Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 81 (1963)

Heft: 21: Schulratspräsident Hans Pallmann zum 60. Geburtstag am 21. Mai 1963

Artikel: Regelungstechnik - Neues Vertiefungsfach der Maschineningenieur-Ausbildung

Autor: Profos, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-66793

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: 08.08.2025

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

zeug- und Leichtbau» oder «Fabrikorganisation und Betrieb» zur Auswahl.

Man erkennt, dass die Kombination Regelungstechnik → Verfahrenstechnik → Kalorische Apparate und Kältetechnik dem Verfahrensingenieur einen guten Grundstock an Wissen und Können vermittelt, denn während in den Vorlesungen über «Verfahrenstechnik» die Verfahren auf mechanischer Grundlage im Vordergrund stehen, bilden die thermischen Verfahren wie Eindampfen, Destillieren, Rektifizieren, Extrahieren bis zu den modernen Isotopentrennverfahren, ferner Trockentechnik, Klima-, Kälte- und Tieftemperaturtechnik den Grundstock der Ausbildung in «Kalorischen Apparaten und Kältetechnik». Der Freiheit der Wahl entsprechend ist aber z. B. auch die Kombination Hydraulische Maschinen → Verfahrenstechnik → Regelungstechnik oder auch Regelungstechnik → Verfahrenstechnik → Fertigungstechnik möglich.

Während die vertiefte Ausbildung in «kalorischen Apparaten und Kältetechnik» schon im Herbst 1950 anlief, wurde mit der vertieften Ausbildung in «Verfahrenstechnik» erst im Wintersemester 1961/62 begonnen. Die Grundzügevorlesung ist Fragen gewidmet, die ganz allgemein von Interesse sein dürften, aber doch einen Einblick in die für die Verfahrenstechnik typischen Gedankengänge gewähren. Es sind dies unter anderem die Anwendung der Bilanzgleichungen, Verweilzeitspektren, allgemeine Theorie der Aehnlichkeit und der Modelle, neue Wege von Brennstoff zur elektrischen oder mechanischen Energie (Brennstoffelement, Magnetohydrodynamik, thermionische Generatoren, Thermoelemente) und Vakuumtechnik. Bei den gelegentlich an Stelle der Vorlesung durchgeführten Rechenübungen ist es immer wieder erstaunlich, wie grosse Mühe diese recht neuartigen Ueberlegungen vielen Studenten bereiten. Dabei handelt es sich oft um Aufgaben, zu deren Lösung nur die vier Grundrechnungsarten benötigt werden. Um aber auch den schwächeren Studenten entgegenzukommen, werden daneben auch Aufgaben gestellt, die überlegungsmässig einfacher sind und z. B. auf leicht zu integrierende Differentialgleichungen führen.

In der folgenden vertieften Ausbildung behandelt je eine zweistündige Vorlesung «Verfahren auf mechanischer Grundlage» (Zerkleinern, Sedimentieren, Filtrieren, Zentrifugieren, Brikettieren usw.), «konstruktive Elemente des Apparatebaues» (Rohrleitungen, Armaturen, Pumpen, Wärmeaustauscher usw.) und «technische Chemie für Verfahrensingenieure» (typische chemische Reaktionen und Verbindungsklassen). Die beiden letztgenannten Vorlesungen werden vom dipl. Ing. *W. Stahel* und Dr. *A. Guyer* gelesen.

Die Laboratoriumsübungen beginnen mit Versuchen an kleinen und einfachen Apparaten. So kann der Student an ihnen herumspielen, ohne dass grösserer Schaden entsteht. Auch wirkt sich irgend ein äusserer Eingriff — z. B. die Verstellung eines Ventils — viel rascher aus als bei grossen Apparaten, die häufig nur träge reagieren. Deshalb lässt sich in einem Nachmittag ein vergleichsweise grosses Versuchsprogramm bewältigen. So lernt der Student gleichsam spielend einige der später immer wiederkehrenden Messverfahren (Konzentration, Viskosimetrie und Rheologie, Korngrössenverteilungen usw.) kennen, erhält ein Gefühl für zu erwartende Fehler (Bild 3) und hat die Möglichkeit, gewisse Grundverfahren zu studieren (Sedimentation, Wirbelschicht, Hochvakuum, Adsorption, Destillation usw.). Fortschreitend vom Einfachen zum Komplizierten lassen sich dann schliesslich auch Uebungen an Apparaten technischer Abmessungen durchführen (Bild 4).

Der Aufbau dieses Praktikums wurde ermöglicht, da einerseits vom Präsidenten des Schweizerischen Schulrates einige Räume im ehemaligen EMPA-Gebäude, Tannenstrasse 1, anderseits von der Emil Barell-Stiftung 134 000 Fr. in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden.

In den vom dipl. Ing. *J. Zbojnowicz* betreuten Konstruktionsübungen wird die Berechnung sehr verschiedenartiger Apparate als Aufgabe gestellt. Von einigen Teilen müssen dabei werkstattgerechte Zeichnungen angefertigt werden. Oft muss sich dabei der Student mit Apparaten befassen, über deren Funktion er nur wenig in den Vorlesungen gehört hat. Er hat sich dann viele Unterlagen erst durch Literaturstudium und selbständiges Ueberlegen zu beschaffen. An Stelle *einer* der Konstruktionsübungen kann auch — soweit es die beschränkten Verhältnisse des Laboratoriums erlauben — eine experimentelle Arbeit durchgeführt werden.

