

## Meet- en regeltechniek aan de Technische Hogeschool te Delft

Boiten, R.G.; van Nauta Lemke, HR; Verhagen, C.J.D.M.

**Publication date**

1960

**Document Version**

Final published version

**Citation (APA)**

Boiten, R. G., van Nauta Lemke, HR., & Verhagen, C. J. D. M. (1960). *Meet- en regeltechniek aan de Technische Hogeschool te Delft*. (2 ed.) T.H. Mededelingen.

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Meet- en regeltechniek aan de Technische Hogeschool te Delft  
Instrumentation and control at the Technological University of Delft

door / by

Prof. ir. R. G. Boiten

Prof. ir. H. R. van Nauta Lemke

Prof. dr. ir. C. J. D. M. Verhagen

# Meet- en regeltechniek aan de Technische Hogeschool te Delft\*

## Instrumentation and control at the Technological University of Delft

door/by

Prof. ir. R. G. Boiten

Prof. ir. H. R. van Nauta Lemke

Prof. dr. ir. C. J. D. M. Verhagen

### SUMMARY

*Three departments of the Technological University of Delft have chairs in instrumentation and/or control. This set-up warrants a dominating attention for the specific problems that are met within the different disciplines. The interests of the Laboratory for Measurement and Control of the Department of Mechanical Engineering are drawn to systems like textile machines, turbines, hydraulic control of machine tools, construction of controllers, etc. The Laboratory for Control of the Department of Electrical Engineering is mainly attracted to electrical components, optimisation, rotating amplifiers, analog computers, etc. The research at the Laboratory for Instrumentation of the Department of Applied Physics concerns dynamic response of measuring devices, statistical techniques, analog and digital techniques in connection with measuring devices, etc.*

*Between these three laboratories a close cooperation has grown. There is agreement in notation and symbolism in the lecture courses; research reports and preliminary research results are exchanged; joint invitation of foreign lecturers has been found successful.*

*In order to promote its effectiveness this cooperation will result in the establishment of a "meeting centre for instrumentation and control". Among the objectives are: central classification of documentation; easier contacts with other departments and industry; research in subjects that cannot be handled by one of the three laboratories (e.g. because integrated knowledge of several disciplines is necessary). In this meeting centre the laboratory staffs will discuss their research plans and aims, on a basis of free participation, not only to prevent overlapping but also to distribute problems to the most appropriate persons and to take advantage of each other's experience.*

---

\*) Overdruk van 'T.H. Mededelingen', jaargang 8, nr. 2, december 1960

# Meet- en regeltechniek aan de Technische Hogeschool te Delft

## 1. Inleiding

Dit is de eerste keer in de geschiedenis van de T.H. Mededelingen dat docenten uit verschillende afdelingen gezamenlijk schrijven over hun werk en hun plannen. Dit soort gemeenschappelijke artikelen kan ook slechts sporadisch voorkomen, daar de vakgebieden van de docenten van verschillende afdelingen veelal zo ver uit elkaar liggen, dat ze weinig gemeen hebben.

Onze vakgebieden hebben echter wel allerlei gemeenschappelijke onderwerpen, zodat het redelijk is dat wij gezamenlijk de overeenkomsten en verschillen uiteenzetten. Hier komt bij dat wij tot een zekere mate van samenwerking zijn gekomen en dat wij van plan zijn deze in de toekomst nader vorm te geven in een "Ontmoetingscentrum voor meet- en regeltechniek".

Paragraaf 2 bespreekt de achtergrond van onze gemeenschappelijke interesse. In de paragrafen 3, 4 en 5 geeft elk onzer een overzicht van zijn eigen werk. Tenslotte zetten wij onze plannen voor het Ontmoetingscentrum nader uiteen in paragraaf 6.

## 2. De opkomst van de meet- en regeltechniek

Lezers van dit tijdschrift hebben wel geen betoog nodig om aan te nemen dat metingen voor de vooruitgang op technisch gebied dikwijls noodzakelijk zijn. Veel van het onderzoekingswerk staat of valt met de mogelijkheden van het meten. Ook de produktie, vooral als deze van goede kwaliteit moet zijn, maakt op tal van plaatsen gebruik van meetinstrumenten, dikwijls gekoppeld met regelaars of servomechanismen. Hoe kleinere toleranties men wil aanhouden, hoe beter men moet meten en hoe sneller en fijner men moet ingrijpen, dus hoe betere meet- en regelapparatuur men nodig heeft. Bij onderzoek en produktie is het tevens vaak nodig dat de meetresultaten (wiskundige of empirisch bepaalde) bewerkingen ondergaan. Naarmate de automatisering toeneemt, zal men hiervoor graag automatische rekeninstrumenten van analoge of digitale aard gebruiken.

De geschetste situatie is in wezen niet nieuw. Meten voor onderzoek en produktie, eventueel gekoppeld aan reken- of regelapparatuur, wordt reeds geruime tijd gedaan. Wat echter nieuw is, is de intensiteit van de toepassing en de gecompliceerdheid en geraffineerdheid van de

instrumenten. In plaats van incidentele toepassingen ziet men nu vaak dat consequent en systematisch van meet-, reken- en regeltechniek gebruik wordt gemaakt. Terwijl vroeger een onderzoeker veelal zelf zijn instrumenten ontwierp en soms ook vervaardigde, komt het nu geregeld voor, dat hij een beroep doet op speciale deskundigen. Vroeger schafte elke afdeling van een bedrijf de wenselijk geachte instrumenten zelf aan of vervaardigde deze. Men ziet nu echter dat tal van bedrijven en laboratoria een centrale groep instrumentatiedeskundigen hebben, die alle afdelingen helpen bij moeilijke meet- en regelproblemen; deze deskundigen adviseren bij het kopen van instrumenten en ontwikkelen voor of met de belanghebbenden dat deel van het instrumentarium dat nog niet te koop is. Dit wil natuurlijk niet zeggen dat eenvoudige instrumentatieproblemen niet meer door de betrokkene zelf behoren te worden opgelost. Het zegt alleen dat er geregeld dusdanig ingewikkelde problemen optreden, dat hierbij personen met speciale scholing en ervaring nuttig zijn.

De bovengeschetste ontwikkeling heeft ertoe geleid dat aan tal van universiteiten en hogescholen leerstoelen voor dit gebied ontstonden. Zoals steeds bij nieuwe ontwikkelingen gebruikt men verschillende namen. Naast "meet- en regeltechniek" gebruikt men aanduidingen als instrumentatie, servomechanismen, automatiseren, "systems engineering", cybernetica. In Delft heeft de ontwikkeling ertoe geleid dat in de afdelingen der Werktuigbouwkunde, der Elektrotechniek en der Technische Natuurkunde nieuwe werkgroepen en laboratoria voor meten en/of regelen werden opgericht naast de reeds bestaande voor b.v. werkplaatsmeettechniek en elektrotechnische meettechniek.

Een belangrijk facet van de bovengeschilderde ontwikkeling is dat meet-, reken- en regelproblemen voor allerlei gebieden van wetenschap en techniek veel gemeenschappelijks blijken te bezitten. Begrippen als gevoeligheid, nauwkeurigheid, responsie, aanpassing, bandbreedte, vervorming, signaal-ruisverhouding, fluctuaties, scheidend vermogen, informatie, terugkoppeling, stabiliteit, optimalisering, komen zowel bij elektrische, mechanische, aëro- en hydrodynamische, als bij chemische problemen naar voren. Zij zijn met dezelfde theoretische hulpmiddelen te beschrijven. Het is dan ook niet te verwonderen dat men op congressen over b.v. regeltechniek of informatietheorie mensen ontmoet, afkomstig uit allerlei gebieden van wetenschap en techniek en dat men in de vaktijdschriften elektrische, mechanische, pneumatische, hydraulische of thermische systemen naast elkaar behandelt ziet. Ook de overgang van b.v. mechanische naar pneumatische of elektrische grootheden en terug vindt men in de praktijk overal waar dit dienstig blijkt. In meer theoretisch georiënteerde verhandelingen let men nauwelijks op de fysische aard van de grootheden, maar spreekt men zonder meer over signalen, informatie, informatieverzending, informa-

tiebewerking, optimaliseren, enz. Een uitgebreid en nog steeds snel groeiend mathematisch arsenaal staat of komt ter beschikking om het gedrag van signalen en systemen te beschrijven. Sommige van deze beschrijvingswijzen stammen uit de elektrotechniek, andere uit de theoretische natuurkunde, de statistische wiskunde, de boole-algebra, enz. Het is charmant om te zien, dat dit alles gebruikt kan worden zowel bij het ontwerpen van chemische fabrieken als bij ruimteprojectielen, stoommachines, metaalbewerkingsmachines, motoren, rekenmachines, enz. Ook poogt men biologische systemen op deze manier enigszins te doorgronden en er zo mogelijk iets van te leren ten behoeve van het ontwerpen van gecompliceerde technische systemen. Veel bevindt zich nog in het beginstadium, o.a. het systematisch gebruiken van niet-lineaire elementen, het toepassen van systemen die leren, die zichzelf aanpassen aan veranderlijke omstandigheden en zichzelf optimaliseren ("self-adaptive" en "self-optimising systems").

Bij de toepassing van de algemeen geldende theoretische beschouwingen op concrete gevallen heeft men natuurlijk wel te maken met specifieke problemen waarbij kennis van elektrotechniek, werktuigbouwkunde, vliegtuigbouwkunde of chemie noodzakelijk is. Tevens heeft elk van deze gebieden eigen meet- en regelproblemen, waardoor bepaalde delen van het theoretisch apparaat in het ene gebied meer worden gebruikt dan in het andere. Eerlijkheidshalve moet hieraan worden toegevoegd dat er nog al te vaak een kloof is tussen de geavanceerde theorie en de praktische verwerkelijking.

