MATHEMATISCHES FORSCHUNGSINSTITUT OBERWOLFACH

Tagungsbericht 10/1978

Regelungstheorie

5.3. bis 11.3.1978

Die diesjährige Tagung über Regelungstheorie wurde von H.W. Knobloch (Würzburg) geleitet. M. Thoma (Hannover) konnte aufgrund einer Erkrankung nicht als weiterer Tagungsleiter teilnehmen.

Die 22 gehaltenen Vorträge erstreckten sich in ihrer Thematik über ein weites Gebiet der Regelungstheorie; dabei waren sowohl Vorträge mit mehr theoretischem als auch solche mit mehr anwendungsorientiertem Charakter vertreten.

Ein großer Teil der Beiträge war der Theorie nichtlinearer Systeme mit konzentrierten Parametern gewidmet, wobei die Vortragenden bestehende Resultate zum Teil präzisierten und erweiterten oder mit Hilfe anderer mathematischer Verfahren als den bisher gebräuchlichen neuartige Zugänge zu Lösungen dieser Probleme aufzeigten. Im einzelnen behandelten die Vorträge unter anderem die Anwendung von differentialgeometrischen Betrachtungsweisen und von Lie-Algebra-Methoden in der Systemtheorie, die gleichmäßige Beschränktheit von Lösungen, die Theorie der singulären Extremalen sowie Probleme der regulären Synthese.

Der Behandlung linearer deterministischer Systeme mit konzentrierten Parametern war ebenfalls eine große Zahl von Vorträgen gewidmet; neben der Untersuchung von Beobachtern, der Polvorgabe und dem inversen Optimalreglerproblem ist hier auch ein Vortrag einzuordnen, der sich verstärkt mit numerischen Problemen auseinandersetzte. Ferner wurden Fragen der Stabilität sowie der Stabilisierbarkeit erörtert, ein Thema, das auch für den Fall stochastischer Prozesse ausgeführt wurde.

Die Arbeiten über stochastische Systeme waren insgesamt nur in geringer Zahl vertreten; es wurden jedoch Ansätze zu Anwendungen aufgezeigt, die eine eingehendere Beschäftigung mit diesem Gebiet im Rahmen der nächsten Tagung nahelegen.

Auf die Systeme mit nicht konzentrierten Parametern gingen ebenfalls einige der Vortragenden ein. Neben der Behandlung von Regelungsproblemen mit Totzeit wurden partielle Differentialgleichungen vom Evolutionstyp sowohl allgemein als auch in Anwendungen erörtert.

Überhaupt fanden auch bei dieser Tagung anwendungsorientierte Probleme oder solche, die von Anwendungen motiviert waren, einen breiten Darstellungsraum. Die Palette reichte dabei von physiologischen Systemen über solche mit Wärmeleitung hin zur Regelung von Trägheitsplattformen und zu verschiedenen Verkehrsproblemen, die zum Teil die Bestimmung von Optimaltrajektorien zum Ziel hatten.

Insgesamt gesehen bildete die Optimierungstheorie die am häufigsten vertretene Einzelrichtung. Neben den erwähnten anwendungsorientierten Problemen und einem Vortrag über Differentialspiele ist hier auch die oben erwähnte erste Gruppe der Arbeiten über nichtlineare Systeme fast vollständig einzuordnen. Man könnte daher von der "Optimierung" als dem Rahmenthema der Tagung sprechen.

Diesen Ausführungen und dem Studium der Teilnehmerliste sowie der Kurzfassungen ist zu entnehmen, daß man dem Ziel der Tagung - nämlich einen Eindruck vom gegenwärtigen Stand der mathematischen Regelungstheorie und ihren Anwendungen zu vermitteln - jedenfalls in Teilbereichen recht nahe gekommen ist.

Außerhalb des Tagungsprogramms gab es lebhafte Diskussionen über das Verhältnis von Theorie und Anwendungsmöglichkeiten. P. Sagirow (Stuttgart) hat in einem Brief an die Tagungsleiter eine kritische Analyse des Teilnehmerkreises versucht und ist dabei zu einer Einteilung in vier Gruppen gelangt:

A: Die Führungsgruppe mit internationalem Niveau (11 Personen)
B: Die aktive Gruppe der Anwender (9)
C: Die passive Gruppe der Anwender (9)
D: Die Gruppe der in den Randgebieten der Regelungstheorie Tätigen (5).

