, weiss zu schätzen, was dieses Buch fachlich unzähligen

Ingenieuren in aller Welt bedeutet. Es ist weit mehr als ein Lehrbuch in dem üblichen Sinne einer zusammenfassenden Darstellung des Bekannten. Es ist das Vermächtnis des Meisters, der darin nicht nur sein Wissen, sondern darüber hinaus das Geheimnis seines Arbeitens, das wissenschaftliche Ingenieurdenken, weitergab. Kaum ein Abschnitt, der nicht durch eigene Forschungsergebnisse des Verfassers untermauert ist; kein Ausklang, der nicht vorausschauend den Blick auf Neuland lenkt. Und vor allem: Immer wird über bloss naturwissenschaftliche Analyse hinaus der Schritt zur technischen Synthese bewusst vollzogen. Schreibt doch Stodola in einem Vorwort: «Der Naturwissenschaftler ist zufrieden, wenn es ihm gelingt, das Differentialgesetz eines Vorganges anzuschreiben, wir Ingenieure aber haften für den Integraleffekt.»

Bestätigt es sich so schon am Beispiel der Forschertätigkeit Stodolas, dass schöpferisches Gestalten nie nur aus fachlichem Wissen allein entspringt, so erhärtet sich dies erst recht aus dem Erleben seines Unterrichts. Denn ohne seine über das Fachliche weit hinausreichende Tiefe der Persönlichkeit wäre nie die einzigartige Wirkung möglich gewesen, wie sie von Stodola, diesem wahrhaft edlen Menschen ausging. Edel, dies ist die unausweichliche Bezeichnung für sein Wesen und nicht minder auch für seine ganze Erscheinung. Wer von seinen Schülern erinnert sich nicht, wie nach den Jahren normalen Studiums schon in den ersten Vorlesungen Stodolas uns die Schönheit der Ingenieurkunst nun erst ganz in ihren Bann zog. In diesen immer von Grund auf klar gestalteten Vorlesungen ging es endgültig nicht mehr nur um ein Nach-Denken eines vorgegebenen Lehrganges, jetzt erreichte uns der Appell zu eigenem Gestalten, und man empfand: auf *deine* Hand, auf die Kraft *deiner* Zusammenschau kommt es an, ob dir fortan — sei es auch im Kleinen — Neuwerk gelingt und ob du zu der Schar der Mitschaffenden am Bau der Technik gehörst.

Und was bedeutete es dann, wenn im Konstruktionssaal das erste Empfinden einer Unnahbarkeit durchbrochen wurde durch die Herzenswärme individuellster Anteilnahme, die uns aus grossen, klarblickenden Augen entgegenkam. Sei es, dass die sichere Linienführung seiner Hand und seiner Urteilskraft uns über Reissbrettschwierigkeiten der Formgebung und Berechnung hinweghalf, sei es dass ein noch feinerer Linienzug seines Geistes mit wenigen treffenden Worten sich nachhaltig in unser Wesen eintrug, immer war die Begegnung bedeutungsvoll.

Und wenn dann die Beziehungen sich vertieften und weiter dauerten in die Jahre der Praxis, nie wurden sie äusserlich, immer blieben sie persönlich, auf Wesentliches bezogen. Mit welcher Intensität hat so Stodola, der immer Suchende und Ausgestaltende, bis in die letzten Jahre mit seinen jüngeren Freunden Fragen erwogen, technische sowohl wie weltanschauliche. Und wenn etwa am Telefon mit Notizblock und Bleistift hüben und drüben im Eifer der Diskussion die Kurven schliesslich nicht mehr zusammenstimmten, oder die Gedanken über Menschen, Bücher und Weltgeschehen sich nicht mehr deckten, dann wurde eine Begegnung unaufschiebbar; und inhaltsreich.

Denn die Auseinandersetzung mit den letzten weltanschaulichen Fragen gehörte ebenso existentiell zur Fülle der Persönlichkeit Stodolas, wie seine unverbrüchliche Treue zur Musik. Auf seiner Hausorgel spielte er in früheren Jahren viel, vor allem Bach und Beethoven und dann Bruckner, für dessen Bedeutung er sich ja als einer der Ersten eingesetzt hatte. Anhand der Partituren vertiefte er sich in seine Meister und in die Konzertprogramme des Winters. Einmal erzählte er mir, anlässlich einer Schenkung der Industrie, die er sogleich an die Hochschule weitergab: etwas habe er doch für sich behalten, einen Stoss Partituren habe er gekauft, aber sie fliessend zu lesen sei doch noch anstrengender als Differentialgleichungen lösen.

Sein weltanschauliches Denken — wohl von der Atmosphäre seiner Werdezeit her noch zurückverpflichtet zu naturwissenschaftlichen Stützen, von der Gläubigkeit seines Wesens her aber entscheidend vorverpflichtet einer unmittelbaren Schau — hat er in den Jahren nach seinem Amtrücktritt in einer kleinen Schrift zusammengefasst. Ihr tiefster Kern ist, wie mir scheinen will, der unerschütterliche, weil ihm selbstverständliche Glaube an den Sinn und damit die Aufgabe des Menschen. Allen Einwendungen materialistischer Denkweise der Naturwissenschaften setzte er — und zwar schon in einem Vorwort seines Dampfturbinenbuches — die stolze Ueberzeugung entgegen: «Wir sind nicht gezwungen, dem Druck vorzeitiger Folgerungen aus vergänglichen Formen der Naturgesetze (die biologischen einbegriffen) zu weichen. Es ist uns erlaubt zu lauschen den noch in keine Formel gebannt Tönen und Gesetzen, die aus den tiefsten Gründen des Seelenlebens in Gestaltungen künstlerischer und ethischer Art leise oder feurig emporrauschen.»

Die im Tiefsten gläubige Haltung, die aus solchen Worten spricht, bildet wohl den Wurzelgrund seines Wesens. Mag daher auch in der Feier dieses Tages das Grundmotiv der Trauer dominieren, es löst sich doch daraus — wie aus begleitender Melodie heraus — das grosse durchgehaltene Thema eines erfüllten Daseins.