Resumerende kan worden gezegd dat meet- en regelproblemen uit allerlei takken van wetenschap en techniek veel gemeenschappelijks hebben, dat echter de accenten in de verschillende gebieden verschillend kunnen liggen en dat men bij praktische toepassingen van de eigenaardigheden van elk vak behoorlijk op de hoogte moet zijn. Het is daarom redelijk dat de verschillende afdelingen van de Technische Hogeschool het onderwijs en het onderzoek op meet- en regelgebied zelf verzorgen. Het is echter ook redelijk dat dit niet geheel los van elkaar gebeurt, maar dat de werkers op deze gebieden elkaar vaak ontmoeten, elkaar helpen en zo nodig gezamenlijk problemen aanpakken, die buiten de mogelijkheden en de competentie van ieder afzonderlijk liggen.

Elk van de auteurs van dit artikel heeft daarom zijn eigen laboratorium en wenst dit ook te behouden. Het voorgaande zal echter aanmerkelijk hebben gemaakt dat wij ook behoefte hebben aan geregeld contact en aan een zekere vorm van samenwerking. Om misverstand te vermijden, achten wij het raadzaam reeds nu op te merken dat deze samenwerking zich niet tot ons drieën behoeft te beperken. Er zijn verschillende andere werkgroepen aan de Technische Hogeschool, wier werk verband houdt met de aangeduide onderwerpen. Wij zijn graag

bereid met hen samen te werken. Aan het eind van dit artikel wordt hierop nog nader ingegaan.

### 3. Het Laboratorium voor Werktuigbouwkundige Meet- en Regeltechniek (Prof. ir. R. G. Boiten)

Colleges in Regeltechniek werden in de afdeling der Werktuigbouwkunde na 1945 voor het eerst door Prof. ir. L. H. de Langen gegeven. Hierbij viel het accent op de werktuigbouwkundige aspecten en de toepassingen. Het college was grotendeels beschrijvend.

Na het aftreden van Prof. De Langen nam Prof. ir. E. F. Boon dit college over. Daar inmiddels meer bekend was geworden over de ontwikkeling in de Verenigde Staten, zette hij het college moderner op, onder gebruikmaking van de methode van de frequentie-analyse. Gezien het vakgebied van Prof. Boon, de chemische werktuigen, kwamen toepassingen bij deze werktuigen uitvoerig aan de orde en werden voor meer werktuigbouwkundige toepassingen gastsprekers uitgenodigd.

De Regeltechniek werd een afstudeerrichting, met de mogelijkheid zowel de korte (5-jarige) als de lange (6-jarige) richting te volgen.

De benoeming van de huidige functionaris tot buitengewoon hoogleraar in september 1957 verhiefde Regeltechniek tot een afzonderlijke leerstoel. De omzetting in een gewoon hoogleraarschap vond in september 1959 plaats.

Wegens het vertrek van Prof. ir. A. J. ter Linden, die zich tot dusver tevens belastte met het geven van het college "Technische Metingen" en bijbehorende instructies, kwamen deze taken vrij. Zij werden in 1959 door de leerstoel Regeltechniek overgenomen.

Deze recente ontwikkeling brengt met zich mee, dat de leerstoel nog in opbouw is en nog geen definitieve vorm heeft bereikt. Voor de eerstkomende jaren staat er één college in de Meettechniek op het programma en een aantal in de Regeltechniek. Het college "Inleiding tot de meettechniek" (i 24;  $W_3$ ;  $W_{4,5,6}$ ;  $IJ_3$ ) behandelt de algemene principes van het meten, alsmede begrippen als nauwkeurigheid, gevoeligheid, blokschema, dynamische responsie van meetinstrumenten, enz. Men krijgt ook aanwijzingen, hoe een beproevingsverslag dient te worden opgesteld met een behandeling van foutentheorie, de verwerking van meetresultaten en de methode van de kleinste kwadraten. Aansluitend aan de beginselen van de correlatierekening worden de principes van het z.g. "design of experiments" behandeld.

Tenslotte volgt een korte beschrijving van een aantal bij werktuigbouwkundige onderzoeken veel gebruikte instrumenten.

De colleges in de Regeltechniek bestaan uit een Algemene Cursus, een Voortgezette Cursus en uit Bijzondere Onderwerpen. De eerste twee behandelen in hoofdzaak lineaire systemen. De Algemene Cursus

(i 21:  $IJ_3^*$  ;  $WSK_4^*$  ;  $W_{4,5,6}$  ;  $T_4^*$  ;  $T_5^{\blacksquare}$  ;  $V_{5,6}^*$ ) gaat uit van de klassieke methoden om differentiaalvergelijkingen op te lossen, maar bespreekt daarnaast de grafische methoden die in de regeltechniek worden gebruikt. Er volgt een behandeling van de eigenschappen van pneumatische, hydraulische en elektrische PID-regelaars. De constructieve uitvoering van verschillende onderdelen van regelaars en van andere elementen uit een regelketen krijgt behoorlijke aandacht. Als illustratie worden een aantal belangrijke toepassingen in de werktuigbouwkunde behandeld, zoals ketel- en turbineregeling.

De Voortgezette Cursus (i 27:  $W_{4,5,6}^\circ$ ) beschrijft regelsystemen met behulp van complexe frequenties en fourier- en laplacetransformaties. Verschillende analyse- en synthesesmethoden worden besproken (root-locus, M en N cirkels, signaal-stroom-diagrammen). Problemen bij meer tegenkoppelbanen vinden behandeling alsmede verschillende stabiliteitscriteria.

Bij Bijzondere Onderwerpen (i 88:  $W_{4,5,6}^\circ$  ;  $N_{4,5}^*$ ) komen aan de orde: niet-lineaire systemen met hun constructieve uitvoeringen en toepassingen, "sampled-data systems", de beginselen van zelf-optimaliserende en aanpassende systemen, het toepassen van rekenorganen in de tegenkoppelbanen, het gebruik van digitale technieken voor het sturen van werktuigen en machines en het toepassen van logische elementen voor het regelen en beveiligen van grotere installaties.

Bij het college "Inleiding tot de meettechniek" behoort een practicum van 4 middagen, waar eenvoudige onderzoekingen worden gedaan o.a. aan een stofzuiger en een gasgeyser en waar met rekstrookjes wordt gemeten. De bedoeling van dit practicum is de studenten vertrouwd te maken met het werken met instrumenten en het leren opstellen van een verslag.

In het 3e en 4e jaar worden tevens 4 onderzoekingen aan grote objecten uitgevoerd, o.a. aan een stoomketel met aangekoppelde turbine en generator en aan een koelgroep, bestaande uit compressor, verdamper, warmtewisselaar en koelcel. Deze opstellingen zijn gedeeltelijk van automatische regelaars voorzien en de bedoeling is dat voornamelijk dynamische verschijnselen na het optreden van verstoringen worden bestudeerd.

Na het afleggen van het candidaatsexamen aan het eind van het 3e jaar kan een student de Regeltechniek als hoofdvak kiezen met de 5- of de 6-jarige opleiding. Degenen met de lange opleiding werken het laatste studiejaar vrijwel geheel aan het zelfstandig uitvoeren van een grote onderzoeksopdracht. Zij besteden ook extra tijd aan wiskunde, natuurkunde en elektrotechniek, zodat hun theoretische basis goed is en zij na het afstuderen geschikt zijn voor leidende functies in laboratoria.



opleiding komt ongeveer overeen met de stand, zoals men die in de industrie kent. Kennis van laboratoriumontwikkelingen en nieuwere principes is voor hen niet verplicht. De kandidaten moeten kiezen uit 3 richtingen:

- A - Ontwerp en fabricage van onderdelen van regelapparaten.
- B - Projecten, d.w.z. alles wat aan onderzoek en ontwerp nodig is om voor een bepaald regelprobleem tot een oplossing te komen.
- C - Het onderhoud van regelinstallaties (bedrijfsingenieur).

Naast de bestudering van de verschillende theoretische vakken moeten de studenten een aantal ontwerpen maken van regelonderdelen, en fijnmechanische componenten en moeten zij een scriptie schrijven over een regeltechnisch onderwerp. Bij de studie wordt ruim gelegenheid gegeven voor laboratoriumwerk en eigen onderzoekingen.

Het laboratorium beschikt over een beperkt maar goed instrumentarium alsmede over een kleine instrumentmakerij. Te noemen zijn o.a. een pneumatische analogonmachine (foto 1) en een pointilleermachine (foto 2).

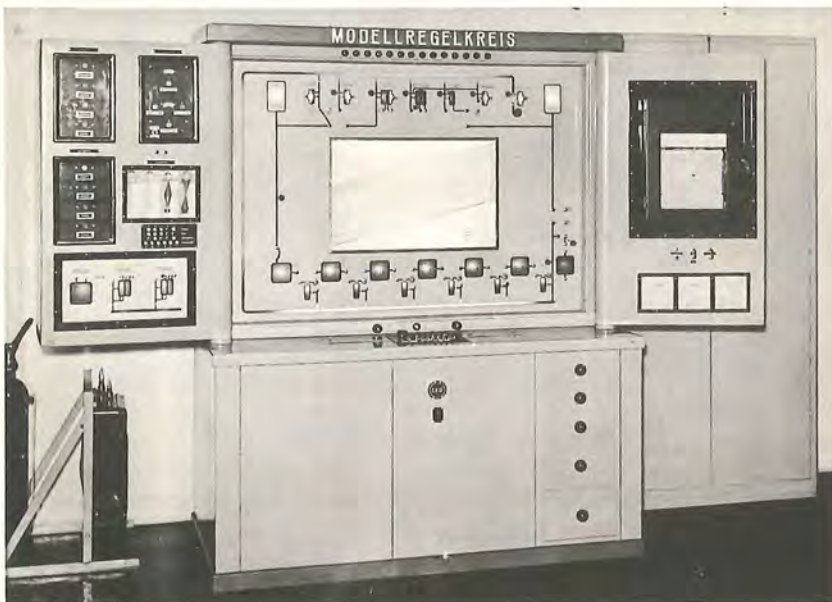


Foto 1 Pneumatische analogonmachine om processen en regelingen te simuleren

Onderzoekingsproblemen waaraan tot nu toe met succes is gewerkt, zijn: het regelen van turbines, het regelen van textielmachines speciaal voor

spinbewerking, de proces-dynamica van mechanische werktuigen en bewerkingen en hydraulische servo's voor de besturing van gereedschapswerktuigen.