Dabei erscheint bemerkenswert, daß A) zwar insgesamt relativ groß ist, aber die Bundesrepublik in dieser Gruppe etwa im Vergleich mit den Niederlanden nur schwach vertreten ist. In Gruppe B sind die Teilnehmer der Bundesrepublik mit 6 Personen gut repräsentiert, und schließlich bilden sie die Gruppe C mit 8 Personen fast vollständig. Aus dieser Aufstellung ergibt sich, daß einerseits die Regelungstheorie-Tagungen in Oberwolfach auch international Beachtung finden, andererseits aber der Rückstand der Bundesrepublik auf dem

Gebiet der mathematischen Regelungstheorie noch nicht ausgeglichen ist. - Es war aber die einhellige Meinung aller Tagungsteilnehmer, daß die Tagungen über Regelungstheorie in Oberwolfach ein geeignetes Mittel darstellen, die Entwicklung dieses Fachgebiets in der Bundesrepublik zu fördern und zu beschleunigen; sie sollten auch weiterhin im Hinblick auf dieses Ziel intensiv genutzt werden.

Teilnehmerliste

J. Ackermann, Oberpfaffenhofen
L. Arnold, Bremen
J.V. Breakwell, Stanford (USA), z.Zt. Darmstadt
R.W. Brockett, Cambridge (USA)
E.D. Gilles, Stuttgart
G. Grübel, Bochum
P. Hagedorn, Darmstadt
M.L.J. Hautus, Eindhoven (Niederlande)
P. Hildenbrand, Karlsruhe
D. Hinrichsen, Bremen
F. Kappel, Graz (Österreich)
G. Kern, Graz (Österreich)
H. Kiendl, Dortmund
H.W. Knobloch, Würzburg
H. Kwakernaak, Enschede (Niederlande)
J. Lückel, Paderborn
G. Ludyk, Bremen
R. Lunderstädt, Hamburg
M. Mansour, Zürich (Schweiz)
F. Mesch, Karlsruhe
P.C. Müller, München
A. Munack, Hannover
H. Nour Eldin, Zürich (Schweiz)
G.J. Olsder, Enschede (Niederlande)
R. Reißig, Bochum
P. Sagirow, Stuttgart
G. Schmidt, München
H. Sussmann, New Brunswick (USA) z.Zt. Paris
The Vinh Nguyen, Karlsruhe
I. Troch, Wien (Österreich)
G. Vossius, Karlsruhe
J.C. Willems, Groningen (Niederlande)
J.L. Willems, Gent (Belgien)
Y. Yavin, Beer-Sheva (Israel) z.Zt. Enschede

Vortragsauszüge

L. Arnold: Asymptotic behavior of real noise parameter-excited systems

Stability and growth of the solution x_t of

$$\dot{x}_t = A_t x_t$$

(A_t matrix-valued stationary stochastic process)
is being investigated. The problem is transformed by introducing polar coordinates

$$w_t = \frac{x_t}{|x_t|}, \quad |x_t| = |x_o| \; e^{tR_t},$$

$$R_t = \frac{1}{t} \int_0^t q(A_s, w_s)\, ds$$

$$\dot{w}_t = h(A_t, w_t) \qquad (*)$$

to the problem of investigating the long term behavior of the pair $z_t = (A_t, w_t)$.
For n = 2, there exists a (essentially) unique stationary solution (A_t, w_t^o) such that

$$R_t \to R = \text{const}$$

and

$$x_t \sim |x_o| \; e^{Rt} \, w_t^o \qquad (\text{"Floquet theory"})$$

enabling one to draw an exact stability diagram.

The method developped for the investigation of the stationary solutions of the non-linear differential equation (*) with noisy parameters is applied to the following 3 systems:

1. $\dot{x} = (\frac{1}{2} - x) - \beta_t x(1-x)$

2. $\dot{x} = l_t x - kxy$

   $\dot{y} = kxy - m_t y$

   (noisy Volterra - Lotka equations)

3. $\dot{x} = x\big((x - \frac{1}{2}) + (y - \frac{1}{2})\big)\big((x-1) + u_t(y-1)\big)$

   $\dot{y} = 4y(x - \frac{1}{2})\big((1 - y) - \frac{u_t}{2}(x-1)\big)$

   (flip - flop model) .