Da die Verfahrenstechnik ein junges und sich rasch entfaltendes Wissensgebiet ist, äussern auch die in der Praxis stehenden Ingenieure immer wieder den Wunsch, über ihre Fortschritte unterrichtet zu werden. Dies bekundet sich einerseits in dem regen Besuch des durch Prof. Dr. *H. Ziegler* ins Leben gerufenen Kolloquiums für Mechanik und Thermodynamik, in dem etwa zu 50 bis 60 % verfahrenstechnische Themen behandelt werden, anderseits durch den regen Besuch der Fortbildungskurse. So haben den Kurs über «Wärme- und Stoffaustausch» im Herbst 1962 141 Fachleute besucht, während sich für den vom BIA in Basel veranstalteten Kurs über «Thermische Grundverfahren» sogar 165 Teilnehmer eingeschrieben haben.

Literaturhinweise

[1] Zitiert nach *G. G. Brown* und Mitarbeiter; Unit Operations, J. Wiley and Chapman and Hall, New York/London 1950, S. 1.

[2] Fischer-Lexikon, Technik II (Maschinenbau) Abschnitt «Verfahrenstechnik», Fischer-Bücherei KG, Frankfurt/Main 1962.

[3] *P. Grassmann:* Physikalische Grundlagen der Chemie-Ingenieur-Technik, Verlag Sauerländer, Aarau und Frankfurt/M. 1961 (englische Ausgabe in Vorbereitung).

[4] *W. Kuhn* und *H. J. Kuhn:* «Zs. f. Elektrochemie», Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie *65* (1961) Nr. 5, S. 426/39. Uebersichtsreferat, erscheint demnächst in «Die Naturwissenschaften».

[5] *G. Damköhler:* Einfluss von Diffusionen, Strömung und Wärmetransport auf die Ausbeute bei chemisch-technischen Reaktionen. Nachdruck aus «Der Chemie-Ingenieur», herausgegeben von A. Eucken und M. Jakob, Leipzig 1937, veranlasst von der VDI-Fachgruppe Verfahrenstechnik, Leverkusen 1957.

Regelungstechnik – Neues Vertiefungsfach der Maschineningenieur-Ausbildung

Von Dr. **Paul Profos,** Professor für Regelung und Dampfanlagen an der ETH, Zürich

DK 378.962:621-53

1. Allgemeine Bedeutung der Regelungstechnik

Die Technik des Maschinenbaues hat es sich bis vor kurzem hauptsächlich zum Ziel gemacht, menschliche Arbeitsleistung durch Maschinen übernehmen zu lassen und zugleich zu steigern. Diese Zielsetzung kann an sich auch heute noch als gültig betrachtet werden. Aus ihr erwächst als technische Aufgabenstellung die Schaffung von Einrichtungen zur Beherrschung grosser Kräfte, Massen und Energien. Besonders sinnfällig äussert sich dies etwa in der Energietechnik, der Verfahrenstechnik oder der Fertigungstechnik.

Solche Anlagen bedürfen bekanntlich der dauernden Ueberwachung und Führung, aus technischen wie aus ökonomischen Gründen. Als neue Zielsetzung tritt nun die Entlastung des Menschen auch von dieser, wohl weitgehend nicht mehr körperlichen, aber ihrer Einförmigkeit halber inhaltsarmen Kontrolltätigkeit, d. h. die Automatisierung. Teils aus diesem Bestreben heraus, teils auch noch aus anderen Gründen ist damit neben der herkömmlichen Maschinentechnik eine andere technische Disziplin entstanden. Obwohl sie ihren Anfang bereits mit dem Drehzahlregler der Wattschen Dampfmaschine nahm, ist doch erst in jüngster Zeit erkannt worden, dass dieser Bereich der Technik seinem Wesen wie seiner Aufgabenstellung nach völlig anders geartet ist: An die Stelle der Umformung und Weiterleitung von Massen oder Energien tritt hier die *Verarbeitung und*

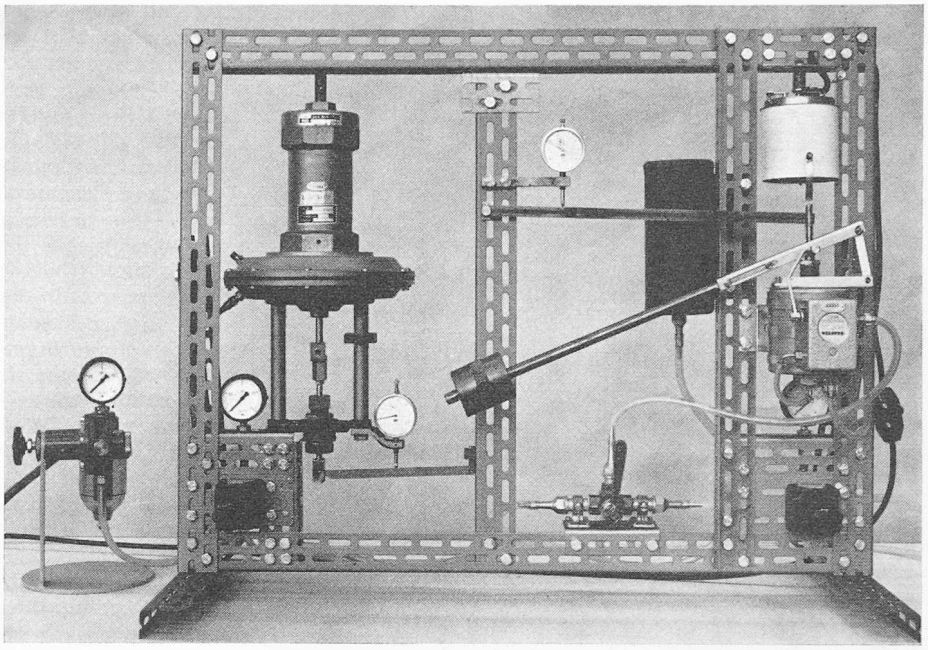


Bild 1. Praktikumseinrichtung zur Messung der statischen und dynamischen Eigenschaften pneumatischer Stellmotoren, als Beispiel für die Untersuchung von Mess- und Regelgeräten

Uebertragung von Informationen bzw. von *Signalen* als Trägern der Information. Gegenstand dieser Art Technik ist nicht der Prozess selber, sondern dessen Automatisierung. — Wenn von artverwandten Gebieten der Elektrotechnik abgesehen wird, lässt sich diese Disziplin als *Regelungs- und Steuerungstechnik* bezeichnen, wobei auch weite Bereiche der *Messtechnik* ihrem Wesen gemäss als zugehörig zu betrachten sind.