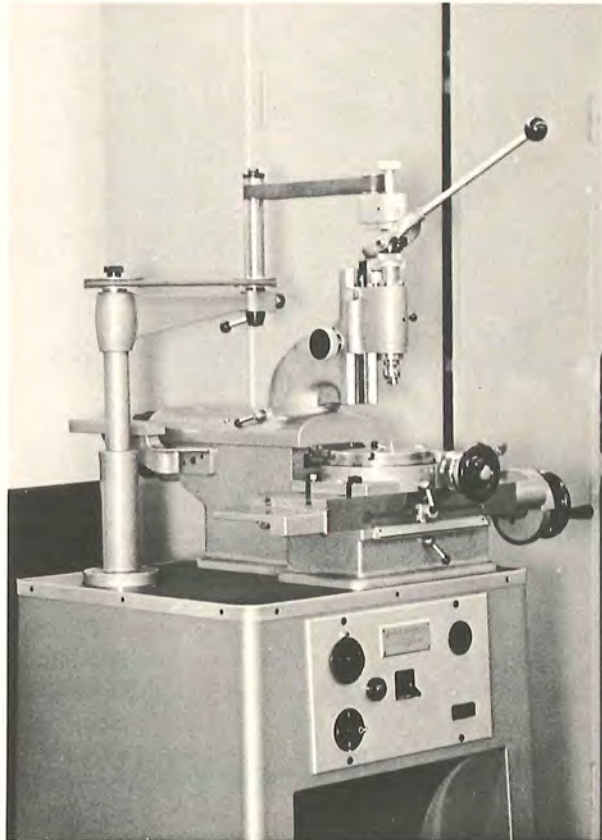


Foto 2 Pointilleermachine

Voor de toekomstige activiteiten wordt gedacht aan een programma dat o.a. de volgende punten omvat:

- a. Onderzoek naar de factoren die van belang zijn bij de aanpassing van de mate van servo-bekrachtiging.

Hiervoor zal voorlopig worden gewerkt met een keten van proportionele elementen, uitgevoerd als volgsysteem, waarbij 6-8 personen als "regelaar" werken en met een model van een rijwiel, waarbij de proefpersoon alle handelingen, sensaties en reacties van het wielrijden ondervindt en waarbij het effect van de handelingen kan worden versterkt en verzwakt.

- b. Onderzoek naar de dynamische eigenschappen van mechanische werktuigen, technische machines, pompen, ventilatoren, motoren, enz.
- c. Onderzoek en ontwerp van mechanische en elektromechanische servosystemen, rekenorganen met niet-lineaire tandwielen, stangenveelhoeken, enz.; mechanische analogonmachines, b.v. voor het bepalen van de "root-locus"; "inertia guidance"-systemen; hydraulische en pneumatische versterkers zonder bewegende delen; thermische regelaars en regelorganen.
- d. Onderzoek en ontwikkeling van industriële regelapparatuur met het accent op fabricage en onderhoud.
- e. Niet-lineariteiten in mechanische systemen.
- f. Ontwikkeling en bouw van mechanische meetinstrumenten en opnemers.
- g. Turbineregeling.
- h. Regeling van thermische centrales, air-conditioning, enz.

De opbouw van het laboratorium wordt momenteel ernstig belemmerd door gebrek aan ruimte, zowel aan laboratoriumruimte als aan kabinetten, waardoor de hoogst noodzakelijke uitbreiding van de staf niet op korte termijn kan plaatsvinden.

Gezien de vele aanvragen uit de industrie, zowel om directe hulp als om detachering van medewerkers en de grote belangstelling van de studenten ligt het in de lijn van de verwachting dat na het gereedkomen van een passende behuizing dit laboratorium een sterke groei en ontwikkeling zal vertonen.

#### 4. Het Laboratorium voor Regeltechniek van de Afdeling der Elektrotechniek (Prof.ir.H.R.van Nauta Lemke)

In de elektronica worden reeds lange tijd vele geregelde systemen ontworpen en toegepast. Enige bekende voorbeelden zijn o.a.: het gelijkstroomvoedingsapparaat, waarvan de uitgangsspanning zo goed mogelijk constant moet blijven, onafhankelijk van storende invloeden als variaties in de grootte der belasting of variaties van de netspanning; een meetversterker met een versterking, die onafhankelijk dient te zijn van de netspanning, van veroudering en zelfs van gedeeltelijke vervanging der onderdelen; een automatische volumeregeling, waardoor een versterker een klein ingangssignaal veel versterkt en een groot ingangssignaal weinig. Bij vele moderne toepassingen neemt het aantal regelingen en teruggekoppelde schakelingen nog steeds toe.

Reeds lang hadden speciaal Prof. Huydts en Prof. Breedveld een grote belangstelling voor algemene regelsystemen en systemen met

terugkoppeling naast de zuiver elektronische toepassingen. Dit kwam o.a. goed tot uitdrukking in het college Elektronica II.

In februari 1958 werd, naast de bestaande werkgroepen in het laboratorium voor Elektronica, nl. televisie, radio, halfgeleiders en analoge rekenmachines, een werkgroep regeltechniek gesticht. De werkgroepen rekenmachines en regeltechniek werkten aanvankelijk met een gezamenlijke staf van drie personen, nl. twee ingenieurs en een technicus. In het daaropvolgende jaar werd deze staf uitgebreid tot zeven personen. Op 1 mei 1959 werd een apart laboratorium voor Regeltechniek in de afdeling der Elektrotechniek gevormd met een eigen laboratorium. Het laboratorium voor Elektronica stelde bereidwillig de staf van de twee bovengenoemde werkgroepen en een deel van de laboratoriuminrichting ter beschikking van het nieuwe laboratorium. Hierdoor was het mogelijk een vrij snelle start te maken. Op het ogenblik bedraagt het aantal medewerkers elf. Mede door bovengenoemde ontwikkeling behoren de analoge rekenmachines ook tot het werkterrein van het laboratorium voor Regeltechniek. Daar bij de analyse en synthese van regelsystemen veel gebruik gemaakt wordt van analoge rekensystemen en omgekeerd verschillende automatische berekeningen mogelijk zijn met behulp van de regel- en servotechniek, kan de historisch gegroeide combinatie van analoge rekenmachines en regeltechniek zeer doeltreffend zijn.

Als grondslag voor het laboratoriumwerk dienen de colleges Regeltechniek I en II. Deze colleges sluiten aan op het behandelde in de colleges Netwerkanalyse en Elektronica. De voorbeelden, die behandeld worden, zijn uiteraard grotendeels van elektrotechnische aard, hoewel enkele voorbeelden uit andere technieken duidelijk maken dat de theorie die eraan ten grondslag ligt, zeer algemeen is.

Regeltechniek I (1 24:  $E_3^\circ, 4, 5$ ;  $WSK_4^*$ ) en Regeltechniek II (1 25:  $E_4^\circ, 5$ ) zijn kernvakken voor de studenten der b-richting (informatietechniek), terwijl ze voor de studenten der a-richting (energietechniek) keuzevakken zijn.

Het college Regeltechniek I bespreekt algemene theorema's, die betrekking hebben op lineaire systemen. Naast de beschrijving van deze systemen aan de hand van blokschema's en overdrachtsfuncties worden verschillende stabiliteitscriteria behandeld (Nyquist, Nichols, bodediagrammen, inleiding polen en nulpunten) en de mogelijkheden van stabilisatie. Tevens komen draaggolfsystemen en enige speciale onderdelen ter sprake.

In Regeltechniek II worden speciale facetten en rekenmethoden belicht. In de afgelopen cursus zijn berekeningen met stroomdiagrammen en analyse en synthese met behulp van polen en nulpunten (root-locus methode) behandeld en werd een inleiding gegeven over de opbouw en het gebruik van analoge rekenmachines.

Bij de hiervoor beschreven colleges behoort geen standaardpracticum. Er wordt wel naar gestreefd een aantal regelsystemen samen te stellen, waaraan studenten, die laboratoriumwerk gaan verrichten, metingen kunnen doen om vertrouwd te raken met de specifieke eigenschappen van teruggekoppelde systemen. Deze systemen kunnen dan tevens dienst doen als illustratie van de colleges.

In het laboratorium werken twee groepen studenten, nl. die in de regeltechniek afstuderen en die er hun voor de b-richting verplichte 60 middagen laboratoriumtaak voor het candidaatsexamen verrichten. Ongeveer een kwart van de studenten der b-richting verrichten het laboratoriumwerk bij het laboratorium voor Regeltechniek.

