

ANWENDUNGEN DER NICHTLINEAREN DYNAMIK IN MEDIZIN UND TECHNIK (SYAD)

gemeinsam veranstaltet von den Fachverbänden
 Dynamik und statistische Physik (DY)
 Dielektrische Festkörper (DF)
 Arbeitskreis Industrie und Wirtschaft (AIW)

Prof. Dr. R. Friedrich
 Institut für Theoretische Physik
 Universität Stuttgart
 Pfaffenwaldring 57
 70550 Stuttgart
 E-Mail: Fiddi@theo3.physik.uni-stuttgart.de

Dr. habil. A. Kittel
 Fachbereich Physik
 Abt. Energie und Halbleiterforschung
 Universität Oldenburg
 Carl-von-Ossietzky-Straße 9–11
 26129 Oldenburg
 E-Mail: kittel@uni-oldenburg.de

Prof. Dr. G. Radons
 Institut für Physik
 Technische Universität Chemnitz
 D-09107 Chemnitz
 E-Mail: guenter.radons@physik.tu-chemnitz.de

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN (Hörsäle)

Hauptvorträge

SYAD 1.1	Di	14:30	(H2)	Methoden der Strömungsmechanik und ihre Anwendung , <u>Franz Durst</u>
SYAD 1.2	Di	15:00	(H2)	On Nonlinear Phenomena in Manufacturing Processes , <u>Edvard Govekar</u> , Janez Gradišek, Igor Grabec
SYAD 1.3	Di	15:30	(H2)	Die praktische Seite der nichtlinearen Dynamik , <u>Friedrich Pfeiffer</u>
SYAD 1.5	Di	16:30	(H2)	Analyse und Synthese verfahrenstechnischer Prozesse mit Methoden der Nichtlinearen Dynamik , <u>Wolfgang Marquardt</u>
SYAD 1.6	Di	17:00	(H2)	Wenn der Knorpel knirscht — Computersimulation in der Biomechanik , <u>Hanns Ruder</u>
SYAD 1.7	Di	17:30	(H2)	Analyse der bioelektrischen Vorgänge im Hirn des Menschen mittels nichtlinearer Verfahren , <u>Christian Erich Elger</u>

Fachsitzungen

SYAD 1	Anwendungen der Nichtlinearen Dynamik in Medizin und Technik	Di	14:30–18:00	H2	SYAD 1.1–1.7
SYAD 2	Anwendungen der Nichtlinearen Dynamik in Medizin und Technik: Poster	Do	15:30–18:00	D	SYAD 2.1–2.10

Fachsitzungen

– Haupt-, Fach-, Kurzvorträge und Posterbeiträge –

SYAD 1 Anwendungen der Nichtlinearen Dynamik in Medizin und Technik

Zeit: Dienstag 14:30–18:00

Raum: H2

Hauptvortrag

SYAD 1.1 Di 14:30 H2

Methoden der Strömungsmechanik und ihre Anwendung — ●FRANZ DURST — Lehrstuhl für Strömungsmechanik, Technische Fakultät, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, 91058 Erlangen

Viele Vorgänge in der Natur sind durch Strömungen wesentlich beeinflusst. Hinzu kommt, dass in weiten Bereichen der Technik Strömungsvorgänge eine bedeutende Rolle spielen, und es ist deshalb wichtig, dass man experimentelle, analytische und numerische Methoden besitzt, um Strömungsuntersuchungen verlässlich durchzuführen. Die Strömungsmechanik hat sich über fünfzig Jahre hinweg verstärkt der Entwicklung solcher Methoden gewidmet und dabei beachtliche Erfolge erzielt. Dies wird in dem hier zusammenfassenden Vortrag aufgezeigt. Die Arbeit weist darauf hin, dass alle heute in der Strömungsmechanik eingesetzten Methoden in den letzten fünfzig Jahren entwickelt und für strömungsmechanische Untersuchungen bereitgestellt wurden. Der Vortrag zeigt auf, dass sich diese Entwicklungen an Beiträge anschließen, die zum Gesamtgebiet der Strömungsmechanik aus der Physik heraus geleistet wurden. Heute ist das Fach Strömungsmechanik ein Fach der Ingenieurwissenschaften und findet in der Physik kaum noch Beachtung, trotz seiner weitreichenden Bedeutung für die natürliche und technische Umwelt der Menschen.