J. V. Breakwell: Asymptotic matching and optimal airplane climbs

If dependence of drag D on lift L is suppressed by calculating the induced drag corresponding to L = weight W, the minimum-time climb path leads, as is well-known, to discontinuities in the flight-path angle γ. The same is true for other optimal climb paths such as the maximum-altitude climb for given mass expenditure. If the reciprocal of maximum L/D is treated as a small parameter ϵ, a more complete analysis reveals that the discontinuities in γ are replaced by "boundary layer" transitions on time-scales of order $\epsilon^{1/2}$, during which L/D is of order $\epsilon^{-1/2}$ rather than ϵ^{-1}. The transition history of γ follows a certain universal pattern independent both of the airplane characteristics and of the particular optimality criterion, and the loss in payoff is found to be of order $\epsilon^{3/2}$.

R. W. Brockett: Geometric methods in system theory

There are a large number of questions in the theory of linear and nonlinear systems which can be profitably investigated using techniques from differential geometry. In this talk we want to survey some recent results of this type which illustrate the breadth of problems and techniques which have played a role in recent work. Recent results on feedback invariants for nonlinear systems and the classification problem for nonlinear systems will be discussed. Both local and global questions can be interesting in this context. Examples will be given.

G. Grübel: Aufgaben der Reglersynthese als mathematisches Realisierbarkeitsproblem

Für verschiedene regelungstheoretische Aufgabenstellungen (z.B. Entkopplung von Mehrgrößensystemen /1/, Synthese von 'Beobachtern' zur asymptotischen Realisierung von Kontrollgesetzen mit Zustandsvektorrückführung /2/) erweist es sich als vorteilhaft, das Syntheseproblem auf das Problem der Realisierbarkeit (Kausalität) eines Kontrollgesetzes in Differentialoperatordarstellung (System von skalaren Differentialgleichungen höherer Ordnung) zurückzuführen.

Dabei ergeben sich klar strukturierte Zusammenhänge zwischen den Parametern der (gegebenen) Zustandsdarstellung der Regelstrecke, den zunächst freien Parametern der Differentialoperatordarstellung des Übertragungsverhaltens bzw. Eigenverhaltens des resultierenden Gesamtsystems (Strecke + Kontrollgesetz), und den zu bestimmenden Parametern der Differentialoperatordarstellung des Kontrollgesetzes. Mit den zunächst freien Parametern sind dann jeweils Nebenbedingungen zu erfüllen: Die Realisierbarkeit /3/ des Kontrollgesetzes und die Stabilitätsgüte des resultierenden Gesamtsystems.

/1/ G. Grübel, "Die Darstellung entkoppelnder Kontrollgesetze durch Vektordifferentialgleichungen höherer Ordnung ..."
Diss. Ruhr-Universität Bochum, 1973.

/2/ G. Grübel, "Beobachter zur Reglersynthese", Habilitationsschrift
Ruhr-Universität Bochum, 1977.

/3/ G. D. Forney, "Minimal bases of rational vector spaces, with applications to multivariable linear systems", SIAM J. Control and Optimization, vol. 13, 1975, S. 493f.

M.L.J. Hautus: On the uniform boundedness of solutions of contingent equations

In the usual formulation of theorems on the existence of optimal control a number of assumptions are made on the control system, e.g. compactness of the control set, continuity or Lipschitz continuity of the system equation, convexity of the velocity set and uniform boundedness of the trajectories.

In the somewhat more general formulation of contingent equations it is shown that, if the continuity, compactness and convexity conditions are maintained, the uniform boundedness condition may be replaced by an individual boundedness condition, i.e. by the condition that each trajectory is bounded, where the bound may depend on the trajectory. More specifically it is shown that the individual boundedness implies the uniform boundedness. A counterexample shows that the result is no longer true, if the convexity condition is omitted.

This result can be generalized to the situation of a functional-contingent equation and also to the situation where the control set is not bounded.