G. Eichelberg

\*

### Aurel Stodola, sein wissenschaftliches Werk

Die Stellung Stodolas unter den Maschineningenieuren war die der unbestrittenen Autorität. Er genoss in einer seltenen Weise die Achtung seiner Fachgenossen, und zwar nicht nur seiner unzähligen ehemaligen Schüler, sondern auch aller derjenigen, die in irgendeiner Weise an der Entwicklung der neuzeitlichen Kraftherzeugungstechnik beteiligt waren.

Der Grund für diese allgemeine Verehrung lag im hohen Wert seiner Arbeiten, und für diejenigen, die das Glück hatten, seine Schüler gewesen zu sein oder ihn persönlich gekannt zu haben, in der souveränen Beherrschung aller Gebiete seiner vielseitigen Tätigkeit, in der unfehlbaren Logik und im Scharfsinn seiner Auseinandersetzungen mit dem behandelten Gegenstand. Der Grund lag auch in seinem Wesen selbst, dem Wesen eines Herrn der technischen Wissenschaften.

Die Reihe seiner wissenschaftlichen Veröffentlichungen beginnt kurz nach Stodolas Berufung an das Eidg. Polytechnikum in Zürich, mit einem Aufsatz über die Regulierung der Turbinen, der 1893 in der «Schweiz. Bauzeitung» erschienen ist<sup>1)</sup>. Dies war die erste Stufe zu einer endgültigen Klarlegung der Grundlagen der Regulierungstheorie. Einen für die Bedürfnisse der Zeit vollkommen genügenden Abschluss fand diese Theorie in einer zweiten Aufsatzreihe im folgenden Jahr<sup>2)</sup>. Diese Abstufung ist für die Arbeitsweise Stodolas bezeichnend. Er besass die Fähigkeit, das Wichtigste vom Nebensächlichen zu trennen und durch allmähliche Verfeinerung der Untersuchungsmethoden in alle Einzelheiten eines Problems einzudringen. Kein Schritt wurde gewagt, bevor die Voraussetzungen dazu, in Bezug auf ihre Gültigkeit, gesichert waren. Auf diese Weise entwickelten sich die Folgerungen sozusagen planmässig auseinander.

Im ersten Aufsatz wurde die Regulierung der Hochdruck-Wasserturbine mit Berücksichtigung der Schwungmasse der Maschine, der Masse der Wassersäule, sowie der Wirkung eines in der Nähe des Steuerorgans eingeschalteten Windkessels behandelt. Die Vereinfachungen bestanden in der Annahme eines massenlosen Reglers und eines momentan wirkenden Servomotors. Die besonderen Bedingungen des Problems erscheinen heute belanglos. Die Hauptsache für uns ist, dass eine Methode zur Berechnung und Beurteilung der Regulierung entstand, die einen endgültigen Wert besitzt. Vor allem charakterisiert Stodola die dynamischen Wirkungen durch Zeitkonstanten und drückt die Wege, Kräfte und Momente als Bruchteile von festen Werten der gleichen Dimension aus. Die Einführung dieser dimensionslosen relativen Abweichungen und der Zeitkonstanten ergibt für die Bewegungsgleichungen der verschiedenen Regulierungselemente ganz allgemeine Formen. Es sind dies Schwingungsgleichungen, die miteinander gekoppelt sind, und aus ihnen bekommt man durch Zusammensetzung die Differentialgleichung der Regulierung. Die im ersten Aufsatz eingeführten Vereinfachungen ergaben eine Gleichung dritter Ordnung. Die Diskussion der Stabilität, d. h. der Bedingungen, unter denen die Schwingungen der Regelorgane abklingen oder sich aufschaukeln, konnte mit dem schon lange bekannten Kriterium von Wischnegradsky erfolgen. Auch war die Lösung der Differentialgleichung ohne weiteres möglich.

Im zweiten Aufsatz lässt Stodola die Hauptvereinfachungen fallen und zieht die Reglermasse, eine Oelbremse und die Schliesszeit des Servomotors in das Feld der Betrachtungen, was zu einer Gleichung siebenter Ordnung führt, von deren allgemeinen Auflösung keine Rede sein kann. Es besteht auch keine Möglichkeit, festzustellen, ob die Realteile aller Wurzeln der charakteristischen Gleichung negativ sind, was eine Bedingung für die Stabilität ist. Die Lösung dieser letzten Frage übergab Stodola seinem Kollegen Hurwitz, der die bekannten, nach ihm genannten Kriterien aufstellte.

Somit war die allgemeine Regulierungstheorie entstanden, wie sie seitdem von zahlreichen Autoren angewendet und weiter entwickelt wurde, ohne dass jemals in den von Stodola angegebenen Richtlinien eine Aenderung notwendig wurde.

In einer dritten Aufsatzserie, über das Siemens'sche Regulierprinzip und die amerikanischen Inertieregulatoren, diesmal in der Z. VDI (1899), erfuhr die Reglertheorie eine Erweiterung durch die Klarstellung der Beharrungswirkung der Reglermassen. Mit der gleichen Eleganz in der logischen Entwicklung

<sup>1)</sup> In Bd. 22, S. 113 u. ff. — <sup>2)</sup> Bd. 23, S. 108 u. ff.

zeigt Stodola, welche Grenzen der Anwendungsmöglichkeit der Beharrungswirkung gesetzt sind, was davon zu erwarten ist und was nicht.

Damit waren die Arbeiten über Regulierungen abgeschlossen. Das Problem war entsprechend den damaligen Bedürfnissen erschöpfend behandelt. Erst in verhältnismässig jüngerer Zeit haben erhöhte Anforderungen an die Regulierungen, die ein bedeutendes Gebiet der Technik geworden sind, der theoretischen Forschung einen neuen Aufschwung gegeben. Die von Stodola angelegten Grundlagen bleiben jedoch unangetastet. Diese bedeutende Leistung hätte genügt, um ihm die Anerkennung der Ingenieure zu sichern. Sie ist jedoch im Schatten seines Lebenswerkes, der Schaffung der Dampf- und Gasturbinentheorie, beinahe verschwunden.

