

**Evaluationsbericht des
Interdisziplinären Zentrums für Dynamik
komplexer Systeme
(DYKOS)**

der Universität Potsdam

Berichtszeitraum 10/2000 bis 5/2003

Direktorium des Zentrums:

Prof. Dr. J. Kurths, Institut für Physik

Prof. Dr. K.-H. Rädler, Astrophysikalisches Institut Potsdam und Institut für Physik

Prof. Dr. D. Saddy, Institut für Linguistik/Allgemeine Sprachwissenschaft

Prof. Dr. F. Scherbaum, Institut für Geowissenschaften

Wissenschaftlicher Mitarbeiter:

Dr. U. Schwarz

Direktorium:

Prof. Dr. Jürgen Kurths, Lehrstuhl für Nichtlineare Dynamik, Institut für Physik
Tel. (0331) 977-1429, Fax (0331) 977-1142
E-Mail: JKurths@AGNLD.Uni-Potsdam.de

Prof. Dr. Karl-Heinz Rädler, Astrophysikalisches Institut Potsdam,
Prof. für Astrophysik – Kosmische Magnetfelder,
Sonnen- und Sternaktivität, Universität Potsdam
Tel. (0331) 7499-223, Fax (0331) 7499-200
E-Mail: KHRaedler@AIP.de

Prof. Dr. Douglas Saddy, Lehrstuhl für Psycholinguistik & Sprachverarbeitung,
Institut für Linguistik/Allgemeine Sprachwissenschaft
Tel. (0331) 977-2319, Fax (0331) 977-2095
E-Mail: saddy@ling.uni-potsdam.de

Prof. Dr. Frank Scherbaum, Lehrstuhl für Geophysik,
Institut für Geowissenschaften
Tel. (0331) 977-2681, Fax (0331) 977-2087
E-Mail: fs@geo.uni-potsdam.de

Wissenschaftlicher Mitarbeiter:

Dr. Udo Schwarz, Zentrum für Dynamik komplexer Systeme
Tel. (0331) 977-1658 E-Mail: USchwarz@AGNLD.Uni-Potsdam.de

Sekretariat:

Birgit Nader, Lehrstuhl für Nichtlineare Dynamik
Tel. (0331) 977-1611
E-Mail: Birgit@AGNLD.Uni-Potsdam.de

Home page des Zentrums:

<http://www.agnld.uni-potsdam.de/~shw/d/index.html>

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	4
1.1 Highlights der Arbeit im Berichtszeitraum	4
1.2 Erzielter Mehrwert für die Profilbildung der Universität Potsdam	7
2 Zielstellung im Berichtszeitraum/Erfüllungsstand	7
3 Organisatorische Struktur	8
3.1 Strukturelle und personelle Entwicklungen	8
3.2 Eingesetzte Ressourcen/Ausstattung des Zentrums	9
3.3 Eingeworbene Drittmittel	10
4 Darstellung der wichtigsten Projektergebnisse des Zentrums	10
4.1 Lehre und Studium	10
4.2 Forschung	11
4.3 Regionale Kooperationspartner	13
4.4 Nationale und internationale Zusammenarbeit, Gastwissenschaftler	13
4.5 Wissenschaftlicher Nachwuchs	14
4.6 Öffentlichkeitsarbeit	14
5 Nicht erreichte Ziele, Abweichungen vom Konzept, Probleme	14
6 Konzept zur beabsichtigten Fortführung des Zentrums (3 Jahre)	14
6.1 Interdisziplinäre strukturierte Graduiertenausbildung und Lehre	15
6.2 Schwerpunkte der Projektforschung	15
6.3 Methodenbörse	17
6.4 Öffentlichkeitsarbeit	17
6.5 Veränderung im Direktorium	18
7 Anlagen	18
7.1 Angeschaffte Ausstattungsgegenstände	18
7.2 Redner der Kolloquium-Reihe	18
7.3 Zeitungsnotizen	18
7.4 Publikationsliste von U. Schwarz	21

1 Zusammenfassung

1.1 Highlights der Arbeit im Berichtszeitraum und Einordnung der bisherigen Arbeit im nationalen und internationalen Maßstab

Das Zentrum für Dynamik komplexer Systeme (DYKOS) ist sowohl in der **Lehre** als auch der **Forschung** angesiedelt und **methodisch** orientiert. Dabei steht die Entwicklung von Methoden zur Analyse und Modellierung komplexer Systeme in enger Verbindung mit für die Potsdamer Hochschul- und Forschungslandschaft typischen Anwendungen aus den Erd-, Kognitions- und Lebenswissenschaften im Mittelpunkt.

Die Fähigkeit zur **Selbstorganisation** ist ein entscheidendes Charakteristikum komplexer Systeme; das bedeutet insbesondere die Herausbildung vielfältiger komplexer Strukturen fernab vom einfachen Gleichgewicht, die beispielsweise bei Erdbeben, Klimavariationen, Zelldynamik, oder Sprachverarbeitung beobachtet werden. Derartige Phänomene lassen sich nur durch nichtlineare Modelle beschreiben, wobei die Komponenten untereinander rückgekoppelt verbunden sind. Da die Gleichungen dieser Modelle nicht einfach lösbar sind, ergibt sich die hoch-aktuelle Herausforderung für DYKOS, nichtlineare Methoden zur Analyse sowohl experimenteller Daten als auch der Modelle weiterzuentwickeln und die Reichweite sowie Prädiktionsglaubwürdigkeit von Modellen zu ermitteln. Daran wirken Arbeitsgruppen aus der Physik, Mathematik und Informatik der Universität Potsdam mit.

Entsprechend der Zielstellung des vorangegangenen Evaluationsberichts (2000) ist das Zentrum um zwei neue Schwerpunkte erweitert worden: **Nichtlineare geophysikalische Prozesse** und **Computational Neuroscience**. Auf beiden Gebieten hat eine fruchtbare Arbeit stattgefunden. Dies belegen sowohl die aktive Mitwirkung in dem DFG-Schwerpunktprogramm (SPP) „Erdmagnetische Variationen: Raum-zeitliche Variationen, Prozesse und Wirkungen auf das System Erde“, dem DFG-Paket-Antrag „Modellierung und Analyse von Erdbebenschwärmern“, in dem Forschungsvorhaben im Rahmen des Emmy-Noether-Stipendiums von Frau Dr. Witt „Modellbasierte Datenanalyse von Klimastellvertreterdaten“ und der DFG-Forschergruppe „Konfligierende Regeln“ als auch in neuartigen Angeboten zur interdisziplinären Lehre im Hauptstudium.

Die DYKOS-Aktivitäten konzentrieren sich hauptsächlich auf folgende drei Felder:

- A) **Lehre** – Aufbau interdisziplinärer Lehrveranstaltungen für das Hauptstudium und die Graduiertenausbildung
- B) **Forschung** – Formen transdisziplinärer Arbeitsgruppen zur Einwerbung von Drittmittelprojekten und Begleitung bei deren Ausführung
- C) **Methodenbörse** – Bereitstellen von Programmsystemen (Toolboxes) zur nichtlinearen Daten- und Modellanalyse und entsprechenden Nutzungshinweisen (<http://tocsy.agnld.uni-potsdam.de>).

Im Berichtszeitraum sind folgende Ergebnisse besonders herauszustellen:

Zu A) **Lehre**

Die Bearbeitung obiger Schwerpunktthemen führte zu folgenden neuen interdisziplinären Lehrveranstaltungen.

A1) Als neuer Bestandteil von DYKOS wird - der **Internationalisierung des Studiums** Rechnung tragend - seit 2001 das **Helmholtz-Institut für Supercomputational**

Physics (AIP, PIK, MPI KGF, MPI AEI, Physik) aufgebaut. In der Gründungsphase (bis 2003) organisiert es eine Internationale Sommerschule für Graduierte zur effizienten Anwendung von Parallelrechnern auf aktuelle Probleme der Physik. Das neuartige Konzept dieser Schule ist überaus erfolgreich, es wird gerade in Cambridge kopiert.

A2) DYKOS wirkt intensiv bei der **Internationalen Max-Planck-Research-School of Biomimetic Systems** mit (MPI KGF, Chemie, Biologie, Physik). Bei diesem Graduierten-Programm werden jungen motivierten Kursteilnehmern sowohl die neuesten Forschungsergebnisse auf diesem Gebiet als auch der theoretische und experimentelle Hintergrund nahegebracht.

A3) Angehörige von DYKOS haben, gemeinsam mit Kollegen des AWI und des AIP, Kontakte von Nachwuchswissenschaftlern insbesondere der Universitäten Moskau und Saratov zur Universität Potsdam hergestellt und gemeinsame bilaterale Forschungsprojekte (seltsame nichtchaotische Attraktoren, Rauschen in dynamischen Systemen, Synchronisationsphänomene, Datenanalyse) im Rahmen von zwei Projekten des **Leonhard-Euler-Stipendienprogramms** (DAAD) auf den Weg gebracht und betreut (Hubberten, Kurths, Pikovsky, Rädler).

