MATHEMATISCHES FORSCHUNGSINSTITUT OBERWOLFACH

Tagungsbericht 43/1980

Nichtlineare und rheolineare Schwingungssysteme

28. 9. bis 4. 10. 1980

Die Tagung fand unter der Leitung der Herren K. Magnus und P.C. Müller (beide München) statt. Die 32 Teilnehmer kamen überwiegend aus dem deutschsprachigen Bereich, aber auch Wissenschaftler aus Japan, U.S.A., Kanada, Niederlande, Dänemark und Polen waren der Einladung gefolgt. In 23 Vorträgen wurden nichtlineare und parametrische Schwingungsprobleme behandelt. Im Mittelpunkt des Interesses standen dabei methodische Fragen, die bei Schwingungssystemen mit mehreren Freiheitsgraden auftreten.
Die einzelnen Vorträge können folgenden Problemgruppen zugeordnet werden:
Analytische Mechanik (Bewegungsgleichungen aus dem Jourdainschen Prinzip, Raumkinematik mit Dualquaternionen, Index-Theorie für Systeme); Stabilität nichtlinearer Systeme (Rotoren mit Antrieb, Grenzzykelstabilität aus Näherungen); Stabilität parametrischer Systeme (Näherungen mittels Kontraktionsprinzip, sukzessiver Approximation, Galerkin-Verfahren); Berechnung von Verzweigungen (rein numerisch, für zwei schwach gekoppelte Systeme, für rotierende Mehrfachpendel), nichtlineare stochastische Systeme; fastperiodische Bewegungen und chaotisches Verhalten (strange attractors).
Insgesamt gaben die Vorträge ein ausgewogenes Bild von der z.Zt. behandelten Problempalette. Die Diskussion der mechanischen Probleme wurde durch die Teilnahme von Fach-Mathematikern sehr befruchtet. Trotzdem konnte manches offene Problem nur andiskutiert werden. Auch in Zukunft wird die Analyse nichtlinearer und parametrischer Schwingungssysteme Gegenstand intensiver Forschungen sein.

Gefördert durch DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Vortragsauszüge

G. BENZ:

Stabilitätsprobleme bei nichtlinearen Schwingungen in mehreren Freiheitsgraden

Bei der Untersuchung des Lösungsverhaltens von Differentialgleichungssystemen mit periodischen Koeffizienten wurden bisher fast ausschließlich harmonische Koeffizienten mit gleicher Phasenlage zugrundegelegt. Am Beispiel eines nichtlinearen Schwingers von zwei Freiheitsgraden wird gezeigt, daß man bei der Diskussion der Stabilität der Lösungen auf Systeme von Hillschen Differentialgleichungen geführt wird, bei denen die periodischen Koeffizienten gegeneinander phasenverschoben sind. Schon eine Näherungsrechnung weist darauf hin, daß eine Phasenverschiebung einen ganz wesentlichen Einfluß auf Größe und Form der Instabilitätsbereiche hat. Die physikalische Realität der theoretischen Ergebnisse wird an einem Modell gezeigt, dessen Bewegungsgleichungen von einem ähnlichen Typ sind wie das diskutierte System der Stabilitätsgleichungen.

H. BRAUCHLI:

Zur Anwendung der Funktionentheorie von R. Fueter auf Probleme der Kreiseldynamik

Die Darstellung der Kinematik des Kreisels mit Quaternionen ist klassisch. Die Trägheitsmomente lassen sich durch drei Vektoren in Richtung der Hauptachsen beschreiben. Damit lassen sich Drall und kinetische Energie leicht angeben und der Drallsatz kann formuliert werden. Zur Integration der Bewegungsgleichungen benötigt man eine Funktionentheorie einer Quaternionenvariablen. Dazu gibt es verschiedene Ansätze. Am meisten Erfolg verspricht die Theorie von R. Fueter. Diese basiert zwar auf Gleichungen, die zu denjenigen von Canchy - Riemann in Analogie stehen. Durch Konjugation einer sowohl rechts- wie auch linksregulären Funktion erhält man ein wirbel- und divergenzfreies Vektorfeld, so daß auch gewöhnliche Differentialgleichungen angegangen werden können.