Die Dampfturbine war an der Jahrhundertwende lediglich durch die im Jahr 1884 erschienenen Maschinen von Parsons und de Laval bekannt. Von einer industriellen Entwicklung war vorläufig keine Rede, während zu gleicher Zeit die Kolbendampfmaschine die höchste Stufe der Vollkommenheit erreicht hatte und das Feld in scheinbar unerschütterlicher Weise beherrschte. Es ist für Stodola Scharfsinn kennzeichnend, dass er in den bescheidenen Anfängen der Dampfturbine den Keim einer gewaltigen Entwicklung voraussah. Weil er die mechanischen und thermodynamischen Grundlagen, sowie auch das mathematische Werkzeug beherrschte, war es ihm möglich, die in den neuartigen Maschinen sich abspielenden Vorgänge zu analysieren und daraus über die Entwicklungsmöglichkeiten Schlüsse zu ziehen.

Das Entstehen seines Buches über Dampfturbinen ist von W. G. Noack in der Festschrift zum 70. Geburtstag Stodolas sehr schön geschildert worden. 1903 erscheint die erste, 1910 bereits die vierte Auflage, die, trotz ihres ins Gewaltige angestiegenen Umfangs, nur einen Teil der ausgearbeiteten Materie enthält. Diese hätte zwei grosse Bände ausfüllen können. Aus praktischen Gründen sind damals bedeutende theoretische Arbeiten für gelegentliche Sonderveröffentlichungen beiseite gelegt worden.

Die ersten Auflagen zeigen die Richtlinien für die Berechnung der thermischen Strömungsmaschinen. Stodola stellt für jeden Hauptabschnitt der arbeitenden Strömung die Energiebilanz auf und bestimmt den jeweiligen Zustand des Mediums, wobei zum ersten Mal alle Energieformen in Wärmeinheiten ausgedrückt werden. Alle Strömungserscheinungen werden mit Hilfe der Energie- und der Kontinuitätsgleichung beurteilt. Diese Gleichungen erlauben, die Geschwindigkeit, den Querschnitt und den noch verfügbaren Energievorrat zu berechnen, sofern die in der Maschine erfolgende Zustandsänderung des Mediums angegeben werden kann. Dies ist bei Wasserdampf nicht ohne weiteres möglich. Zu diesem Zweck wurde für die ersten Auflagen eine Entropie-Temperatur-Tafel des Wasserdampfes entworfen und dem Buch als Unterlage für die Berechnungen beigelegt. Die spezifische Wärme des überhitzten Dampfes war, in Ermangelung von Versuchsdaten, als konstant angenommen. In den späteren Auflagen ersetzte die «i-s-Tafel» die ursprünglich allein benützte «t-s-Tafel». Ihre Verbesserung auf Grund der inzwischen erschienenen, stark streuenden Versuchswerte für die spezifische Wärme erheischte eine bedeutende Abklärungsarbeit. Der Sternenhimmel der  $c_p$ -Werte aus Versuchen musste nach und nach durch Kurven ersetzt werden, die mit der Wärmelehre im Einklang standen. Jeder versuchsweise entworfenen Kurvenschar entsprach die Berechnung einer Entropietafel. (Als die vierte Auflage in Vorbereitung stand, hatte der Unterzeichnete als Assistent von Stodola die Aufgabe, diese stufenweise Annäherung an die Wirklichkeit durch Berechnung und Zeichnung von 23 Entropietafeln durchzuführen. Um dabei nicht zu verzweifeln, war die begeisterte Verehrung notwendig, die seine Mitarbeiter ausnahmslos für Stodola hatten.) Diese einheitliche Anwendung der Energie- und der Stetigkeitsgleichungen, getrennt oder als Fanno-Gleichung kombiniert, oder noch als sog.  $v^2$ -Gleichung angeschrieben, gibt der elementaren Dampfturbinenlehre das theoretische Gerüst. Damit ist der Zustand in einer beliebigen Reihenfolge von Querschnitten bestimmbar.

Es ist eine andere Frage, in welchem Masse die Stetigkeitsgleichung auf den ganzen Querschnitt anwendbar ist, d. h. inwiefern angenommen werden darf, dass Zustand und Geschwindigkeit über den Querschnitt gleichmässig verteilt sind. Um diese Frage zu beantworten, sind von Stodola zahlreiche theoretische und experimentelle Arbeiten erfolgreich unternommen worden. Unter diesen nehmen die klassischen Versuche über die Strömung in der Lavaldüse einen besonderen Platz ein. Sie haben über die Vorgänge im divergenten Teil der Düse Klarheit geschaffen und gezeigt, unter welchen Bedingungen die Ausdehnung nach Ueberschreitung der Schallgeschwindigkeit sich bis

zur Mündung fortsetzt, wenn der Endquerschnitt mit der Energie- und der Kontinuitätsgleichung berechnet war. Sonderbarerweise war es immer noch notwendig, zu beweisen, dass Ueberschallgeschwindigkeiten durch konisch-divergente Düsen erzeugbar sind, fast zwanzig Jahre nachdem de Laval solche Düsen in seiner Turbine zum ersten Mal in genialer Weise verwendet und durch ihren Wirkungsgrad gezeigt hatte, dass Ueberschallgeschwindigkeit tatsächlich vorhanden war.

Die Energie- und Kontinuitätsgleichungen, sowie die Impulssätze liefern uns keine Mittel zur Vorausberechnung der Strömungsverluste; sie erlauben aber wohl, diese Verluste experimentell festzustellen. Durch zahlreiche Versuche in eigens dazu konstruierten Düsen und Schaufelgitterapparaten bemühte sich Stodola, die kinetischen Energieverluste, ihre Verteilung innerhalb des Kanals und die sie beeinflussenden Faktoren zu bestimmen. Zu einem Abschluss konnte diese Forschung selbstverständlich nicht gelangen, weil unendlich viele Bauformen möglich sind. Da solche Versuche eine grosse praktische Bedeutung haben, wurden sie von ausführenden Firmen und Firmenverbänden, besonders in England und Amerika, mit grossem Arbeits- und Geldaufwand weitergeführt. Inzwischen haben die Erkenntnisse der Strömungslehre und der Aehnlichkeitstheorie andere verfeinerte Untersuchungsmethoden geliefert.