Aan de volgende onderwerpen wordt gewerkt.

a. Onderzoek en ontwerp van basiselementen (bouwstenen)

Het laboratoriumwerk omvat o.a. het ontwerpen en bouwen van basiselementen (bouwstenen), alsmede het onderzoeken van in de handel verkrijgbare elementen, als onderdelen van grote systemen. Bijvoorbeeld zijn verschillende elektrische servoversterkers (waarvan één ten behoeve van de onderafdeling der Vliegtuigbouwkunde), fasegevoelige detectoren, modulators, spanningsvergelijkschakelingen en pulsschakelingen ontworpen en er zijn metingen verricht aan servomotoren en tachogeneratoren. Zo is de temperatuurafhankelijkheid van de uitgangsspanning van wisselstroomtachogeneratoren gemeten, zowel bij stilstand (restspanning bij verschillende standen van de rotor) als draaiend. Onderzocht worden de mogelijkheden van compensatie. Beschouwd is de mogelijkheid om direct uit de motor (a.c. of d.c.) een signaal af te leiden evenredig met de hoeksnelheid en de hoekversnelling. Deze bouwstenen en de kennis van hun speciale eigenschappen worden gebruikt om afstudeerders systemen te laten samenstellen. Vooral in den beginne moeten deze afstudeerders uiteraard nog een groot aantal bouwstenen zelf ontwerpen. De grootste aandacht zal echter in het algemeen meer aan het totale systeem gegeven dienen te worden en niet aan de samenstellende delen.

Tengevolge van de historische band en doordat in elektrische regelsystemen een groot aantal elektronische bouwelementen verwerkt zijn, is er een samenwerking met het laboratorium voor Elektronica; het streven bestaat, zoveel mogelijk van de typische elektronische bouwstenen daar te laten ontwerpen.

b. Automatische metingen

Omdat metingen aan regelsystemen vaak tijdrovend zijn en er dikwijls veel instrumentarium bij nodig is, is er een streven, sommige metingen te automatiseren. Zo wordt op het ogenblik gewerkt aan een instrument dat van een willekeurig systeem de polaire figuur van de overbrengingsverhouding optekent. Voor stabiliteitsonderzoek zijn twee

instrumenten in ontwikkeling, die automatisch de meetkundige plaats bepalen van de polen van de overbrengingsverhouding van een teruggekoppeld systeem.

Voor het bestuderen van het verband tussen het polen- en nulpuntenbeeld en de "transient response" is in het laboratorium een z.g. "Transient Synthesizer" aanwezig. Hierover is een artikel verschenen in *Electronic Technology*, January 1960, van de hand van ir. P. Eykhoff, een medewerker van het laboratorium voor Elektronica. Dit artikel beschrijft een uitvoering met wisselstroomkoppelingen tussen de diverse eenheden. Gedacht wordt aan een uitvoering met gelijkstroomkoppelingen, ofwel een vast programma voor een analoge rekenmachine, waardoor het waarschijnlijk eenvoudiger is ook teruggekoppelde systemen te bestuderen.

#### c. Analoge rekenmachines

Zoals reeds hiervoor werd uiteengezet, behoren ook de analoge rekensystemen tot het werkterrein van het laboratorium voor Regeltchniek. Uiteraard betreft het hier hoofdzakelijk de elektrische rekenmachines; voor demonstratiedoeleinden is echter ook een zeer eenvoudig model van een mechanische analoge rekenmachine aanwezig. Door programmeren van een tweede-orde-systeem kan deze gebruikt worden als mechanische sinusgever voor het onderzoek van regelsystemen. Naast het gebruik van een kleine repeterende analoge rekenmachine voor het ontwerp en het onderzoek van regelsystemen wordt aandacht geschonken aan het onderzoek van speciale rekenschakelingen, zoals elektronische berekeningen van goniometrische functies, logaritmen en vermenigvuldigingen. Bovengenoemde kleine rekenmachine heeft een omvang van 10 rekenversterkers en 2 vermenigvuldigers, terwijl een functiegenerator op het programma staat. Tevens wordt gewerkt aan een tweede rekenmachine van dezelfde opbouw. Deze twee kunnen dan of afzonderlijk gebruikt worden, of gecombineerd worden tot één van de dubbele omvang.

Als een grotere machine nodig is of een nauwkeuriger resultaat, kan de Ease rekenmachine van de afdeling der Elektrotechniek met 50 rekenversterkers, waarvan 20 als integrator geschakeld zijn, 49 coëfficiënt potentiometers, 8 vermenigvuldigers en 1 functiegenerator, worden gebruikt; een uitbreiding, waaronder een aantal functiegeneratoren, is nog in bestelling.

Een onderwerp dat momenteel de aandacht heeft, is een onderzoek naar verschillende integratiemethoden, waarbij ook de algemene integratie beschouwd wordt, dus niet alleen de integratie naar de tijd. Naast zuivere analoge methoden worden eveneens gemengd analogo-digitale methoden onderzocht. Een integratie naar een willekeurige onafhankelijk variabele is mogelijk met de z.g. incrementele integrator.

In samenwerking met het laboratorium voor Schakeltechniek zijn twee van dergelijke incrementele integratoren samengesteld en met enkele bijbehorende schakelingen is een klein rekensysteem, een "digital differential analyser" ontworpen. Dit systeem heeft een ongeveer gelijke programmering als het normale analoge, terwijl de digitale berekeningen het voordeel van grote stabiliteit en nauwkeurigheid waarborgen. In de gemaakte uitvoering is het tevens mogelijk om de rekentijd te verkorten, indien een kleine nauwkeurigheid voldoende is.

Voor de programmering van analoge rekenmachines wordt onderzocht of het voordelen heeft dit met behulp van stroomdiagrammen aan te pakken. Voorts dienen nog de z.g. schaalfactoren te worden ingesteld. Een der medewerkers van het laboratorium tracht een eenvoudige snel repeterende rekenmachine te ontwikkelen, die automatisch gunstige schaalfactoren bepaalt. Eveneens zullen mogelijkheden worden bekeken om in plaats van gelijkspanningsgekoppelde versterkers wisselspanningsgekoppelde te gebruiken. Mede in verband met het toenemende gebruik van transistoren voor analoge rekenmachines zal worden onderzocht of het voordelen heeft, in plaats van de spanning de stroom als variabele analoge grootte te gebruiken.

#### d. Optimalisatie

Op het gebied van de optimalisatie van regelsystemen is een studie gemaakt van de verschillende mogelijke criteria. Speciaal is aandacht besteed aan de integraal criteria. Deze zijn onderling met elkaar vergeleken door toepassing op een tweede-orde-systeem. Deze criteria zijn ook zeer bruikbaar voor niet-lineaire systemen. De onderzoekingen zullen nog worden voortgezet met behulp van een analoge rekenmachine.

Als toepassing van een zichzelf optimaal instellend regelsysteem wordt gewerkt aan een nauwkeurige elektromechanische integrator. Met behulp van een regelsysteem wordt bij deze integrator verkregen, dat de snelheid van een motor over een groot gebied (beter dan 1 op 1000) zo nauwkeurig mogelijk evenredig is met de grootte van een toegevoerde spanning. De hoek die de as van de motor doorloopt, is derhalve evenredig met de integraal van de toegevoerde spanning. In verband met aansluiting aan andere systemen is de toegevoerde spanning een wisselspanning. Om een grote nauwkeurigheid en een groot gebied te krijgen is, afhankelijk van het toerental, een fasecorrectie gemaakt, die weer door een regelsysteem automatisch wordt ingesteld.

Bij een snelle verandering van de ingangsspanning zal de snelheid van de motor niet even snel de juiste bijbehorende waarde kunnen aannemen; als gevolg hiervan zal de berekende integraal fout zijn. Er wordt gewerkt aan een systeem om deze fout zo goed mogelijk te elimineren.

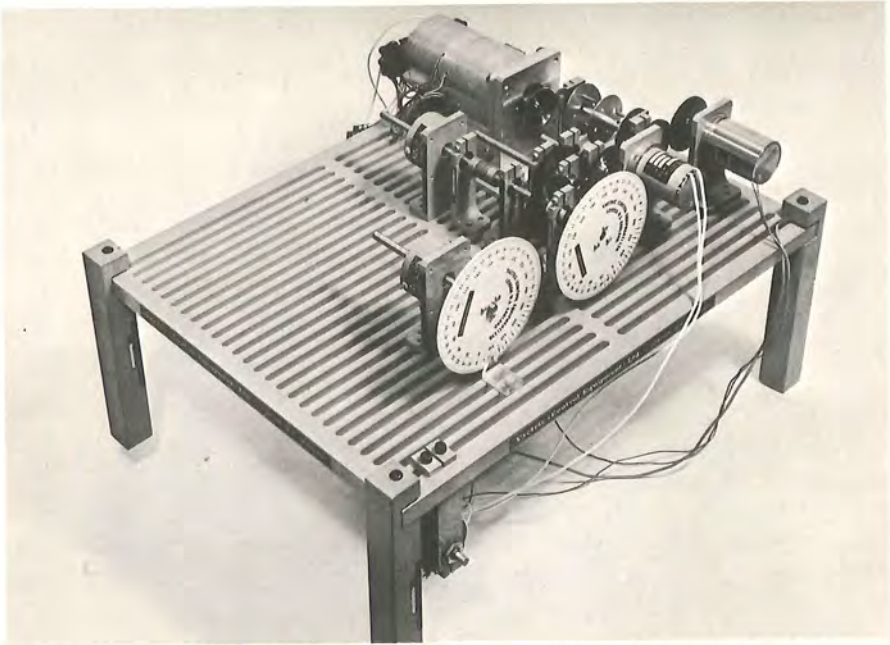


Foto 3 Mechanisch opbouwsysteem (Vactric)

