

Systemtheoretische Probleme der Mechanik

6.8. bis 12.8.1972

Nach zweijähriger Pause wurde wiederum eine Tagung zu dem obengenannten Thema durchgeführt. Die Tagung stand unter der Leitung von K. Magnus (München). Die bewußt an einen relativ kleinen Kreis von Interessenten geschickten Einladungen fanden reges Interesse. Leider jedoch gab es insbesondere bei Teilnehmern aus fernerer Ländern (USA, Kanada, UdSSR) einige kurzfristige Absagen auch von solchen Teilnehmern, die bereits Vorträge angemeldet hatten. Trotz dieser Absagen kann die Tagung als sehr erfolgreich bezeichnet werden. Insgesamt wurden 15 Vorträge gehalten, über die teilweise sehr ausführlich diskutiert wurde. 24 wissenschaftliche Teilnehmer und 4 Begleitpersonen waren in Oberwolfach anwesend. Als besonders fruchtbar stellte sich heraus, daß die Teilnehmer nicht nur von Universitäten, sondern auch aus Forschungsinstituten und der Industrie gekommen waren. Es waren Mathematiker, Physiker, Ingenieurwissenschaftler des Maschinenbaus und der Elektrotechnik anwesend. Diese Zusammensetzung garantierte lebhaft und fruchtbare Diskussionen.

Im Verlaufe der Tagung haben sich die folgenden vier Schwerpunkte herausgestellt:

1. Fragen der Aufstellung und Transformation der Bewegungsgleichungen von Mehrkörpersystemen. Ausgehend von den klassischen Formen, die auf Lagrange (Energimethode) und Euler (Drallsatz) zurückgehen, sind im Verlauf der letzten Jahre von mehreren Autoren allgemeine Formen von Bewegungsgleichungen aufgestellt worden, die auf

kompliziertere Strukturen von Mehrkörpersystemen angewendet werden können. Beherrscht werden zur Zeit Systeme mit Ketten- und Baumstruktur. Dagegen sind die bisherigen Ansätze zur Berechnung von Systemen, die Ringe enthalten, noch unbefriedigend. Hier bereitet die Elimination der verallgemeinerten Kräfte Schwierigkeiten.

2. Fragen der Stabilität und der Optimierung von Systemen, die durch gewöhnliche Differentialgleichungen beschrieben werden können. Hier ist zweifellos einer der Schwerpunkte das Auffinden von globalen Aussagen, die aus der Struktur der in die Gleichungssysteme eingehenden Matrizen auf die Stabilität zu schließen gestatten. Der bekannte klassische Satz von Thomson und Tait, von Četaev präzisiert, ist in den letzten Jahren erheblich verallgemeinert worden. Dabei wurden auch semidefinite Dissipationsfunktionen zugelassen, die insbesondere bei Anwendungen in der Raumfahrt von praktischer Bedeutung sein können. Es wurde der Begriff der "durchdringenden Dämpfung" geschaffen, die sich mathematisch in gleicher Weise erfassen läßt wie die "Steuerbarkeit" von Regelsystemen. Bei den Optimierungen ist nach wie vor die Frage des Aufbaus der Gütekriterien Gegenstand heftigen Meinungsstreits. Teilweise wird versucht, durch Einführung von "Überkriterien", d.h. durch eine Kopplung verschiedener Kriterien mit gewissen Vorrang-eigenschaften, die vorhandenen Schwierigkeiten zu überwinden.
3. Stochastische Erregungen von Mehrkörpersystemen, die auch für eine Beurteilung der Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit von Bedeutung sind, gewinnen zunehmend an Interesse. Die bisher häufig auf "weißes Rauschen" beschränkten Untersuchungen genügen noch nicht den Wünschen, die von der Praxis gestellt werden.

4. Im Zusammenhang mit der mathematischen Behandlung von Mehrkörpersystemen hoher Ordnung interessieren Fragen der geeigneten mathematischen Darstellung und damit verbunden einer computergerechten Auswertung. Diese rechen-technischen Probleme lassen sich oft nicht von den physikalisch-mechanischen Fragestellungen trennen.

Neben Vorträgen zu den genannten vier Schwerpunkten wurden auch die folgenden Probleme behandelt:

Lageregelung und Stabilität von Satelliten,  
kritische Drehzahlen schnellaufender Rotoren,  
die Berechnung sehr allgemeiner Pendelsysteme und  
eine exakte Lösung für die Bewegungen eines Gyrostaten.