E. BROMMUNDT:

Synchronisation eines selbsterregten Schwingers

Ziel der Untersuchung ist ein Einblick in die Bewegungsmannigfaltigkeit eines selbsterregten Schwingers, auf den eine periodische Störkraft wirkt. Zunächst wird ein selbsterregter Schwinger (2 Dgln. 1. Ordnung) konstruiert, dessen Phasenkurven sich explizit anschreiben lassen; der Grenzzykel ist ein Kreis. Dieser Schwinger wird einer Folge periodischer Stöße unterworfen. Die dann auftretenden Bewegungen lassen sich durch eine Punkttransformation $A_1 = PA_o$ erfassen; A_o, A_1 sind Zustände am Anfang bzw. Ende einer Periode. Den Fixpunkten der Abbildung, $A = PA$, entsprechen periodische Lösungen, den Fixpunkten der m-ten Iterierten, $A = P^mA$, entsprechen Subharmonische. Da P explizit vorliegt, kann man mit einem Fourieransatz geschlossene invariante Kurven in der Phasenebene berechnen. Fixpunktzykel subharmonischer Lösungen liegen auf diesen Kurven. Weitere numerische Untersuchungen sollen zeigen, ob man auch geschlossene invariante Kurven ohne Fixpunkte erwarten muß. Das entspräche fastperiodischen Lösungen (Hayashi 1963).

N. EICHER:

Vorstellung eines Näherungsverfahrens zur Ermittlung von Stabilitätskarten sowie Stabilitätsaussagen in analytischer Form durch Formulierung des Problems mit Hilfe von Integrodifferentialgleichungen

Die Untersuchung rheolinearer Schwingungssysteme führt unter anderem auf die Berechnung sog. Stabilitätskarten. Es wird hier ein neues Berechnungsverfahren vorgestellt, das es erlaubt, Stabilitätskarten durch explizite analytische Ausdrücke zu beschreiben. Am Beispiel einer dämpfungsbehafteten Mathieuschen Differentialgleichung sowie einer dämpfungsbehafteten Hillschen Differentialgleichung werden die entsprechenden Bereichsgrenzenformeln abgeleitet, diskutiert und graphisch dargestellt. Untersuchungen über die Genauigkeit der Stabilitätskarten werden angeschlossen. Für beide Beispiele werden hinreichende Stabilitätskriterien bereitgestellt, die sich besonders durch ihren globalen Gültigkeitsbereich auszeichnen.

P. HAGEDORN:

Bemerkungen zur Steuerbarkeit und Stabilität bei stationären Bewegungen

Am Beispiel eines Rotorsystems mit Asynchronantrieb wird die Stabilität der stationären Bewegung eines Systems mit zyklischen Koordinaten untersucht. Es zeigt sich, daß der Asynchronantrieb das "freie" System, d. h. das System ohne Antrieb sowohl stabilisieren als auch destabilisieren kann. Bei der Behandlung der Stabilitätsfragen werden auch Aussagen über die Steuerbarkeit des Systems durch die Rotorantriebe erhalten.

In einigen Fällen ist es zweckmäßig, den Begriff der Stabilität bezüglich eines Teiles der Variablen zu verwenden. Für die asymptotische Stabilität bezüglich eines Teiles der Variablen können Aussagen aber nur in Sonderfällen gemacht werden.

Ähnliche Aussagen über Stabilität und Steuerbarkeit können sinngemäß auch für stationäre Bewegungen von komplizierteren Systemen als dem einfachen Rotorsystem gemacht werden, d. h. für allgemeine Systeme mit zyklischen Koordinaten, etwa für den auf einer Kreisbahn geführten Gyrostaten-Satelliten.

