

Selbstbericht des Forschungsbereichs Komplexe Systeme 2014-2018

Sprecher: Prof. Dr. Matthias Holschneider, Institut für Mathematik

Beschreibung des Forschungsbereiches

In der Wissenschaftsdisziplin Komplexe Systeme werden Phänomene untersucht, deren Raum-Zeit-Dynamik keine charakteristischen Skalen zeigt oder bei deren Modellierung von der Linearität der Bewegungsgleichungen Gebrauch machender Reduktionismus nur begrenzt hilfreich ist. Fraktionale Diffusion, Nichtlinearität, Multistabilität, Bifurkation, empfindlichen Abhängigkeit von Parametern, Synchronisation und Netzwerke/Graphen sind zentrale Begriffe bei der Beschreibung solcher Systeme. Derartige Systeme sind fähig zur Selbstorganisation; sie generieren eine reichhaltige Strukturvielfalt und Dynamik. Beispiele reichen von großskaligen kosmischen Strukturbildungen über kognitive Prozesse und molekulare Systeme bis zu komplexen Softwaresystemen und metabolischen Netzwerken. Komplexe Systeme finden sich in allen traditionellen Disziplinen der Wissenschaft, sowie Engineering, Management und Medizin. Dennoch ist es keine Theorie von allem, sondern eine auf die Naturbeschreibung gerichtete Strukturwissenschaft, deren Antworten fachübergreifend für viele traditionelle Bereiche relevant sind. Das Spektrum der angesprochenen Fragestellungen spiegelt sich in den Seminar-Themen des Forschungsbereichs (<http://www.dycos.uni-potsdam.de/index.php?site=seminars>). Das Verständnis von Phänomenen in komplexen Systemen ist ein sehr aktuelles Forschungsfeld in nahezu allen Wissenschaftsdisziplinen und spielt eine entscheidende Rolle im internationalen wissenschaftlichen Wettbewerb.

Zentrales Anliegen dieses Forschungsbereiches ist es, die methodisch orientierten Untersuchungen zur Analyse, Modellierung, Simulation, Steuerung bzw. Vorhersagbarkeit komplexer Systeme mit konkreten Anwendungen verschiedenster Disziplinen wechselseitig befruchtend zu verbinden. Dazu wurde an der Universität Potsdam die erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit der zum Teil methodisch orientierten Fächer Informatik, Mathematik und Physik mit den mehr angewandten Fächern Biologie, Chemie, Geowissenschaften, Geoökologie, Linguistik, Psychologie und Sportmedizin als auch den außeruniversitären Forschungsinstituten der Region Potsdam und Berlin (AIP, AWI, GFZ, ATB, PIK und WIAS) und Instituten der drei Berliner Universitäten weitergeführt. Die Koordinierung dieses Bereiches wird wesentlich durch den Forschungsbereich Komplexe Systeme getragen (siehe <http://www.dycos.uni-potsdam.de>). Der Forschungsbereich ist eng verknüpft mit speziellen Anwendungen insbesondere in den Forschungsschwerpunkten Erd-, Kognitions- und Biowissenschaften sowie dem Forschungsbereich Funktionale Weiche Materie.

Hauptakteure des Forschungsbereichs sind Prof. Dr. C. Beta, Prof. Dr. G. Blanchard, Prof. Dr. R. Engbert, Prof. Dr. M. Holschneider, Prof. Dr. W. Huisinga, Prof. Dr. A. Levermann, Prof. Dr. Ralf Metzler, Prof. Dr. A. Pikovsky, Prof. Dr. S. Reich, Prof. Dr. S. Roelly, Prof. Dr. M. Rosenblum, Prof. Dr. T. Scheffer, Prof. Dr. F. Scherbaum, Prof. Dr. J. Selbig, Prof. Dr. F. Spahn und die in deren Arbeitsgruppen tätigen Kollegen.

1. Aktivitäten zur Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit

Das Gesamtkonzept zur Vernetzung der Disziplinen und zur Verbindung von Forschung und Lehre wird wesentlich durch folgende Instrumentarien getragen:

a] Wöchentliche Seminare (<http://www.dycos.uni-potsdam.de/index.php?site=seminars>) tragen zur Aufrechterhaltung und Initiierung der internen und regionalen Vernetzung bei.

b] Bachelor- und Master-Kurse zur nichtlinearen Physik und Physik komplexer Systeme werden u.a. durch die Professoren Pikovsky, Rosenblum und Metzler (Physik und Astronomie) angeboten. Wahlpflichtfach Fluctuations in small systems (Prof. Metzler)

c] Angewandte Mathematik - Modellierung und Datenanalyse im Master-Mathematik (Verantw.: Prof. Reich (Mathematik), http://www.math.uni-potsdam.de/Studium/g1_master_of_science/#Profil1, unter Beteiligung Prof. Engbert (Kognitionswissenschaften), Prof. Huisinga (Mathematik), Prof. Scheffer (Informatik).

d] Vergabe von Stipendien zielgerichtet an junge Wissenschaftler zu vergeben, die ein eigenes Projekt einwerben wollen oder aber als Überbrückungsfinanzierung für bewilligte interdisziplinäre Projekte.