Bei der am Ende der Tagung durchgeführten ausführlichen Diskussion hat sich herausgestellt, daß man die folgenden Problemkreise als noch nicht ausreichend gelöst, zugleich aber als aktuell und zukunftssträchtig betrachten kann:

1. Die Berechnung von Mehrkörpersystemen, bei denen Systeme starrer Körper mit kontinuierlich ausgedehnten Systemen gekoppelt sind. Ein paar Beispiele hierfür sind starre Satelliten mit elastischen Auslegern (Antennen) oder Satelliten, die zum Zwecke der Dämpfung von Nutationsschwingungen flüssigkeitsgefüllte Hohlräume, z.B. Ringrohre, besitzen. Wegen der praktischen Bedeutung sind zwar einige heuristische Ergebnisse erarbeitet worden, sie lassen jedoch den Wunsch nach einer umfassenden Klärung der dabei auftretenden neuartigen Probleme noch offen. Derartige hybride Systeme interessieren außer in der Raumfahrt vor allem auch noch in der Energietechnik (Turborotoren) und in der Verfahrenstechnik (Rührwerke und Zentrifugen).
2. Auch nach dem Abflauen der nichtlinearen Mode muß festgestellt werden, daß nichtlineare Effekte auch weiterhin von großem praktischem und damit auch theoretischem Interesse sind. Gerade die Fortschritte in der linearen System-

theorie legen den Wunsch nahe, nun auch bei nicht-linearen Systemen wieder nachzuziehen.

3. Systeme mit zufälligen Störungen oder zufälligen Änderungen der vorkommenden Parameter werden in Zukunft noch intensiver untersucht werden müssen.
4. Fragen der geeigneten Form mathematischer Modelle für mechanische Systeme sind nach wie vor aktuell, zumal es sich immer mehr herausstellt, daß allgemeingültige Rezepte hier nicht gegeben werden können.

Die von den Teilnehmern als sehr erfolgreich empfundene Tagung ließ den Wunsch aufkommen, in etwa zwei Jahren eine Zusammenkunft mit ähnlichem Ziel zu wiederholen. Dabei könnte es sein, daß das Thema aus praktischen Gründen etwas eingeeengt wird, jedoch sollte jede Abkapselung nach Möglichkeit vermieden werden, um der Gefahr einer Sterilität zu entgehen.

#### Teilnehmer

F. Buttazzoni, Trieste	F. Pfeiffer, Ottobrunn
M. Frik, Stuttgart	H. Pichert, München
R. Habeck, München	K. Popp, München
M. Hiller, Stuttgart	P. Sagirow, Stuttgart
E. Hofer, Stuttgart	G. Schweitzer, München
B. Jovanović, Novi Sad (Jug.)	L. Sobrero, Udine
P. Lohmeier, München	H. Troger, Wien
R. Lunderstädt, Karlsruhe	P. Weidner, Jülich
K. Magnus, München	P. Y. Willems, Heverlee
A. Marzollo, Trieste	J. Wittenburg, Hannover
P. Müller, München	K. Zeller, München
F. W. Ossenberg-Franzes, München	J. Zeman, Wien

## Vortragsauszüge

### M. FRIK: Zur Stabilität parametererregter Satellitenschwingungen.

- Untersucht wird die Stabilität der Gleichgewichtslage eines Satelliten, der sich auf einer Kreisbahn um die Erde befindet und unter dem Einfluß von Gravitations- und aerodynamischen Momenten steht. Da die Luftdichte zeitlich veränderlich ist, treten sowohl bei der Nickbewegung als auch bei der gekoppelten Roll-Gier-Bewegung des Satelliten parametererregte Schwingungen auf. Weil der zeitliche Verlauf der Luftdichte  $\rho$  nicht genau vorherbestimmt werden kann, wird  $\rho(t) = \rho_0 + r(t)$  angenommen, wobei  $r(t)$  eine beliebige Funktion der Zeit ist, die der Beschränkung  $|r(t)| \leq \Delta \rho$  genügt. Durch Anwendung des Kreiskriteriums von Sandberg können hinreichende Bedingungen für asymptotische Stabilität der Gleichgewichtslage angegeben werden. Die Abhängigkeit der Stabilitätsgebiete von den Systemparametern wird diskutiert.