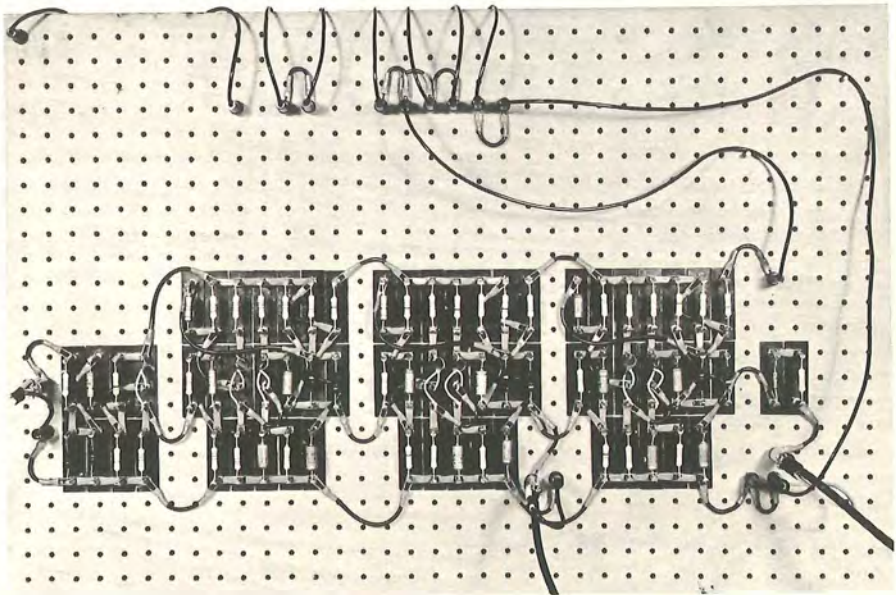


Foto 4 Elektronisch opbouwsysteem



#### e. Sterkstroomregelingen

Op dit gebied is er een samenwerking met het Machinelaboratorium en het laboratorium voor Elektriciteitsvoorziening. In de afgelopen tijd is een studie gemaakt over een tweetraps roterende versterker (amplidyne) met terugkoppeling voor spanningsstabilisatie. Met de analoge rekenmachine is het systeem nagebootst en is de invloed van verschillende mogelijkheden voor stabilisatie nagegaan.

Het gedrag kon niet alleen voor variaties in de belasting worden onderzocht, doch tevens voor verschillende onvolkomenheden, die in de machine kunnen optreden (o.a. verkeerde stand borstels).

#### f. Discontinue systemen; digitale pulssystemen

Reeds is genoemd de incrementele integrator. Tevens wordt gewerkt aan aan-uit systemen. Voor een koppeling tussen analoge en digitale systemen worden eveneens analoog-digitaal omzetter (en omgekeerd) gemaakt en onderzocht.

Een aanvang is gemaakt met het ontwerpen van digitale teruggekoppelde systemen; op dit gebied bestaan ook contacten met de industrie.

#### Opstellingen

Om de verschillende systemen snel en flexibel te kunnen opbouwen, worden diverse soorten bouwdozen gebruikt, meer bekend onder de naam "breadboard" systemen. Voor de montage van mechanische en elektromechanische onderdelen voor regelsystemen wordt gebruik gemaakt van een breadboard systeem van Vactric (foto 3), dat vergelijkbaar is met een nauwkeurig ontworpen mecano systeem. Het ligt in de bedoeling uitbreidingen hiervan zelf te laten vervaardigen. Voor de bouw van elektronische proefschakelingen werd een variant op het Amerikaanse Erecronic systeem ontworpen (foto 4). Met dit systeem kunnen snel elektronische schakelingen worden opgebouwd. Daar de verbindingen zonder solderen worden gemaakt, blijven de onderdelen steeds bruikbaar. Ook worden op het laboratorium gemaakte gedrukte bedradingen toegepast (foto 5).

#### 5. De Werkgroep Instrumentatie van de Afdeling der Technische Natuurkunde (Prof. dr. ir. C. J. D. M. Verhagen)

De werkgroep is geleidelijk gegroeid als gevolg van werkzaamheden ten behoeve van het natuurkundig practicum, het college Metingen en het inrichten van een derdejaars meetpracticum gedurende de jaren 1945-1950. In deze tijd begonnen de tendensen, die in paragraaf 2 beschreven zijn betreffende de ontwikkeling van de meet- en regeltechniek tot een afzonderlijk technisch vak, duidelijk te worden. Omstreeks 1950 gaf de afdeling der Technische Natuurkunde toestemming aan studenten om hun afstudeerwerk in dit gebied te verrichten. In 1955

werd het lectoraat omgezet in een hoogleraarschap. Daar dr. P. Teunissen in 1950 en dr. C.G. 't Hooft in 1952 de leiding van het natuurkundig practicum resp. het meetpracticum overnamen, kon na die tijd de volle aandacht worden besteed aan de opbouw van de werkgroep voor instrumentatie.

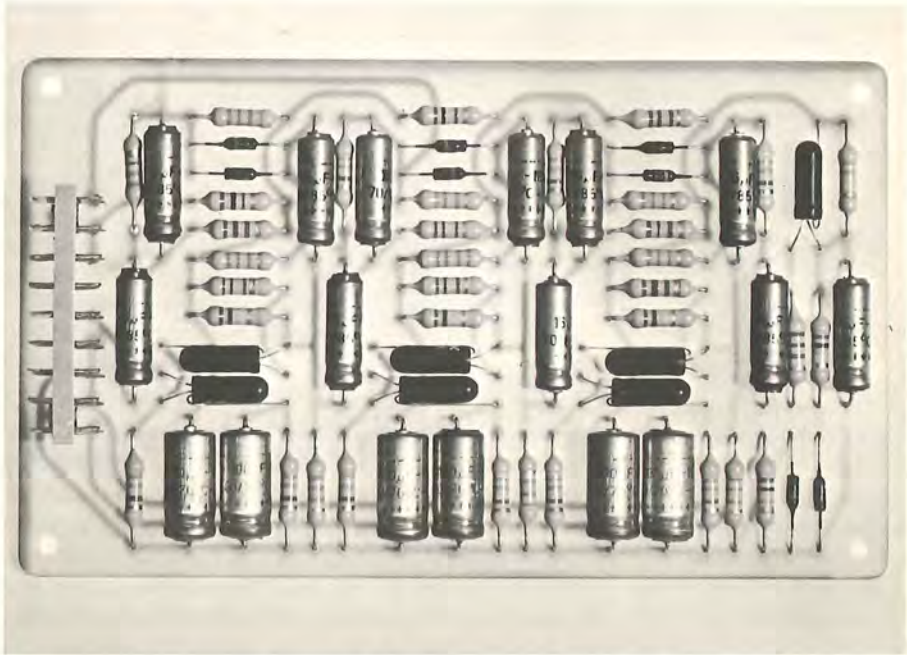


Foto 5 Schakeling van foto 4, uitgevoerd met gedrukte bedrading

Van het begin af aan heeft het onderwijs en het onderzoek in de meettechniek vooropgestaan. Daar echter in de techniek meestal wordt gemeten om op grond van deze meting al dan niet in het proces in te grijpen, was het noodzakelijk, aandacht te geven aan enige aspecten van de regeltechniek.

Na een meting moet vaak een meetresultaat nog worden gecorrigeerd; dikwijls dient het een mathematische bewerking als b.v. middeling of integratie te ondergaan; ook behoren soms de resultaten van verschillende metingen met elkaar te worden gecombineerd, b.v. als men de kruiscorrelatie van twee grootheden wil weten. Dit bracht de noodzaak met zich mee automatische rekensystemen te bestuderen, die in combinatie met meetinstrumenten kunnen worden gebruikt. Daar soms analoge en soms digitale technieken de voorkeur verdienen, werd aan beide aandacht gegeven.

Dit produceren en verwerken van gegevens op automatische wijze bracht vanzelf interesse met zich mee in allerlei aspecten van de automatisering. Een deel van de automatiseringsprojecten staat of valt namelijk met de mogelijkheden om gegevens over de toestand van het systeem automatisch te bemachtigen, om op grond daarvan beslissingen te kunnen nemen. Hier is voor een meettechnicus echter een grote bron van gevaren aanwezig. Iedereen heeft de neiging zijn vak centraal te stellen en er veel, zo niet alle heil van te verwachten. Belangstelling voor het gehele gebied van de automatisering doet echter beseffen dat meet-, reken- en regeltechniek weliswaar belangrijke hulpmiddelen kunnen zijn, maar dat het nog veel eleganter is als men een technisch systeem kan ontwerpen, waarbij deze hulpmiddelen overbodig zijn!

Het voorgaande weerspiegelt zich in de colleges Metingen (c 34:  $WSK_3^*$ ;  $IJ_3$ ;  $N_3$ ;  $T_4^*$ ;  $T_5^*$ ), Fysische Metingen (c 43:  $T_3$ ;  $W_4^\circ$ ,  $5,6$ ;  $MT_4^*$ ;  $M_5^\circ$ ;  $V_5^*$ ,  $6$ ) en Automatiseren (c 41:  $N_4^*$ ,  $5$ ;  $WSK_4^*$ ;  $W_4^\circ$ ,  $5,6$ ;  $V_5^*$ ,  $6$ ). Vrijwel vanaf het begin werd gebroken met de traditie om in de colleges over metingen vele afzonderlijke meetinstrumenten te beschrijven. Gepoogd werd algemene begrippen en de theoretische achtergrond centraal te stellen en diverse concrete uitvoeringen van meetinstrumenten slechts als voorbeeld van het algemene te bespreken. De beginselen van analoge en digitale rekentechnieken vormen sinds vele jaren een onderdeel van deze colleges. Ook het college Automatiseren richt zich in hoofdzaak op gemeenschappelijke problemen bij allerlei typen automatiseringsprojecten in de gehele techniek. Het belang van een "re-design" zowel van het produkt als van de wijze waarop het gemaakt wordt, krijgt veel aandacht. Produktiewijzen die zonder meet- en regeltechniek een bevredigend resultaat geven, genieten de voorkeur. Indien het resultaat echter beter wordt en het economisch te verantwoorden valt, wordt er op gewezen, niet te schromen eventueel zelfs een grote rekenmachine in te schakelen. In plaats van een tentamen moet de student een scriptie maken over een speciaal onderwerp betreffende de automatisering.