C. S. HSU:

A General Theory of Index and Its Application to Nonlinear Point Mapping Dynamical Systems

A well-known concept in topology called the "degree of a map" is used to generalize the celebrated Poincaré theory of index to systems of order higher than two. After presenting the theory, it is applied to nonlinear dynamical systems governed by ordinary differential equations as well as to nonlinear systems governed by point mappings. One immediate practical utilization of the theory is to study the distribution of equilibrium points and various periodic points of these systems. With this application in mind and in order to show how the abstract concept of the degree of a map, hence the index of a surface, may actually be evaluated, illustrative procedures of evaluation for two kinds of hypersurfaces are discussed in detail and examples of application will be given. Other usage of the theory, such as to generalize the Nyquist criterion, will also be discussed.

U. KIRCHGRABER:

Bifurcation of Periodic Solutions in Systems with Several Small Parameters in a Full Neighborhood of Zero

The purpose of the present paper is to discuss the bifurcation of a certain type of periodic solutions in a system of two weakly coupled almost identical subsystems. The subsystems are assumed to be autonomous second order equations which admit orbitally asymptotically stable limit cycles.
If K is a measure for the strength of the coupling of the two subsystems while L describes the deviation of the two subsystems from each other, the number N of periodic solutions depends on K and L. We determine the function $N(K,L)$ in a full neighborhood of $(K,L) = (0,0)$.
One possible Application is to coupled chemical reactors.

H.W. KNOBLOCH:

Über das Verhalten von Lyapunov-Funktionen auf Grenzmengen

Es geht um Überlegungen, wie sich neuere Ergebnisse der Variationsrechnung, die im Zusammenhang mit den notwendigen Bedingungen "höherer" Ordnung gewonnen wurden, für die direkte Methode nutzbar machen lassen. Der Tenor weist dabei in Richtung eines wohlbekannten Satzes von LaSalle über das Verschwinden der Ableitung einer Lyapunov-Funktion auf Grenzmengen. Gegeben sei ein autonomes System von Differentialgleichungen

(*) $\dot{x} = f(x)$.

$V(x)$ sei eine skalare Funktion von x, $\dot{V}(x)$, $\ddot{V}(x)$ die erste und zweite Ableitung von V bzgl. (*), d.h. $\dot{V}(x) := ((\text{grad}V)\ (x))^T f(x)$, $\ddot{V}(x) := ((\text{grad}\ \dot{V})\ (x))^T f(x)$.

Satz. Es sei $\dot{V}(x) \geq 0$ für alle x und es sei $x(t)$ eine Lösung von (*) mit $\dot{V}(x(t)) = 0$ für all t. Dann verschwinden auch die Gradienten von $\dot{V}$ u n d von $\ddot{V}$ entlang $x(t)$.

Bemerkung: $\dot{V}_x(x(t)) = 0$ folgt unmittelbar aus den Voraussetzungen, $(\ddot{V})_x(x(t)) = 0$ ist daher der nicht-triviale Teil der Aussage.

K. MAGNUS:

Ebene Mehrfachpendel mit rotierender Schwingungsebene

Als Beispiel für nichtlineare Verzweigungsprobleme werden Schwerependel betrachtet, deren Schwingungsebene um die vertikale Achse durch den Fixpunkt mit konstanter Winkelgeschwindigkeit Ω gedreht wird. Beim einfachen Pendel ist die vertikale Gleichgewichtslage $\vartheta = 0$ stabil, solange Ω kleiner als die Eigenfrequenz des nicht gedrehten Pendels $\omega_0 = \Omega_1$ bleibt; sie wird instabil für $\Omega > \Omega_1$. Oberhalb des Verzweigungspunktes Ω_1 existiert jedoch zusätzlich eine stabile Gleichgewichtslösung mit $\vartheta = \vartheta_0 \neq 0$, bei der der Pendelstab einen Kegelmantel umfährt.

Beim Doppel-Stabpendel existieren zwei Verzweigungspunkte Ω_1 und Ω_2: hierzu gehören für $\Omega < \Omega_1$ eine, für $\Omega_1 < \Omega < \Omega_2$ zwei und für $\Omega > \Omega_2$ drei Gleichgewichtsbewegungen. Zur Berechnung der Stabilität dieser stationären Bewegungen können entweder das Dirichlet-Kriterium mit einem kineto-statischen Potential oder kinetische Kriterien verwendet werden. Das kineto-statische Potential $W = V - T_0$ wird aus der potentiellen Energie V und dem von $\dot{\vartheta}$ unabhängigen Teil T_0 der kinetischen Energie gebildet. Es zeigt sich, daß alle Verzweigungslösungen oberhalb des kleinsten Verzweigungswertes Ω_1 instabil sind. Die Frage, ob aperiodische oder oszillatorische Instabilität vorliegt, kann je nach der Art des verwendeten Bezugssystems verschieden beantwortet werden.