### M. HILLER: Stabilisierung räumlicher Drehbewegungen durch Massenverschiebung mit chattering.

Kleine Schwingungen eines gravitationsstabilisierten Satelliten, der auf einer Kreisbahn umläuft, können durch zwei- oder dreimalige Änderung der Trägheitsmomente abgebaut werden. Dabei ist die dritte Etappe des Dämpfungsvorganges instabil: die Rollbewegung und die Nickbewegung verlaufen in der Phasenebene auf Asymptoten. Diese unerwünschte instabile Bewegung, die gegen Störungen besonders empfindlich ist, kann durch Einführung einer Gleitbewegung (chattering) beseitigt werden. Die Konfiguration der

Trägheitsmomente ist jetzt abwechselnd stabil und instabil, und der Wechsel erfolgt im Idealfall in verschwindenden Zeitintervallen. Für die technische Realisierung kann man die ideale Bewegung durch eine Bewegung ersetzen, bei welcher die Anzahl der Trägheitsmomentenwechsel endlich ist. Diese Bewegung ist jetzt insgesamt stabil und gegenüber Störungen weniger empfindlich.

E.P. HOFER: Zeitoptimales Ausrichten eines nicht starren Satelliten.

Betrachtet wird die gekoppelte Roll-Gierbewegung eines auf einer Kreisbahn umlaufenden Gravitationsstabilisierten Satelliten. Durch Veränderung der Trägheitsmomente soll der Satellit möglichst gut auf seine relative Gleichgewichtslage ausgerichtet werden; der Ausrichtvorgang soll zeitoptimal erfolgen. Diese Fragestellung führt auf ein bilineares Optimierungsproblem mit vorgegebenem Anfangszustand und gegebener Zielmannigfaltigkeit. Eine optimale Synthese ist für dieses 4-dimensionale nichtlineare Problem nahezu unmöglich. Es wird daher eine suboptimale Lösung, bestehend aus einer Übergangsphase und einer optimalen Bewegungsphase, vorgeschlagen. Es zeigt sich, daß man für jeden vorgegebenen Anfangszustand immer unter mehreren suboptimalen Lösungen auswählen kann.

B.D. JOVANOVIĆ: Kleine Schwingungen von Systemen von mathematischen Pendeln mit Dämpfung und Federung.

Es ist ein nichthomogenes räumliches Schwingungssystem, das aus  $i$  mal  $j$   $k$ -fachen mathematischen Pendeln besteht, deren obere Enden zu Knotenpunkten eines festen, waagrechten, aus  $i-1$  mal  $j-1$  rechteckigen Maschen zusammengesetzten ebenen Gitters geknüpft sind, betrachtet worden. Die Maschen mit einer gemeinsamen Seite haben die ihr parallelen Seiten gleich. Der Faden, von welchem vorausgesetzt wird, daß er ein unbiegsamer Stab ist, der eine vernachlässigbare Masse und die Länge  $l_{pqr}$  hat, ist im Abstand  $H_{pqr}$  von dem Schwerpunkt des vorangehenden Massenpunkts mit einem Dämpfer, der eine zur Geschwindigkeit proportionale Dämpfung mit der Dämpfungskonstante  $b_{pqr}$  hat, verbunden. Weiterhin ist jeder Faden im Abstand  $h_{pqr}$  von dem Schwerpunkt des vorangehenden Massenpunkts durch eine Feder, die die Federkonstante  $c_{pqr}$  hat, mit den benachbarten Fäden verbunden. Die Massenpunkte mit der Masse  $m_{pqr}$  seien am unteren Ende des Fedens befestigt.

Das Schwingungssystem führt im Schwerfeld kleine Schwingungen um die senkrechte stabile Gleichgewichtslage aus.

In Matrixschreibweise werden die charakteristischen Gleichungen für den Fall von nichthomogenem Schwingungssystem, sowie für den Fall von homogenem Schwingungssystem und weitere Sonderfälle angegeben. Daraus werden einige Gesetzmäßigkeiten und Folgerungen hervorgehoben.

R. LUNDERSTÄDT: Optimale Steuerungen für drall-  
stabilisierte Flugkörper mit variablem Spin.

Höhenforschungsraketen sind in vielen Fällen drallstabilisiert. Wegen der großen aerodynamischen Kräfte beim Aufstieg ist ihre Spindrehzahl sehr hoch. Dies ist von Nachteil für Ausrichtmanöver, da die Steuertriebwerke den Widerstand von größeren Kreiselmomenten überwinden müssen, was Steuerzeit und Treibstoffverbrauch kostet. Es wird untersucht, inwieweit Zeit und Verbrauch eingespart werden können, wenn während der Ausrichtmanöver eine Reduzierung der Spindrehzahl vorgenommen wird.