In mehreren Fächern findet unter wesentlicher Mitwirkung von DYKOS eine **interdisziplinäre Ausbildung von Studenten, Diplomanden und Doktoranden** statt: Stochastische Prozesse und Stochastische Differentialgleichungen in der **Erdsystem-Modellierung** (Held, Edenhofer & Haas (PIK); Zaikin & Pikovsky), Rechenmethoden in der **Geologie** (Trauth & Kurths), Ereigniskorrelierte Potentiale & Neurophysik im Bereich **Neuro-/Psycholinguistik** (Saddy, beim Graben), **Computational Biology** (Steuer, Schaub), Einführung in die **theoretische Ökologie** (B. Blasius, F. Jeltsch, G. Fussmann und A. Valeriani), Forschungspraktika zur Dynamik komplexer Systeme (Kurths & Schwarz).

Zu B) **Forschung**

B1) Die **Computational Neuroscience** wurde insbesondere im Rahmen der **DFG-Forschergruppe „Konfligierende Regeln“** (2000-2006, Sprecher: J. Kurths) zu einem Schwerpunkt von DYKOS entwickelt. Die Gutachtergruppe hat die bisherigen Resultate als exzellent bewertet (Saddy, J.D. and P. beim Graben: *Measuring the Dynamics of Language Processing*, in *Basic Mechanisms of Language and Language Disorder*. Witruk, Friederici & Lachmann, eds. Kluwer 2002. Beim Graben, P., Saddy, J.D., Schlesewsky, M. and Kurths, J.: *Symbolic Dynamics of Event Related Brain Potentials*, *Physical Review E* 62, 5518-5541, 2000). Ein methodisch erweiterter Verlängerungsantrag ist inzwischen bewilligt worden. In diesem Projekt untersuchen Arbeitsgruppen aus Informatik, Linguistik, Physik und Psychologie mit nichtlinearen Methoden Konflikte im Sprachverstehensprozess, die durch unterschiedliche sprachliche Modalitäten und kognitive Strategien sowohl ausgelöst als auch korrigiert werden können.

Nichtlineare geophysikalische Prozesse werden in den größeren Drittmittelwerbungen A2-A5 interdisziplinär untersucht:

B2) Im Rahmen des **DFG-Schwerpunktprogramms 1097 „Erdmagnetische Variationen: Raum-zeitliche Variationen, Prozesse und Wirkungen auf das System Erde“** (2000-2006) werden in 5 Projekten im Zusammenhang mit DYKOS bearbeitet (Physik, GFZ, AIP). Ziel der Projekte ist, ein umfassenderes Verständnis der raum-zeitlichen Struktur erdmagnetischer Variationen insbesondere während der Umpolung des Erdmagnetfeldes zu entwickeln, zu erdmagnetischen Variationen Anlass gebende geodynamische Prozesse zu identifizieren, geodynamische Prozesse zwecks Interpretation der Beobachtungen raum-zeitlicher Strukturen numerisch zu modellieren und mögliche Auswirkungen auf das System Erde zu untersuchen.

B3) In der nach sehr positiver Evaluierung verlängerten Bewilligung des **Sonderforschungsbereich (SFB) 555 „Komplexe nichtlineare Prozesse“** (1998-2004, Sprecher: L. Schimansky-Geier, Humboldt-Univ. Berlin, stellv. Sprecher: J. Kurths, Univ. Potsdam) arbeiten Potsdamer Wissenschaftler (Physik, Mathematik und PIK) auf dem Gebiet der Klimadynamik und der Modellierung von Erdbeben zusammen.

B4) Im Rahmen eines **DFG-Paket-Antrags „Modellierung und Analyse von Erdbebenschwärmen“** (2001-2004, Geowissenschaften, Physik) geht es um die Analyse und den Vergleich von beobachteter und modellierter Erdbeben-Schwarmtätigkeit im Vogtland im Hinblick auf die Ausbildung von Raum-Zeit-Mustern bei Erdbeben und deren Konsequenzen für die Gefährdungsanalyse.

B5) Das **EU-Projekt „EARLINET - A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology“** (2000-2003, Mathematik, AWI) besteht in der Schaffung einer Datenbank der horizontalen, vertikalen und zeitlichen Verteilung der Aerosole auf einer kontinentalen Skala und der mathematischen Analyse dieser Daten.

B6) Für die **Methodenentwicklung** sind im Berichtszeitraum zwei neue größere Initiativen unter Potsdamer Federführung bewilligt worden: Das **DFG-Schwerpunktprogramm 1114 „Mathematische Methoden der Zeitreihenanalyse und digitalen Bildverarbeitung“** (2001-2007, Physik und Mathematik), in dem neue methodische Ansätze erarbeitet, auf gemessene Daten angewandt und im Methodenvergleich kritisch bewertet werden, und das **EU-Research- and Training-Network „Control and Synchronization of Spatially Extended Nonlinear Systems“** (2000-2004, Koordinator: J. Kurths) in dem theoretisch und experimentell komplexe Strukturbildungen studiert werden.

B7) Die nach hartem Wettbewerb an der Universität Potsdam eingerichtete **Nachwuchsgruppe der VW-Stiftung „Raum-zeitliche Synchronisierung in Ökosystemen“** (2000-2006, B. Blasius) bildet die Grundlage für den Aufbau eines weiteren Schwerpunkts in DYKOS (Biologie, Physik). In diesem Schwerpunkt **Theoretische Ökologie** werden moderne mathematische Modellierungsmethoden der nichtlinearen Dynamik für das Studium komplexer, natürlicher Systeme herangezogen. Von besonderem Interesse ist dabei die komplexe Synchronisierung, die zwischen kleinen lokalen Subsystemen entsteht und sich in der Organisation ganzer Ökosysteme fortsetzt. Solche Synchronisierungsphänomene können typischerweise in Räuber-Beute-Systemen auftreten und spielen eine grundlegende Rolle bei der Regulierung existenzbedrohter Arten, bei der Bekämpfung und Ausbreitung von Epidemien und für das Design von Naturschutzreservaten.

Zu C) **Methodenbörse**

DYKOS stellt Toolboxes zur nichtlinearen Datenanalyse (Cross-Recurrence-Plots, Synchronisation, Symbolische Kodierung, Waveletanalyse) und Modellierung (Systemidentifikation, Bifurkationsanalyse) komplexer Systeme bereit und organisiert deren Handhabung (<http://tocsy.agnld.uni-potsdam.de>).

Weitere Highlights

Die Liste von **Humboldt-Forschungspreisträgern und -Stipendiaten** bei DYKOS ist ein wichtiger Ausweis für die internationale Attraktivität des Zentrums: V. Anishchenko, Saratov (Russland) (**zweiter Humboldt-Forschungspreisträger** am DYKOS); L. Bunimovich (USA); Hong-liu Yang (China); O. Popovych (Ukraine); K. Hassan (Bangladesch); C. Zhou (China); I. Tokuda (Japan). Darüber hinaus haben D. Armbruster, Arizona (USA) und L. Esposito, Colorado (USA) ihr Sabbatical am DYKOS verbracht. Ihr Kommen avisiert haben M. Hasler, Lausanne (Schweiz) und H. Abarbanel, Kalifornien (USA).

Besonders hervorzuheben sind folgende Preise, mit denen Nachwuchswissenschaftlern des Zentrums ausgezeichnet wurden:

- 1) J. Schmidt: **Carl-Ramsauer-Preis 2002** der Physikalischen Gesellschaft
- 2) S. Kraut: **Feodor-Lynen-Forschungsstipendium 2002**
- 3) T. Kuhlbrodt: **Carl-Ramsauer-Preis 2003** der Physikalischen Gesellschaft
- 4) N. Marwan: **Publikationspreis des Leibniz-Kolleg Potsdam 2003**
- 5) A. Weisheimer: **Michelson-Preis für die beste Promotion des Jahrgangs 2000**
- 6) S. Hainzl: **Preis der Universitätsgesellschaft für die beste Promotion 2000**

Ulrike Feudel, Heisenberg-Stipendiatin, hat einen Ruf auf eine **C4-Stelle** an die Universität Oldenburg erhalten und angenommen.

J. Kurths wurde zum **Fellow der American Physical Society** und zum **Präsidenten der Nonlinear Geophysical Processes Division** der **European Geoscience Union** gewählt.

Einen besonderen Höhepunkt stellte die Organisation der „**6th Experimental Chaos Conference**“ im Juli 2001 an der Universität Potsdam dar. An dieser erst zum zweiten Mal in Europa stattfindenden Konferenz nahmen mehr als 200 Wissenschaftler teil.