Man findet wohl nicht leicht ein zweites Beispiel für die plötzlich steil ansteigende Entwicklungslinie eines technischen Gebietes und der zugehörigen technischen Wissenschaft, wie es die Regelungstechnik [1]) bietet. Während noch vor etwa 30 Jahren nur selten Veröffentlichungen über Regelprobleme erschienen, ist heute die entsprechende Fachliteratur bereits unübersehbar gross geworden und wird jährlich um Hunderte bedeutungsvoller Originalarbeiten erweitert — ganz abgesehen von der Flut zweit- und drittrangiger Publikationen. In der Praxis zeigt sich diese Entwicklung äusserlich vielleicht nicht so augenfällig, innerlich aber ist sie nicht weniger deutlich: Keine Konstruktion von grösseren Maschinen oder Apparaten, keine Konzeption von Verfahren und Prozessen ist heute mehr ohne Berücksichtigung der Regelungstechnik denkbar. Jeder heute in der Technik tätige Maschineningenieur hat sich denn auch in dieser oder jener Form mit Fragen der Messung, Steuerung und Regelung zu befassen. Dies nicht zuletzt auch deshalb, weil sich solche Probleme durchaus nicht auf das Gebiet des Maschinenbaues beschränken, sondern in grundsätzlich gleicher Art in allen Bereichen der Technik überhaupt stellen.

Die Regelungstechnik mag als Schulbeispiel für die Befruchtung der Praxis durch die *Theorie* dienen. Durch die moderne Theorie der Signalübertragung haben sich Einblick und Verständnis der entsprechenden Vorgänge beim Messen, Steuern und Regeln sehr vertieft. In vielen Fällen ist es damit heute möglich, die Wirkungen vorauszuberechnen bzw. durch Rechnung die geeigneten technischen Massnahmen bereits im Entwurfsstadium zu ermitteln. In anderen Fällen gibt die Regelungstheorie mindestens die Möglichkeit, bisher rein empirisches, regelloses Vorgehen auf eine systematische Grundlage zu stellen. Mit ihr lassen sich etwa Versuchsergebnisse erst richtig deuten und auf andere Fälle übertragen, namentlich wenn noch die Hilfsmittel der mathematischen Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung beigezogen werden. Ferner erwächst aus der theoretischen Durchdringung der Probleme auf der Grundlage der physikalischen Aehnlichkeit — neben der heute nicht mehr wegzudenkenden Analogierechnung — die Möglichkeit der gegenseitigen Befruchtung scheinbar völlig verschiedenartiger Gebiete. Mit Hilfe der Regelungstheorie lässt sich gegebenenfalls das grundsätzlich Gleichartige von Signalübertragungsmechanismen ganz unabhängig von der Art ihrer physikalischen Verwirklichung erkennen, und auf Grund solcher Verwandtschaft können dann mit Erfolg Begriffswelt und Methodik der Regelungstechnik z. B. auf volkswirtschaftliche Probleme angewandt oder umgekehrt etwa sehr wertvolle Anregungen zur Lösung von Regelungsaufgaben aus Forschungsergebnissen der Biologie entnommen werden.

[1]) Hier wie im folgenden wird dieses Wort immer für Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik gesetzt.

Es wurde schon angedeutet, dass die Regelungstechnik heute in der *Praxis* bereits völlig unentbehrlich geworden ist. Vor allem ist sie aus der modernen Produktionstechnik nicht mehr wegzudenken. Es zeigt sich hier, dass in rasch wachsendem Ausmass die Uebertragung von Ueberwachungs-, Regelungs- und Steuerungsfunktionen auf automatische Geräte wirtschaftlich und unabhängig davon sehr oft auch physiologisch und psychologisch gerechtfertigt ist. In vielen Fällen ist die Lösung technischer Aufgaben ohne Automatik überhaupt nicht denkbar, so etwa der Betrieb moderner Grosskraftwerke, von Kernreaktoren oder gewisser Produktionsanlagen der Chemie, nicht zu reden von Raumfahrt und manchen Gebieten der modernen Militärtechnik. — Ein Stillstehen oder gar eine rückläufige Bewegung der Entwicklung der Regelungstechnik erscheint heute als unwahrscheinlich; vielmehr spricht alles dafür, dass sich künftig Umfang und Ausmass der Automatisierung noch wesentlich ausweiten werden.

2. Praktisches Bedürfnis nach Ausbildung des Maschineningenieurs in Regelungstechnik

Gelegentlich wird die Auffassung vertreten, ernsthafte Beschäftigung mit Regelungstechnik werde künftig dem Elektroingenieur vorbehalten sein. Dies ist zweifellos nicht zutreffend, schon deshalb nicht, weil elektrische und elektronische *Regelgeräte* mindestens an den Berührungsstellen mit der zu regelnden Anlage sehr oft mechanische Bauelemente enthalten (Messorgane, Stellorgane). Ausserdem werden wohl noch auf weite Sicht hydraulische und pneumatische Geräte dank ihrer besonderen Eigenschaften ihren Platz neben den elektrischen behaupten, um so mehr als hier noch lange nicht alle Entwicklungsmöglichkeiten ausgeschöpft sind.