Het meetpracticum ( $T_3$ ;  $MT_4^*$ ;  $M_5^\circ$ ;  $WSK_3^*$ ;  $N_3$ ; 15 middagen) sluit nauw bij de colleges Metingen aan. De eigenschappen van allerlei meetinstrumenten worden bepaald en schakelingen worden gedimensioneerd. Een kleine analoge rekenmachine geeft de gelegenheid enige ervaring op het gebied van analoge rekentechnieken op te doen. Een proef duurt gemiddeld omstreeks drie middagen. Van de proeven wordt geen verslag geëist, maar de student moet in een bespreking laten zien, dat hij begrijpt wat hij heeft gedaan.

Het experimentele werk waaraan vierde- en vijfdejaars natuurkundige studenten werken en waaraan enige promovendi bezig zijn, kan natuurlijk slechts een klein deel van het gehele vakgebied bestrijken,

daar er zeer veel meet-, reken- en regelproblemen bestaan en men deze op vele manieren kan aanpakken. In de loop der jaren is vaak met andere afdelingen samengewerkt om een oplossing te vinden voor hun problemen. Studenten uit de werkgroep werken b.v. regelmatig aan problemen uit de Centrale Werkplaats, de onderafdeling der Vliegtuigbouwkunde en het Waterloopkundig Laboratorium. Met verschillende industrieën worden ook gegevens uitgewisseld.

De werkgroep omvat een 15- à 20-tal studenten en vijf afgestudeerden (hierbij inbegrepen de leiding van het meetpracticum). De onderwerpen waaraan wordt gewerkt, zijn hieronder in een aantal groepen ondergebracht. De werkzaamheden van de verschillende groepen hangen echter dikwijls nauw met elkaar samen.

#### a. Responsie van meetinstrumenten en systemen

In techniek en wetenschap is men steeds meer geïnteresseerd in (vaak snel) veranderende signalen. De responsie van een meetinstrument op dit soort signalen is dus van veel belang. Ook voor de regeltechniek is het essentieel de responsie van allerlei delen van de regelkring te kennen.

Men kan op velerlei manieren gegevens over de responsie verkrijgen. Men brengt b.v. sinusvormige ingangssignalen aan en bepaalt de amplitudeverhouding en de faseverschuiving van het uitgangssignaal ten opzichte van het ingangssignaal. Voor de responsie van thermometers gebruikt men als ingangssignaal een sinusvormig verlopende temperatuur; voor drukmeters een sinusvormige druk; vloeistof- en gasmeters vragen sinusvormige materiestromen (foto 6). Gepoogd wordt steeds het gemeten gedrag te verklaren met behulp van warmteleer, aëro- en hydrodynamica, enz.

In vele gevallen treden niet-lineaire effecten op, vooral als de amplitudines groot zijn. Vloeistof- en gasmeters kunnen veelal slechts door differentiaalvergelijkingen met vele niet-lineaire termen worden beschreven. Deze niet-lineariteiten hebben ook tot gevolg dat de gemiddelde aanwijzing van zulk een meter niet overeenkomt met de echte gemiddelde waarde van de stroom. Het uitgangssignaal van een niet-lineair systeem is bij een sinusvormig ingangssignaal niet sinusvormig. Een fourieranalyse van het uitgangssignaal kan soms behulpzaam zijn bij het beschrijven van het systeem. Hiertoe is een automatische fourieranalysator gebouwd.

Niet-lineaire systemen geven meer moeilijkheden dan lineaire systemen. Zij hebben echter ook meer mogelijkheden. Vele biologische systemen b.v. danken hun goede kwaliteiten aan niet-lineaire effecten. Het bewust toevoegen van niet-lineaire elementen aan b.v. regelkringen kan dan ook de regelkwaliteit soms verbeteren. Een uitvoerig onderzoek op dit gebied is gaande, waarbij veel gebruik wordt gemaakt van een analoge rekenmachine.

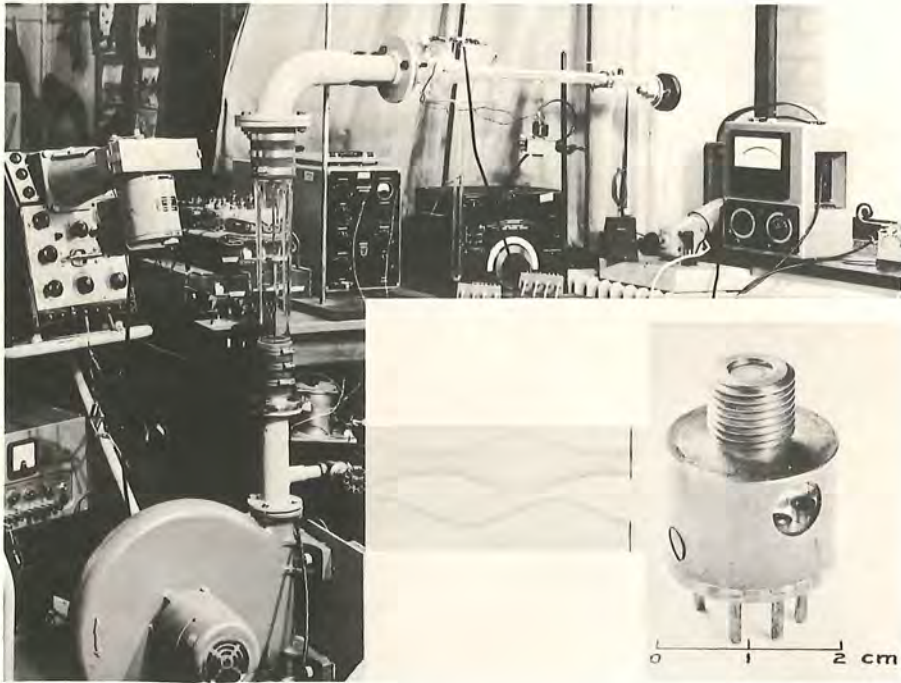


Foto 6 Metingen met behulp van sinusvormige gasstromen; kleine drukopnemertjes (inzet) meten de drukken in het circuit; de werkelijke en de gemeten stroom worden geregistreerd (inzet)

Naast sinusvormige ingangssignalen kan men pulsvormige, sprongvormige of statistisch fluctuerende ingangssignalen gebruiken om responsies te bepalen. Ook deze technieken worden geregeld toegepast. Aan meer theoretische aspecten betreffende het omzetten van gegevens uit het frequentiegebied naar het tijdsgebied en omgekeerd wordt veel aandacht gegeven.

Tenslotte dient vermeld te worden dat de laatste tijd ook het onderzoek van systemen die zichzelf optimaal instellen of zich aanpassen aan veranderlijke omstandigheden, is aangepakt.

#### b. Statistische technieken

Ruisachtige signalen treden vaak als storing op, die het meten en detecteren van "echte" signalen verstoren. Soms zijn deze statistisch fluctuerende signalen echter zelf interessant, omdat zij ons iets kunnen leren omtrent het fysisch systeem dat deze ruis produceert. Optimaliserings- en aanpassingstechnieken zijn soms alleen met inachtneming van statistische hulpmiddelen te beschrijven en uit te voeren.

Sinds een paar jaar is op dit gebied onder leiding van ir. B. P. Th. Veltman naarstig gewerkt. Allerlei experimentele hulpmiddelen zijn ontwikkeld, zoals een zeer laagfrequente ruisbron. Er is hierbij bewust gelet op grote eenvoud van de apparatuur. Bij het bepalen van correlatiefuncties worden b.v. niet de exacte waarden van de grootheden gebruikt, maar er wordt slechts naar gekeken of zij positief of negatief zijn (foto 7). De hieruit berekende grootheden blijken eenvoudig samen te hangen met de echte correlatiefuncties, terwijl de spreiding in de uitkomsten binnen redelijke grenzen blijft. Soms moet zelfs extra ruis aan een signaal worden toegevoegd om eigenschappen van dit signaal op eenvoudige wijze te kunnen bepalen.

Al deze technieken zijn eerst toegepast op systemen waarvan de eigenschappen tevoren reeds bekend waren. Hierbij bleken de ontwikkelde technieken bruikbaar. De verkregen ervaring is ook reeds enige

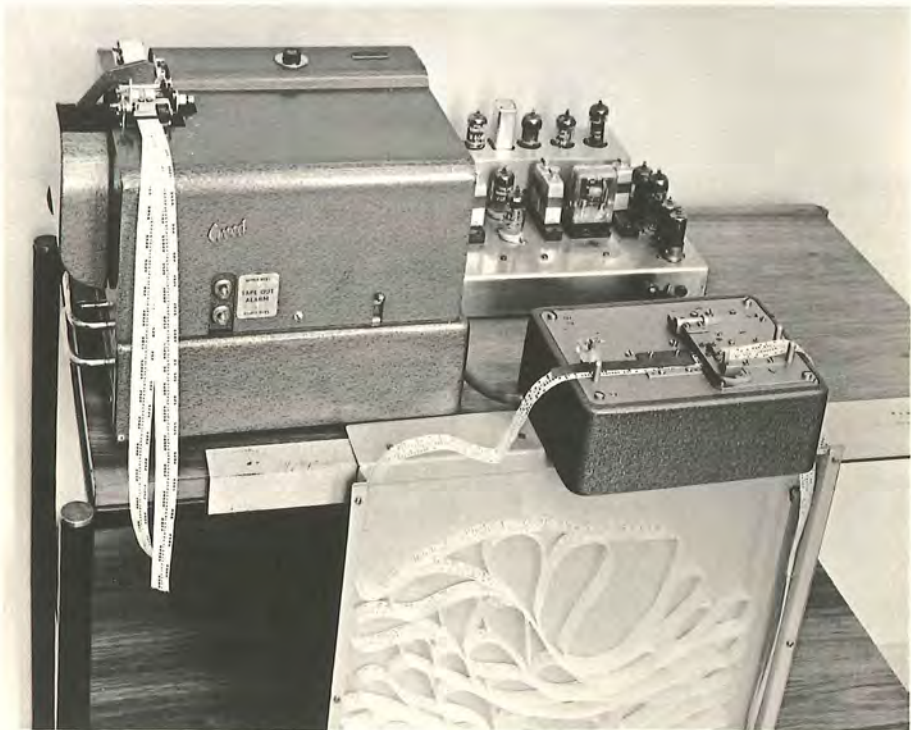


Foto 7 1 bit registratie van een signaal in een ponsband na toevoeging van een aselekt signaal; ponsbandaflezer en bak met aselekte getallen, hulpapparatuur en ponser voor dubbele papierstrook

keren van pas gekomen bij problemen van andere laboratoria, o.a. het laboratorium voor Voertuigtechniek en het Waterloopkundig Laboratorium.