Das Optimierungsproblem wird in allgemeiner Form formuliert und mit Hilfe des Maximumprinzips gelöst. Steuergrößen sind die Beträge von zwei Schubkräften sowie ein Steuerwinkel. Zunächst wird der Sonderfall der optimalen Nutationsdämpfung untersucht. In diesem Fall wird für das Optimierungsproblem eine geschlossene Lösung angegeben. Die optimalen Trajektorien sind Archimedische Spiralen in der Winkelgeschwindigkeits-ebene. Im Fall der optimalen Lage-Winkelgeschwindigkeitssteuerung sind nur numerische Lösungen möglich. Diese werden mit Hilfe eines geeigneten Digitalprogramms berechnet. Dabei zeigt sich, daß bei Abbremsung der Spinbewegung ca. 30 % an Steuerzeit bzw. Treibstoffverbrauch eingespart werden können, verglichen mit dem Fall ohne Abbremsung.



A. MARZOLLO:  $\epsilon$ -Controllability Conditions in the Presence of Noise with Unknown Statistics.

Given a linear continuous system with noise entering linearly the considered problem is the one of finding an algorithm for the determination of  $\epsilon$ -controllability conditions, that is of conditions for the reachability at  $t_1$  of a given sphere  $A$  around a given point  $x_1$  starting from  $x_0$  at time  $t_0$ , with controls bounded in norm by a given constant  $\rho$ , when the noise is supposed to be norm-bounded by a given constant  $\rho'$ .

By the definition of an appropriate subset  $A'$  of  $A$  and use of separation theorem for convex compact sets, these conditions are found. Subsequently, by the definition of appropriate norms, decomposition algorithm is given which allows to reduce the computation of these conditions to the computations of the minimum of 4 convex functions over the unit sphere of the metric spaces induced by the mentioned norms. Some relations between this controllability problem and min-max problems are given.

P.C. MÜLLER: Matrizenmethoden der Stabilitätstheorie linearer Systeme.

Es wird das Stabilitätsverhalten linearer autonomer mechanischer Systeme betrachtet. Das mathematische Modell lautet

$$M \ddot{y}(t) + (D + G) \dot{y}(t) + (K + N) y(t) = 0,$$

wobei  $y(t)$  der Lagevektor und  $M=M^T > 0$ ,  $D = D^T$ ,  $G = -G^T$ ,  $K = K^T$ ,  $N = -N^T$  die Massen-, Dämpfungs-, gyroskopische, konservative und nichtkonservative Fesselungs-Matrizen sind. Stabilitätsuntersuchungen für diesen Differentialgleichungstyp treten bei Satellitenlageregelungen, bei Kreiselssystemen oder bei Knicklastproblemen elastischer Systeme auf. Mit Hilfe der Begriffe der Steuerbarkeit und der Beobachtbarkeit dynamischer Systeme sowie der Ljapunovschen Stabilitätsmatrizengleichung lassen sich verschiedene Stabilitätssätze vom Thomson-Tait-Chetaev-Typ herleiten. Diese werden in einer zusammenfassenden Übersicht vorgetragen.

F. OSSENBERG: Bewegungsgleichungen von Mehrkörpersystemen unter Berücksichtigung translatorischer und rotatorischer Differenzbewegungen.

Von Hacker/Margulies, Roberson/Wittenburg und anderen wurden Verfahren zur Aufstellung der Bewegungsgleichungen eines  $n$ -Körpersystems angegeben. In fast allen Arbeiten wurden folgende zwei Einschränkungen gemacht:

1. Benachbarte Teilkörper müssen so miteinander verbunden sein, daß sie nur rotatorische Bewegungen gegeneinander ausführen können.
2. Das Gesamtsystem muß so beschaffen sein, daß es topologisch eine Baumstruktur darstellt.

Auf diese Weise können Systeme mit maximal  $3(n+1)$  Freiheitsgraden beschrieben werden.

In dem Vortrag wird ein Verfahren zur Aufstellung der Bewegungsgleichungen eines  $n$ -Körpersystems angegeben, bei dem die erste Einschränkung fallengelassen wird, d.h., daß zusätzlich zu den rotatorischen Bewegungen benachbarter Teilkörper davon unabhängige translatorische Bewegungen zweier Punkte dieser Teilkörper gegeneinander zugelassen werden. Auf diese Weise können Systeme mit maximal  $6n$  Freiheitsgraden beschrieben werden.