Viel wichtiger als dieser Hinweis auf die gerätetechnischen Belange ist aber zweifellos die Tatsache, dass in zunehmendem Masse regelungstechnische Kenntnisse bei der technischen Bearbeitung der Elemente der *zu regelnden Anlage* erforderlich sind. Dies gilt ganz unabhängig davon, welcher Art diese Anlage sei, also z. B. ebensosehr in der chemischen Verfahrenstechnik wie in der Klimatechnik oder im Grossmaschinenbau. Die Praxis lehrt heute immer wieder, dass die Bemühungen des Regelungstechnikers auf halbem Wege stehen bleiben müssen, wenn er nicht Verständnis und Unterstützung beim Berechner und Konstrukteur der zu regelnden Anlage findet. Diese Tatsache ist dadurch begründet, dass die konstruktionsbedingten Eigenschaften der Anlage unausweichlich mit in die Regeleigenschaften eingehen. — Keiner besonderen Begründung bedarf es wohl, dass auch für den *Betrieb* automatisierter Anlagen ein bestimmtes Wissen über Bau und Wirkungsweise der Regel-

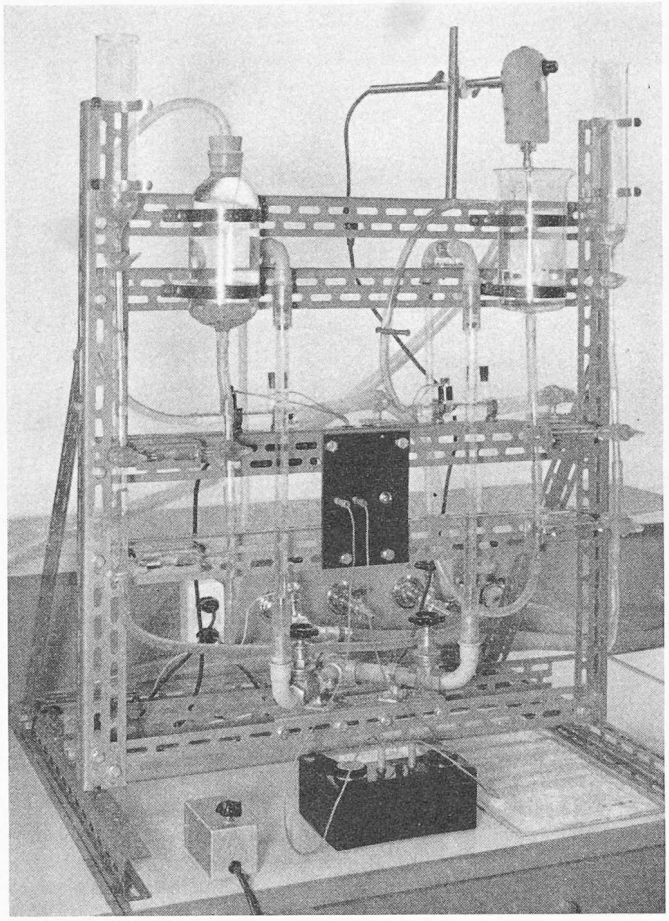


Bild 2. Praktikumseinrichtung zur Messung des Uebertragungsverhaltens durchströmter Behälter, als Beispiel der Untersuchung von Regelstrecken

und Ueberwachungseinrichtungen unerlässlich ist.

Der in der Praxis tätige Maschineningenieur benötigt damit ganz allgemein, wenn auch in verschiedenem Ausmass, regelungstechnische Kenntnisse und wird ihrer künftig wohl immer weniger entraten können. Dass das so ist, geht u. a. auch aus dem sehr lebhaften Interesse hervor, welches entsprechenden Einführungs- und Fortbildungskursen von Seiten praktisch tätiger Ingenieure und Techniker heute entgegengebracht wird. Regelungstechnische Kenntnisse gehören heute einfach zum notwendigen Rüstzeug des Maschineningenieurs, unabhängig davon, ob er solche von der Hochschule vermittelt bekommt oder nicht. Dass dabei der benötigte Grad der Ausbildung recht verschieden sein kann, wurde bereits angedeutet, doch dürften wohl die drei folgenden Abstufungen den praktischen Verhältnissen weitgehend Rechnung tragen:

1) Allgemeiner Ueberblick über Begriffe, Zusammenhänge, Methoden und Geräte der Regelungstechnik
2) Ausbildung entsprechend 1), sowie vertiefte Kenntnisse, namentlich hinsichtlich der Grundlagen der Theorie
3) Ausbildung entsprechend 1) und 2) sowie eingehende Spezialkenntnisse in bestimmten Fachgebieten der Regelungstechnik.

Ein Ausbildungsgrad gemäss 2) mag etwa den Anforderungen entsprechen, die an den in Berechnung, Konstruktion oder Betriebsführung tätigen Ingenieur gestellt werden, während beim dritten Grad an den eigentlichen Regelfachmann und Automatisierungsspezialisten gedacht ist.

