

# INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg,  
Tel. +49 (0)391 67 18670, Fax +49 (0)391 6711217  
itp@uni-magdeburg.de

## 1. Leitung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Johannes Richter (geschäftsführender Leiter)  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Jan Wiersig  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Klaus Kassner  
PD Dr. rer. nat. habil. Gerald Kasner  
PD Dr. rer. nat. habil. Stephan Mertens

## 2. Hochschullehrer

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jan Wiersig  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Klaus Kassner  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Johannes Richter  
PD Dr. rer. nat. habil. Gerald Kasner  
PD Dr. rer. nat. habil. Stephan Mertens  
Prof. Dr. sc. nat. Harald Böttger (em.)

## 3. Forschungsprofil

- Vielteilchenphysik und Quantenoptik in Halbleiter- Quantenpunkten und Quantenfilmen
- Transport und Nichtlineare Dynamik in Nanostrukturen
- Optische Mikroresonatoren und Quantenchaos
- Quasikristalline Systeme
- Ladungs- und Spinanregungen in Halbleitern
- Quantenphasenübergänge in magnetischen Systemen
- Frustrationseffekte in Quantenspinsystemen
- Magnetokalorischer Effekt in Quantenspinsystemen
- Magnetische Moleküle und Nanomagnetismus
- Oberflächenstrukturen von Ferrofluiden
- Serielle und parallele Algorithmen für die statistische Physik
- Statistische Mechanik und Komplexitätstheorie
- Dreidimensionale gerichtete Erstarrung
- Elastische Effekte im Kristallwachstum
- Nichtlokale Amplitudengleichungen
- Elastizität und Plastizität amorpher Monolayer auf Wasser
- Kristallwachstum durch Stufenbewegung
- Reaktions-Diffusions-Systeme mit elektrischem Feld
- Elektrodeposition

#### 4. Forschungsprojekte

**Projektleiter:** PD Dr. Gerald Kasner

**Projektbearbeiter:** Dr. G. Kasner

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2008 - 31.12.2012

**Vollständige Clusterüberdeckungen Ikosaedrischer Pflasterungen**

Angeregt durch die Clusterüberdeckungen in zweidimensionalen dekagonalen Pflasterungen, soll eine vollständige Pflasterung der dreidimensionalen ikosaedrischen Pflasterung  $T^*(2F)$  gefunden werden. Eine auf der Projektionsmethode basierende Überdeckung mit 3 Clustern ist als nicht vollständig bekannt. Unter Verwendung anderer Eigenschaften (Inflation, erzwungene Umgebungen) sollen die bisher nicht überdeckten Bereiche den existierenden Clustern zugeordnet werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Klaus Kassner

**Projektbearbeiter:** K. Kassner, J.-M. Debierre (I2MNP, Marseille), R. Guérin (I2MNP, Marseille)

**Förderer:** Haushalt; 01.12.2009 - 31.12.2010

**Dreidimensionales Kristallwachstum im hexagonalen Kanal: isotrope Oberflächenspannung**

Dreidimensionales Kristallwachstum im hexagonalen Kanal wird mithilfe einer Phasenfeldmethode simuliert. Die Diskretisation in den hexagonalen Ebenen erfolgt auf einem Dreiecksgitter, um Anisotropieeffekte zu minimieren, denn zunächst soll für Referenzzwecke der Fall isotroper Oberflächenspannung untersucht werden. Es wird für verschiedene Kapillaritätswerten die Wachstumsgeschwindigkeit als Funktion der Unterkühlung gemessen. Wir finden Übergänge von symmetrischen zu asymmetrischen Fingern und vom Einzelfinger zu multiplen Fingern, die bei kleinen Kanaldurchmessern (Nanokanäle!) stationär sind, bei großen oszillatorisch. Bei sehr hohen Unterkühlungen tritt chaotisches Verhalten auf.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Klaus Kassner

**Projektbearbeiter:** Pradip Roul

**Kooperationen:** G. Warnecke

**Förderer:** DFG; 01.11.2005 - 31.10.2009

**Elasto-plastisches Verhalten granularer Aufschüttungen**

Für Aufschüttungen von Granulaten soll durch direkte Messung mikroskopischer tensorieller Größen (Spannungstensor, Deformationstensor, "fabric tensor") in der Simulation eine Datenbasis für die kontinuumsmechanische Modellierung auf der makroskopischen Ebene geschaffen werden. Spannungstensoren sind in der Simulation direkt messbar. Für den Deformationstensor haben wir eine Methode entwickelt, die vielversprechend erscheint: äußere Kräfte wie etwa die Gravitation werden adiabatisch abgeschaltet. Die topologische Struktur der Aufschüttung muss sich dabei nicht verändern, während die Teilchenpositionen das tun. Aus ihren Werten bei variierender äußerer Kraft lassen sich Teilchenverschiebungen und damit Deformationstensoren berechnen. Änderungen der Topologie der Teilchenanordnung signalisieren plastische Verschiebungen. Für einen Sandhaufen aus nichtkohäsiven Teilchen wurden auf diese Weise die lokalen elastischen Konstanten bestimmt (um Größenordnungen kleiner als die der Teilchen selbst). Das Verfahren erlaubt die Überprüfung in der Literatur vorgeschlagener konstitutiver Gleichungen bzw. die Aufstellung neuer, d.h. die Bestimmung von Koeffizienten, die das elastische, viskoelastische und plastische Verhalten einer Schüttung bestimmen.