Es zeigt sich, daß auf diese Weise auch räumliche Ringstrukturen beschrieben werden können, wenn mindestens eine dreiaxige translatorische Bewegungsmöglichkeit vorliegt.

F. PFEIFFER: Dynamik eines Satelliten mit flexiblen Sonnenpanels.

Es wird das dynamische Verhalten eines dreiachsenstabilisierten Satelliten mit elastischen ausrollbaren Solarpanels, mit einem starr montierten Drallrad und mit einem Dämpfer vom Pendeltyp untersucht. Die Roll-Gier-Bewegung des Satelliten wird über einen Modulator mit vorgeschaltetem PD-Netzwerk geregelt. Die Bewegungsgleichungen werden nach Methoden der Vektormechanik hergeleitet, und der Einfluß der elastischen Solarzellenflächen wird über die Lagrange'schen Gleichungen berücksichtigt, wobei die elastischen Deformationen über eine Entwicklung nach Eigenfunktionen erfaßt sind. Das Eigenschwingungsverhalten der Panel selbst kann für deren Transversal- und Torsionschwingungen analytisch behandelt werden.

Der Satellit ohne Regelung ist in allen Fällen stabil. Mit Regelung können bei ungeschickter Wahl der Regelparameter Instabilitäten auftreten, die natürlich zu vermeiden sind. Die Ergebnisse einer Systemsimulation zeigen außerdem, daß die Panelelastizität, die je Schwingungsmodus in erster Näherung einem zusätzlichen Feder-Masse-System entspricht, zu größeren Grenzyklen bei der Roll-Gier-Regelung führt. Bei der Nickbewegung muß darauf geachtet werden, daß der Drehmechanismus der Panel im Zusammenspiel mit der Nickregelung nicht zu Instabilitäten führt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Dynamik eines drallradstabilisierten Satelliten mit großflächigen und flexiblen Solarzellenauslegern weniger Stabilitäts- als vielmehr Genauigkeitsprobleme bei der Erdausrichtung verursacht. Die elastischen Effekte müssen daher bei einer Reglerauslegung in jedem Falle berücksichtigt werden.

H. PICHERT: Bewegungsverhalten eines elastisch gelagerten Rotors mit innerer Dämpfung.

Schnellaufende, schlanke Rotoren neigen bei hohen Drehzahlen zu Instabilitäten. Zur Untersuchung wird ein theoretisches Modell mit 11 Freiheitsgraden gewählt, bei dem der ursprüngliche Rotor aus zwei Teilrotoren besteht, die durch ein torsionssteifes Gelenk miteinander verbunden sind. In diesem Gelenk wirkt proportional zum Knickwinkel eine Rückstellkraft und proportional zur Knickwinkelschwindigkeit eine Dämpfungskraft. Der rotations-symmetrische Aufbau des Systems erlaubt eine komplexe Zusammenfassung der Bewegungsgleichungen. Es zeigt sich, daß ab einer gewissen Drehzahl das System instabil wird. Diese kritische Drehzahl ist direkt abhängig von der Gelenkfederkonstanten, jedoch unabhängig von der Gelenkdämpfungskonstanten. Die dabei auftretende kritische Eigenbewegung wird durch ein einfaches Ersatzsystem angenähert, das eine Gleichung für die kritische Drehzahl liefert. Diese Näherungsgleichung wird in einem größeren Parameterraum überprüft.

Eine Überprüfung des theoretischen Modells bzw. der Bewegungsgleichungen erfolgt mittels eines Versuchsmodells. Der Amplituden- und Phasenverlauf bei der Störungsrechnung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Versuch und Berechnung. Die höchste Resonanzstelle, bei der Instabilität auftritt, wird durch Fremderregung des Systems nachgewiesen. Ein abschließender Versuch zeigt die Instabilität des Systems an dieser Resonanzstelle.