2. Aktivitäten zur Strukturierung in der Graduiertenphase

Prof. Reich: Projektbeteiligung am SFB 1114 Scaling Cascades. Seit October 2014

Potsdamer Koordination durch Prof. Pikowsky: Innovative Training Network - European Joint Doctorate COSMOS mit dem Thema Complex Oscillatory Systems: Modeling and Analysis, funded by EU Horizon 2020 programme under Marie-Sklodowska-Curie grant agreement 642563, Laufzeit 2015-2018.

Weiterführung der Beteiligung an SFBs (Professoren Neher und Beta - Physik, Prof. Bär - Mathematik, Prof. Reich-Mathematik) und Forschergruppe (Prof. Blanchard -Mathematik)

Beteiligung am neu eingerichteten IMPRS beim MPI-AEI (Professoren Bär und Metzger-Mathematik).

Beteiligung am Graduiertenkolleg NatRisk-Change (Prof. Holschneider, Mathematik)

Ringvorlesung Mathematik. Behandlung interdisziplinärer Themen durch Unterrichtende der beteiligten Forschungsdisziplinen.

3. Eingeworbene Projekte in koordinierten Programmen

Entsprechend der Zielvereinbarung ist der **SFB-1294 Data assimilation. The seamless integration of data and models** unter Beteiligung der Potsdamer Kollegen Beta, Blanchard, Engbert, Holschneider, Huisinga, Reich, Scheffer, Stolle und Zöller eingeworben worden. Sprecher: Prof. Reich.

Beteiligung am **SPP-SWARM** (Prof. Holschneider, Mathematik, Prof. Stolle, Geophysik)

Beteiligung am **IMPRS** angesiedelt am MPI AEI (Mathematik)

Entsprechend der Zielvereinbarung vom vorangegangenen Hochschulentwicklungsplan ist das **DFG Schwerpunktprogramm 1488 PlanetMag**: <http://www.planetmag.de> unter maßgeblicher Beteiligung des Forschungsbereichs weitergeführt worden. UP-Sprecher sind Prof. Holschneider, Mathematik, Prof. Spahn, Physik, Prof. Stolle, Geowissenschaften. Der Schwerpunkt 1488 hat große internationale Aufmerksamkeit im Bereich der Planetaren Magnetismus-Forschung erregt. Auf mehreren internationalen Konferenzen (EGU, AGU) wurden die Ergebnisse in dedizierten Sektionen vorgestellt. Eine indirekte Konsequenz der Sprecherrolle der Universität Potsdam ist die Intensivierung des Kontaktes zwischen dem Institut für Mathematik und der Sektion Geomagnetismus des Geoforschungszentrums Potsdam. Konkreter Ausdruck hiervon ist die gemeinsame Berufung einer W3 Professur Erdmagnetfeld. Laufzeit 2010-2016.

DFG Research Group 868 Mind and Brain Dynamics

(<http://mbd.uni-potsdam.de/HTML/projects.html>, Sprecher: Prof. Engbert, Institut für Psychologie). Die Bearbeitung dieses Projekts durch die Professoren Holschneider, Kurths, Pikovsky und Rosenblum erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den Kollegen des Forschungsschwerpunkts Kognitionswissenschaften. Laufzeit 2011-2014.

International Research Trainig Group (IRTG) 1740 Dynamical Phenomena in Complex Networks: Fundamentals and Applications

(<http://www.physik.hu-berlin.de/irtg1740/>)
Teilprojektleiter Universität Potsdam: Prof. Pikovsky und Dr. Högele vom Institut für Mathematik; Laufzeit: 2011-2020, Sprecher-Universität: Humboldt-Universität Berlin.

Forschergruppe an der Tampere University of Technology in Finnland,

Projektleiter: Prof. R. Metzler, gefördert durch die Akademie Finnlands (2010-2015).

Prof. F. Spahn hat als **Co-Investigator des Cosmic-Dust-Analyzer Teams der Cassini-Mission der NASA** mehrere DFG- und DLR-Projekte bei der DFG zur Untersuchung der Dynamik des interplanetaren Staubes anhand der CDA und UVIS-Daten, der Experimente Ulysses, Galileo und Cassini.