1.2 Erzielter Mehrwert für die Profilbildung der Universität Potsdam

Der erzielte Mehrwert von DYKOS resultiert aus einer effizienten Verbindung verschiedener inner- und außeruniversitärer Arbeitsgruppen; damit konnte die Wettbewerbsfähigkeit der Universität Potsdam signifikant erhöht, die **Profilbildung der Universität Potsdam** substanziell unterstützt, der Umfang eingeworbener Drittmittel positiv beeinflusst und die nationale als auch internationale Wirkung der Universität Potsdam gesteigert werden. Darüber hinaus bildet die Arbeit des Zentrums eine **nachhaltige Stütze für die Kommunikation und Zusammenarbeit verschiedener Fachbereiche** der Universität Potsdam (Geowissenschaften, Linguistik/Allgemeine Sprachwissenschaft, Mathematik, Physik, Informatik, Biologie, Psychologie) und mit außeruniversitären Einrichtungen insbesondere im Potsdamer Raum (GFZ, PIK, AWI, AIP).

2 Zielstellung im Berichtszeitraum/Erfüllungsstand der 2000 festgesetzten Aufgaben

Zielstellung

Das Interdisziplinäre Zentrum für Dynamik komplexer Systeme an der Universität Potsdam hat einen sehr anspruchsvollen Gründungsauftrag erhalten. Es sollte theoretisch-methodische Untersuchungen in Mathematik und theoretischer Physik mit konkreten Anwendungen anderer Wissenschaften verbinden. Unter Einbeziehung von Instituten der Universität Potsdam und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die insbesondere im Potsdamer Raum angesiedelt sind, sollte ein überregional bedeutender Schwerpunkt entwickelt werden, wie er an keiner anderen deutschen Universität in gleicher Weise interdisziplinär angelegt ist. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass dieser Schwerpunkt mit den Berliner Universitäten als Potsdamer Besonderheit abgestimmt ist.

Schwerpunkt

Der Schwerpunkt der Arbeit des Zentrums für Dynamik komplexer Systeme lag seit seiner Gründung bei der **Formung interdisziplinärer Projekte**, der Unterstützung bei zugehörigen **Drittmittleinwerbungen** und der **Sicherung der Projektausführung** auf hohem Niveau. Dazu wurden insbesondere ein **interdisziplinärer Diskurs**, an dem sich Mitarbeiter und Nachwuchswissenschaftler der Universität Potsdam und etlicher außeruniversitärer Forschungsinstitute aktiv beteiligen, entwickelt und mehrere internationale Workshops, Konferenzen und Schulen (siehe Abschnitt 4.2) sowie eine Kolloquiumsreihe (siehe Anlage unter Abschnitt 7.2) durchgeführt.

Entsprechend der Zielstellung für die abgelaufene Arbeitsperiode ist das Zentrum um zwei neue Schwerpunkte erweitert worden: **Nichtlineare geophysikalische Prozesse** und **Computational Neuroscience**. Auf beiden Gebieten hat eine fruchtbare Arbeit stattgefunden. Dies belegen das DFG-Schwerpunktprogramm „Erdmagnetische Variationen: Raum-zeitliche Variationen, Prozesse und Wirkungen auf das System Erde“ (Rädler, Rüdiger, Seehafer, Kurths, Schwarz), der DFG-Paket-Antrag „Modellierung und Analyse von Erdbebenschwärmern“ (Scherbaum, Hainzl), das Forschungsvorhaben im Rahmen des Emmy-Noether-Stipendiums von Frau Dr. Witt „Modellbasierte Datenanalyse von Klimastellvertreterdaten (CLIMODES)“ und die DFG-Forschergruppe „Konfligierende Regeln“ (Saddy, Kurths).

Besondere Beachtung wurde der Entwicklung nationaler und internationaler Kooperationen geschenkt. Die Vielzahl der Gäste – darunter hoch angesehene Forscher ebenso wie Nachwuchswissenschaftler – ist nachhaltiger Ausweis der Attraktivität, die das Zentrum entfalten konnte.

Es fanden **Doktorandenseminare** sowie neu konzipierte **interdisziplinäre Lehrveranstaltungen** zur nichtlinearen Datenanalyse und Strukturbildung in komplexen Systemen statt (Physik, Mathematik, Geowissenschaften, Biologie, Ökologie).

3 Organisatorische Struktur, strukturelle und personelle Entwicklungen, Arbeitsweise

3.1 Strukturelle und personelle Entwicklungen

Von 1994 bis 1999 setzte sich das Direktorium des Zentrums aus Prof. Dr. J. Kurths (Institut für Physik), Prof. Dr. P. Maaß (Institut für Mathematik, bis 1999 im Direktorium), Prof. Dr. H.-J. Schellnhuber (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und Institut für Physik, bis 1997 im Direktorium), Prof. Dr. K.-H. Rädler (Astrophysikalisches Institut Potsdam und Institut für Physik, ab 1997 im Direktorium) zusammen. Um der inhaltlichen Erweiterung des Zentrum Rechnung zu tragen, wurde das Direktorium 1999 erweitert; ihm gehören seit Ende 1999 an: Prof. Dr. J. Kurths, Prof. Dr. K.-H. Rädler, Prof. Dr. D. Saddy (Institut für Linguistik/Allgemeine Sprachwissenschaft) und Prof. Dr. F. Scherbaum (Institut für Geowissenschaften). Seit 1994 sind Dr. U. Schwarz als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Frau B. Nader als Sekretärin (halbe Stelle) tätig.

Kuratorium

Für das Kuratorium des Zentrums für Dynamik komplexer Systeme konnten 12 international sehr angesehene und aktive Wissenschaftler gewonnen werden:

Prof. Dr. H. Abarbanel, Department of Physics & Institute for Nonlinear Science, Uni-

versity of California, San Diego, USA

Prof. Dr. K. Aihara, Dep. of Mathematical Engineering, The University of Tokyo, Japan

Prof. Dr. V. Anishchenko, Department of Physics, Laboratory of Nonlinear Dynamics, Saratov State University, Russia

Prof. Dr. U. Christensen, Max-Planck-Institut für Aeronomie, Katlenburg-Lindau, Germany

Prof. Dr. C. Grebogi, Instituto de Fisica, Universidade de Sao Paulo, Brazil

Prof. Dr. S. Havlin, Department of Physics, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel

Prof. Dr. G. Hooper, Information Technology and Electrical Engineering, University of Queensland, Brisbane, Australia

Prof. Dr. G. E. Morfill, Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Germany

Prof. Dr. John B. Rundle, Interdisciplinary Professor of Physics, Civil Engineering and Geology; Director, Center for Computational Science and Engineering, University of California, USA

Prof. Dr. M. San Miguel, Mediterranean Institute for Advanced Studies, Universitat de les Illes Balears, Spain

Prof. Dr. S. Shapiro, Seismics/Seismology Working Group, Institute of Geophysics, FU Berlin

Prof. Dr. J. Uriagereka, Linguistics, University of Maryland, College Park, Maryland, USA

Arbeitsweise

Die Aktivitäten des Zentrums sind auf die **Projektvorbereitung**, die **Bearbeitung und Betreuung** bereits eingeworbener Projekte, die Organisation und Durchführung von **interdisziplinären Lehrveranstaltungen, Workshops**, Seminaren, Kolloquien (interdisziplinär, hochrangige Redner; siehe Anlage unter Abschnitt 7.2) gerichtet. Darüber hinaus ist das Zentrum als Kompetenzzentrum ein Ansprechpartner für potenzielle Nutznießer der Dynamik komplexer Systeme (Beratung und Methodenbörse, Hinweise auf interdisziplinäre Veranstaltungen zur Dynamik komplexer Systeme mittels der überregional beachteten Web-Pages: <http://www.agnld.uni-potsdam.de/~shw/Koll.html> zu Aktivitäten an der Universität Potsdam). Es fanden regelmäßig Direktoriumstreffen statt.

Als wesentlich für die konstruktive Arbeit des Zentrums hat sich gezeigt, dass Herr Schwarz sowohl organisatorisch als auch wissenschaftlich sehr erfolgreich gearbeitet hat. Er hat insbesondere interdisziplinäre Projekte initiiert und selbst Drittmittel eingeworben, sich sehr aktiv in der Lehre eingebracht und gemeinsam mit Frau Nader Tagungen sowie Workshops organisiert. Frau Nader hat zusätzlich das reichhaltige Gästeprogramm betreut und Drittmittel verwaltet.

3.2 Eingesetzte Ressourcen/Ausstattung des Zentrums

Dem Zentrum wurden im Zeitraum 2000 bis 2003 folgende Mittel zur Haushalts- und Wirtschaftsführung zur Verfügung gestellt: DM 3000 für 2000, DM 3000 für 2001, € 1.496 für 2002 und lediglich € 575,50 für 2003.

Als Literaturerwerbsmittel standen DM 4000 für 2000, DM 5000 für 2001, € 2250 für 2002 und € 750 für 2003 zur Verfügung.