Seine besondere Aufmerksamkeit widmete Stodola den abnormalen Strömungsverhältnissen in konisch divergenten Düsen. Der ebene Verdichtungsstoss und die nachfolgende Strahlablösung bei zu hohem Gegendruck, sowie auch die Schwingungserscheinungen bei zu tiefem Gegendruck wurden eindrucksvoll sichtbar gemacht. Die Vorgänge an der Mündung der schräg abgeschnittenen Kanäle, die Spaltexpansion, die Strahlablösung sind von ihm experimentell und theoretisch abgeklärt worden mit Hilfe der Arbeiten von Prandtl und der Göttinger Schule.

Stodolas eigene Ausflussversuche, sowie die von anderen Forschern gemachten Beobachtungen über einen Unterschied zwischen Theorie und Wirklichkeit bezüglich der Ausflussmenge durch eine bestimmte Oeffnung führten ihn dazu, die Expansion des Dampfes vom überhitzten in den gesättigten Zustand näher zu betrachten. Es handelt sich hier um die Vorgänge beim Entstehen des Kondensationstropfens. Versuche von Wilson, Helmholtz, Hirn und Cazin lagen vor, deren Ergebnisse von Stodola diskutiert und verglichen wurden. Durch eigene Beobachtungen und u. a. durch Wiederholung der Versuche von Hirn und Cazin gelangt er zu einer selbständigen Abklärung der Unterkühlung oder Uebersättigung und des Einflusses der Kondensationskerne und der Kapillarkräfte auf die Bildung des Kondensationstropfens. Eine Entropietafel für unterkühlten Dampf wurde zugleich aufgestellt auf Grund der extrapolierten Kurven für die spezifischen Wärmen von Eichelberg. Die Untersuchung ist wegen der Methodik in der logischen Schlussfolgerung auch für den Ingenieur nützlich, obwohl die Unterkühlung praktisch keine grosse Rolle spielt und auf alle Fälle kaum zahlenmässig vorausgesehen werden kann. Das Gleiche kann von sehr vielen der wissenschaftlich wichtigsten Kapitel des Buches gesagt werden. Viele gelten als Erklärung von Erscheinungen, die im Betrieb von Maschinen zufällig vorkommen, die aber bei dem Entwurf unmöglich berücksichtigt werden können.

Stodola verfolgte scheinbar mühelos die Entwicklung der Thermodynamik und der Strömungslehre, zwei Wissensgebiete, die in ihren Anwendungen auf die Turbo-Maschinenanlagen so eng miteinander verknüpft sind. Die neuesten Ergebnisse der Forschungen wurden von ihm laufend angewendet, um tiefer in die innerhalb der Turbinen sich abspielenden Vorgänge einzudringen. Sie waren der Ausgangspunkt seiner eigenen Ueberlegungen und sehr oft der Anlass zu geschickt durchdachten Versuchen. Sehr viele Beispiele solcher Arbeiten aus dem Grenzgebiet der reinen Wissenschaft und der Technik sind in einem grösseren Abschnitt seines Buches als «Sonderprobleme der Dampfturbinentheorie» vereinigt: eine unerschöpfliche Fundgrube von Methoden und Anregungen für Entwicklungsarbeiten und doch nur eine knappe Zusammenfassung der seiner Ansicht nach nützlichsten Ergebnisse seiner Forschungen.

Man weiss, dass das Problem der Gasturbine fast ebenso alt ist wie das der Dampfturbine. Es ist nicht verwunderlich, dass Stodola, der die Zukunft der letzten voraussah und die Grundlagen für deren Entwicklung schuf, und zwar zu einer Zeit, in der die Aussichten für diese Entwicklung noch sehr fraglich erschienen, sich veranlasst fühlte, auch die Theorie der Gasturbine zu erforschen. Bereits die zweite Auflage seines Buches enthielt einen Anhang über «Die Aussichten der Wärmekraftmaschinen und über die Gasturbine»; dies war 1904. 1922 erschien die fünfte Auflage, betitelt «Dampf- und Gasturbinen». Das Hauptarbeitsmittel für die Untersuchung der Gasturbinenprozesse, die Entropietafel der Gase, wurde schon 1898 anlässlich einer meisterhaften Studie über «Die graphische Unter-

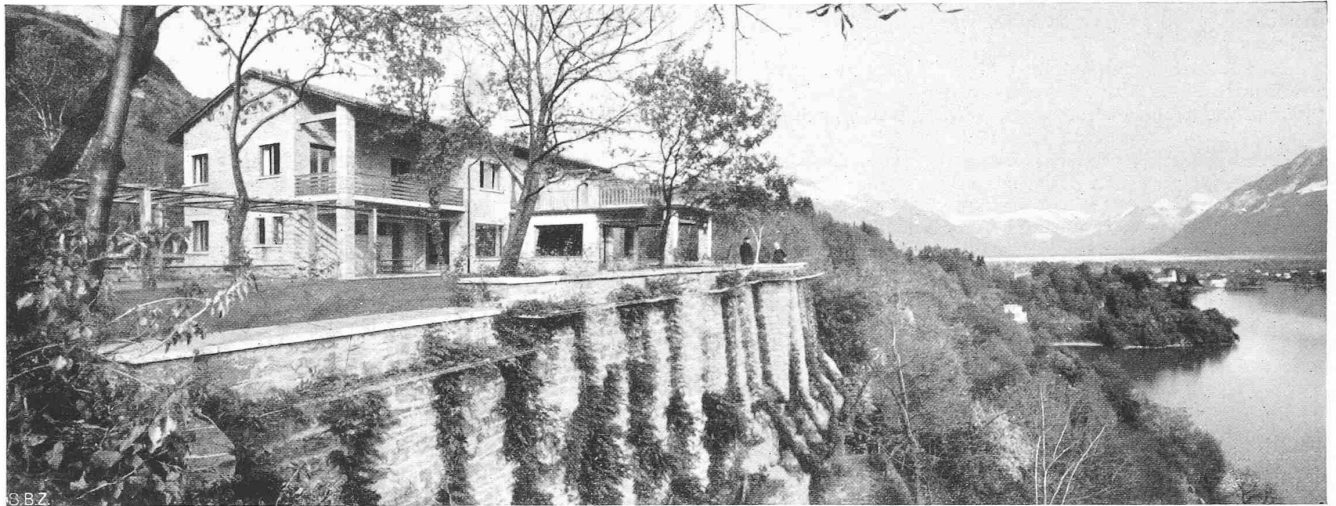


Abb. 1. Casa San Giorgio ob Ascona am Langensee, aus Südwesten. — Arch. SCHERRER & MEYER, Schaffhausen.