---

**Projektleiter:** PD Dr. Stephan Mertens

**Kooperationen:** Stefan Boettcher, Atlanta, USA

**Förderer:** Haushalt; 01.03.2008 - 31.12.2010

**Algorithmen für das Zahlenaufteilungsproblem**

Das Zahlenaufteilungsproblem (number partitioning problem, NPP) ist eines der zentralen Probleme der theoretischen Informatik. Es ist ausserdem relevant für die statistische Physik, wo es ein Modell für Meanfield-Antiferromagnete darstellt. In diesem Projekt geht es um die Analyse von Algorithmen für das NPP. Insbesondere soll untersucht werden, warum alle gängigen Heuristiken bei diesem Problem versagen, und was genau die Qualität der besten bekannten Algorithmen beschränkt.

---

**Projektleiter:** PD Dr. Stephan Mertens  
**Projektbearbeiter:** Sebastian Mingramm  
**Förderer:** Haushalt; 01.10.2008 - 30.07.2009  
**Gittertiere**

Gittertiere (lattice animals) ist der Name von Clustern benachbarter Punkte auf regulären Gittern. In diesem Projekt geht es um die Zählung solcher Cluster. Es soll bestimmt werden, wieviele verschiedene Cluster der Größe  $s$  und der Oberfläche  $t$  es in einem  $d$ -dimensionalen kartesischen Gitter gibt. Diese Zahlen sind wichtig, um Reihenentwicklungen für Modelle der statistischen Mechanik zu bekommen. Zur Bestimmung dieser Zahlen werden hocheffiziente Algorithmen, viel Rechenzeit und etwas Graphen-Theorie benötigt. Ziel des Projektes ist es, die bekannten Reihenentwicklungen für höherdimensionale Gitter deutlich zu verbessern.

---

**Projektleiter:** PD Dr. Stephan Mertens  
**Kooperationen:** C. Moore, Albuquerque, USA, J. Machta, Amherst, USA  
**Förderer:** Haushalt; 01.10.2009 - 31.10.2010

#### **Phasenübergänge in polynomialen Problemen**

Die algorithmische Komplexität eines Problems hängt von der konkreten Instanz des Problems ab. In der klassischen Komplexitätstheorie untersucht man deshalb fast ausschließlich worst-case Instanzen. Die liefern eine obere Schranke für die Laufzeit von Algorithmen und erlauben es, eine mächtige Theorie zu konstruieren. Allerdings korrespondieren ihre Ergebnisse nicht immer mit der Komplexität von Problemen, die typischerweise z.B. in Anwendungen vorkommen. Hier hat sich als Alternative die Analyse der Komplexität von Zufallsinstanzen etabliert. Dabei stellt sich heraus, dass die zu erwartende Komplexität empfindlich von den Parametern des Zufallsensembles abhängen kann. In der Physik spricht man von einem Phasenübergang, und dieser Begriff hat sich inzwischen auch in der Informatik eingebürgert.

Bisher wurden Phasenübergänge fast ausschließlich in Problemen gefunden und analysiert, deren worst-case Komplexität NP-vollständig ist. In diesem Projekt werden nun Phasenübergänge untersucht, die in Problemen mit polynomialer worst-case Komplexität auftauchen. Ein erstes Beispiel ist das Circuit-Value-Problem (CVP), dessen worst-case Komplexität P-complete ist, d.h. das nicht effizient parallelisierbar ist.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Johannes Richter  
**Projektbearbeiter:** J. Richter, R. Zinke, M. Härtel, R. Darradi  
**Kooperationen:** D. Ihle (Uni Leipzig), H. Rosner (MPI Dresden), S.L. Drechsler (IFW Dresden)  
**Förderer:** DFG; 01.01.2007 - 31.12.2010