Die personellen Ausgaben (Mitarbeiter+ 1/2 Sekretärin) belaufen sich auf ca. 74000 € pro Jahr.

Der Einsatz der sächlichen Ressourcen verteilt sich auf DV-Geräte, Kolloquien (Honorar und Unterkunft), Reisegelder (Tagungsbesuche), Telefon, Büromaterial, Bücher, Kopien, insbesondere zur Herstellung von Preprints und Einladungen.

3.3 Eingeworbene Drittmittel

Projekt	Budget
DFG-Forschergruppe „Konfigurierende Regeln“	1.211.000 €
SFB 555 „Komplexe nichtlineare Prozesse“ (Potsdamer Anteil)	245.000 €
EU-Network „Control and Synchronization“ (Potsdamer Anteil)	199.400 €
EU-Projekt „Aerosol Research Lidar Network“	114.800 €
DFG-Schwerpunktprogramme	
SPP 1114 „Mathematische Methoden“	242.000 €
SPP 1097 „Erdmagnetische Variationen“	262.500 €
SPP 1115 „Staubtori um Mars“	48.950 €
DFG-Paket-Antrag „Erdbebenschwärme“	170.000 €
Interdisziplinäre Turbulenzinitiative	185.000 €
DLR-Projekt „Staubdynamik im Sonnensystem“	328.000 €
Nachwuchsgruppe der VW-Stiftung	440.000 €
Emmy-Noether-Programm: „Datenanalyse“	36.000 €
VW-Projekte „Nichtlinear-dynamische Effekte in produktionstechnischen Systemen“	785.200 €
ESA-Projekt „Osteoporosis“	109.900 €
BMBF-Projekt „Multimedia in der Mathematik“	189.500 €
Euler-Programm (Moskau und Saratov)	38.100 €
Humboldt-Preise und -Stipendien	225.000 €
DAAD-Projekte (Stipendiaten, Austauschprogramme)	5.500 €
Helmholtz-Schule „Supercomputational Physics“	342.000 €
Drittmittelertrag für die Uni Potsdam im Berichtszeitraum	5.637.850 €

Tabelle 1: Drittmittelertrag für die Universität Potsdam im Berichtszeitraum, der über Kostenstellen an der Universität Potsdam verwaltet wird (Gerundete Beträge).

4 Darstellung der wichtigsten Projektergebnisse des Zentrums

4.1 Lehre und Studium

A) Der Ausbildungsschwerpunkt „Nichtlineare Dynamik“ wird als Wahlpflichtfach fachübergreifend von Studenten nach dem Vordiplom besucht.

B) In mehreren Fächern findet unter wesentlicher Mitwirkung von Mitgliedern des Zentrums für Dynamik komplexer Systeme eine **interdisziplinäre Ausbildung von Studenten, Diplomanden und Doktoranden** statt: Rechenmethoden in der **Geologie** (Trauth & Kurths), Ereigniskorrelierte Potentiale & Neurophysik im Bereich **Neuro-/Psycholinguistik** (Saddy, beim Graben), **Computational Biology** (Steuer, Schaub),

Einführung in die theoretische **Ökologie** (B. Blasius, F. Jeltsch, G. Fussmann und A. Valeriani), Forschungspraktika zur Dynamik komplexer Systeme (Kurths & Schwarz).

C) Zur **Profilierung der Graduiertenausbildung** findet wöchentlich das **interdisziplinäre Doktorandenseminar** “Modelling of Dynamical Systems and Time Series Analysis” (<http://www.agnd.uni-potsdam.de/~shw/koll.html>) statt.

D) Die **Internationale Max-Planck-Research-School über Biomimetic Systems** (<http://www.imprs.org/courses.html>) ist ein Graduierten-Programm, das jungen motivierten Kursteilnehmern sowohl die neuesten Forschungsergebnisse auf diesem Gebiet als auch den theoretischen und experimentellen Hintergrund nahebringt. Dabei werden die traditionellen Grenzen zwischen den Disziplinen Physik, Chemie und Biologie überschritten.

E) Die jährlich stattfindenden Helmholtz-Sommerschulen zum Supercomputing sind für die nationale und internationale Graduiertenausbildung gedacht. Die zentrale Zielsetzung des Helmholtz-Instituts ist, die Programmierung auf Supercomputern zu vermitteln. Die Kurse werden in der Form einer vier-Wochen-Sommerakademie gegeben, die an der Universität von Potsdam gehalten wird. Der Lehrplan konzentriert sich auf die Methoden, die für eine erfolgreiche numerische Lösung der modernen Probleme in der Physik mit parallelen Computern (Hydrodynamik, numerische Relativität, Astrophysik, Klimaforschung) erforderlich sind. Folgend genannte Sommerschulen haben bereits stattgefunden:

- 2001: 27.8. - 21.9. First Helmholtz Institute Summerschool on **Tools to Simulate Turbulence on Supercomputers**
- 2002: 26.8.-20.9. Second Helmholtz Institute Summerschool on **Scientific Supercomputing in Climate Research** (5 Bewerber pro Platz)
- 2003: 1.-26.9. Third Helmholtz Institute Summerschool on **Chaos and Stability in Planetary Systems** (5 Bewerber pro Platz)

F) U. Schwarz (Zentrumsmitarbeiter) führt **Übungen** und Vorlesungsververtretungen zur Nichtlinearen Dynamik und Theoretischen Physik durch und betreut gemeinsam mit J. Kurths **Forschungspraktikanten, Diplomanden und Doktoranden**.

4.2 Forschung

Die wichtigsten Projekte, die **DFG-Forschergruppe** „Konfligierende Regeln“, der **Sonderforschungsbereich 555** „Komplexe nichtlineare Prozesse“, das **EU-Netzwerk** „Control and Synchronization of Spatially Extended Nonlinear Systems“, unsere vier **Projekte** in verschiedenen **DFG-Schwerpunktprogrammen** sind bereits in Abschnitt 1.1 erläutert worden.

Mit den im folgenden beschriebenen Projekten – den vier **Projekten** bei der **Volkswagen-Stiftung** und mehreren **DFG- und BMBF-Projekten** – umfasst die durch die wesentliche Mitwirkung des Zentrums eingeworbene Drittmittelsumme mehr als 3 Millionen € .

Die heutigen Forderungen des Marktes nach variantenreicher Fertigung mit hoher Qualität bei gleichzeitig niedrigen Produktionskosten und kurzen Lieferzeiten stoßen immer wieder an die Grenzen des derzeit Machbaren. Die extremen Leistungsanforderungen an die Fertigungseinrichtungen, die Komplexität der Produktionssysteme, der Arbeitsorganisation und der Informationsflüsse in der Fabrik können zu unkontrollierbaren Effekten führen, die zum Beispiel nicht erwartete hohe Ausschussquoten zur Folge haben. Solche Phänomene können mit den derzeit üblichen theoretischen Modellvorstellungen, die weitgehend auf linearen Näherungen beruhen, nicht verstanden werden. Weiterführende

Erkenntnisse erwartet man von der Anwendung der Theorie der nichtlinearen Dynamik auf produktionstechnische Systeme.

Die **Volkswagen-Stiftung** hat aus o.g. Gründen ein Förderprogramm „**Untersuchung nichtlinear-dynamischer Effekte in produktionstechnischen Systemen**“ aufgelegt, an dem wir mit vier Projekten beteiligt waren und z.T. noch sind: **A)** „Temperatur-Verformungs-Zusammenhang & thermische Stabilität von modularen Werkzeugsystemen“ (1999-2003: Neugebauer, Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik in Chemnitz; Kurths), **B)** „Modellierung nichtlinear-dynamischer Effekte bei der Spanbildung zur Gestaltung optimierter Spanformstufen für die Drehbearbeitung“ (1999-2003: Warnecke, Universität Kaiserslautern; Schwarz) und **C)** „Untersuchung nichtlinear dynamischer Phänomene beim Laserstrahlschmelzabtrag“ (2000-2003: U. Feudel; M. Geiger, Universität Erlangen-Nürnberg). **D)** „Modellierung und Analyse von Produktions- und Logistiknetzwerken mit Methoden der Nichtlinearen Dynamik“ (2002-2005: Scholz-Reiter (Universität Bremen), Witt).

Weiterhin ist das Zentrum an der erfolgreichen Einwerbung mehrerer **DFG-** und **BMBF-Projekte** aktiv beteiligt:

A) Interdisziplinäre Turbulenzinitiative „Development of a wall-model for large-eddy-simulation based on nonlinear analysis of DNS-data“ (2000-2005, M. Abel, Breuer, Pikovsky, Kurths, Stojkovic)

B) DFG-Schwerpunktprogramm 1115 „Mars und die terrestrischen Planeten“ (2002-2004, Krivov & Spahn) Die Entstehung, Dynamik und auch die Beobachtbarkeit der seit 30 Jahren vermuteten Staubkomplexe in der Umgebung des Planeten Mars sollen mit theoretischen und numerischen Mitteln untersucht werden.