DFG Forschergruppe 1735 Structural inference in statistics: adaption and efficiency

(<http://www.mathematik.hu-berlin.de/for1735>) Teilprojektleiter Universität Potsdam: Prof. G. Blanchard; Sprecher-Universität: Humboldt-Universität Berlin.

Graduiertenkolleg 1558: Nonequilibrium collective dynamics in condensed matter and biological systems (<http://www.itp.tu-berlin.de/GRK1558>) Teilprojektleiter dreier Projekte der Universität Potsdam: Prof. Dr. C. Beta; Sprecher-Universität: TU Berlin.

DCP-PhysBio - Dynamics and Cooperative Phenomena in Complex Physical and Biological Media, International Research Staff Exchange Scheme (IRSES), Austausch mit Israel (Tel Aviv & Bar-Ilan); Finnland (Tampere), Dänemark (Kopenhagen), Frankreich (Paris), Laufzeit: 2011-2015, Projektleiter: Prof. R. Metzler.

Marie Curie Initial Training Network, QUEST - Quantitative Estimation of Earth's Seismic Sources and Structure, QUEST - Quantitative Estimation of Earth's Seismic Sources and Structure, Projektbeginn/ Laufzeit: 2009-2013, Projektleiter: Prof. M. Holschneider.

Marie Curie Initial Training Network, WallTraC - The Plant Cell Wall Training Consortium, Laufzeit: 2011-2015, Projektleiter: Prof. Dr. J. Selbig.

Focused Research Project (strep) MASH - Massive set of heuristics, Laufzeit: 2010-2014, Projektleiter für die Uni Potsdam: Prof. Dr. Gilles Blanchard. Koordinator: Dr. François Fleuret, Schweiz.

Beteiligung am **International Research Training Group (IRTG) 1740 zum Thema Dynamical Phenomena in Complex Networks: Fundamentals and Applications** mit 3 Projekten. PIs: Pikovsky, Rosenblum, Toenjes. Derzeit 2 Doktorand*innen tätig, eine Doktorandin hat Ihre Arbeit eingereicht. Laufzeit 2011-2020.

EU-Projekt: MSCA ITN-EJD Complex Oscillatory Systems: Modeling and Analysis COSMOS, Coordinator: Uni Potsdam, Sprecher: A. Pikovsky, Laufzeit 2015-2019.

Seit 06/2016 R. Metzler co-Pi, **Research grant LE STUDIUM, Loire Valley Institute for Advanced Studies**, France. Leading PI: Prof Gerald Kneller, Universite de Orleans.

R. Metzler seit 06/2016 **Research grant on "Random search processes, Levy flights, and random walks on complex networks"**, Deutsche Forschungsgemeinschaft, code ME 1535/6-1.

R. Metzler 07/2017 **SigmaPhi Prize 2017** "for outstanding achievements in Statistical Physics".

R. Metzler 10/2017 **Research grant on "Mathematical and physical modelling of single particle trajectories - Big Data approach"**, Deutsche Forschungsgemeinschaft, code ME 1535/7-1.

R. Metzler seit 03/2018 **Alexander von Humboldt Polish Honorary Research Scholarship**, Foundation for Polish Science (Fundacja na rzecz Nauki Polski) for the period 2018-2021 on "Generalised stochastic models and data inference". These "Scholarships

are awarded to outstanding German scholars with the highest qualifications and a significant contribution to global research".

4. Stand der Anträge im Rahmen von koordinierten Programmen

In Vorbereitung ist ein **SFB-Transregio-Antrag Fluctuation dominated systems: How disorder shapes the dynamics across the scales**. Skizze zum Vollantrag wird im September 2019 eingereicht. Beteiligte PIs aus Potsdam: Beta, Holschneider, Metzler, Santer, Pikovsky und Henkel. Sprecher: Prof. Sokolov, HU Berlin. Ko-Sprecher: Prof. Metzler, Uni Potsdam.

Anträge im Rahmen von EU - Programmen:

MSCA ITN Project Physiological Oscillations: How to Measure health? (TIME), coordinator Uni Copenhagen. Aus UP: M. Rosenblum, A. Pikovsky, M. Abel (wird im Januar 2019 eingereicht).

MSCA ITN-EJD Project Networks in Complex Environment - from synchronization to reservoir computing (NICE), Koordinator VU Amsterdam, aus UP: M. Rosenblum, A. Pikovsky, M. Abel (wird im Januar 2019 eingereicht).

EU Projekt Nonlinear Dynamics of Interacting Oscillators and its Applications to Data Analysis (Serbia-UK-Germany), aus UP: M. Rosenblum (eingereicht).