Entsprechende Ergebnisse findet man auch für das rotierende Dreifach-

Pendel: hier existieren drei Verzweigungspunkte und vier Gleichgewichtsbewegungen.

P. MEINKE:

Über das Durchfahren kritischer Drehzahlen mit Durchlaufhilfen

Alternativ/ergänzend zum Wuchten, Dämpfen oder Durchreißen kritischer Drehzahlen bietet sich die Nutzung nichtlinearer Effekte an. Wendet man diese Grundüberlegung auf den Funktionsbereich der Rotorabstützung an, so wird man auf Lagerungen mit nichtlinearen Eigenschaften geführt, die sich technisch etwa durch Spalte realisieren lassen (Fanglager, Schaltlager, vorgespannte Lager).
Überlineare Lager mit einfach geknickten Kennlinien lassen ohne weitere Maßnahmen noch keine befriedigende Amplitudenreduktion erwarten. Wesentlich günstigere Eigenschaften ergeben sich bei zweifach geknickten Kennlinien. Unter bestimmten Voraussetzungen läßt sich durch Abstützung gegen eine rotierende Hilfsmasse die dabei erforderliche nichtlineare Kraftübertragung vom Rotor auf das Gehäuse umgehen. Für die beim Durchfahren mehrerer kritischer Drehzahlen erforderliche Kennlinienanpassung kann dann die Zentrifugalkraft ausgenützt werden.
An den Rotoren selbst sind für die Ausnützung der genannten nichtlinearen Lagereigenschaften geeignete Steifigkeitsverteilungen (Schwingungsformen) zu wählen und die Absolutwerte der Unwuchten innerhalb bestimmter grober Grenzen zu halten.

P. C. MÜLLER:

Beurteilung der Stabilität von Grenzzykeln mit Hilfe von Näherungsverfahren

Grenzzykel in nichtlinearen, autonomen Schwingungssystemen werden häufig mit Näherungsmethoden wie die Harmonische Linearisierung, das Galerkin-Verfahren oder die Methode der langsam veränderlichen Amplituden und Phasen bestimmt. Es ergeben sich dann zwei Fragen: (i) Kann von der Stabilität der Näherungslösung auf die Stabilität des Gernzzykels geschlossen werden; (ii) wie kann die Stabilität der Näherungslösung bestimmt werden? Zum zweiten Fragenkomplex werden vier Möglichkeiten diskutiert: (a) Verfahren nach Magnus, (b) erweitertes Verfahren nach Loeb, (c) Methode der ersten Näherung im Fall der Methode der langsam veränderlichen Amplituden, (d) kombinierte Harmonische und Statistische Linearisierung bei stochastisch gestörten Grenzzykeln. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren werden erörtert, wobei eine Reihe von ungelösten Problemen in einem Fragenkatalog zur Diskussion gestellt werden.

K. NAAB:

L_2-Stabilität bei parametrischen Systemen

Die Stabilitätsuntersuchung an parametrischen Systemen wird unter regelungstechnischen Gesichtspunkten durchgeführt. Es wird davon ausgegangen, daß ein parametrisches System als Eingangs-/Ausgangs-, d. h. Regelsystem darstellbar ist. Für diese Regelkreisstruktur wird ein funktionalanalytisches Stabilitätskonzept angewendet: Das Kontraktionsprinzip, das auf L_2-Stabilität periodischer Systeme spezialisiert wird. Da das Kontraktionsprinzip nur hinreichende Stabilitätsaussagen liefert, ist es möglich, durch eine Betrachtung äquivalenter Systeme größere Stabilitätsbereiche zu erhalten. Es wird gezeigt, wie solche äquivalente Systeme konstruiert werden können. Die Folge ist ein Stabilitätssatz, dessen Auswertung schließlich vereinfacht wird. Dies führt zu einem Frequenzbereichkriterium, das die gleiche Information benötigt wie das Kreiskriterium, welches als Sonderfall enthalten ist. Die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens wird an einstufigen Zahnradgetrieben mit Gerad- und Schrägverzahnung demonstriert.