3. Wünschbarkeit des Hochschulunterrichtes in Regelungstechnik vom Standpunkt der Ingenieurausbildung — Eignung als Lehrfach

Die vorstehenden Erwägungen legen den Gedanken nahe, Regelungstechnik als reguläres Unterrichtsfach in die Ausbildung des Ingenieurnachwuchses aufzunehmen. Nun ist allerdings nicht jeder technische Wissenszweig, so wichtig und interessant er an sich sein möge, als Lehrgebiet im Sinne eines Vertiefungsfaches geeignet. So wäre denn auch im vorliegenden Fall zu prüfen, ob eine solche Eignung gegeben und ein Unterricht in Regelungstechnik vom allgemeinen Standpunkt der Ingenieurausbildung als zweckmässig oder gar als wünschenswert zu betrachten sei. Es müsste dabei einerseits untersucht werden, ob das neue Fach Kenntnisse und Erkenntnisse grundsätzlicher Art vermitteln kann oder nurmehr rezeptmässiges Wissen, und ob es anderseits als wesentlicher Beitrag zur Schulung ingenieurmässiger Denk- und Arbeitsweise gewertet werden darf.

Solche Anforderungen erfüllt das Fach «Regelungstechnik» in fast idealer Weise. Zunächst ist es der *mathematischen Durchdringung* in einem Ausmass und einer Art zugänglich wie nur wenig andere technische Gebiete, was eine gedanklich saubere Darstellung des Stoffes sehr erleichtert. Weiter ist die Möglichkeit, den Studierenden in verhältnismässig grossem Umfang das theoretische Wissen durch *experimentelle Untersuchungen* im Laboratorium nachprüfen und ergänzen zu lassen, sehr von Vorteil. Dass er dabei zugleich mit einer Anzahl typischer Mess- und Regelgeräte Bekanntschaft macht, ist wiederum für den Konstruktionsunterricht befruchtend. Aber ganz abgesehen davon, eignet sich «Regelungstechnik» auch als Konstruktionsfach hervorragend. Es lassen sich nämlich hier leicht wirklichkeitsnahe *Konstruktionsaufgaben* von für den Anfänger gut überblickbarem Umfang stellen. Sie können ausserdem gut so gestaltet werden, dass der Studierende im Laufe seiner Arbeit durch alle Stadien von der ersten Wahl eines Wirkungsprinzips über allmählich Gestalt annehmende Skizzen bis zur — freilich immer nur mehr oder weniger — ausgereiften Konstruktionszeichnung geführt wird.

Als ganz besonderer Vorzug des Lehrfaches «Regelungstechnik» kann aber wohl gewertet werden, dass es neben die in fast allen andern Vertiefungsfächern im Vordergrund stehende «statische»[2]) Betrachtungsweise die Untersuchung *dynamischer Vorgänge* stellt. Damit wird eine Denkweise besonders geschult, die nicht nur für das Fachgebiet, sondern auch für alle andern Disziplinen der Maschineningenieur-Ausbildung von Bedeutung ist und damit als eine Ergänzung grundsätzlicher Art der übrigen Vertiefungsfächer betrachtet werden darf.

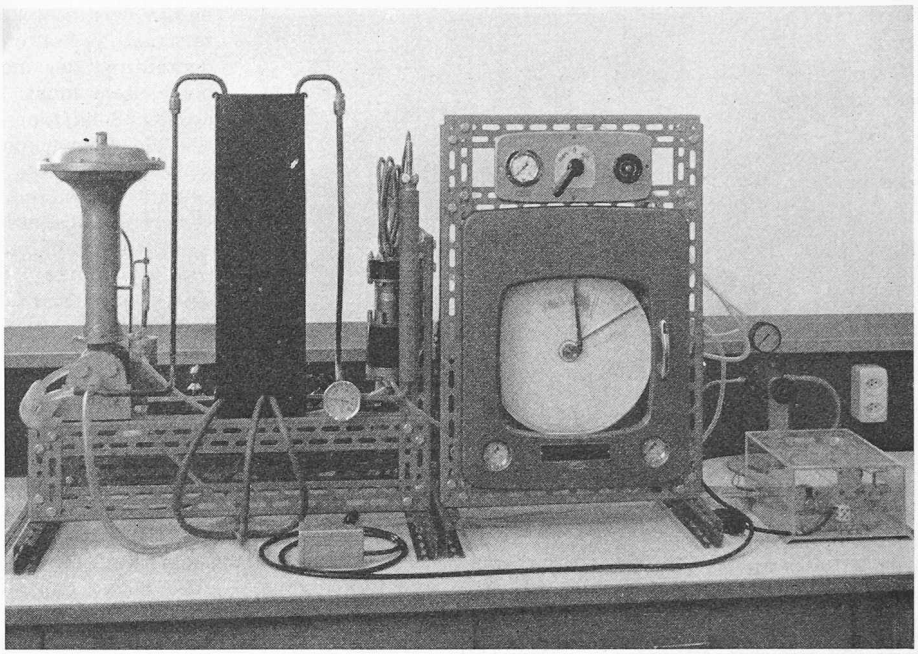
Schliesslich ist noch eine Eigenheit des Faches «Regelungstechnik» erwähnenswert. Sie ist durch die Möglichkeit gegeben, sich für manche dynamischen Untersuchungen weitgehend von der in gewissem Sinne zufälligen Art der Verwirklichung des dynamischen Geschehens zu lösen. Darauf gründet u. a. die für die Regelungstechnik unentbehrlich gewordene, aber auch für viele andere Gebiete nützliche *Analogierechnung*, die eine besonders auch für den Unterricht höchst interessante und lehrreiche Vereinigung analytischer und experimenteller Methoden bedeutet.