Der Vortrag geht auf die Entwicklung experimenteller, analytischer und numerischer Methoden ein und zeigt auf, wie diese genutzt werden können, um die stark nichtlinearen Probleme zu lösen, die sich in der Strömungsmechanik stellen. Eine besondere Bedeutung wird der Nutzung numerischer Lösungsmethoden beigemessen, da diese in den letzten Jahren, bedingt durch enorme Entwicklungen in der Computertechnik und der numerischen Mathematik, besondere Entwicklungen erfahren haben. Die Weiterentwicklung dieser Methoden in den nächsten Jahren wird prognostiziert.

Unter Anwendung experimenteller, analytischer und numerischer Methoden konnten in den letzten Jahren eine Reihe wichtiger strömungsmechanischer Probleme gelöst werden. Insbesondere folgten beachtliche Beiträge zur Lösung praktischer Strömungsprobleme. Der Vortrag zeigt beispielhaft solche Lösungen auf und umfasst hierbei die Fachgebiete:

- Automobil- und Flugzeugaerodynamik
- Porenreaktoren und deren Auslegung
- Silicium-Kristallzüchtung nach dem Czochralski-Verfahren

Der Vortrag schließt mit dem Hinweis auf Entwicklungsarbeiten, die zur Porenbrennertechnik führten, und deren Nutzung als Basistechnologie für verschiedene technische Anwendungen wird aufgezeigt

Hauptvortrag

SYAD 1.2 Di 15:00 H2

On Nonlinear Phenomena in Manufacturing Processes — ●EDVARD GOVEKAR, JANEZ GRADIŠEK und IGOR GRABEC — Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, Slovenia

Performance of manufacturing processes is characterized by the process quality achieved at a given machining rate. In modern manufacturing, high process quality at high machining rates is desired. Unfortunately, these two demands often exclude one another. Namely, an increase of machining rate can lead to nonlinear dynamic phenomena which detrimentally affect the process quality. These nonlinear dynamics phenomena should be well understood before new strategies for process control and optimization can be developed to improve the performance of manufacturing processes.

In the presentation several examples of nonlinear phenomena observed in manufacturing will be demonstrated. The examples include: a) onset of chatter vibration in metal cutting b) fluctuation of laser beam penetration depth in CO₂ laser welding and transition from deep to shallow penetration welding regime, and c) laser formation of droplets from a

metal wire. Some results on experimental characterization of these nonlinear phenomena will be presented. In addition, possibilities to suppress unfavorable effects caused by the nonlinear phenomena will be discussed.

Hauptvortrag

SYAD 1.3 Di 15:30 H2

Die praktische Seite der nichtlinearen Dynamik — ●FRIEDRICH PFEIFFER — Lehrstuhl für Angewandte Mechanik, Technische Universität München, D-85748 Garching

In vielen Maschinen und Geräten spielen sich Vorgänge ab, die nur mit Methoden der nichtlinearen Dynamik oder verwandter Gebiete zu beschreiben sind. Beispiele findet man etwa bei Getrieben, in der Antriebstechnik, bei Fahrgeschäften wie die Achterbahn und andere, aber natürlich auch in der Biologie. Vor dem Hintergrund der Mehrkörpertheorie mit ein- und zweiseitigen Bindungen als auch vor dem Hintergrund der nichtglatten Dynamik mechanischer Systeme werden einige Fälle vorgestellt und diskutiert.