A. D. DE PATER:

The Motion of a Body of Revolution Rolling Without Sliding Over a Horizontal Plane

The motion of a body of revolution symmetrical with respect to a plane which is perpendicular to the axis of revolution, is

investigated. The body rolls over a horizontal plane in such a way that every possible contact point is found on a circle connected to the body and situated in the aforementioned symmetry plane. The horizontal plane is perfectly rough, so that in the contact point sliding is prevented: thus there are two non-holonomic constraint conditions.
The system has three degrees of freedom. One finds that for two of the three necessary coordinates two linear first order differential equations can be written down, the solution of which can be determined rather easily. Now the final motion can be found by means of the phase plane method, which is often used in non-linear systems with one degree of freedom. A special part plays the stationary motion, in which both the angular velocity of the body and the angle between the axis of revolution and the horizontal plane are constant.

P. PEDERSEN:

Quantitative Stability Analysis of Parametrically Excited Structures

From a quantitative point of view, this paper deals with the stability of structures which are subjected to parametric excitations. The problems are described by Hill's equation, and thus includes non-harmonical excitations.
The traditional analysis by, for instance, perturbation methods is mostly restricted to determination of the boundaries of stability. These solutions are based on techniques using small parameters, and the underlying assumptions are, in reality, often violated.
The present approach is based on a higher order analytical solution of the Bubnov-Galerkin type using a symbolic computer language. Treating Hill's equation with damping directly, the stability is established quantitatively. The accuracy of the solution is verified and the limitations of recent work using perturbation analysis are clarified.
The influence of the shape of the periodic function is studied in detail, dealing with odd function excitations as well as even function exitations.

F. RIMROTT:

Wärmeflattern

Wärmeflattern ist bei Raumschiffantennen beobachtet und inzwischen auch im Laboratorium demonstriert worden, von Beam (1969) für reine Torsionsschwingungen und von Rimrott und Abdelsayed (1977) für reine Biegeschwingungen. Typisch ist ein Aufschaukeln des gekoppelten Systems über die Torsion. Ein Frequenzkriterium ist erstellt worden, welches besagt, daß die Schwingungserregung durch Wärmeeinstrahlung dann am stärksten ist, wenn $\omega\tau = 1$, wobei τ die Wärmezeitkonstante des Balkenquerschnittes (dünnwandiges Rohr) und ω die Eigenfrequenz des Systems (Kragbalken u.U. mit Endmasse) ist. Da Dämpfung unvermeidlich vorhanden ist, ergibt sich eine Frequenzbandbreite um $1/\tau$ in der Wärmeflattern auftreten kann, vorausgesetzt, daß $\zeta_{fmax} > \zeta_d$. Die untere praktische Grenze für τ liegt bei ungefähr 2 s. Dies bedeutet, daß die Eigenfrequenz der Balkenschwingung nur rund 0,5 rad/s sein darf, wenn Wärmeflattern auftreten soll. Es ist also sehr leicht, einen Balken so auszulegen, daß seine Eigenfrequenz viel höher liegt und auf diese Weise läßt sich Wärmeflattern mit Sicherheit vermeiden.
Andererseits ist es sicherlich auch denkbar, Systeme so zu entwerfen, daß die Anfachung durch Sonneneinstrahlung besonders groß wird. Solche Systeme stellen dann sonnengetriebene Motoren dar, die Sonnenenergie unmittelbar in mechanische Energie umwandeln.