P. Hildenbrand: Untersuchung eines Führungsproblems für ein System mit verteilten Parametern

Die Haltbarmachung von festen Lebensmitteln in Konservendosen, bei deren Temperaturbehandlung die Wärmeleitung die ausschlaggebende Rolle spielt, stellt ein Optimierungsproblem für ein System mit verteilten Parametern dar. Die allgemeine Optimierungsaufgabe läßt sich in ein nichtlineares verfahrenstechnisches und ein steuerungstechnisches Problem unterteilen. Die verfahrenstechnische Frage besteht in der Suche nach dem gewünschten optimalen Temperaturverlauf für den speziellen Inhaltsstoff bezüglich Qualität und Haltbarkeit. Die steuerungstech-

nische Aufgabe besteht darin, die Temperatur an jedem Ort der Dose der optimalen Sollfunktion nachzuführen. Diese Teilaufgabe ist somit ein Führungs- oder Tracking-Problem.
In dem Beitrag wird speziell auf das Tracking-Problem eingegangen. Dabei wird angenommen, daß die Randtemperatur, welche die Steuergröße darstellt, beschränkt ist. Zur Problemlösung wird die Butkovskiysche Formulierung des Maximumprinzips verwendet. Die Optimalitätsbedingungen werden in Form von Integralgleichungen angegeben. Hierzu werden mögliche Lösungsverfahren dargestellt.

F. Kappel: Approximationsmethoden für Controlprobleme mit Totzeit

Ein Controlproblem mit Totzeit hat im einfachsten Fall folgende Gestalt:
Minimisiere ein gegebenes Kostenfunktional, etwa

$$J(x,u) = a|x(T) - \zeta|^2 + b\int_{T-r}^{T} |x(s)-\xi(s)|^2 ds + \int_0^T x^T(s)Rx(s)ds + \int_0^T u^T(s)Uu(s)ds$$

unter der Nebenbedingung

$$(1) \qquad \dot{x}(t) = A_0x(t) + A_1x(t-r) + Bu(t),\ t \geq 0,$$
$$x(s) = \varphi(s) \text{ für } s\in[-r,0),\ x(o) = \eta \in R^n.$$

Hierbei sind die Endzeit T, die Anfangsdaten η, φ, die Zielwerte ζ,ξ und die Klasse der zulässigen Controlfunktionen vorgegeben. Für die numerische Lösung derartiger Probleme haben sich Methoden als nützlich erwiesen, bei denen die Differenzen-Differentialgleichung (1) durch eine Folge von gewöhnlichen Differentialgleichungen ersetzt wird. Im Vortrag wird ein Oberblick über die bisher in diese Richtung erzielten Resultate gegeben.

G. Kern: Stabilisierung von linearen Systemen mit Hilfe periodischer Funktionen

Ausgehend von dem bekannten Problem der Stabilisierung der instabilen Gleichgewichtslage eines Pendels durch Anbringung einer Vertikalschwingung am Aufhängepunkt, entwickelte S.M. Meerkov 1973 die "Schwingungskontrolltheorie". Er formulierte die Problemstellung, kann die Differentialgleichung $\dot{x} = Ax$, $A = (a_{ij})$,

mit Hilfe einer Matrix $B(t) = (b_{ij}(t))$, $b_{ij}(t) = \sum_s \alpha_{ij}^s \sin(\omega_{ij}^s t + \psi_{ij}^s)$, stabilisiert werden, d.h. welche Eigenschaften müssen die Elemente der Matrix A besitzen, damit das System $\dot{x} = (A + B(t))x$ asymptotisch stabil ist.
In dieser Arbeit soll untersucht werden, gibt es für ein vorgegebenes (instabiles) System $\dot{x} = Ax$ eine periodische Matrix $B(t)$, mit der Periode ω, so daß die charakteristischen Exponenten des Systems $\dot{x} = (A + B(t))x$ in einer vorgegebenen Menge S liegen. Weiters wird die Stabilisierung von zeitvarianten linearen Systemen $\dot{x} = A(t)x$ mit Hilfe von verallgemeinerten periodischen Matrizen $B(t)$, $B(t) = B(v(t))$, $v(t)$ absolut stetig und $v(t) > t$, untersucht.