K. POPP: Optimalitätsuntersuchung mechanischer Systeme.

Es wird eine Methode zur Optimalitätsprüfung linearer, diskreter mechanischer Systeme vorgeschlagen, die sich zur Untersuchung von Kreisel- und Schwingungssystemen, bestehend aus starren Körpern, Federn, Dämpfern und/oder Stellmotoren eignet. Zur Beurteilung der Optimalität wird der Optimalitätsgrad als Verhältnis von optimaler zu tatsächlicher Güte definiert. Die Güte eines Systems wird nach dem quadratischen Kriterium bestimmt. Die Methode baut auf den Ergebnissen der Regelungstheorie zur Berechnung der optimalen Güte und der optimalen Parameter von vollständig steuer- und meßbaren aktiven Systemen auf. Die tatsächliche Güte wird aus den bekannten bzw. den suboptimalen Parametern nicht vollständig meßbarer oder passiver Systeme ermittelt. Es zeigt sich, daß optimale aktive Systeme stets eine Verbesserung gegenüber den entsprechenden passiven Systemen ergeben. Die Leistungsfähigkeit der Methode wird an folgenden Beispielen demonstriert: Automobil-Radaufhängung, gravitationsstabilisierter Satellit, Getriebeeinheit, elastisch gelagerter Rotor, flexible Raumstation.

G. SCHWEITZER: Stabilisierung eines schnelldrehenden Rotors.

Die Stabilität der Drehung eines schnellen Rotors wird durch innere Dämpfung gefährdet. Diese Destabilisierung läßt sich durch die Wirkung nichtkonservativer Lagekräfte auf ein lineares dynamisches System erklären. Mit Hilfe von Rayleigh-Quotienten für die Systemmatrizen wird das Verhalten der Eigenwerte bei hohen Rotordrehzahlen beurteilt. Es werden hinreichende Stabilitätsbedingungen für nichtkonservative Systeme angegeben. Es wird die Steuerbarkeit eines solchen Kreiselsystems untersucht und es werden Reglergesetze abgeleitet, mit denen sich die Drehung der Rotoren steuern und damit stabilisieren läßt.

P.Y. WILLEMS: On the Stability of Interconnected Rigid Bodies.

The aim of this lecture is to show the Liapunov method can be used to determine the attitude stability of a system of interconnected rigid bodies. The Euler equations of the bodies obtained by use of the Roberson-Wittenburg formalism can be combined to be presented under the same form as the equations of a deformable system presented in a previous paper derived from Euler-Liouville and Lagrange equations. The formalism provides the nonlinear algebraic equilibrium conditions (allowing for large deformations) and a suitable testing function can be easily obtained. Necessary and sufficient stability conditions are derived. It is seen that using this approach, it is not necessary to develop the perturbation equations up to second order terms in the variables and the formalism is quite simplified. The formalism can be extended to systems of arbitrarily interconnected flexible bodies.

J. WITTENBURG: Die Theorie des momentenfreien Gyrostaten.

Ein Gyrostat hat mit einem starren Körper die Eigenschaft der Konstanz des Trägheitstensors gemeinsam. Seine Theorie ist daher als Verallgemeinerung der klassischen Kreiseltheorie reizvoll. Da viele Geräte und Fahrzeuge Rotoren enthalten, hat sie auch praktische Bedeutung. Volterra zeigte 1898, daß die Bewegung eines Gyrostaten mit konstantem relativem Rotordrall ohne äußeres Moment durch komplexe elliptische Funktionen beschreibbar ist. Wangerin hatte in einer erst jetzt wiederentdeckten Arbeit von 1889 eine Darstellung durch reelle elliptische Funktionen angedeutet. Der Vortrag gibt Einblick in die inzwischen ausgebaute Wangerinsche Theorie. Im Gegensatz zu der von Volterra bietet sie den Vorteil großer physikalischer Anschaulichkeit. Das gilt vor allem, wenn man sie vom Begriff der permanenten Drehung ausgehend entwickelt.

J.L. ZEMAN: Simulation zufallserregter Systeme auf elektronischen Ziffernrechenanlagen.

Die bei Bildung eines mathematischen Modelles fast stets nötigen Idealisierungen einerseits, und der Wunsch, Aussagen nicht nur für ein bestimmtes Objekt bei bestimmtem Umgebungseinfluß zu erhalten, sondern für eine ganze Klasse von Objekten unter Einwirkung einer Klasse von Umgebungseinflüssen andererseits, zwingen oft zur Untersuchung zufallsabhängiger Modelle unter Einfluß stochastischer Störfunktionen. Die korrelationstheoretische Behandlung linearer Modelle bietet theoretisch keine Schwierigkeiten. Probleme ergeben sich jedoch bei nicht-linearen Modellen und Fragestellungen, die über die Korrelationstheorie hinausgehen. Zur Lösung derartiger Probleme bietet sich, neben anderen Methoden, die Simulation an. In dem geplanten Beitrag soll die Simulation auf elektronischen Ziffernanlagen diskutiert werden.

P. Lohmeier, München

2008.12.18