SYAD 1.4 Di 16:00 H2

Pause 16:00 — 16:30 — ● —

Hauptvortrag

SYAD 1.5 Di 16:30 H2

Analyse und Synthese verfahrenstechnischer Prozesse mit Methoden der Nichtlinearen Dynamik — ●WOLFGANG MARQUARDT — Lehrstuhl für Prozesstechnik, RWTH Aachen, D-52056 Aachen

Verfahrenstechnische Reaktions- und Stofftrennprozesse zeichnen sich durch ein stark nichtlineares Verhalten aus. Sowohl bei Trenn- als auch bei Reaktionsprozessen können dabei mehrfache stationäre Zustände oder auch autonome Schwingungen auftreten. Auf der Grundlage des aus einer nichtlinearen Analyse erhaltenen Prozessverständnisses wird dann im Wechselspiel zwischen heuristischer Modifikation eines Entwurfs und nichtlinearer Analyse ein Arbeitspunkt gesucht, in dessen unmittelbarer Umgebung (im Parameterraum) keine Bifurkationen auftreten. Dieses Vorgehen ist zeitaufwendig und führt oft nicht zum gewünschten ökonomischen Optimum. Alternativ zur nichtlinearen Analyse kann aber auch ein Optimierungsproblem zum Prozessentwurf formuliert werden, bei dem Anforderung an das nichtlineare Verhalten als Nebenbedingung formuliert werden. Die Lösung dieses Problems stellt einen Arbeitspunkt sicher, der selbst bei Unsicherheiten im Modell ein gewünschtes nichtlineares Verhalten aufweist. Der Vortrag erläutert diese neue Methode und illustriert sie anhand von verfahrenstechnischen Beispielen.

Hauptvortrag

SYAD 1.6 Di 17:00 H2

Wenn der Knorpel knirscht — Computersimulation in der Biomechanik — ●HANNES RUDER — Theoretische Astrophysik, Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 10, D-72076 Tübingen

Der Mensch ist aus biomechanischer Sicht ein über mehr oder weniger komplizierte Gelenke verbundenes Mehrkörpersystem, dessen einzelne Elemente aus starren Komponenten (Knochen) und aus daran nichtlinear und stark gedämpft gekoppelten Weichteilen (Schwabbelmassen) bestehen. Ziel ist die Entwicklung eines möglichst realistischen mechanischen Menschmodells, das in vielen Bereichen eingesetzt werden kann. Typische Anwendungen sind Fragen in der Orthopädie, der Rechtsmedizin, der Unfallrekonstruktion, der Sportwissenschaften, der Simulation von Mensch-Maschine-Schnittstellen. Anhand konkreter Beispiele sollen die Probleme und Lösungen diskutiert werden.

Fortsetzung auf der nächsten Seite.

Hauptvortrag

SYAD 1.7 Di 17:30 H2

Analyse der bioelektrischen Vorgänge im Hirn des Menschen mittels nichtlinearer Verfahren — ●CHRISTIAN ERICH ELGER — Klinik für Epileptologie, Medizinische Fakultät, Universität Bonn, D-53105 Bonn

Die Beschreibung bioelektrischer Vorgänge im Hirn des Menschen ist sowohl für das Verständnis komplexer Hirnfunktionen als auch für die Diagnostik zentralnervöser Erkrankungen von besonderer Bedeutung. Zeitreihen hirnelektrischer Aktivität (Elektroenzephalogramm, EEG) stellen jedoch eine große Herausforderung dar für die Entwicklung neuer physikalischer Methoden und Konzepte zur Analyse und Charakterisierung der komplexen Signaldynamik. Ein besonders interessante Anwendung bietet sich bei der Epilepsie, die eine dem Diabetes vergleichbare Häufigkeit besitzt. Neben einer in vielen Fällen unzureichenden medikamentösen Therapie ist bis heute nicht geklärt, wann/warum/wie es zu

einem epileptischen Anfall kommt. In den letzten Jahren hat die Anwendung nichtlinearer Zeitreihenanalyseverfahren auf das EEG gezeigt, dass neue und vielversprechende Aussagen über den Zustand der Hirnaktivität in Abhängigkeit von physiologischen, psychologischen und pathologischen Prozessen erlangt werden können. So konnten mittels nichtlinearer Zeitreihenanalyse unter anderem die bei der Gedächtnisbildung relevanten Dynamiken beteiligter Hirnstrukturen eingehender charakterisiert werden. Des weiteren erlaubte die nichtlineare EEG-Analyse neben einer zuverlässigen Lokalisierung des epileptischen Herdes auch die Detektion eines lang andauernden Zustandes, der einen — für den nahenden epileptischen Anfall — prädiktiven Charakter besitzt. Damit eröffnen sich Möglichkeiten zur Beantwortung der grundlegenden Fragen zur Anfallsentstehung beim Menschen und damit auch zur Entwicklung neuer Therapiekonzepte im Sinne einer Anfallsverhinderung.