C) BMBF - Projekt „Multimedia in der Mathematik-Ausbildung für Ingenieure“ (2002-2004, Seiler (Sprecher), Holschneider, Enss, Vachenaer)

D) DLR-Projekt „Staubdynamik im Sonnensystem: Interpretation der Cassini/Ulysses & Galileo-Staub-Detektor-Daten“ (2000-2004, Spahn)

E) Projekt auf Basis der Studienstiftung des deutschen Volkes „Ringdynamik an Saturns Roche-Grenze: Ein kinetisches Strukturbildungsmodell“ (2003-2005, Albers & Spahn)

F) INTAS-Projekt: „Exploration of Complex Dynamical Processes“ (2002-2004, V.S. Anishchenko, Russia; E. Mosekilde, Denmark; Koordination: Kurths, Potsdam).

G) ESA/ERISTO (European Research in Space and Terrestrial Osteoporosis) - Projekt „2D and 3D Quantification of Bone Structure and its Changes in Microgravity Condition by Measures of Complexity“ (2000-2006, Gowin, Felsenberg & Saporin, FU Berlin; Klingenberg-Regn, Siemens/Forchheim; Kurths & Marwan).

Durch das Zentrum ausgerichtete Konferenzen & Workshops

Einen besonderen Höhepunkt stellte die Organisation der „6th Experimental Chaos Conference“ (http://www.agnld.uni-potsdam.de/~shw/Workshop/04_ECC6/index.html) im Juli 2001 an der Universität Potsdam dar. Zu dieser erst zum zweiten Mal in Europa stattfindenden Konferenz nahmen mehr als 200 Wissenschaftler teil. Die auf der Konferenz diskutierten Themen sind in den Proceedings of the 6th Experimental Chaos Conferences, American Institute of Physics Conference Proceedings, Vol. 622, 2002, veröffentlicht worden. Das Echo zu diesem Workshop in der Öffentlichkeit zeigen die Mitteilungen der **Süddeutschen Zeitung** vom 26.07.2001 mit dem Titel „Mustergültige Unordnung“ und **Der Welt** vom 30.07.2001 mit dem Titel „Das Chaos herrscht überall“ (siehe Anlage

7.3).

Des weiteren sind folgende Workshops ausgerichtet worden:

- 2001: 4.5. Hydrodynamic Day: Modern Methods in Turbulence
- 2001: 29.11.-1.12. Analyzing and Modelling Event-Related Brain Potentials: Cognitive and Neural Approaches
- 2002: 25.2.-2.3. Workshop im Schwerpunktprogramm 1114 “Mathematische Methoden der Zeitreihenanalyse und digitalen Bildverarbeitung” (<http://www.math.uni-bremen.de/zetem/DFG-Schwerpunkt/>)
- 2002: 7.6. Hydrodynamic Day: Nonlinear Aspects of Fluid Dynamics
- 2002: 26.6. Official Opening of Research Group of the VW Foundation
- 2003: 29.-30.4. Evaluation Colloquium im Schwerpunktprogramm 1114
- 2003: 17.-19.7. Synchronization and Complex Dynamics in Networks with Applications in Ecology

4.3 Regionale Kooperationspartner

1) Derzeit bestehen **aktive Querverbindungen zu folgenden Fächern** bzw. Zentren an der **Universität Potsdam**: Physik, Geowissenschaften, Psychologie, Mathematik, Biochemie und Biologie, Geoökologie, Informatik, Zentrum für Kognitive Studien und Linguistik/Allgemeine Sprachwissenschaft

2) Besonders enge Kontakte gibt es zu folgenden **außeruniversitären Einrichtungen im Potsdamer Raum**: GeoForschungsZentrum Potsdam, Alfred-Wegener Institut, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Albert-Einstein-Institut und MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung.

3) Darüber hinaus bestehen **Kooperationen mit Berliner Forschungseinrichtungen** im Rahmen des SFB 555 (HU Berlin, TU Berlin, WIAS, MPI Fritz-Haber-Institut) und des ESA-Projekts zur Osteoporosis (FU Berlin, Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin, Volhard-Klinik).

4.4 Nationale und internationale Zusammenarbeit, Gastwissenschaftler

Ein wichtiger Aspekt der Aktivitäten ist die Entwicklung und Gestaltung nationaler und internationaler Kooperationen. Unter den vielen inzwischen sehr produktiven Partnerschaften sind herauszuheben:

A) **National**: MPI für Neuropsychologische Forschung Leipzig; Warnecke, Universität Kaiserslautern; M. Geiger, Universität Erlangen-Nürnberg; Neugebauer, FHI in Chemnitz; Honerkamp / Timmer, Universität Freiburg; Parlitz/Lauterborn, Universität Göttingen; Hänggi, Universität Augsburg; Maaß, Universität Bremen; Dahlhaus, Universität Heidelberg.

B) **International**: D. Armbruster, Arizona, U.S.A., F. Moss, St. Louis, U.S.A., P. Landa, Moskau, Russland, M. Rudenko, Moskau, Russland, T. Arecchi, S. Boccaletti und S. Ruffo, Italien, H. Mancini, Spanien, J.-P. Eckmann, Schweiz, I. Procaccia, Israel, A. Longtin, Kanada, L. Smith, Oxford, UK.

4.5 Wissenschaftlicher Nachwuchs

Im Zusammenhang mit dem Zentrum sind zwölf **Dissertationen** (Weisheimer, Rüdiger, beim Graben, Park, J. Schmidt, Demircan, Rheinhardt, Titz, Hammoudeh, Katzorke, Kuhlbrodt, Kraut) und fünf **Habilitationen** (Zaks, F. Feudel, Zaikin, Rosenblum, Böckmann) zu interdisziplinären Themen erfolgreich abgeschlossen worden. Weitere Diplomarbeiten und Dissertationen zu interdisziplinären Themen sind in Vorbereitung.

4.6 Öffentlichkeitsarbeit (wissenschaftlich/populärwissenschaftlich)

Es wurden etliche Aktivitäten zur Popularisierung Nichtlinearer Dynamik in der Öffentlichkeit wie auch zur Gewinnung begabter Schüler für ein Studium in Physik oder Mathematik an der Universität Potsdam unternommen. Als wichtiges Element hat U. Schwarz mehrere Kurse zur Einführung in die Nichtlineare Dynamik für Gymnasiasten an der Universität Potsdam durchgeführt.

Darüber hinaus haben etliche Zentrumsangehörige Vorträge an Gymnasien in Brandenburg und Berlin gehalten.

5 Nicht erreichte Ziele, Abweichungen vom Konzept, Probleme

Die gesteckten Ziele des Zentrums sind weitestgehend erreicht worden. Darüber hinaus sind Anwendungen der Dynamik komplexer Systeme in der Technik initiiert worden.

Probleme für die Arbeit des Zentrums resultierten insbesondere aus der zögerlichen Besetzung wichtiger Professuren (insbesondere Numerische Mathematik und Geowissenschaften).

6 Konzept zur beabsichtigten Fortführung des Zentrums (3 Jahre)

Die Arbeit des Zentrums hat entscheidenden Anteil an der Schaffung des Schwerpunktes Komplexe Systeme der Universität Potsdam; er hat bereits überregionale Bedeutung erlangt. Das Direktorium wie auch das Kuratorium des Zentrums sprechen sich nachhaltig für eine Fortführung aus, bei der besonders erfolgreiche Projekte weitergeführt und weiterentwickelt werden sollen.

Als wesentliches neues Element von DYKOS für die nächste Förderperiode (2003-2006) ist vorgesehen, die bisherigen interdisziplinären Lehrangebote für Graduierte zu konzentrieren und ein einheitliches Konzept für eine strukturierte Graduiertenausbildung zu entwickeln (siehe Abschnitt 6.1). Die bisherigen 3 Schwerpunktsthemen sollen um den Schwerpunkt **Theoretische Ökologie** erweitert werden. Ein entscheidendes Element wird bei allen 4 Themen die Initiierung und Neueinwerbung größerer Drittmittelprojekte insbesondere bei der EU und der DFG sein (siehe Abschnitt 6.2). Natürlich wird DYKOS auch verstärkt Dienstleistungen in Form der Methodenbörse auf hohem Niveau einbringen.