H.W. Knobloch: Singuläre Extremalen

Betrachtet werden dynamische Optimierungsprobleme in der üblichen Form:
Minimiere $\Phi(x(t_e))$ unter den Nebenbedingungen $\dot{x} = f(x,u)$, $u \in U$, $x(0) \in M_0$, $x(t_e) \in M_1$.
Ein singulärer Bogen ist ein Teil einer optimalen Lösung $(x(t),u(t))$, für den die Bedingung $u(t) \in \operatorname{int} U$ erfüllt ist. Die Theorie der singulären Extremalen befaßt sich mit notwendigen Bedingungen, die zusätzlich zum Maximumprinzip entlang eines singulären Bogens gelten. Im Vortrag wird eine Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Theorie gegeben, insbesondere wird die sogenannte verallgemeinerte Clebsch-Legendre-Bedingung in neuer und gegenüber dem bisher Bekannten wesentlich verschärfter Form vorgestellt. Es geschieht dies auf dem Hintergrund eines neuartigen Zuganges zu dem Problemkreis, bei dem vor allem der Rückgriff auf tiefliegende Resultate der Lie-Algebra-Theorie entbehrlich wird. An ihre Stelle treten zwei elementare, aber auf die spezielle Problemstellung besser zugeschnittene Prinzipien.

H. Kwakernaak: Filtering with counting process observations

In many practical situations, a system may be observed by counting process observations. A quite general filtering problem formulation with counting process observations will be given, together with a basic theorem concerning its solution, developed a few years ago by groups at the University of California at Berkeley and at Stanford University. To illustrate these results, their application to the estimation of the parameter of a poisson process is described, as well as to estimation problems arising in traffic control.

R. Lunderstädt: Energieoptimale Steuerung und Regelung von Unterwasserfahrzeugen

Ausgehend von vereinfachten Bewegungsgleichungen werden energieoptimale Steuer- und Regelgesetze für die Translationsbewegung von Unterwasserfahrzeugen hergeleitet. Dabei liegen konstante, lineare und quadratische Strömungsprofile zugrunde. Ein Teil der Ergebnisse wird numerisch mit Hilfe des verallgemeinerten NEWTON-RAPHSON-Verfahrens ermittelt.
Bei der Regelung ergibt sich ein lineares zeitvariables Regelgesetz aufgrund der Lösung einer RICCATI-Matrixdifferentialgleichung. Das Regelgesetz enthält ein Prädiktionsglied. Die Güte der Regelung wird anhand verschiedener Simulationsbeispiele nachgewiesen.

M. Mansour: Stabilitätsreserven bei linearen kontinuierlichen und diskreten Systemen

Es werden zunächst die zeitbeschwerten Flächenintegrale für lineare kontinuierliche Systeme als Funktion der Elemente der Schwarzmatrix und der Anfangsbedingungen berechnet. Die Stabilitätsreserve kann bestimmt werden in Funktion der Flächenintegrale für bestimmte spezielle Anfangszustände. Analoge Resultate können erzielt werden für lineare diskrete Systeme. Es wird gezeigt, daß die Schwarzform einige Vereinfachungen mit sich bringt.

P.C. Müller: Zur Theorie optimaler Zustandsbeobachter

Beim Entwurf optimaler, linearer, zeitinvarianter Mehrgrößenregelsysteme nach dem quadratischen Integralkriterium verschlechtert sich der Kriteriumswert, wenn zur Verwirklichung des Regelgesetzes ein Zustandsbeobachter verwendet wird.
Die Minimisierung dieser Kriteriumsabweichung dient zur Festlegung optimaler Beobachterverstärkungen. Während sich nach dieser Methode für einen Minimalbeobachter endliche Beobachterverstärkungen und endliche Pole ergeben, treten für Beobachter höherer Ordnung unendliche Verstärkungen auf. Die zugehörigen Pole gruppieren sich dabei in endliche und unendliche Werte und bilden eine verallgemeinerte Butterworth-Konfiguration. Die Gruppe der endlichen Pole stimmt mit den Polen des Minimalbeobachters überein. Während die Realisierung eines Beobachters höherer Ordnung nur suboptimal mit endlichen Verstärkungen durchgeführt werden kann, läßt sich der optimale Minimalbeobachter direkt verwirklichen. Gemäß dem genannten Entwurfskriterium erweist sich daher der optimale Minimalbeobachter als optimal in der gesamten Klasse der Luenberger'schen Zustandsbeobachter.

A. Munack: Adaptive Steuerung von Systemen mit verteilten Parametern

Bei vielen technischen Prozessen, die durch partielle Differentialgleichungen beschrieben werden, sind einige der Systemparameter nicht im voraus vollständig bestimmbar. In diesen Fällen bietet sich eine adaptive Regelung oder - wenn das Regelgesetz nur schwer berechenbar ist - eine adaptive Steuerung derartiger Prozesse an.