W. RÜMELIN:

Longterm Behavior of Linear and Nonlinear Systems with Coloured Noise Parameters

We consider dynamical systems

(1) $$\dot{x}(t) = f(\, x(t),\ \xi(t)\,)$$

where the noise $\xi(t)$ is modeled as a stationary ergodic solution of a stochastic differential equation (coloured noise).
The method presented uses the interplay between the stochastic system (1) and an associated control system to analyse the invariant sets of (1). The results justify an easy way to a

quantitative analysis of (1) via simulation of $(x(t), \xi(t))$. As applications we show stability diagrams for

$$\ddot{y} + 2\beta\dot{y} + (1 + \xi(t))y = 0$$

and

$$\ddot{y} + (2\beta + \xi(t))\dot{y} + y = 0,$$

where $\xi(t)$ denotes a Gauß-Markov process.
For

$$\ddot{y} + \xi(t)f(y, \dot{y})\dot{y} + g(y) = 0,$$

where $\xi(t) \in (r_1, r_2)$, $r_1 > 0$, $r_2 < \infty$, the existence and uniqueness of a stationary distribution is stated and its density computed.

R. SEYDEL:

Numerische Berechnung von Verzweigungspunkten

Inhalt des Vortrags ist die Berechnung von Verzweigungspunkten. Zunächst wird die Grundidee der Vorgehensweise erläutert: Das Aufstellen eines geeigneten Randwertproblemes und ein Verfahren zum Berechnen von guten Startdaten. Für die numerische Anwendung stehen fertige FORTRAN-Routinen zur Verfügung; an einem einfachen Blockdiagramm wird gezeigt, wie sich mit ihrer Hilfe Verzweigungen berechnen lassen.
Beispiele sind eine Duffinggleichung und ein physikalisches Pendel, welches durch periodische Impulse angeregt wird.

W. SCHIEHLEN:

Jourdainsches Prinzip für große Mehrkörpersysteme

Das Jourdainsche Prinzip beruht auf den virtuellen Geschwindigkeiten und wird daher im allgemeinen nur für nichtholonome Systeme verwendet. An einem Beispiel aus der Satellitendynamik hat Kane gezeigt, daß sich das Jourdainsche Prinzip auch für große holonome Systeme mit Vorteil einsetzen läßt.

Das Jourdainsche Prinzip wird in einer allgemeinen, rechnergerechten Form für holonome Systeme formuliert und die Struktur der dabei auftretenden Gleichungen wird diskutiert. Dem Vorteil vereinfachter Zustandsgleichungen steht der Nachteil fehlender

Bewegungsgleichungen gegenüber, wodurch Schwingungs- und Stabilitätsuntersuchungen erschwert werden.

W. SZEMPLIŃSKA-STUPNICKA:

On the Almost-Periodic Response in Nonlinear Multi-Degree-of-Freedom Vibrating Systems

It is considered the problem of almost-periodic, multi-frequency steady-state response in many-degree-of-freedom nonlinear systems with incommesurable frequencies. Three particular classes of systems are examined:

1. Dissipative systems with periodic (harmonic)excitation,
2. Dissipative systems with parametric excitation,
3. Self-excited, autonomous systems.

The problem is treated by means of analytical, approximate methods and by the aid of an analog-computer. It is shown that in all systems under consideration there are regions of parameters where periodic response (periodic limit cycle in system 3.) does not occur, the only steady-state response being almost-periodic, containing several harmonic components with incommesurable frequencies. Some numerical examples of two-degree-of-freedom systems are examined and theoretical and analog-computer results are presented.

W. TESCHNER:

Durchdringende Dämpfung in nichtlinearen Rotorsystemen mit asymptotisch eigenstabilen Synchronantrieb

Der Einfluß der Dämpfung asymptotisch eigenstabiler Synchronantriebe von Rotoren auf die Stabilität von Gleichgewichtslagen wird für nichtlineare Rotorsysteme untersucht. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die potentielle Energie des konservativen Systems mit nicht angetriebenen Rotoren in einer Gleichgewichtslage ein Minimum aufweist, diese also grenzstabil ist. Eine notwendige und hinreichende Bedingung für die asymptotische Stabilität dieser Gleichgewichtslage bei eigenstabilem Synchronantrieb der Rotoren, d. h. für das Durchdringen der Antriebsdämpfung auf alle Lagekoordinaten, wird hergeleitet. Am Beispiel einer symmetrischen, kardanisch gelagerten Zentrifuge wird die Bedeutung der nichtlinearen Glieder in den Bewegungsgleichungen für die Stabilitätsaussage gezeigt: obgleich die Gleichgewichtslage im linearisierten System nicht asymptotisch stabil ist, bewirken die Nichtlinearitäten ein Durchdringen der Antriebsdämpfung auf alle Lagekoordinaten.