Bew. Nr. 6657, BRB 3. X. 39

suchung der Kreisprozesse der Gasmaschinen in der Z. VDI veröffentlicht. Diese gilt nicht für 1 kg Arbeitsmedium wie die Dampftafel, sondern für 1 kg mol; dies war der ausserordentlich geschickte Gedanke, der die Aufstellung einer gemeinsamen Entropietafel für alle technischen Gase ermöglicht. Die Molekularwärme wird zu diesem Behufe linear oder höchstens quadratisch mit der Temperatur veränderlich vorausgesetzt, eine Annäherung, die meistens genau genug zutrifft. Dies ergibt für alle Gase, für einen konstanten Druck oder ein konstantes Volumen, eine gemeinsame Kurve der Temperaturen über der Entropie als Abszissenaxe; die Ordinatenaxe ist aber, je nach dem Gas, eine anders geneigte schräge Gerade oder Parabel.

Kommt ein bestimmter Brennstoff in Frage, so kann die Zusammensetzung des theoretischen Rauchgases (mit Luftüberschuss  $\lambda = 1$ ) bestimmt werden und hierzu, mit Hilfe der spez. Wärmen der Bestandteile, die Molwärme des Gemisches ermittelt werden (dabei kann die Molwärme eine beliebige Funktion der Temperatur sein); so erhält man die Entropietafel des Reingases mit z. B. einer senkrechten Ordinatenaxe. Fügt man dem Gas noch Luft hinzu, d. h. ändert man den Luftüberschuss, so verursacht das nur eine Aenderung in Richtung und Krümmung der Ordinatenaxe. Auf diese Weise entsteht eine Entropietafel für den betrachteten Brennstoff mit verschiedenen Luftüberschüssen, vom Reingas bis zu reiner Luft, die das unentbehrliche Hilfsmittel zur genauen Verfolgung eines Gasturbinen- oder auch eines Dieselprozesses ist.

Stodola widmete seine Aufmerksamkeit besonders den komplizierten Vorgängen in der sog. Verpuffungsturbine. Er wurde dazu hauptsächlich durch die Arbeiten von Holzwarth veranlasst. Die Stauber-Turbine, mit Kraftübertragung durch einen Wasserpenderling, konnte auch nicht verfehlen, seine theoretische Virtuosität anzuziehen.

Neben der Thermodynamik des eigentlichen Kreisprozesses waren es unter anderem die periodischen Wärmeaustausch-Erscheinungen, zu deren eingehendem Studium er sich veranlasst sah, da die Schaufelkantenerwärmung eine lebenswichtige Frage dieser Turbinenart ist.

Diese un stetig arbeitenden Turbinen sind sehr verwickelt und bieten ausserordentlich grosse theoretische, konstruktive und betriebliche Schwierigkeiten. Die Stauber-Turbine ist verschwunden, von der Holzwarth-Turbine ist seit geraumer Zeit nichts zu hören; aber Stodola hatte noch die Genugtuung, mit der Gleichdruck-Verbrennungsturbine von BBC Versuche durchzuführen und deren Ergebnisse zu veröffentlichen<sup>3)</sup>. Die Entwicklung der Gasturbine wird heute in unserer Schweizer Industrie von einigen seiner besten Schüler mit der von ihm gewollten wissenschaftlichen Gründlichkeit weitergeführt. Beinahe bis zu seinem Tode hat sich Stodola für diese Arbeiten lebhaft interessiert und sogar daran teilgenommen. Die Gasturbine führte ihn zwangsläufig zum Studium des Turbo-Verdichters. Allerdings erschien der axiale Verdichter mit Tragflügelschaufeln, dessen hoher Wirkungsgrad zur Zeit allein einen wirtschaftlichen Gasturbinenprozess gestattet, als Stodola bereits auf grössere wissenschaftliche Arbeiten verzichtet hatte. Aber wie erfolgreich er in diesem Gebiet gewirkt hätte, zeigt sein Versuch, die Strömungsvorgänge im radialen Verdichter auf Grund der Zirkulationstheorie darzustellen. Seine Darlegungen

stützen sich sogar auf experimentelle Bestimmungen der Stromlinien mit Hilfe der Analogie der Differentialgleichungen der Membransenkung und der potentiellen Wirbelströmung in einem Gehäuse.

Wir verdanken indessen Stodola nicht nur die thermodynamische und strömungstechnische Theorie der Dampf- und Gasturbinen, sondern auch die zur richtigen und sicheren Konstruktion dieser raschlaufenden Maschinen notwendigen Berechnungsmethoden. Von ihm wurden zuerst die Berechnungsmethoden der statischen Beanspruchung einer durch die eigenen und die Schaufelfliehkkräfte belasteten Scheibe angegeben. Diese klassischen Scheibenberechnungen stellen zwar nur Annäherungen dar, schon deswegen, weil das Problem zweidimensional behandelt wird. Aber auch hier zeigte sich die Fähigkeit Stodolas, das praktisch unbedingt Notwendige vom zunächst Ueberflüssigen zu trennen. Die Vereinfachungen erfolgten übrigens nicht ohne eingehende Prüfung ihrer Zulässigkeit. Lange nachdem seine Scheibenberechnungsmethoden in der Praxis Eingang gefunden hatten, beschäftigte sich Stodola immer noch mit der Prüfung der komplizierten Spannungsverteilung innerhalb der Scheibendicke, der Nabe, und besonders in der Hohlkehle zwischen Nabe und Scheibe. Seine Ueberlegungen wurden durch Versuche mit Gummistreifen und ganzen Gummischeiden entweder angeregt oder kontrolliert.