6.1 Interdisziplinäre strukturierte Graduiertenausbildung: Analyse und Modellierung komplexer Systeme in den Naturwissenschaften **und Lehre**

Die in den vier Profildbereichen “Earth Sciences”, “Life Science”, “Cognitive Science” und “Soft Matter” an der Universität Potsdam und den benachbarten Instituten zu erforschenden Prozesse zeichnen sich i.a. durch eine hohe Komplexität und Strukturvielfalt aus. Diesen Prozessen liegen meist komplexe Systeme zugrunde. In Teilgebieten der Mathematik, Informatik und Physik sind in den letzten 2 Jahrzehnten eine Fülle von Methoden entwickelt worden, die eine Analyse und Modellierung derartiger Systeme in enger Verbindung mit der **Auswertung experimenteller Daten** ermöglicht. Allerdings besteht derzeit ein erhebliches Defizit in der Ausbildung junger NaturwissenschaftlerInnen auf diesen Gebieten. Deshalb steckt die umfassende Anwendung dieser modernen Methoden noch in den Kinderschuhen. Andererseits verfügen die Institute für Mathematik, Physik und Informatik der Universität Potsdam über eine Deutschland-weit selten ausgeprägte Kompetenz auf diesen modernen methodischen Gebieten (6 Professuren und 1 Juniorprofessur sowie Nachwuchsgruppe der VW-Stiftung und im Emmy-Noether-Programm der DFG).

Wir schlagen deshalb ein **Konzept für eine 2-semesterige, englisch-sprachige Ausbildung von Graduierten** (i.a. DoktorandInnen) in den Natur- und Kognitionswissenschaften vor, das insbesondere die Vermittlung moderner Methoden der **Zeitreihenanalyse, Bildverarbeitung, des Data Mining** und des **maschinellen Lernens**, sowie zur **mathematischen Modellierung und Simulation komplexer Systeme** beinhaltet. Darüber hinaus wird eine strukturierte Ausbildung für Doktoranden entwickelt, die auf einem Teilgebiet der Komplexen Systeme als Wissenschaftsdisziplin forschen.

Lehrkörper für die strukturierte Graduiertenausbildung (Professoren):

Prof. J. Kurths, Institut für Physik, Nichtlineare Dynamik; Prof. A. Pikovsky, Institut für Physik, Statistische Physik/Chaostheorie; Prof. D. Saddy, Institut für Linguistik, Sprachverarbeitung; Prof. M. Holschneider, Institut für Mathematik, Angewandte Mathematik; Prof. S. Reich, Institut für Mathematik, Numerische Mathematik; Prof. K.-R. Müller, Institut für Informatik, Neuronale Netze und Zeitreihenanalyse; Jun. Prof. (Senatsbeschluss) Dr. B. Blasius, Institut für Physik, Theoretische Ökologie; Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe Frau Dr. A. Witt.

Die Aktivitäten des Zentrums für Dynamik komplexer Systeme im Sinne einer **interdisziplinären Ausbildung von Studenten und Diplomanden im Hauptstudium in Zusammenarbeit mit anderen Fächern** (siehe Abschnitt 4.1) werden fortgesetzt.

6.2 Schwerpunkte der Projektforschung: Beantragte/vorgesehene Projekte

A] Theoretische Ökologie

Die Anwendung der Ansätze der Theorie komplexer dynamischer Systeme auf ökologische Systeme erlangt eine immer größere Bedeutung. Es hat sich herausgestellt, dass viele Fragestellungen zum Verständnis der Dynamik lebender Systeme nur mit Hilfe der nichtlinearen Dynamik und der Theorie komplexer dynamischer Systeme verstanden werden können. Andererseits erfordern die Besonderheiten lebender Systeme (Nichtrepro-

duzierbarkeit, große Variabilität) neue Methoden und liefern interessante physikalische Fragestellungen. Dies liefert neue Herausforderungen an die Physik. Diese Arbeit ist per Definition interdisziplinär angelegt und erfordert ein Zusammenspiel von Forschern auf den Gebieten der nichtlinearen Dynamik, der stochastischen Systeme, raumzeitlicher Dynamik und Ökologie.

B] Nichtlineare Prozesse in der Geophysik

a] Auf dem Gebiet der Geoökologie ist unter Leitung von A. Bronstert ein **SFB „Hydrologische Extremereignisse und deren Risiken in besonders verletzlichen Regionen“** mit Wissenschaftlern aus Südafrika in Vorbereitung. Es werden neben Geoökologen auch Biologen der Universität und Forscher des AWI in diesem Projekt mitarbeiten.

b] Antrag im **HGF Impuls- und Vernetzungsfonds zur Einrichtung eines Virtuellen Instituts: Pole - Equator – Pole (PEP) zur Untersuchung der Variabilität atmosphärischer Spurenstoffe entlang einer Nord-Süd-Transpose** mit Beteiligung der HGF-Zentren Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung-Bremerhaven und Forschungsstelle Potsdam, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen, und den Universitäten Bremen (Institut für Umweltphysik), Potsdam (Institute für Physik und Mathematik) und Karlsruhe (Institut für Meteorologie und Klimaforschung).

c] In dem durch Initiative des Zentrums gewonnenen **SFB 555 „Komplexe nichtlineare Prozesse: Analyse, Simulation, Steuerung und Optimierung“** arbeiten Forscher aus dem Berlin-Potsdamer Raum (Universität Potsdam: Physik, Mathematik, Geowissenschaften; Potsdamer Institute: PIK, AWI, GFZ; Berliner Universitäten: Humboldt Universität, Technische Universität, Freie Universität) zusammen. Für 2004 ist ein Verlängerungsantrag in Vorbereitung.

C] Computational Neuroscience

a] In der **DFG-Forschergruppe „Konfligierende Regeln“** (2000-2006) untersuchen Arbeitsgruppen aus Informatik, Linguistik, Physik und Psychologie mit nichtlinearen Methoden Konflikte im Sprachverstehensprozess.

b] Im Mittelpunkt des deutsch-kanadischen Projekts “Trans-Coop” steht die Untersuchung kortikaler Reflexe beim Erst- und Zweitspracherwerb. Hierbei sollen Methoden der nichtlinearen Dynamik und der Physik komplexer Systeme angewandt und weiterentwickelt werden (Saddy).

D] Methodik

Im Rahmen des 6. Rahmenprogramms sind etliche Projekte unter Beteiligung von DYKOS beantragt worden oder in Vorbereitung:

a] Beantragt wurde im Rahmen des **Marie Curie Research Training Networks** ein Projekt zum Thema “Dynamics of Evolving and Active Networks and their Applications to Physics and Ecology”, kurz “Ape of Deans” (Laufzeit 4 Jahre. Koordination: Kurths). Beteiligt sind Wissenschaftler aus Italien, Israel, Polen, Schweiz, Spanien und Frankreich. In diesem Projekt geht es um die Untersuchung von Netzwerken (Rissdynamik bei Materialien, Ausbreitung von Epidemien, Nichtlineare Optik), die mit natürlichen Wachstumsprozessen im Zusammenhang stehen.

b) Im Rahmen des **DFG-Schwerpunktprogramms 1114 „Mathematische Methoden der Zeitreihenanalyse und digitalen Bildverarbeitung“** (2001-2007) wird einerseits die Synchronisationsanalyse mittels Cross-Recurrence-Plots auf multivariate Daten ausgedehnt und mit traditionellen Methoden verglichen (Kurths, Rosenblum) und andererseits die Erweiterung der Wavelet-Methode zur Separation seismischer Signale untersucht (Holschneider, Scherbaum).

c) Es ist ein Antrag zum Thema „Pattern in chaotically mixing fluids“ im Rahmen des **DFG-Schwerpunktprogramm 1164: „Nano- und Mikrofluidik: Von der molekularen Bewegung zur kontinuierlichen Strömung“** eingereicht worden. Ziel dieses Projekts ist die Erforschung von Mustern, wie sie in mischenden, zeitlich regulären Flüssen auftreten. Anwendung: Bedingungen für effiziente Mischung bei Mikrofluiden (Abel, Pivovsky).

d) In Vorbereitung ist ein Projekt auf dem Gebiet der **Mathematischen Biologie** in dem zur Dynamik von Biomolekülen geforscht werden wird (Steup, Reich).

6.3 Methodenbörse

Im Zentrum sind für verschiedene Methoden entsprechende Toolboxes zur Datenanalyse und Modellierung komplexer Systeme entwickelt worden.

Datenanalyse:

- Cross-Recurrence-Plots (Marwan, <http://tocsy.agnld.uni-potsdam.de>)
- Synchronisation (Gamez und Montbrió: <http://www.agnld.uni-potsdam.de/~gamez/Trainingtools.htm>)
- Symbolischen Kodierung für ereigniskorrelierte Gehirnpotenziale (Peter beim Graben)
- Waveletanalyse (Köhler)

Modellierung:

- Systemidentifikation (Sitz & Marwan, <http://tocsy.agnld.uni-potsdam.de>)
- CANDYS (Feudel, Jansen: <http://www.agnld.uni-potsdam.de/~wolfgang/ca-ov.html>)

In diesem Zusammenhang ist ein **Trainings-Workshop** zur Handhabung der im Zentrum entwickelten und verwendeten Toolboxes (<http://www.agnld.uni-potsdam.de/~shw/d/Toolboxes.html>) geplant.