4. Der Unterricht in Regelungstechnik an der ETH

Erwägungen der eben geschilderten Art haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass an vielen technischen Hochschulen neue Lehrstühle für Regelungstechnik errichtet wurden, so auch an der ETH. Hier stellt sich die grundsätzliche Frage, ob der Unterricht gemeinsam oder getrennt für Maschinen- und Elektroingenieure durchzuführen sei. Da die theoretischen Grundlagen der Regelungstechnik weitgehend unabhängig von der Art der gerätetechnischen Verwirklichung sind, scheint zunächst die erste Lösung die gegebene, und der entsprechende Weg mit *einem* gemeinsamen Lehrstuhl für beide Fachrichtungen ist denn auch insbesondere an manchen europäischen Hochschulen beschritten worden. Die Erfahrungen, die aber dort gemacht werden, lassen die Vorteile des getrennten, *der jeweiligen Fachrichtung angepassten Unterrichtes*, zu dem man sich an der ETH entschlossen hat, zumindest unter den hier vorliegenden Verhältnissen als bedeutungsvoll und wichtig erscheinen. Denn wohl sind die *abstrakten* Begriffe und Methoden

[2]) Die übliche Berechnung von Maschinen geht fast ausnahmslos von *stationären Verhältnissen* aus, während bei der Regelungstechnik vor allem das Verhalten beim *Uebergang* zwischen zwei stationären Zuständen von Interesse ist.

Bild 3. Praktikumseinrichtung zur Ueberprüfung der Stabilität und zur Optimierung der Geräteeinstellung der Temperaturregelung eines Wärmeaustauschers, als Beispiel der Untersuchung ganzer Regelkreise



der Signalverarbeitung und -Uebertragung in beiden Gebieten dieselben. Ihre für die Technik aber unabdingbare *Konretisierung* — denn es soll ja Regelungs*technik* gelehrt werden — ist im Bereich des Maschinen- bzw. des Elektroingenieurs recht verschieden. Diese Verschiedenheit bereitet dem Studierenden schon bei den eigentlichen Regelgeräten gewisse Schwierigkeiten, obwohl dank ihrer inneren, funktionsmässigen Verwandtschaft der Schritt zum Verständnis für die Wirkungsweise verschiedener gerätetechnischer Lösungen — z. B. elektrischer und pneumatischer — noch verhältnismässig leicht zu bewältigen ist. Noch deutlicher treten diese Schwierigkeiten bei den zu regelnden Anlagen — in der Fachsprache als «Regelstrecken» bezeichnet — zutage. Dies hat seinen Grund darin, dass sich Erfahrungswelt und Denkmethodik bei den Studierenden der beiden Fachrichtungen bereits deutlich auseinander entwickelt haben. Es fällt dann dem Lernenden nachgewiesenermassen schwer, an sich neue Begriffe und Verfahren an technischen Einrichtungen zu exemplifizieren, mit denen er ebenfalls nicht vertraut ist. Bei gemeinsamem Unterricht ist dies aber bis zu einem gewissen Grade unvermeidlich. Auch der Tatsache, dass in der Praxis die Schwerpunkte der Regelprobleme bei Elektro- und Maschineningenieuren verschieden gelagert sind, lässt sich bei gemeinsamem Unterricht nicht in befriedigender Weise Rechnung tragen.

Der Aufbau des Unterrichts an der Abteilung für Maschineningenieurwesen der ETH (III A) entspricht seit 1960 [3]) formal demjenigen der bereits vorhandenen Vertiefungsfächer. Die Ausbildung beginnt mit einer einführenden *Uebersichts - Vorlesung* (Grundzügevorlesung) im 4. Semester. Diese ist für alle Studierenden der Abteilung III A obligatorisch. Sie soll einen Ueberblick über Begriffe, Methoden und Anwendungsmöglichkeiten der Regelungstechnik vermitteln und entspricht etwa der in Abschnitt 2 erwähnten ersten Ausbildungsstufe.

Für diejenigen Studierenden, die Regelungstechnik als *Vertiefungsfach* wählen, sind dann die programmässig im 5. und 6. Semester angesetzten, wesentlich weiter und tiefer gehenden Vorlesungen gedacht, die auch einen Kursus über *industrielles* Messen enthalten. Parallel zu diesen Vorlesungen finden *Praktikumsübungen* statt, wo den Studierenden in kleinen Arbeitsgruppen Gelegenheit geboten ist, das Verständnis von zunächst nur theoretisch erarbeiteten Begriffen und Methoden laufend durch entsprechende Experimente zu vertiefen. Der Aufbau der Versuche ist dabei so gewählt, dass der Studierende in nicht zu gross gewählten Schritten von Messungen an Elementen über solche an komplizierteren Regelgeräten oder Regelstrecken zu Untersuchungen ganzer Regelsysteme geführt wird. In diese Uebungen wird auch das Arbeiten mit dem Analogrechner einbezogen.

Im 6. Semester sind, parallel zum zweiten Teil der Vertiefungsvorlesungen und Praktika, die *Rechen- und Konstruktionsübungen* angesetzt, die es dem Studierenden ermöglichen, die wichtigsten Berechnungsmethoden auf einen konkreten Fall anzuwenden und sich am Entwurf eines Regel- oder Messgerätes zu versuchen. Die Bedeutung dieser Uebungen sowie der Praktika für das tiefere Verständnis des nicht immer einfachen Stoffes kann kaum überschätzt werden.

Die vertiefte Ausbildung kann auch ins 7. und 8. Semester verlegt werden. In diesen Semestern besteht ferner die Möglichkeit zur Durchführung selbständiger experimenteller oder theoretischer Arbeiten für Fortgeschrittene sowie des Belegens von Spezialvorlesungen. Diese Ausbildung entspricht etwa der in Abschnitt 2 erwähnten zweiten Ausbildungsstufe, mithin nicht derjenigen eines Re-

[3]) Mit Beginn des Wintersemesters 1960/61 wurde Regelungstechnik als neues Vertiefungsfach in den entsprechend angepassten Studienplan der Abt. III A aufgenommen.