SYAD 2 Anwendungen der Nichtlinearen Dynamik in Medizin und Technik: Poster

Zeit: Donnerstag 15:30–18:00

Raum: D

SYAD 2.1 Do 15:30 D

Elektropolierte Oberflächen als selbststabile Strukturen — ●CARMEN GERLACH, ANDREAS VISSER und PETER J. PLATH — Universität Bremen, FB 2, AG Chemische Synergetik, Leobenerstr. NW 2, 28359 Bremen

Das Elektropolieren ist ein technisches Verfahren, mit dem hochglänzende und glatte Oberflächen erhalten werden können. Durch das Wechselspiel zwischen beim Prozess durch aufgelöstes Metall entstehenden ablaufenden Dichtefilm und aufsteigenden Gasblasen (aus der Zersetzung von Wasser im transpassiven Bereich) kommt es lokal zu hydrodynamischen Instabilitäten. Diese beeinflussen die Strukturierung der Oberfläche massgeblich. So entsteht eine charakteristische Topographie der Oberfläche. Die Oberflächen sollen durch eine Charakterisierung als selbststabile Strukturen klassifiziert werden.

SYAD 2.2 Do 15:30 D

Einfluss der Probenorientierung auf die Strukturbildung beim Elektropolieren — ●MAGNUS BUHLERT, SONJA SAUERBREI, SIEGLINDE GLÜCK und PETER J. PLATH — Universität Bremen, FB 2, AG Chemische Synergetik, Leobenerstr. NW 2, 28359 Bremen

Beim Elektropolieren, einem anodischen elektrochemischen Abtragverfahren, kommt es durch abfließenden, dichteren Elektrolyten und aufsteigende Sauerstoffblasen zur Strukturbildung an den metallischen Werkstück-Proben. Ursächlich sind die transpassive Sauerstoffbildung und das schwerkraftbedingte Absinken von mit Abtragprodukten befrachteten Elektrolytbestandteilen höherer Dichte. Es kommt zu komplexen hydrodynamischen Vorgängen.

Der Strukturbildung liegen elektrochemische Abtragsvorgänge und hydrodynamische Phänomene zugrunde, die Gegenstand der momentanen Forschungsaktivitäten sind.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen deutlich, dass die Orientierung des Werkstückes im Elektrolyten einen großen Einfluss auf die entstehenden chemisch-hydrodynamischen Strukturen haben. Durch verschiedene Verfahren, insbesondere durch Anwendung der Zeitreihenanalyse auf die Datensätze, wird die Oberfläche charakterisiert. Auf diese Weise lassen sich Hinweise auf die Hydrodynamik und Abtragsvorgänge gewinnen.

Da reale Werkstückoberflächen naturgemäß verschiedene Orientierungen aufweisen, sind die Ergebnisse von großer praktischer Relevanz.

SYAD 2.3 Do 15:30 D

Trennung durch Kopplung — ●THOMAS RABBOW, MARTINA HAUSNER und PETER J. PLATH — Universität Bremen, FB 2, AG Chemische Synergetik, Leobenerstr. NW 2, 28359 Bremen

Zwei Reaktoren, in denen die Belousow-Zhabotinskii (BZ) Reaktion durchgeführt wird, lassen sich über eine flüssige Membran koppeln. Die flüssige Membran besteht aus einer organischen Phase, die selektiv das Cer, den Katalysator der Reaktion, extrahiert. Je nach Kopplungsstärke beobachtet man in einem Reaktor einen Übergang der Periode-1-Oszillationen zu Periode-2-Oszillationen und chaotischem Verhalten, was auf den Konzentrationsänderungen des Katalysators basiert. Bei geschickter Reaktionsführung sollen durch die Kopplung der chemisch oszillierenden Reaktion auch zusätzlich hinzugefügte Seltene Erden effektiv voneinander getrennt werden.