Ausgehend von der Theorie der optimalen Steuerung von Systemen mit verteilten Parametern können adaptive Steuerungen unterschiedlicher Struktur angegeben werden. Zwei dieser Möglichkeiten, die aus der Literatur bekannte adaptive Steuerung ohne Identifikation sowie eine adaptive Steuerung mit Parameteridentifikation, werden untersucht und anhand eines Beispiels demonstriert.

H. Nour-Eldin: Gutartige Numerik zu Kronecker-Indizien und Eingangs/Ausgangs-Transfermatrix im Prim-Matrix-Produkt

Die numerische Bestimmung von Kronecker-Indizien n_j, $\sum_{1}^{r} n_j = n$ einer Zustandsdarstellung {A,B,C} oder einer Matrixübertragungsfunktion g(p) ist für die Analyse und Synthese von mehrfachen Systemen von großer Bedeutung. Auch die Gewinnung des Prim-Matrix-Produktes $g(p) = c(p)\,\Delta_r^{-1}(p) = \Delta_m^{-1}(p)\,B(p)$ bei minimalem Grad der Spalten des Polynoms $\Delta_r(p)$ (bzw. Zeilen von $\Delta_m(p)$) ist für die oben genannten Zwecke von zentraler Bedeutung.

Die Methode zur Bestimmung der Kronecker-Indizien n_j ist eine Verallgemeinerung der vom Verfasser verwendeten Hessenbergform [1] für Steuerbarkeits/Beobachtbarkeitsprüfung; Polynomfestlegung und Minimalrealisierung [2]. Nur gutartige Transformationen wie Householder unitäre Transformationen oder stabilisierte Elementartransformationen werden zugelassen [3]. Die Transformationen zur neuen Block-Hessenbergform ergibt direkt die Kronecker-Indizien (ohne Aufstellung der Steuerbarkeitsmatrizen) durch die Anzahl der auftretenden Außendiagonalblöcke. Gleichzeitig ist diese Form eine Steuerbarkeitsprüfung (bzw. Beobachtbarkeitsprüfung) und eine minimale Realisierung. Eine neue verallgemeinerte Rekursion für die resultierende Polynomgleichung $[\lambda I - A]\,[X(\lambda)] = \begin{bmatrix} 0 \\ I \end{bmatrix} \Delta_r(\lambda)$ ergibt die gewünschte Matrix-Fraktion-Darstellung, wobei stets $\text{Grad}^r\,[j\text{-te Spalte von } \Delta_r(\lambda)] = n_j$ ist.

[1] Nour Eldin H.A.: Polynomfestlegung für Mehrgrößenregelsysteme Regelungstechnik 22 (1974), Heft 9, S. 286-287

[2] Nour Eldin H.A.: Minimalrealisierung der Matrix-Obertragungsfunktion Regelungstechnik, Heft 3 (1977), S. 82-87

[3] Wilkinson J.M.: The Algebraic Eigenvalue Problem, Claridon Press, Oxford 1965.

G.J. Olsder: Conic surveillance evasion

A surveillance evasion differential game of degree with a detection zone in the shape of a 2-dimensional cone is posed. The nature of the optimal strategies and the singular phenomena of the value function are described and correlated to subsets of the space of all possible parametercombinations, showing the relation of the singular phenomena in differential game theory and control theory.