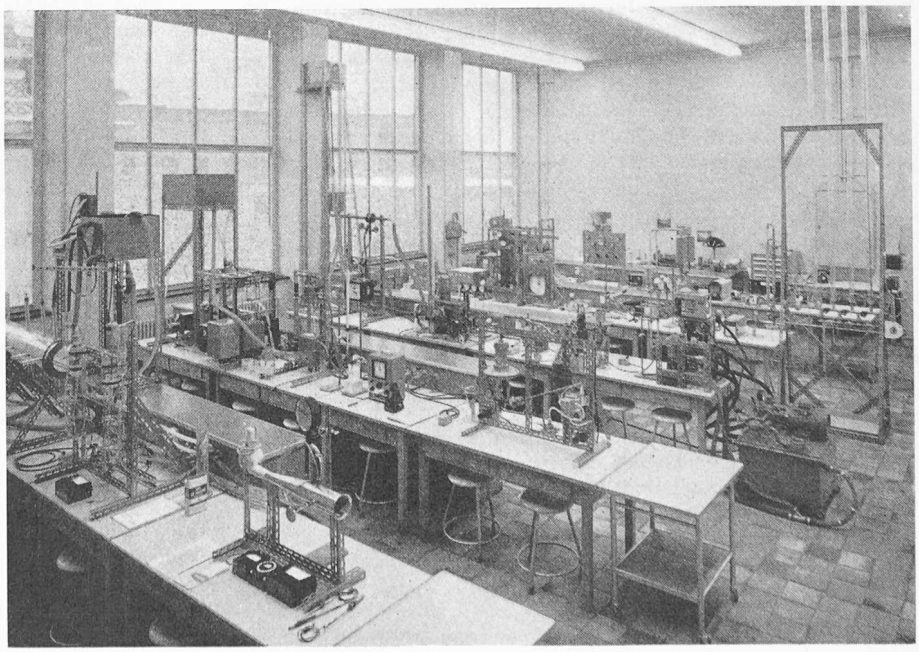


Bild 4. Blick in den Praktikumsraum, in dem die Studierenden normalerweise in Zweiergruppen arbeiten. Neben den eigentlichen Praktikumsübungen werden hier auch Arbeiten für Fortgeschrittene sowie experimentelle Diplomarbeiten ausgeführt

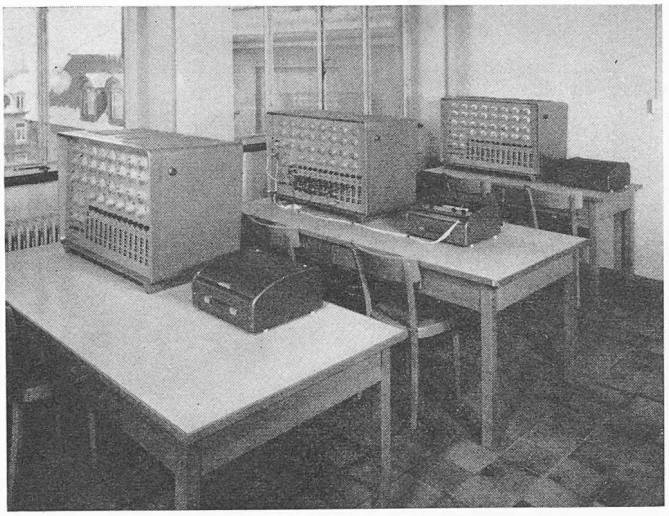


Bild 5. Blick in den Praktikumsraum für Analogrechner (Praktikum, Arbeiten für Fortgeschrittene, Diplomarbeiten)

gelungsspezialisten. Sie kann aber gegebenenfalls als Grundlage für ein späteres schnelles Einarbeiten in ein Spezialgebiet der Regelungstechnik oder in eine verwandte Disziplin dienen.

Wie bei allen andern Vertiefungsfächern, kann für die schriftliche *Diplomarbeit* ein Thema aus dem Gebiet der Regelungstechnik gewählt werden, wobei der Schwerpunkt der Arbeit entweder auf das theoretische, oder das konstruktive oder das experimentelle Gebiet gelegt werden kann. — Selbstverständlich können auch *Doktorarbeiten* auf dem Fachgebiet Regelungstechnik ausgeführt werden.

Neben dem eben umschriebenen Unterricht für die Studierenden wird es auch als Aufgabe des Lehrstuhles betrachtet, dem weitverbreiteten Wunsche der in der Praxis tätigen Ingenieure nach einer Einführung bzw. Weiterbildung in Regelungstechnik nach Möglichkeit Rechnung zu tragen. Zunächst stehen die regulären Vorlesungen und die damit verbundenen Uebungen natürlich auch Fachhörern offen. Die Zahl solcher Hörer wird aber immer klein sein, vor allem aus zeitlichen Gründen. Deshalb ist auch die Veranstaltung von *Kursen* an die Hand genommen worden, die reges Interesse finden.

5. Forschung

In den ersten Jahren des Bestehens des neuen Lehrstuhles mussten Kräfte und Aufmerksamkeit vor allem auf den *Aufbau des Unterrichtes* konzentriert werden. Im Bereiche der *Forschung,* die ja eine nicht weniger wichtige und vornehme Aufgabe der neuen Professur ist, konnte dementsprechend bisher nur eine verhältnismässig begrenzte Tätigkeit entfaltet werden. Allerdings unterlag und unterliegt weiterhin die Forschungsarbeit noch andern Beschränkungen, von denen im letzten Abschnitt noch kurz die Rede sein wird.