Als sodann die grundlegende, für die Praxis genügende Berechnungsmethode vorlag, ging Stodola stufenweise zu einer immer verfeinerten Behandlung des Problems über. Manchmal spürt man bei ihm, dass der Virtuose in der Handhabung des theoretischen Werkzeuges Freude hat, die Folgerungen auseinander entstehen zu sehen, die tieferen Ursachen und Nebenerscheinungen eines Vorganges sozusagen mit einem immer stärkeren Mikroskop zu betrachten. Es war für ihn nicht nur die Freude an einer Art geistigen Sports, sondern auch und vor allem ein Bedürfnis, in das tiefe Wesen der Erscheinungen und ihrer Zusammenhänge Einblick zu bekommen.

Dieser Drang nach nicht nur technisch genügenden, sondern auch vollkommenen, wissenschaftlich erschöpfenden Lösungen war es auch, der Stodola veranlasste, gewisse Fragen, die ihm besonders interessant und wissenschaftlich erspriesslich schienen, obwohl praktisch nicht dringend, einem seiner Kollegen zur weiteren Bearbeitung zu übergeben; seitens Stodolas ein Zeichen höchster Wertschätzung. Typisch in dieser Hinsicht war die Arbeitsgemeinschaft mit Prof. Dr. Ernst Meissner für die Behandlung des Schalenproblems. Dieses wurde bereits 1909 von Stodola, anlässlich der vierten Auflage seines Buches, theoretisch und, soweit es ging, auch experimentell in Angriff genommen. Damals gab es eine besondere Veranlassung dazu, weil nicht selten leicht gebaute Schiffsturbinen noch ungeteilte Zwischenböden besaßen. Die Teilung sämtlicher festen Teile der Dampfturbine durch eine Meridianebene macht indessen jede mathematische Untersuchung der Festigkeit von Deckeln und Böden unmöglich. In sehr vielen Fällen behält jedoch das verallgemeinerte Problem der Schale und der Ringschale seinen vollen technischen Wert. Diese von Stodola aufgeworfene Frage gab zu wichtigen Arbeiten von Meissner selbst Anlass, sowie zu einer Reihe wertvoller Dissertationen.

Alle Bestandteile einer Maschine sind schwingungsfähige Körper. Bei raschlaufenden Turbomaschinen sind die Schwin-

<sup>3)</sup> SBZ Bd. 115, S. 13\* (1940)

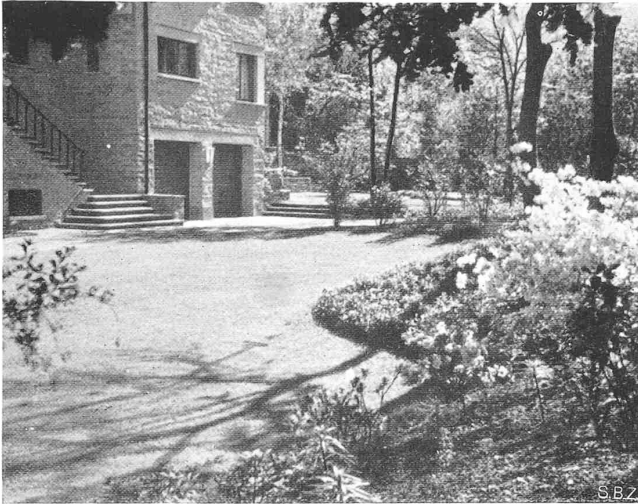


Abb. 2. Strassenseitiger Vordergrund des Hauses



Abb. 3. Gedeckter Sitzplatz neben dem Esszimmer

gungen besonders gefährlich, weil sie leicht in Resonanz mit einer der zahlreichen in der Maschine vorhandenen Impulsquellen gelangen können, die die Drehfrequenz der Maschine oder ein Mehrfaches davon besitzen. Stodola behandelte zunächst die Frage der Grundschriftszahl, d. h. der kritischen Drehzahl der Welle, und gab die klassische Berechnungsmethode an. In den Sonderkapiteln werden die den Praktiker nicht unmittelbar interessierenden Probleme der dynamischen Vorgänge beim Ueberschreiten der kritischen Drehzahl und des Gleichgewichtszustandes oberhalb derselben eingehend erörtert. In der Folge, teilweise durch Mitteilungen aus der Praxis angeregt oder von eigenen Betrachtungen ausgehend, studierte Stodola nacheinander die Kreiselwirkung der Scheiben, die Wirkung der Lagerölpolster, der Elastizität des Wellenbaustoffes. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind im Hauptteil seines Buches, sowie in den «Sonderproblemen» zu finden, nachdem sie in Fachzeitschriften veröffentlicht wurden. Die gleiche gründliche Behandlung wurde auch den Schaufelwingungsproblemen und schliesslich auch den Biegungsschwingungen der Scheiben zuteil. Im letzten Fragenkomplex erlaubten die von ihm angegebenen Methoden, einer beängstigenden Reihe von schweren Unfällen ein Ende zu bereiten.

Die von Stodola behandelten Schwingungsprobleme sind im Buch auf das äusserste für den Praktiker notwendige Mass beschränkt. Oft durch Anfragen seitens der ausführenden Firmen veranlasst, untersuchte er vor allem die Schwingungen von Schaufeln und von durch Bindedrähte und Deckbänder verbundenen Schaufelgruppen ganz eingehend. Seine Arbeiten auf diesem Gebiet sind nur teilweise veröffentlicht. Sie würden allein ein Werk grossen Umfanges bilden.

Es ist unmöglich und wäre auch müssig, alle die Probleme zu erwähnen, die er für sein Buch und in seiner Eigenschaft als gelegentlicher beratender Ingenieur fast aller Dampfturbinenfabriken der Welt erfolgreich löste.