SYAD 2.4 Do 15:30 D

Eine stochastische Charakterisierung rauher und elektropolierter Messing-Oberflächen — ●ALEXEI KOUZMITCHEV, ANDREAS VISSER und PETER J. PLATH — Institut für Angewandte und Physikalische Chemie (FB 2), Universität Bremen, Leobenerstr. NW 2, 28359 Bremen, BRD

Beim Elektropolieren von Messing in säure-basierten Elektrolyten im transpassiven Bereich findet eine Strukturierung der Oberfläche statt. Die Messing-Werkstücke wurden vor und nach dem Elektropolieren mit Mikrometer- und Nanometer-Auflösung abgetastet.

Die 3D-Oberflächenprofile wurden mit statistischen Methoden analysiert. Korrelationen zwischen Höheninkrementen auf verschiedenen Längenskalen werden als Übergangswahrscheinlichkeiten eines Zufallsprozesses betrachtet. Die Markov-Eigenschaften eines solchen Prozesses wurden untersucht. Ein Versuch, den Prozess mit der Fokker-Planck-Gleichung zu beschreiben, wurde durchgeführt.

Wesentliche quantitative Unterschiede sowohl in den Übergangswahrscheinlichkeiten, als auch im Drift- und Diffusionskoeffizienten der Fokker-Planck Gleichung für nicht-polierete und polierete Oberflächen wurden festgestellt.

SYAD 2.5 Do 15:30 D

Stabilisierung der Ausgangsleistung eines resonatorintern frequenzverdoppelten Festkörperlasers — ●L. EHLKES^{1,2}, T. LETZ^{1,2}, F. LANGE¹, K. PYRAGAS³ und A. KITTEL¹ — ¹Abt. Energie- und Halbleiterforschung, FB Physik, Uni Oldenburg — ²MPI für Physik komplexer Systeme, Dresden — ³Institut für Halbleiterforschung, Vilnius (Litauen)

In vielen technischen Bereichen sind grüne Laser mit hoher Ausgangsleistung, einer kompakten Bauform und einem günstigen Preis gefragt. Frequenzverdoppelte Festkörperlaser, bei denen ein optisch nichtlinearer Kristall das infrarote Laserlicht in sichtbares Licht konvertiert, kommen diesen Anforderungen nach. Um die Effizienz des Lasers zu erhöhen, wird der frequenzverdoppelnde Kristall innerhalb des Resonators platziert. Diese Anordnung führt nachteilig zu einer Destabilisierung und zu einer periodisch/chaotisch fluktuierenden Ausgangsleistung. Eine preisgünstige Möglichkeit zur Stabilisierung des Lasers bietet die zeitkontinuierliche proportionale Rückkopplung der nach Polarisationsrichtung (PR) aufgeteilten infraroten Intensitätsanteile auf die Pumpleistung. Die niederdimensionale Dynamik lässt sich durch ein Ratengleichungsmodell beschreiben. Das Modell sagt erfolgreich voraus, dass Zustände höchster Symmetrie, d.h. gleiche Intensitäten in beiden PR, nicht stabilisiert werden können. Diese Zustände weisen aber die höchste Effizienz der Frequenzverdopplung auf. Durch die Erweiterung der Regelung um eine zweite, orthogonal zur ersten, linear-polarisierte Pumplaserdiode kann auf die Intensität der Polarisations-eigenmoden des Resonators gesondert eingewirkt werden. Laut dem Modell ist es dann möglich, diese Zustände hoher Symmetrie gezielt einzustellen und zu stabilisieren.