#### c. Digitale technieken

In de meettechniek wordt dikwijls een uitslag van een wijzer of index verkregen, die een maat is voor de grootte van een onbekende grootte. Het aflezen van de stand van deze wijzer of index ten opzichte van een schaal geeft dan het meetresultaat in cijfervorm. Het heeft echter soms voordelen als het meetinstrument zelf het meetresultaat in cijfervorm kan produceren. Het moeizame en tot vergissingen aanleiding gevende aflezen kan hierbij vervallen. De meetresultaten kunnen ook onmiddellijk worden getypt of in codevorm op magneetband of ponsband worden afgegeven. De meetresultaten zijn nu zonder meer geschikt om aan digitale verwerkingsapparatuur, eventueel ook aan universele rekenmachines, te worden toegevoerd.

Aan de constructie van een aantal zogenaamde analoog-digitaal-omzetter is reeds vele jaren geleden begonnen. De grootte van hoekstanden en elektrische spanningen kan binnenkort met grote snelheid in cijfervorm worden verkregen en op een magneet- of ponsband worden geregistreerd.

Er bestaan in principe een zeer groot aantal codes voor deze digitale systemen. Een theoretisch onderzoek naar de voor- en nadelen van diverse codes is gaande.

Ook het omzetten van digitale gegevens in een daarmee evenredige elektrische spanning is soms wenselijk. Voor het Instituut voor Toegepaste Wiskunde wordt een systeem gebouwd, waarmee het mogelijk is de in ponsband vastgelegde resultaten van de Zebra in geregistreerde krommen om te zetten. Ook wordt er gewerkt aan de bouw van een snelle digitale integrator.

In samenwerking met de Centrale Werkplaats wordt een digitaal gestuurde draaibank ontwikkeld. Deze meet de diameter van het werkstuk tijdens het bewerken en vergelijkt die met de in een ponsband voorgeschreven maat. Een servosysteem compenseert de afwijkingen in de diameter.

Na het tot stand komen van het laboratorium voor Schakeltechniek en Automatisering van Prof. Oberman wordt dankbaar gebruik gemaakt van de daar aanwezige ervaring op het gebied van digitale apparatuur.

#### d. Analoge technieken

Als aan de nauwkeurigheid geen hoge eisen worden gesteld, en men vele berekeningen in korte tijd wil uitvoeren, zijn analoge rekentechnieken soms te prefereren boven digitale. Onze eerste zelfgebouwde analoge rekenmachine, die nog steeds in gebruik is, dateert van 1953. Deze machine is geleidelijk uitgebreid en wordt nog nu en dan van nieuwe hulpapparatuur voorzien (foto 8). Allerlei problemen uit de

werkgroep, waarbij differentiaalvergelijkingen optreden, worden met behulp van deze rekenmachine opgelost.

Er is ook een machine gebouwd die speciaal geschikt is om partiële differentiaalvergelijkingen van het elliptische type op te lossen. Een nieuwe machine, bestemd voor vergelijkingen van het diffuse type, is in ontwikkeling. Een onderzoek naar de convergentie- en stabiliteits-

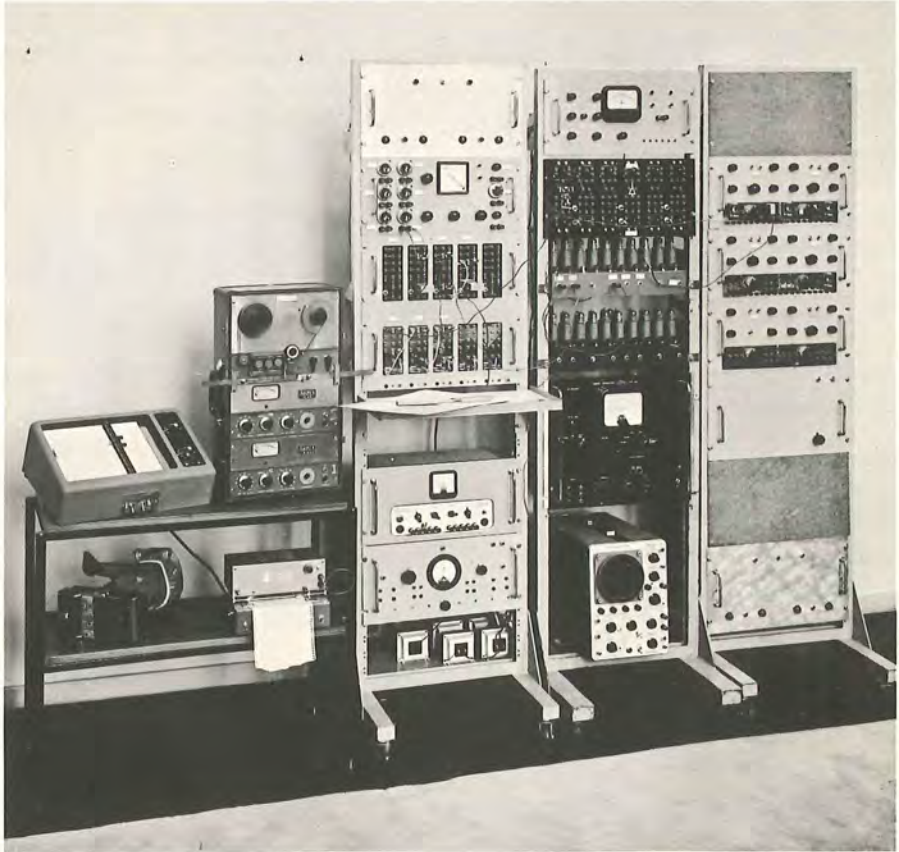


Foto 8 Analoge rekenmachine met 20 versterkers, 4 vermenigvuldigers, magneetband voor simulering van voortplantingstijden, laagfrequent ruisgenerator, functiegenerator, niet-lineaire elementen en registreertoestellen



eisen van de hierbij gebruikte differentievergelijking vindt plaats in samenwerking met het Instituut voor Toegepaste Wiskunde.

#### e. Montagetechnieken

Bij de bouw van allerlei meet- en rekenapparatuur wordt veel aandacht geschonken aan de montage. Verschillende nieuwe montagetechnieken worden hiervoor beproefd. De werkgroep bezit een "fabriekje" voor het snel vervaardigen van gedrukte bedradingen.

Het produceren van elektrische circuits door middel van opdampen of het op andere wijze aanbrengen van dunne geleidende, isolerende of halfgeleidende lagen blijkt vele mogelijkheden te bieden. Deze technieken zijn vooral in de Verenigde Staten ontwikkeld voor ultrasnelle circuits of voor ultrakleine afmetingen. Er bestaan nog veel fysische en technologische problemen. In samenwerking met andere werkgroepen van de afdeling der Technische Natuurkunde is sinds kort dit onderwerp aan het programma toegevoegd.

#### f. Bijzondere meetssystemen

In de loop van de jaren is een aantal speciale meetssystemen ontwikkeld.

Uit een contact met artsen kwam de behoefte aan een bloeddrukmeter naar voren. Er is toen een zeer kleine manometer vervaardigd die, aan de top van een catheter bevestigd, door de aders naar het hart kon worden geschoven om daar de bloeddruk als functie van de tijd op te nemen.

In de laatste tijd gaat de aandacht uit naar gevallen waar een zekere mate van perceptie nodig is. Op dit gebied is een menselijke waarnemer nog sterk in het voordeel ten opzichte van automatische instrumenten. Het herkennen van vormen, b.v. van geschreven schrift of van voorwerpen, het keuren van oppervlaktegesteldheid wat uniformiteit van kleur, vlakheid of gladheid betreft of het bepalen van hoogte op stereoscopische foto's, zijn moeilijke problemen. Toch zal in verband met de toenemende mate van automatisering aan dit soort meetinstrumenten zeker behoefte komen. Er staan nog geen instrumenten op dit gebied op stapel, maar het ziet er naar uit dat dit binnen afzienbare tijd wel het geval zal zijn.

De leiding van de werkgroep is gaarne bereid, voorzover tijd en gelegenheid aanwezig zijn, andere werkgroepen met raad of daad bij te staan. Veel wordt verwacht van de samenwerking in het Ontmoetingscentrum.

Op dit moment vormt de beperkte ruimte nog een belangrijke hindernis. Als begin 1962 de verhuizing naar het nieuwe gebouw van de afdeling der Technische Natuurkunde heeft plaats gehad, zal hieraan een einde gekomen zijn.