6.4 Öffentlichkeitsarbeit

In der nächsten Förderperiode soll die Außenwirksamkeit des Zentrums intensiviert werden. Vorgesehen sind Vorträge für die interessierte Öffentlichkeit im Potsdamer und Berliner Raum, Vorträge an Gymnasien, Beteiligung an Messen sowie Aufbereitung von Material für die Presse und den Internetauftritt.

6.5 Veränderung im Direktorium

Entsprechend der stärkeren Ausrichtung auf eine strukturierte Graduiertenausbildung wird Herr Prof. M. Holschneider (Institut für Mathematik) ab Oktober 2003 in das Direktorium von DYKOS aufgenommen.

7 Anlagen

7.1 Angeschaffte Ausstattungsgegenstände

DV - Technik

Im Berichtszeitraum wurden zwei Arbeitsplätze mit LINUX-PCs ausgestattet.

Bücher

Auf Grund von Drittmitteln konnten zahlreiche Bücher zur Dynamik komplexer Systeme angeschafft werden.

7.2 Redner der Kolloquium-Reihe

P.K. Roy & S.K. Dana, Kolkata, Indien; S.P. Kuznetsov, Saratov, Russland; V. Belykh, L.P. Shilnikov, G. Osipov, Nizhni Nowgorod, Russia; T. Rother, Oberpfaffenhofen; D. Armbruster, Arizona, USA; T. Müller, Freiburg; R. L. Viana, Brazil; R. Meyer-Spasche, Garching; K. Dethloff, AWI, S. Liebscher, Berlin; R. Hollerbach, Cottbus; G. Rüdiger, AIP; J. Schneider, Potsdam; F. Feudel, A. Ganopolski, PIK; E. Sedlmayr, Berlin; D. Lohse, Niederlande; A. Thess, Dresden; U. Ziegler, AIP; J. Simonotto, UK; J.E. Howard, Boulder, USA; G. Leonov, St. Petersburg; V. Dose, MPE Garching; C. Grebogi, Sao Paulo, Brazil; B. Fiedler, Berlin; L. Esposito, Colorado, USA; F. Moss, St. Louis, USA.

7.3 Zeitungsnotizen

Süddeutsche Zeitung. Donnerstag, 26. Juli 2001 (Titelseite)

Mustergültige Unordnung

Am Anfang stand eine simple Frage: „Wie lang ist die Küste Großbritanniens?“ überschrieb 1967 Benoit Mandelbrot einen berühmten Aufsatz. Seine Antwort: Je genauer man misst, desto größer ist das Ergebnis. Selbst wer mit dem Zollstock am Strand entlangkriecht, könne nicht jede Felsspalte berücksichtigen, argumentierte der gebürtige Pole. Und für jedes kleinere Lineal gäbe es neue „Spalten“.

Inzwischen hat sich aus der Arbeit von Mandelbrot und anderen eine Wissenschaft entwickelt, „die den Sprung aus dem Elfenbeinturm wagt“, sagt Jürgen Kurths. „Wir sind so weit gekommen, dass es harte Anwendungen geben kann.“ Der Potsdamer Mathematiker gehört zu den Organisatoren einer Konferenz über „experimentelles Chaos“, die heute in Potsdam endet; sie fand zum ersten Mal in Deutschland statt.

„Chaos ist ein Zwischending zwischen Unordnung und Ordnung“, sagt Kurths. „Früher unterschied die Forschung zwischen Zufall und Gesetz, wir untersuchen den Graubereich dazwischen.“ Das Wetter, das eigentlich physikalischen Gesetzen folgt, sei das beste Beispiel für chaotisches Verhalten: Bisweilen sagten die Meteorologen über Wochen stabile

Hochdruck-Lagen vorher, und dann kippe das Wetter an einem Nachmittag um. Winzige Änderungen am Anfang verursachten große Schwankungen am Ende.

Bei genauem Hinschauen zeigen sich Muster in solchen scheinbar ungeordneten Vorgängen. Bei der Suche hilft die Frage nach der britischen Küste, aus der Mandelbrot einst das Konzept der Selbstähnlichkeit herleitete: Manche Strukturen wie die „Spalten“ wiederholen sich auf allen Maßstäben. Mit solchem Wissen gewappnet versucht die Disziplin, „Inseln der Ordnung im Meer der Unordnung zu finden“, sagt Allen Selverston aus San Diego.

Beispiele finden sich in allen Bereichen der Natur. In Potsdam, so Selverston, habe eine Arbeitsgruppe aus Missouri über epileptische Anfälle gesprochen. Bei diesen herrscht im Gehirn übergroße Ordnung: Viele Zellen werden als Reaktion auf ein winziges Ereignis gleichzeitig aktiv. Bei dünnen Zellschichten, berichtet Selverston, sei es aber möglich, bei Beginn eines solchen Anfalls „mit einer Art Schrittmacher etwas Chaos in das Zentrum der Zellen zu injizieren und den Anfall zu stoppen“.

Das spontane Entstehen von Ordnung, das Chaosforscher „Selbstorganisation“ nennen, beobachtet auch Dirk Helbing - in Fußgängerzonen. „Hier bilden sich oft stabile Bahnen für jede Gehrichtung. Das klappt nur, wenn die Einzelnen ein wenig flexibel sind.“ Wären alle Fußgänger festgelegt auf ihren Kurs, sagt der Dresdner Verkehrsforscher, behinderten sie sich ständig, bei völliger Flexibilität hingegen zerbrächen die „Gehspuren“. In beiden Fällen kämen die Passanten langsamer voran.

Die größten Dimensionen der Chaosforschung bearbeitet der Luxemburger Robert Büchler, der in Florida forscht. Er untersucht Sterne im Weltall, deren Helligkeit scheinbar ungeordnet schwankt. Auch hier fand er Chaos: geordnete Muster im Flackern, anhand derer sich vielleicht die Entfernung dieser Sterne von der Erde messen lässt.

„Vieles von dem, was der Laie als Zufall bezeichnet, erkennen wir inzwischen als Chaos“, fasst Jürgen Kurths zusammen. Die Ziehung der Lottozahlen nimmt der Professor aus: „Das Lottospielen wird tatsächlich vom Zufall beherrscht.“

Christopher Schrader

DIE WELT. Montag, 30. Juli 2001

Das Chaos herrscht überall

”Auf einer Konferenz in Potsdam berichteten Forscher über Luchse, Nerven und Motoren”

Von Antonia Rötger und Peter Hergersberg

Potsdam - Am Anfang vom Chaos steht immer ein kleiner Unterschied. Eine Winzigkeit, die etwa über das Schicksal einer Billardkugel entscheidet, wenn sie auf einer Rasierklinge balanciert. Dann reichen schon Schwingungen weniger Atome, um sie nach links oder rechts kippen zu lassen. Und eine Billardkugel ist für ein paar Atome schon ein ziemlicher Klops.

Eine ähnliche Wirkung hat es, wenn sich in einem Ökosystem eine Kleinigkeit ändert. Darüber berichtete Professor Lewi Stone von der Universität Tel Aviv, als er in dieser Woche auf der sechsten experimentellen Chaos Konferenz in Potsdam sprach. Das Zusammenspiel von Parasiten, Jägern und Gejagten gerät schon durcheinander, wenn etwa ein Virus die Hasenpopulation ausdünn. Dann finden Luchse nicht mehr genug Futter, und das ganze System wankt. Nicht nur auf einem Fleck, sondern in einem Gebiet der Größe Kanadas. Schlimm ist das nicht, denn das System erholt sich wieder - landesweit.

Wenn Biologen in dem nordamerikanischen Land Luchse zählen, beobachteten sie seit 150 Jahren, dass die Luchspopulation überall im Takt schwankt. Erklären konnten sie das

bislang nicht. Verblüfft haben sie auch kleine Abweichungen im Rhythmus des synchronen Auf und Ab. Stone konnte ihnen jetzt bei beiden Problemen helfen. Mit Gleichungen, die ein chaotisches System beschreiben. Sein Kniff: Er berücksichtigt auch den Ort, wenn er berechnet, wie sich die Zahl der Luchse verändert. "Das könnte ein Modell für viele Ökosysteme sein", sagt Professor Jürgen Kurths, der an der Universität Potsdam das Chaos seziert.

Dass ein Virus die gesamte Luchsbevölkerung Kanadas aufscheucht, hat zwei Gründe, die in der Sprache der Mathematiker recht dürr klingen: die Nichtlinearität und die Rückkopplung. Unter nichtlinearen Funktionen fassen Mathematiker alles zusammen, was sie nicht wie einen Flug von Frankfurt nach La Palma beschreiben können: Einmal beim Reisetempo angelangt, legt der Flieger in einer Stunde doppelt so viele Kilometer zurück wie in einer halben. Während eines nichtlinearen Fluges würde er dagegen in der doppelten Zeit beispielsweise die vierfache Strecke zurücklegen oder über Frankfurt im Kreis fliegen.