SYAD 2.6 Do 15:30 D

On-line Process Control via Adaptive Symbolic Dynamics — ●GÜNTER RADONS — Institut für Physik, TU Chemnitz, D-09107 Chemnitz

Many successful concepts of nonlinear dynamics rely on the monitoring

of trajectories in phase space. For ideal systems the resulting algorithms are very powerful and work well. Applying these methods to real systems, however, creates problems due to complex stochastic influences, non-stationarity, or, an incomplete monitoring of the system variables. We propose a new concept for process control in such systems. Our approach relies on an adaptive version [1] of a well-known technique for chaotic systems, namely symbolic dynamics. In contrast to trajectory based control mechanisms, the associated coarse graining of the state space guarantees greater flexibility and robustness against noise.

[1] Stiller, J.C., Radons, G.: IEEE Signal Processing Letters 6 (1999) 213-216.

SYAD 2.7 Do 15:30 D

Origin and Control of Ripple Formation in Beam Cutting Techniques — •THOMAS KÜBLER¹, RUDOLF FRIEDRICH¹, AXEL HENNING², and GÜNTER RADONS³ — ¹Institut für Theoretische Physik, Universität Münster, D-48149 Münster — ²Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, D-70569 Stuttgart — ³Institut für Physik, TU Chemnitz, D-09107 Chemnitz

Beam cutting techniques, such as water jet or Laser jet cutting have many industrial applications already today. The precision of the cutting process, however, is limited by ripple formation at the cutting edge of the workpiece. To avoid these structures sub-optimal cutting velocities are used at present. Despite much work in modeling such cutting processes over the last decades, no real understanding of the origin of the striation patterns was attained. We present a new approach using concepts from nonlinear dynamics to model and control the formation of ripples. It is based on a phenomenological description by a nonlinear partial differential equation of Kuramoto-Sivashinski type, which was developed by us recently [1].

[1] R. Friedrich, G. Radons, T. Ditzinger, A. Henning; Phys. Rev. Lett. 85 (2000) 4884.

SYAD 2.8 Do 15:30 D

Ausnutzen der Faradayinstabilität in produktionstechnischen Bereichen — •BERNHARD HEISLBETZ¹ und RUDOLF FRIEDRICH² — ¹Institut für Theoretische Physik 3, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70550 Stuttgart — ²Institut für Theoretische Physik, Westfälische Wilhelms-Universität, Schloßplatz 2, 48149 Münster

Dispersionen nichtmischbarer Fluide finden in vielen Bereichen der Medizin und Technik in Form von Cremes, Salben, Emulsionen oder Schäumen ihre Anwendung. Andererseits ist in manchen produktionstechnischen Bereichen das Auftreten von Schäumen unerwünscht.

Vorge stellt wird ein mögliches Verfahren zur Erzeugung homogener Dispersionen durch die Ausnutzung der Faraday Instabilität. Weiterhin bietet diese Verfahren auch die Möglichkeit nicht gewollte Blasen und Schäume zu zerstören. Wir stellen das hydrodynamische Modell sowie numerische Simulationen zur Dispergierung vor.

SYAD 2.9 Do 15:30 D

Reduktion von dynamischem Rauschen in numerischen und experimentellen skalaren Zeitreihen — •TOBIAS LETZ^{1,2} und ACHIM KITTEL¹ — ¹Universität Oldenburg, Fachbereich Physik, Abteilung EHF — ²MPI für Physik Komplexer Systeme, Dresden

Es ist nahezu unmöglich, eine zuverlässige Zeitreihenanalyse von verrauschten Meßdaten vorzunehmen. Bei experimentellen Daten unterscheidet man zwei grundlegende Rauschtypen: Einerseits Meßrauschen, welches den Meßdaten passiv überlagert ist und andererseits dynamisches Rauschen, welches in die Dynamik des betrachteten Systems eingreift. Dynamisches Rauschen kann weiterhin in zwei Typen unterteilt werden: additives Rauschen mit homogener Intensität im Phasenraum und multiplikatives, von lokalen Eigenschaften bestimmtes Rauschen. Mit Hilfe eines statistischen Einschrittvorhersage-Verfahrens läßt sich der deterministische Anteil der Dynamik rekonstruieren. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist es möglich, Kenngrößen eines chaotischen Zustandes wie Attraktordimension und größter Lyapunov-Exponent zu bestimmen, die sich aufgrund des Rauschens einer direkten Analyse entziehen. Dies wird im ersten Schritt an Modellsystemen demonstriert und verifiziert. In einem zweiten Schritt wird die Leistungsfähigkeit der Methode an von einem Lasersystem gewonnenen experimentellen Daten illustriert.