Diese gewaltige Arbeit erscheint dem normalen Menschen rätselhaft, umso mehr, wenn man weiss, dass Stodola seine Tätigkeit bei weitem nicht ausschliesslich der technischen Wissenschaft widmete, sondern noch reichlich Zeit fand, die Musik zu pflegen, die Literatur und die Philosophie aufmerksam zu verfolgen. Dazu noch traf man ihn regelmässig in den Gemäldeausstellungen. Und dabei war in ihm keine Spur von Dilettantismus. Er nahm alles ernst. Keine Seite seiner erstaunlichen Eildung war oberflächlich. Er beteiligte sich aktiv, oft leidenschaftlich, an Allem.

Selbstverständlich halfen ihm viele Mitarbeiter. Seine Assistenten waren durch die zahlenmässige Auswertung der von ihm gefundenen Theorien immer voll beansprucht. Die langwierigen Berechnungen von Tabellen und Kurven überliess er Anderen. Sehr oft auch stellten ihm ausführende Firmen bedeutende Arbeitskräfte zur Verfügung und übernahmen manchmal die Durchführung von Versuchen in eigener Werkstatt. Er bekleidete aus eigener Autorität eine Stellung, die mit derjenigen des Architekten, Bauleiters und Bauherrn eines gewaltigen Monumentes, seines Lebenswerkes, vergleichbar ist. Es war nicht immer leicht, unter seiner Leitung zu arbeiten. Er begnügte sich nie mit halben Lösungen. Durch ihn wurde man zur Gründlichkeit erzogen.

Charakteristisch für seine Forschernatur war, ausser dem unglaublichen Arbeitsvermögen, seine Zähigkeit in der Verfol-

gung der Wahrheit. Wenn er sich einmal eine Frage gestellt hatte, gab es für ihn und für seine Mitarbeiter keine Ruhe, bis alle Elemente der Lösung vereinigt waren. Brauchte er dafür allfällige Auskünfte von Kollegen oder Ingenieuren aus der Praxis, so wurden sie alle nolens volens in den Wirbel hereingezogen. Hier und da war er erstaunt, einigem Unwillen zu begegnen; aber das Ziel wurde fast immer erreicht. Unter seiner Führung war wieder einmal etwas Nützliches geschaffen.

Bei aller Verfeinerung der Theorie, wie sie in den aufeinanderfolgenden Auflagen seines Hauptwerkes zu beobachten ist, wo er einerseits bisweilen in die molekularen Erscheinungen eindringt, andererseits an eine philosophische Betrachtung herannaht, bleibt Stodola durchaus ein Ingenieur. Er vereinigte in sich in höchstem Masse die Eigenschaften des Künstlers, des wirtschaftlich schaffenden Technikers und des Gelehrten. Dies gibt seinem Werke ein besonderes Gepräge. Seine Schüler wissen, welch feinen konstruktiven Sinn er besass, und welche elegante Handfertigkeit bei der zeichnerischen Darstellung seiner Ideen.

Er vergass auch nie, dass er für die ausführende Industrie arbeitete. In allen Teilen seines Buches und seiner anderen Veröffentlichungen, wie übrigens auch in seinem Unterricht, war das Verständnis für die nötige und praktisch mögliche Approximation zu spüren. Diese Eigenschaft, die beim angehenden Ingenieur so schwierig zu erwecken ist, besass er in hohem Grade, weil er zugleich die Theorie und die technische Verwirklichung vollkommen beherrschte.

Wahrhaftig ein Herr unter den Ingenieuren!

\*

Zum Schluss möge ein Wunsch ausgesprochen werden: dass das Werk von Stodola lebendig erhalten bleibe. Wäre es nicht ein Unternehmen von nationaler Bedeutung, wenn jüngere Kräfte aus Hochschule und Industrie sich vereinigen würden, um das Erscheinen des Buches von Stodola fortzusetzen? Die Turbomaschinen haben sich in den letzten Jahren ausserordentlich entwickelt, die Gasturbine ist endlich verwirklicht worden. Die Aerodynamik hat neue Aussichten und neue Methoden gebracht usw. Jeder Abschnitt des Buches könnte von einem Spezialisten bearbeitet werden, um ihn dem modernen Stand der Erkenntnis anzupassen. Damit wäre Stodola ein würdiges Denkmal errichtet.

H. Quiby

\*

Die Veröffentlichungen Stodolas bis zur Zeit seines Rücktrittes sind in der Festschrift zu seinem 70. Geburtstag, Orell Füssli-Verlag 1929<sup>1)</sup>, zusammengestellt. Das unten folgende Verzeichnis seiner späteren Publikationen zeigt, dass Stodola auch nach seinem Rücktritt, von 1930 bis zu seinem Tode die geistige Frische, die Arbeitskraft und das Interesse an den Problemen seines Arbeitsgebietes sowie auch an allgemein menschlichen, philosophischen Problemen bewahrt hat.

In der «Schweiz. Bauzeitung»:

1930, Bd. 95, S. 309\*: Versuche über die Strömungsverhältnisse an der Austrittskante eines vereinfachten Dampfturbinen-Leitschaufel-Modells.

1934, Bd. 103, S. 6\*: Regulierversuche am Einrohr-Dampferzeuger der Gebr. Sulzer A. G., Winterthur.

<sup>1)</sup> Besprochen in SEZ Bd. 93, S. 244.