H. TROGER:

Über nichtlineare Schwingungssysteme mit komplexen Attraktoren

Ausgehend von den in der Literatur ausführlich behandelten Lorenzgleichungen, die ein vereinfachtes diskretes Modell des Benard'schen Problems beschreiben, wird der Begriff des komplexen Attraktors erklärt. Zwei einfache mechanische Beispiele, nämlich ein Reibungsschwinger mit Durchschlagcharakteristik und das Pendel mit periodisch erregtem Aufhängepunkt werden dann in ihrem Verhalten untersucht, wobei für beide Systeme Punktabbildungen definiert und berechnet werden. Diese Punktabbildungen besitzen charakteristische Eigenschaften, die eng mit sog. chaotischem Systemverhalten verknüpft sind, das ausführlich diskutiert wird.

W. WEDIG:

The Integration of Nonlinear Stochastic Systems with Applications to the Damage and Ambiguity Identification

The topic of the contribution are nonlinear stochastic systems with piecewise linear characteristics whose multi-dimensional distributions are piecewise gaussian and therefore exactly calculable taking into account the necessary continuity and normalization conditions.

Applying this approach to a cracked bending oscillator, a spectral analysis is performed leading to the new phenomenon that the one degree of freedom system possesses two resonances the distance of which is a measure for the damage extension.

In case of a vibrator with a piecewise progressive elasticity the spectral analysis is extended to amplitude frequency distributions in order to show the stochastic analogon to the ambiguity of the deterministic Duffing problem.

J. WITTENBURG:

Kinematik räumlicher Getriebe mit Hilfe dualer Quaternionen

Die Kinematik zwangsläufiger, räumlicher Getriebe mit Drehgelenken, Schubgelenken und Drehschubgelenken wird dargestellt. Das mathematische Problem besteht in der Beschreibung einer Folge von Schraubungen linienflüchtiger Einheitsvektoren. Als Schraubungsoperator eignet sich nach Yang eine duale Einheitsquaternion, deren Primär- und Sekundärteil mit Hilfe eines dualen Winkels und eines dualen Vektors definiert werden. Dualzahlen haben nach Clifford die Form $a+\varepsilon b$ mit a, b reel und $\varepsilon^2 = 0$. Der Schraubungsoperator ist eine Verallgemeinerung des Drehungsoperators, bei dem alle Sekundärteile εb Null sind.

Mit dem dargestellten Verfahren können auch bei sehr kompliziert anmutenden Getrieben alle Lagenkoordinaten explizit als Funktionen einer Eingangsvariablen dargestellt werden. Differentiation nach t liefert Geschwindigkeitsverhältnisse, das Prinzip der virtuellen Arbeit liefert Kräftegleichgewichtsbedingungen der Statik. Außerdem erhält man differentielle Beziehungen, die bei der Aufstellung von Bewegungsgleichungen benötigt werden.

Berichterstatter:

Karl Popp

Liste der Tagungsteilnehmer

Dr. G. B e n z

Institut für Mechanik
Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12

7500 K a r l s r u h e 1

Prof. Dr. H. B r a u c h l i

Institut für Mechanik
ETH-Zentrum, Rämistr. 101

CH-8092 Z ü r i c h

SCHWEIZ

Prof. Dr. E. B r o m m u n d t

Lehrstuhl A für Mechanik
Techn. Universität Braunschweig
Pockelstr. 4

3300 B r a u n s c h w e i g

Dipl.-Math. N. E i c h e r

1. Institut für Mechanik-MS
Technische Universität Berlin
Einsteinufer 5 - 7

1000 B e r l i n 10

Prof. Dr. P. H a g e d o r n

Institut für Mechanik
Techn. Hochschule Darmstadt
Hochschulstr. 1

6100 D a r m s t a d t

Prof. Dr. W. H a h n

2. Mathematisches Institut
Technische Universität Graz
Kopernikusgasse 24

A-8010 G r a z
ÖSTERREICH

Prof. Dr. C.S. H s u
Dept. of Mechanical Engineering
University of California

B e r k e l e y, Ca. 94720

U.S.A.