R. Reißig: Eine Bemerkung zum Invarianzprinzip

Partielle Differentialgleichungen vom evolutorischen Typ, die auch für Regelungsprobleme von Bedeutung sind, lassen sich auf die Form bringen:
$\dot{x} = f(x)$, $x \in X$ (normierter linearer Raum). Hierbei ist $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$; der Operator f schließt Differentiationen nach den Ortskoordinaten ein. Setzt man die bekannten Eigenschaften des semidynamischen Systems voraus, so lassen sich die üblichen Begriffe der Theorie der dynamischen Systeme übertragen. Schwerwiegend ist jedoch die Einschränkung, daß eine positive Halbtrajektorie relativ kompakt sein muß, damit eine nicht-leere ω-Grenzmenge existiert, bezüglich der Attraktivität besteht. Dementsprechend muß auch das Invarianzprinzip abgeändert werden: Sei $V: X \to \mathbb{R}$ eine stetige Abbildung, $\dot{V} \leqq 0$. Sei $E = \{x \in X: \dot{V}(x) = 0\}$, $M \subset E$ größte invariante Teilmenge. Dann gilt $\lim_{t\to\infty} d(\pi(t,x),M) = 0$, falls $\gamma^{+}(x)$ relativ-kompakt.
Dies ist auch dann der Fall, wenn $\pi(t,x)$ schwach stabil und $\gamma^{+}(x')$ relativ kompakt für alle $x' \in X' \subset X$, $\overline{X'} = X$. Als Beispiel wird die verallgemeinerte Wellengleichung erwähnt.

H. J. Sussmann: Analytic stratifications and regular synthesis

Using the theory of subanalytic sets (Hardt, Hironaka) it is shown that the existence of a priori bounds on the number of switchings needed to connect two states of an analytic control problem, implies that there is a regular synthesis in a sense similar - but not identical - to that of Boltyanski. This, in particular, covers the case of linear time optimal problems, thus extending a result of Brunovski.

G. Vossius: Probleme der funktionellen Stimulation gelähmter Muskeln

Für die funktionelle Stimulation gelähmter Muskeln kann die physiologische (normale) Verfahrensweise zur Erzeugung sinnvoller Bewegungen nur bedingt nachgebildet werden. U.a. fehlt einmal die multifokale differenzierte Auslösung der Kontraktion, zum anderen ist die vielfältige Rückmeldung über Muskel-, Haut- und Gelenkrezeptoren nicht mehr vorhanden. Um das an sich einfache Regelkonzept "Wegvorgabe minus Gliedmaßenposition → Wegfehler → Kraftverlauf an der Gliedmaße → Reizgrößenverlauf → Muskelkontraktion → Gliedmaßenposition" durchführen zu können, müssen einige Randbedingungen durch laufende adaptive Kontrolle konstant gehalten werden:

1. die Stabilisierung der Gliedmaße in einem Parallelregelkreis;
2. die Vermeidung einer überschießenden Kontraktion im Schwellenbereich;
3. die Bestimmung der Reizstärke - Reizerfolgbeziehung über den gesamten Bereich, auch bei Ermüdung;
4. die Veränderung der Gliedmaßendynamik bei Ergreifen eines (größeren) Gegenstandes.

Die sich hieraus ergebende Systemstruktur und ihre Konsequenzen werden diskutiert.

J.C. Willems: Generic properties of the pole placement problem

The problem which we will consider is to find a controller $\dot{z} = Fz + Gy$; $u = Hz + Ky$ for the linear system $\dot{x} = Ax + Bu$; $y = Cx$ such that the closed loop system has its poles at preassigned locations in the complex plane. If the system has n states, m inputs, and p outputs then it will be shown that the order q of the compensator must satisfy $q(m + p - 1) + mp \geq n$. However, it will be shown that this condition is not sufficient in the case $q = 0$, i.e. $mp \geq n$ does not imply that generically the poles of $\dot{x} = (A+BKC)x$ can be picked by choosing K. Various other results on this problem will be given and compared with the existing literature.

J.L. Willems: The inverse optimal control problem for linear discrete-time systems

In this lecture the inverse optimal control problem for discrete-time linear systems is discussed. A criterion is derived for the existence of a solution. The criterion is compared to the corresponding criterion available for continuous-time systems; the differences are explained and the consequences on the properties of an optimal feedback system are discussed, in particular with respect to perturbation, sensitivity, phase and amplitude margins, and stability for nonlinear actuator gains.

Y. Yavin: Proper representation and optimal control of a nonlinear stochastic system

An optimal control problem für a nonlinear stochastic n-order system is treated. The system is subjected to some kind of coloured noise, for which the system's state does not constitute a Markov process. By applying a Girsanov-type transformation a representation and a probability measure are constructed such that the state of the system, in this representation, is a Markov process with respect to the constructed probability measure. Then, by applying calculus of variations, necessary conditions on the optimal control are derived. These conditions are given by a pair of coupled nonlinear partial integro-differential equations. However, in order to compute the optimal controls, it is enough to solve only the first one of these equations.

A. Munack (Hannover)