Abb. 8. Freitreppe zum Hauseingang



Abb. 7. Einfahrtstor an der Strasse

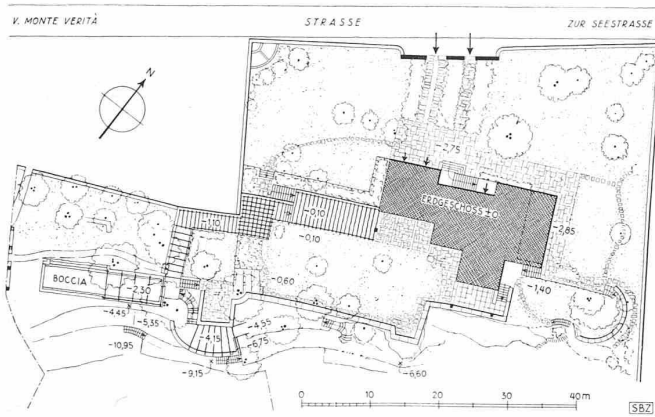


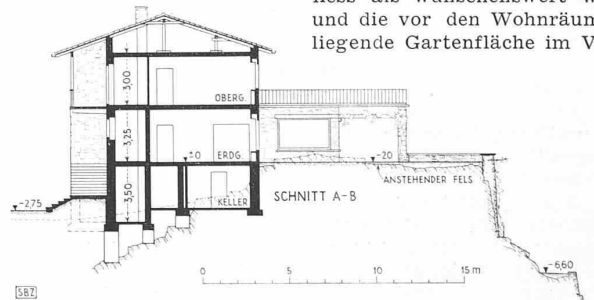
Abb. 4. Lageplan der Casa San Giorgio, Ascona. — 1 : 1000

### Casa San Giorgio ob Ascona, Lago Maggiore

Von Arch. KARL SCHERRER i. Fa. Scherrer & Meyer, Schaffhausen

Es war für einen Architekten, der den Kanton Tessin schon während der Grenzbesetzung 1914/18 kennen und lieben gelernt und ihn deshalb immer wieder aufgesucht hatte, eine besonders reizvolle Aufgabe, in Ascona ein geräumiges Haus für sehr kultivierte Wohnbedürfnisse zu bauen, das tessinische Wesen mit deutsch-schweizerischem Komfort verbinden sollte. Ein prachtvoll gelegenes Baugelände südlich Ascona stand zur Verfügung und reizte schon durch seine bewegte Schönheit zur Gestaltung. Das Querprofil Abb. 6 zeigt seine Eigenart: südöstlich des dort etwa 60 m über dem See liegenden Strässchens (das zwischen Ascona und Moscia von der Seestrasse abzweigt und hinter der Collinetta, einem schmalen felsigen Hügel hindurch zum Monte Verità führt) eine etwa 30 m breite ebene Fläche, dann eine drei Meter hohe Felsrippe als letzter nördlicher Ausläufer des Hügelrückens und von da ein sehr steiler, über zahlreiche schmale, verfallene und überwucherte ehemalige Rebterrassen abstürzender Hang zur Seestrasse hinunter.

Die Lage des Hauses ergab sich aus dem Umstand, dass die terrassenartige, mit schönen Bäumen bestandene Oberfläche der Felsrippe aufs engste mit den Wohnräumen verbunden werden musste. So schob man das Haus von rückwärts bis an diese heran. Dass dadurch das Erdgeschoss um Stockwerkshöhe über das rückwärtige Gelände zu liegen kam und das Haus von dort gesehen höher erscheinen liess als wünschenswert war, und die vor den Wohnräumen liegende Gartenfläche im Ver-



1940, Bd. 115, S. 13\*: Leistungsversuche an einer Gleichdruck-Gasturbine der A.G. Brown, Boveri & Cie. in Baden.

In der «Z.VDI»:

1930, Bd. 74, S. 375: Nachruf auf Aug. Rateau.

1931, Bd. 75, S. 1228: Gedanken zu einer Weltanschauung vom Standpunkte des Ingenieurs (Vorwort zum gleichnamigen Buch).

1933, Bd. 77, S. 1225: Der Sulzer-Einrohr-Dampferzeuger.

1935, Bd. 79, S. 429: Leistungs- und Regelversuche an einem Velox-Dampferzeuger.

1936, Bd. 80, S. 158: Wärmespannungen in ungleichmässig erwärmten Rohren.

1940, Bd. 84, S. 17: Leistungsversuche an einer Verbrennungsturbine.

Sein Buch (1931): «Gedanken zu einer Weltanschauung vom Standpunkt des Ingenieurs»; später mehrere Auflagen, im Springer-Verlag (besprochen in Bd. 98, S. 115). Eine verkürzte Umarbeitung des Buches erschien auch unter dem Titel: «Geheimnisvolle Natur, weltanschauliche Betrachtungen», im Orell Füssli-Verlag, Zürich, 1937 (besprochen in Bd. 118, S. 258).

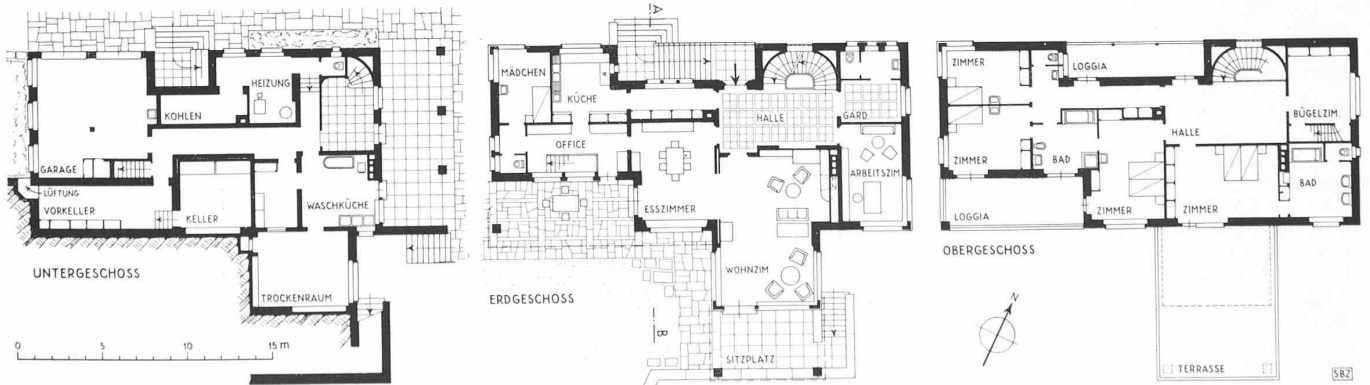


Abb. 5 und 6. Grundrisse und Schnitt A-B, 1 : 400, der Casa San Giorgio ob Ascona. — Arch. SCHERRER & MEYER, Schaffhausen