SYAD 2.10 Do 15:30 D

Polarisationsschalten und Polarisationsfluktuationen in oberflächenemittierenden Halbleiterlasern — M. SONDERMANN, M. WEINKATH, H. BOHNET und •T. ACKEMANN — Institut für Angewandte Physik, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster

Oberflächenemittierende Halbleiterlaser (VCSEL) sind wegen ihrer vorteilhaften Eigenschaften von großer Bedeutung für die Datenübertragung in Glasfasern und weitere Anwendungen werden intensiv diskutiert. Aufgrund der Rotationsymmetrie der aktiven Zone ist jedoch die Polarisationsrichtung nur schwach gepinnt, so dass VCSEL eine Fülle von Polarisationsinstabilitäten zeigen [1,2]. Die auffälligste Manifestation dieser Instabilitäten ist wahrscheinlich das hysteresebehaftete Schalten von einer linearen Polarisationsmode zur orthogonalen Mode bei einer Erhöhung des Stromes. Es werden detaillierte Messungen des Zeitverhaltens, optischer Spektren und Radiofrequenzspektren vorgestellt, um den Wettbewerb der Polarisationskomponenten in der Umgebung des Schaltpunktes und an der Laserschwelle zu charakterisieren. Die Ergebnisse werden mit einem dynamischen Modell verglichen, das die Spinfreiheitsgrade sowohl des optischen Feldes als auch des Verstärkungsmediums berücksichtigt [3]. In diesem Modell ergibt sich Polarisations-schalten aus einer Phaseninstabilität mit dynamischen Zwischenzuständen.

[1] M.P. van Exter *et al.*, Phys. Rev. A **58**, 4191 (1998).

[2] T. Ackemann, and M. Sondermann, Appl. Phys. Lett. **78**, 3574 (2001).

[3] S. Balle *et al.*, Opt. Lett. **24**, 1121 (1999).

Ackemann, T.	SYAD 2.10	Govekar, Edvard	SYAD 1.2	Kübler, Thomas	SYAD 2.7	Rabbow, Thomas	SYAD 2.3
Bohnet, H.	SYAD 2.10	Grabec, Igor	SYAD 1.2	Lange, F.	SYAD 2.5	Radons, Günter ..	SYAD 2.6, SYAD 2.7
Buhlert, Magnus	SYAD 2.2	Gradišek, Janez	SYAD 1.2	Letz, T.	SYAD 2.5	Ruder, Hanns	SYAD 1.6
Durst, Franz	SYAD 1.1	Hausner, Martina	SYAD 2.3	Letz, Tobias	SYAD 2.9	Sauerbrei, Sonja	SYAD 2.2
Ehlkes, L.	SYAD 2.5	Heislbetz, Bernhard	SYAD 2.8	Marquardt, Wolfgang	SYAD 1.5	Sondermann, M.	SYAD 2.10
Elger, Christian Erich	SYAD 1.7	Henning, Axel	SYAD 2.7	Pfeiffer, Friedrich	SYAD 1.3	Visser, Andreas ..	SYAD 2.1, SYAD 2.4
Friedrich, Rudolf ..	SYAD 2.7, SYAD 2.8	Kittel, A.	SYAD 2.5	Plath, Peter J. ..	SYAD 2.1, SYAD 2.2, SYAD 2.3, SYAD 2.4	Weinkath, M.	SYAD 2.10
Gerlach, Carmen	SYAD 2.1	Kittel, Achim	SYAD 2.9	Pyragas, K.	SYAD 2.5		
Glück, Sieglinde	SYAD 2.2	Kouzmitchev, Alexei	SYAD 2.4				