Forschungsprobleme, die ihrer Natur nach in den Tätigkeitsbereich eines Hochschulinstituts gehören, bieten sich auf dem Gebiet der Regelungstechnik in grosser Zahl und Vielfalt an. Wenn die Kräfte nicht verzettelt werden sollen, ist wohl in jedem Falle eine verhältnismässig enge Auswahl zu treffen. Bei dieser das Forschungsprogramm für die nächsten Jahre festlegenden Wahl waren vorab die folgenden Ueberlegungen richtungsweisend:

Die Entwicklung der modernen Regelungstheorie — namentlich auf dem Gebiet der Regelsysteme höherer Art[4]) — ist heute in mancher Hinsicht der entsprechenden Technik weit vorausgeeilt, und zwischen Theorie und praktischer Verwirklichung klafft zurzeit in gewissen Bereichen eine weite Lücke. Dies ist nur zum Teil darauf zurückzuführen, dass die gerätetechnische Entwicklung nicht Schritt zu halten vermochte. Denn auch unsere Kenntnisse vom dynamischen Verhalten der zu regelnden Anlage entsprechen dem Stand der modernen Regelungstheorie im allgemeinen bei weitem nicht. Diese Kenntnisse zu vertiefen und damit an der Schaffung einer der wesentlichen Voraussetzungen für die Verwirklichung moderner Automatismen mitzuarbeiten, wurde als Forschungsaufgabe in den Vordergrund gestellt. In diesem Sinne laufen Untersuchungen über das Uebertragungsverhalten von Wärmeaustauschsystemen (namentlich solche mit Phasenänderung), über die Dynamik von Mischungs- und Reaktionsvorgängen (Brennstoffbett usw.) und über das Verhalten komplizierter Wärmeleitsysteme. Weitere Arbeiten ähnlicher Art sind geplant.

Innerhalb des umrissenen, immer noch sehr weiten Bereiches sind zunächst Aufgaben bevorzugt solchen Gebieten entnommen worden, die durch unsere Industrie besonders gepflegt werden und die zugleich eine weitere Entwicklung erwarten lassen. So sind die oben als Beispiele erwähnten Untersuchungen bedeutungsvoll für die Gebiete der Energieerzeugung in Dampf- und Atomkraftwerken sowie für die Verfahrens-, Kälte- und Klimatechnik. Die besondere Berücksichtigung von Problemen aus diesen Disziplinen wird zudem nahegelegt durch den Umstand, dass der neue Lehrstuhl neben Regelungstechnik auch das Gebiet *Dampfanlagen* — namentlich Dampferzeuger — in Lehre und Forschung zu betreuen hat.

Natürlich schliesst dies nicht die Beschäftigung mit Fragen der reinen Regelungstheorie aus. So werden zurzeit im Rahmen von allgemeinen Forschungs- oder Doktorarbeiten Probleme im Zusammenhang mit der Regelung von Totzeitsystemen, mit vermaschten Regelsystemen, mit dem Einfluss aleatorischer Störungen u. ä. bearbeitet. Untersuchungen über selbstoptimierende Regelungen werden in nächster Zeit in Angriff genommen.

6. Probleme in Unterricht und Forschung

Die hohe Zahl der Studierenden an der Abteilung III A und das Interesse, das der Regelungstechnik heute allgemein entgegengebracht wird, führten seit dem Beginn des Unterrichtes zu starker Beteiligung an diesem Fach. Das hat zu einer grossen Belastung der Uebungen und Praktika geführt. Namentlich im Konstruktionsunterricht ist die gleichzeitige Betreuung von hundert und mehr Studierenden problematisch. — Im Praktikum steht die hohe Studentenzahl der dringenden Wünschbarkeit kleiner Arbeitsgruppen von zwei, höchstens drei Teilnehmern entgegen: Zusammen mit der Raumknappheit begrenzt sie die Dauer der Labortätigkeit auf wenige Semesterstunden.

Eigentlich begrenzend wirkt sich in gewisser Hinsicht die eben erwähnte Raumknappheit im bestehenden Maschinenlaboratoriumsgebäude auf die Forschungstätigkeit aus. Das Fehlen eines ausreichend grossen und zweckentsprechend angelegten regelungstechnischen Forschungslaboratoriums macht sich immer deutlicher bemerkbar. Versuchseinrichtungen können vorerst nur behelfsmässig und unter grösster Raumnot untergebracht werden, und gewisse Untersuchungen sind unter den derzeitigen Verhältnissen überhaupt nicht durchführbar und müssen zurückgestellt werden. Es bleibt dann in solchen Fällen vorläufig nur die Möglichkeit der theoretischen Bearbeitung, die sich indes sehr oft auf Rechenhilfsmittel, vor allem Analogrechner, stützen muss. Ein weiterer Ausbau der dem Lehrstuhl zurzeit direkt zur Verfügung stehenden sehr beschränkten Einrichtungen ist daher dringend erforderlich und auch in Aussicht genommen worden.

Die hauptsächlichsten materiellen Schwierigkeiten bei Unterricht und Forschung erwachsen mithin dem neuen Lehrstuhl für Regelung und Dampfanlagen gegenwärtig aus der Raumfrage, die ihrerseits natürlich durch die rasche Entwicklung der Technik und die dadurch hervorgerufene Ausdehnung des Lehr- und Forschungsapparates bedingt ist. Mit der Verwirklichung des geplanten Ausbaues des Maschinenlaboratoriums dürften sie indes auf eine Reihe von Jahren hinaus überwunden sein.

[4]) selbstoptimierende, selbstadaptierende und lernfähige Systeme.