Zum Chaos führt das aber erst, wenn um den Jet herum noch eine Horde anderer Flugzeuge düst und sich alle Flieger untereinander beeinflussen. Weil der Lufthansa-Jet dann auf die BA-Maschinen wirkt und die wieder auf die Lufthansa, sprechen Mathematiker von Rückkopplung. Chaos entsteht. Wo sie das scheinbar unkalkulierbare Durcheinander überall aufspüren, war Thema der Potsdamer Versammlung.

"Ein Höhepunkt war die Chaosforschung in den Neurowissenschaften", sagt Kurths. So präsentierte Professor Allen Selverston vom Institut für nichtlineare Wissenschaften in La Jolla (Kalifornien) ein Netz aus Nerven, die die Bewegung des Hummermagens steuern. Solch ein Netz ist mathematisch nur mit chaotischen Methoden zu beherrschen. Selverston hat die Funktion der einzelnen Nerven so weit durchschaut, dass er in dem Verbund der Neuronen einzelne durch elektronische Schaltkreise ersetzen konnte, die die biologischen Signalgeber perfekt ersetzen. "Mit der Chaosforschung können wir auch das Leib-Seele-Problem lösen", sagt Selverston. Das Problem haben Philosophen und Naturwissenschaftler, weil sie sich darüber zanken, ob die Seele metaphysisch ist oder nur ein biochemisches Zusammenspiel von Nervenzellen.

Doch nicht nur mit derart akademische Fragen räumt das Chaos auf. Auch die Medizin hofft auf Fortschritte durch die Methode. So könnte die Chaostheorie eine Früherkennung von Osteoporose ermöglichen. "Denn lange, bevor ein Knochen brüchig wird, weicht seine Struktur von ihrem leicht chaotischen Muster ab", sagt Professor Peter Saporin vom Universitätsklinikum Benjamin Franklin in Berlin. Oder die Chaosforschung könnte aufklären, wie der Tremor von Parkinsonpatienten entsteht. "Da feuern die Nerven einer bestimmten Hirnregion gleichzeitig", sagt Kurths: "Wie ein Publikum, das nach einem Konzert synchron klatscht." In Potsdam stellten Neurologen Formeln vor, die erklären, wie sich mehrere Millionen Nervenzellen auf das Trommelfeuer verständigen. Und stellen so auch fest, wie die Biochemie bei dem Rhythmus mitmischet.

Den Rhythmus haben die Schaltkreise von Professor Wolfgang Schwarz von der Technischen Universität Dresden verloren. Während der Strom aus der Steckdose in regelmäßigen Schwingungen daherkommt, ist seine Stromkurve nicht mehr als ein verzerrtes Gekrakel. Und das soll auch so sein. "Wir wollen chaotische Systeme konstruieren", so Schwarz. Herausgekommen ist dabei eine Verschlüsselungsanlage für Sprache, von der nach der Codierung nur noch ein Zischen übrig bleibt. Und Schwarz hat so auch die Funktion gängiger Chiffrieremaschinen erklärt.

Komplexe, schlimmstenfalls chaotische Beobachtungen mathematisch zu deuten, damit beschäftigen sich Chaosforscher die meiste Zeit. "Wenn wir ein System genau beschreiben können, wissen wir auch, welche Größen da einfließen", so Kurths. Nach Schrauben suchen Chaosforscher auch im Motor. Professor Stuart Daw vom National Transportation Research Center im US-amerikanischen Knoxville möchte Fehlzündungen im Motor kontrollieren. Und der Automobilhersteller Ford hilft ihm dabei, um seine Motoren sparsamer

zu machen. Denn auf durchschnittlichen Fahrten, die in den USA rund 20 Kilometer lang sind, verbraucht ein Auto 60 Prozent des Sprits in den ersten zwei Minuten nach dem Start.

Schuld sind Fehlzündungen, bei denen der Benzin-Luft-Mix im Zylinder nicht komplett verbrennt. Wie viel Sprit bei jeder der zehn Zündungen pro Sekunde gebraucht wird, beschreiben chaotische Gleichungen. Mit den Formeln könnten Autobauer die Elektronik füttern, die heute schon Motoren überwacht. Der Chip berechnet dann von Zündung zu Zündung, wie viel Sprit er in den Kolben spritzen lässt. "Das ist so, als ob man einen Stock auf der Handfläche balanciert", sagt Daw.

Dem ähnelt auch das Verhalten einer Menschenmenge, die sich zu einem Ausgang schiebt. Droht von hinten ein Feuer, kippt die Stimmung in Panik um. Professor Dirk Helbing von der Universität Dresden betrachtet das Gedrängel als Wimmeln von Atomen in einem Gas. Die Teilchen stoßen sich gegenseitig und reiben aneinander. Menschen weichen den Kollisionen gewöhnlich aus. Wenn aber alle drücken, kommt es zu kristallartigen, starren Blocks, in denen niemand mehr vorwärts kommt.

Während normalerweise ein stetiger Strom von Menschen durch die Tür rinnt, blockiert der Druck von hinten und den Seiten den Fluss. Nur Einzelne können dem Pfropfen entwischen. Viele werden verletzt oder gar totgetrampelt. Entschärfen könnte die Situation paradoxerweise eine Säule wenige Schritte vor dem Notausgang. Sie hält den Druck der nachdrängenden Menge ab, fand Helbing heraus. "Für den Befund bekamen wir enthusiastische E-Mails von brasilianischen Feuerwehrmännern", sagt Helbing.

7.4 Publikationsliste von U. Schwarz

1. Spahn, F., Krivov, A.V., Sremcevic, M., Schwarz, U., and Kurths, J.: Stochastic Forces in Circumplanetary Dust Dynamics, *J. Geophys. Res.* Vol. 108 No. E4 (2003) 5021-5030.
2. A. Sitz, U. Schwarz, J. Kurths, and H.U. Voss: Estimation of parameters and unobserved components for nonlinear systems from noisy time series *Phys. Rev. E* 66 (2002) 016210-1-9.
3. Cser, A., Donner, R., Schwarz, U., Otto, A., Geiger, M., and Feudel, U.: Towards a better understanding of laser beam melt ablation using methods of statistical analysis. 3rd International Seminar on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Ischia (Italy), July 3-5, 2002. Proceedings: CIRP, Paris (2002), p. 203-208.
4. M.C. Romano, M. Thiel, U. Schwarz, J. Kurths, H. Lange, and M. Hauhs.: Conceptual Model of Runoff from a Forested Catchment, *International Journal of Bifurcation and Chaos* 11, No. 10 (2001) 2567-2578.
5. A. Sitz, U. Schwarz, J. Kurths, D. Maus, M. Wiese, and G. Warnecke: Signatures of Acoustic Emission Signals Generated During High Speed Cutting, 2001 ASME Design Engineering Technical Conference, VIB-21618, The American Society of Mechanical Engineers, New York 2001, p. 634.
6. W. Ebeling, L. Molgedey, J. Kurths, and U.Schwarz: Entropy, Complexity, Predictability and Data Analysis of Time Series and Letter Sequences, In: A. Bunde, J. Kropp, and H.J. Schellnhuber (eds.): *The Science of Disasters*, Springer, Berlin, 2002. 458 pp.

7. A. Cser, R. Donner, U. Schwarz, U. Feudel, and A. Otto: Statistical parameters of a control strategy of laser beam melt ablation, NLD-Preprint 63, University of Potsdam, December 2001, (EIS' 2002 - Engineering of Intelligent Systems, Malaga, Spain, September 24-27, 2002).
8. N. Wessel, U. Schwarz, J. Kurths, and P.I. Saporin: Symbolic Dynamics for Medical Data Analysis, EUROATTRACTOR 2001, In: Klonowski W: Attractors, Signals, and Synergetics. Pabst Science Publishers 2002, 45-61.
9. J. Kurths und U. Schwarz: Nichtlineare Wissenschaften - neue Paradigmen und Konzepte, Kunstforum international Bd. 155 (2001) 64-69.
10. M. Thiel, M. C. Romano, U. Schwarz, J. Kurths, G. Hasinger, and T. Belloni, Nonlinear Time series analysis of the X-ray flux of compact objects, Astrophysics and Space Science, 276 (suppl.), (2001) 187-188.
11. A. Cser, R. Donner, U. Schwarz, U. Feudel, and A. Otto: Statistical parameters of a control strategy of laser beam melt ablation, NLD-Preprint 63, University of Potsdam, December 2001.
12. Marwan, N., Trauth, M.H., Schwarz, U., Kurths, J., and Strecker, M.R.: ENSO Impact on Landslide Generation in Northwestern Argentina, Geophysical Research Abstracts, Vol. 2, 2000.
13. M. Palus, J. Kurths, U. Schwarz, D. Novotna, and I. Charvatova: Is the Solar Activity Cycle Synchronized with the Solar Inertial Motion? International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 10, No. 11 (2000) 2519-2526.

Potsdam am 18. Juli 2003

Udo Schwarz