## 6. Het Ontmoetingscentrum voor meet- en regeltechniek

Naast de zojuist beschreven werkzaamheden in elk van onze eigen laboratoria willen wij om de in paragraaf 2 genoemde reden tot een zekere mate van samenwerking komen. Om deze enige continuïteit en diepgang te geven, vonden wij het wenselijk de samenwerking te organiseren in wat wij noemen het "Ontmoetingscentrum voor meet- en regeltechniek". Bij de bespreking van de plannen in het College van Rector en Assessoren is met nadruk vastgesteld dat dit Ontmoetingscentrum geen speciale taak krijgt opgedragen, maar dat het slechts gezien moet worden als een hulpmiddel voor de betrokken docenten om de onderlinge samenwerking te vergemakkelijken. In het nieuwe gebouw van de afdeling der Technische Natuurkunde zal voor dit doel enige ruimte worden gereserveerd, die als pied à terre zal dienst doen. Er is plaats voor een vergaderzaal en een documentatieruimte, alsmede voor enige laboratoriumkamers. Het College van Curatoren heeft toestemming voor een en ander gegeven.

De toekomst zal uiteraard moeten leren in welke mate samenwerking vruchtbaar zal blijken te zijn. Wij hebben echter goede verwachtingen. Daar een en ander ook voor andere werkgroepen van de Technische Hogeschool van belang kan zijn, menen wij er goed aan te doen hier onze visie op de toekomstige activiteiten te geven.

Er verschijnt zeer veel literatuur over meten, regelen en aanverwante gebieden. Wij menen er verstandig aan te doen in het Ontmoetingscentrum deze literatuur te verzamelen, te classificeren en toegankelijk te maken voor allen die op dit gebied gegevens zoeken. Ieder van ons zal zijn eigen documentatie blijven verzorgen voor die gebieden waar hij speciaal bij betrokken is. Er zijn echter vele artikelen, b.v. van meer algemene aard, die beter centraal kunnen worden behandeld. De documentalist van het Ontmoetingscentrum zal elk onzer ook attent moeten maken op publikaties die voor zijn werkgroep van speciaal belang zijn. Hierdoor kan, naar wij hopen, worden voorkomen dat elk van onze werkgroepen al te veel tijd aan documentatie moet geven en dat op drie plaatsen hetzelfde werk wordt gedaan.

Het is de bedoeling dat niet alleen de studenten en de staf van de drie samenwerkende laboratoria gebruik kunnen maken van deze documentatie, maar dat ook alle andere werkers aan de Technische Hogeschool en eventueel ook belangstellenden van buiten de Hogeschool een beroep hierop kunnen doen.

Het valt te verwachten dat vele laboratoria van de Technische Hogeschool in de toekomst voor hun onderzoekswerk gecompliceerde meet-, reken- en regelsystemen nodig hebben. Het kan daarbij

op deze gebieden gespecialiseerd zijn. Het ligt dan voor de hand dat men eerst onze centrale documentatie te hulp roept. Er zullen echter zeker gevallen zijn waarin dit niet afdoende is. Wij hopen dat het Ontmoetingscentrum als een soort intermediair zal kunnen dienen voor verdere hulp. Bij het regelmatig overleg dat naar wij ons voorstellen tussen de stafleden van de drie laboratoria zal plaatshebben, kunnen dergelijke aanvragen om advies of hulp worden besproken en kan de gezamenlijke kennis worden gebruikt om een oplossing te vinden. Er kan hierbij eventueel verwezen worden naar een van onze laboratoria als daar reeds ervaring en hulpmiddelen voor het betreffende probleem aanwezig zijn. Er zijn echter gevallen denkbaar waarin geen van onze laboratoria ervaring heeft en waar wij ook niet van plan zijn deze te verkrijgen, omdat het onderwerp niet past bij het in gang zijnde werk. In zulk een geval is het mogelijk dat wij besluiten het probleem in de laboratoriumruimte van het Ontmoetingscentrum nader te bekijken. Uiteraard moet eerst worden nagegaan of elders aan de Technische Hogeschool of daarbuiten de gevraagde ervaring reeds aanwezig is.

Uit de vorige paragrafen blijkt dat elk van onze laboratoria een uitvoerig en vrij gevarieerd onderzoeksprogramma heeft. De zeer snelle ontwikkeling van het vakgebied maakt het echter soms moeilijk aan alle nieuwe onderwerpen voldoende aandacht te schenken. De stormachtige ontwikkeling, zowel in de Verenigde Staten als in Rusland, maakt het vrijwel onmogelijk om met de kleine groep medewerkers van elk onzer laboratoria met allerlei onderwerpen op het hoogste niveau bij te blijven of vóór te komen. Een samenwerking van stafleden en studenten, waarvan sommigen meer theoretisch, anderen meer elektronisch en weer anderen meer mechanisch, pneumatisch of constructief zijn georiënteerd, zal nodig zijn om niet achterop te raken bij het werk dat in grote laboratoria elders geschiedt. Het is ook niet onmogelijk dat hieruit onder gezamenlijke verantwoordelijkheid een of meer projecten te voorschijn komen, die in de laboratoriumruimte van het Ontmoetingscentrum in een samenwerking van werktuigkundige, elektrotechnische en fysische werkers zullen worden aangepakt. Vanwege de sterk mathematische inslag van vele moderne theoretische beschouwingen is een contact met wiskundigen zeker wenselijk.

In het bovenstaande is reeds gewezen op werk dat elders in de wereld geschiedt. Contacten met werkers in andere landen is noodzakelijk. Wij stellen ons voor, deze contacten via het Ontmoetingscentrum te laten lopen teneinde duplicering of triplicering te voorkomen. Bezoek van bijeenkomsten en congressen zal ook in onderling overleg geschieden, zodat niet op de ene bijeenkomst velen van ons aanwezig zijn en op de andere geen van ons. Ook voor de ontvangst van bezoekers kan het Ontmoetingscentrum hulp bieden. Zij kunnen van daaruit

in contact worden gebracht met die laboratoria of personen die speciaal in het interessegebied van de bezoeker liggen. Nu krijgt ieder van ons op grond van toevallige relaties soms bezoekers die beter bij een van de collega's terecht hadden kunnen komen.

Het blijkt nog al eens voor te komen dat een bezoeker bereid is iets over zijn eigen werk te vertellen. Het is na al het voorgaande waarschijnlijk nauwelijks meer nodig op te merken dat een voordracht voor alle belangstellenden uit onze drie groepen in vele gevallen de voorkeur verdient. Ook het gezamenlijk vragen van een spreker of gastdocent kan perspectieven bieden. Vanzelfsprekend echter komt niet alle heil van buiten! Sommige werk- of literatuurbesprekingen van staf of studenten van een onzer laboratoria kunnen eveneens van belang zijn voor die van de andere laboratoria.

Een waarschijnlijk niet onbelangrijk punt kan het contact zijn met afgestudeerden en instanties of industrieën in en buiten Nederland. Als wij samen optreden, kunnen deze contacten meer effect hebben dan wanneer elk van ons dit afzonderlijk doet. Men kan o.a. denken aan gezamenlijke excursies, waarmee reeds een begin is gemaakt. Het gezamenlijk organiseren van discussiebijeenkomsten of cursussen voor personen buiten de Technische Hogeschool, b.v. in overleg met de Sectie Regeltechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, sluit hier nauw bij aan. Als voorbeeld kan reeds genoemd worden een cursus voor H.T.S.-leraren, die door ons drieën wordt georganiseerd. Het vak meten en regelen zal namelijk in de toekomst op vele H.T.S.-en worden onderwezen, maar dit kan eerst geschieden als de leraren hiervoor zijn opgeleid. Hiertoe is een cursus georganiseerd, waarbij achtereenvolgens aspecten van het meten, het regelen, de werktuigbouwkundige en de elektrotechnische toepassingen worden besproken. Wij hebben daarbij gepoogd de nomenclatuur en de symbolen onderling te coördineren. Ook in onze colleges proberen wij zoveel mogelijk dezelfde terminologie aan te houden, opdat studenten over en weer geen moeilijkheden hebben elkaars terminologie te verstaan.

Het is wellicht goed er nog op te wijzen dat het gezamenlijk werk nooit ten koste van het eigen werk zal mogen gaan en dat eventueel werk onder gezamenlijke verantwoordelijkheid in het Ontmoetingscentrum nooit ten koste van het eigen laboratoriumwerk mag geschieden. Een vermindering van personeel of budget van elk der drie eigen laboratoria terwille van het gezamenlijk werk is dus allerminst aanvaardbaar. Het Ontmoetingscentrum moet het eigen werk beter mogelijk maken, op hoger plan brengen, vergemakkelijken, daartoe in staat gesteld door een gezamenlijke documentatie, een uitwisseling van ervaring en een deelnemen aan projecten die anders niet zouden worden opgezet. Uiteraard blijft elk der deelnemende docenten geheel zelf-

standig ten aanzien van zijn eigen werkprogramma en heeft hij volledige zeggenschap ten aanzien van gemeenschappelijk werk.

In het bovenstaande is reeds over aanverwante vakken gesproken. De meet- en regeltechniek heeft nauwe bindingen met allerlei delen van de wiskunde, de elektronica, de communicatietechniek, de informatietheorie, de fijnmechanische constructie, de theoretische natuurkunde, de digitale en analoge rekentechnieken, de automatisering, enz. Wij zullen een regelmatige of incidentele samenwerking met collega's, die een van deze gebieden behartigen, zeer toejuichen. Wij hebben met drieën het initiatief voor samenwerking genomen. Wanneer het initiatief vruchtbaar blijkt, zal het zeer op prijs worden gesteld, indien anderen mee willen doen. Een samenwerking van deskundigen aan de Technische Hogeschool zal het niveau van het geheel slechts kunnen verhogen. Het Ontmoetingscentrum moge een hulpmiddel zijn om al diegenen te ontmoeten die op de beschreven gebieden werkzaam zijn.

Prof.ir.R.G. Boiten

Prof.ir.H.R.van Nauta Lemke

Prof.dr.ir.C.J.D.M.Verhagen