Prof. Dr. P.C. M ü l l e r

Lehrstuhl B für Mechanik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 M ü n c h e n 2

Prof. Dr. R. K a w a i
Faculty of Engineering
Kobe University
Kobishi Nadaku Rokkodai 1

K o b e
JAPAN

Dipl.-Ing. K. N a a b

Lehrstuhl B für Mechanik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 M ü n c h e n 2

Dr. U. K i r c h g r a b e r

Mathematik-Seminar
ETH-Zentrum, Rämistr. 101

CH-8092 Z ü r i c h

SCHWEIZ

Prof. Dr. H. P a r k u s

II. Institut für Mechanik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13

A -1040 W i e n
ÖSTERREICH

Prof. Dr. H. W. K n o b l o c h

Mathematisches Institut
Universität Würzburg
Am Hubland

8700 W ü r z b u r g

Prof. Dr. A.D. de P a t e r

Lab. of Enineering Mechanics
Delft University of Technology
Mekelweg 2

NL-2628 CD D e l f t/Niederlande

Prof. Dr. J. L ü c k e l

Automatisierungstechnik
Gesamthochschule Paderborn
Pohlweg 47 - 49

4790 P a d e r b o r n

Dr. P. P e d e r s e n

Department of Solid Mechanics
The Technical University of Denmark
Building 404

DK-2800 L y n g b y
DÄNEMARK

Prof. Dr. K. M a g n u s

Lehrstuhl B für Mechanik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 M ü n c h e n 2

Dr. K. P o p p

Lehrstuhl B für Mechanik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 M ü n c h e n 2

Dr. P. M e i n k e

MAN-Werke München
- Neue Technologie -
Dachacher Straße 667

8000 M ü n c h e n 50

Prof. Dr. F.P.J. R i m r o t t
227 Mechanical Engineering Build.
University of Toronto

T o r o n t o, Ontario M5S 1A4

CANADA

Dr. W. R ü m e l i n
Fachbereich Mathematik
Universität Bremen
Postfach 330440

2800 B r e m e n 33

Prof. Dr. W. S c h i e h l e n
Institut B für Mechanik
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9

7000 S t u t t g a r t 80

Prof. Dr. G. S c h w e i t z e r
Institut für Mechanik
ETH-Zentrum, Rämistr. 101

CH-8092 Z ü r i c h
SCHWEIZ

Dr. R. S e y d e l
Institut für Mathematik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 M ü n c h e n 2

Dr. W. Szemplińska-Stupnicka
Inst. of Fundam. Technological
Research of the Polish Academy of
Sciences
Swietokrzyska 21

00-049 W a r s a w
POLEN

Dr. W. T e s c h n e r
Institut für Mechanik
TH Darmstadt
Hochschulstr. 1

6100 D a r m s t a d t

Prof. Dr. H. T r o g e r
II. Institut für Mechanik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13

A-1040 W i e n
ÖSTERREICH

Dr. A. T r u c k e n b r o d t
Lehrstuhl B für Mechanik
Technische Universität München
Arcisstr. 21

8000 M ü n c h e n 2

Prof. Dr. J. W a u e r
Institut für Technische Mechanik
Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12

7500 K a r l s r u h e 1

Prof. Dr. W. W e d i g
Institut für Technische Mechanik
Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12

7500 K a r l s r u h e 1

Prof. Dr. F. Weidenhammer
Institut für Technische Mechanik
Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12

7500 K a r l s r u h e 1

Prof. Dr.-Ing. J. Wittenburg
Institut für Mechanik
Universität Karlsruhe
Kaiserstr. 12

7500 K a r l s r u h e 1