#### **Helikale Strukturen in quasi-eindimensionalen Kupraten**

Quasieindimensionale eckenvernetzte Kuprate zeigen interessante Eigenschaften, die durch das Zusammenspiel aus starken Quantenfluktuationen und konkurrierenden Wechselwirkungen entstehen. Insbesondere zeigen diese Systeme eine inkommensurable magnetische Spiralstruktur, die vom Magnetfeld stark beeinflusst wird. Wir wenden ein Bündel moderner Methoden (Coupled-Cluster-Methode, exakte Diagonalisierung DMRG etc.) an, um die Grundzustandseigenschaften und die Thermodynamik solcher Systeme zu berechnen und durch Vergleich mit experimentellen Resultaten zu einem tieferen Verständnis dieser Materialien beizutragen.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Johannes Richter  
**Projektbearbeiter:** J. Richter, R. Zinke, R. Darradi, M. Härtel  
**Kooperationen:** A. Honecker (Uni Göttingen), D.J.J. Farnell (Uni Manchester), H. Rosner (MPI Dresden), J. Schnack (Uni Bielefeld), J. Schulenburg, P. Tomczak (Uni Poznan), R. Bishop (Uni Manchester), R. Hayn (Uni Marseille)  
**Förderer:** EU; 01.01.2007 - 31.12.2010

#### **Highly frustrated magnetism**

Highly frustrated magnets have been attracted much attention over the last years. They offer novel quantum ground states like valence bond solids, spin liquids and plateau states. Their low-temperature thermodynamics may exhibit interesting features like an extra maximum in the specific heat. We study these systems by means of exact diagonalization, spin-wave theory, coupled cluster method and the rotational invariant Greens function method.

**Projektleiter:** Prof. Dr. Johannes Richter

**Projektbearbeiter:** J. Richter

**Kooperationen:** A. Honecker (Uni Göttingen), H. Rosner (MPI Dresden), J. Schnack (Uni Bielefeld), J. Schulenburg, O. Derzhko (ICMP Lviv), R. Moessner (MPIKS Dresden)

**Förderer:** DFG; 01.01.2007 - 30.12.2011

**Stark korrelierte Systeme auf frustrierten Gittern**

Untersucht werden Spinsysteme und korrelierte Elektronensysteme auf frustrierten Gittern in beliebiger Dimension (z.B. kagome- und pyrochlor-Gitter) hinsichtlich des Einflusses der Gittergeometrie auf die physikalischen Eigenschaften. Es sollen sowohl die Gemeinsamkeiten der Spin- und Elektronensysteme als auch die charakteristischen Unterschiede herausgearbeitet werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Jan Wiersig

**Förderer:** DFG; 01.09.2008 - 31.08.2010

**DFG Forschergruppe 760: Teilprojekt P6: Quantenchaos in optischen Mikroresonatoren**

Der Inhalt des Projektes ist die theoretische Analyse von optischen Mikrodisk-Resonatoren mit deformierten, d.h. nicht kreisförmigen, Querschnitt. Das Hauptinteresse ist dabei die Korrespondenz zwischen (partiell) chaotischer Strahldynamik und der Wellendynamik in Analogie zur Korrespondenz von Klassischer Mechanik und Quantenmechanik. Ein Ziel dieser Analyse ist das Design unkonventioneller Resonatorgeometrien für Anwendungen in der Optoelektronik, z.B. die Erzeugung unidirektionaler Emission von Laserlicht.

## 5. Eigene Kongresse und wissenschaftliche Tagungen

International Workshop

"Linking Nuclei, Molecules, and Condensed Matter: Computational Quantum Many-Body Approaches"  
at the European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT\*) in Trento/Italy  
(July 6-10, 2009)

organizers:

Robert Roth (Darmstadt)

Johannes Richter (Magdeburg)

Juergen Schnack (Bielefeld)

## 6. Veröffentlichungen

### *Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften*

**Andreasen, Jonathan; Cao, Hui; Wiersig, Jan; Motter, Adilson E.**

Marginally unstable periodic orbits in semiclassical mushroom billiards

In: Physical review letters. - Ridge, NY: American Physical Society, Bd. 103.2009, 15, insges. 4 S.; [Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 7,180]

**Bäcker, Arnd; Ketzerick, Roland; Löck, Steffen; Wiersig, Jan; Hentschel, Martina**

Quality factors and dynamical tunneling in annular microcavities

In: Physical review. - Melville, NY: AIP, Bd. 79.2009, 6, S. 063804-1-063804-6; [Link unter URL](#)  
[Imp.fact.: 2,893]

**Darradi, Rachid; Richter, Johannes; Schulenburg, Jörg; Bishop, R. F. ; Li, P. H. Y.**

The ground-state magnetic ordering of the spin-1/2 frustrated J 1-J 2 XXZ model on the square lattice

In: Journal of physics. - Bristol: IOP Publ., Bd. 145.2009, insges. 4 S.; [Link unter URL](#)  
Kongress: HFM 2008; (Braunschweig): 2008.09.07-12

**Derzhko, O. ; Richter, Johannes; Honecker, A.**

Low-temperature thermodynamics of one class of flat-band models

In: Journal of physics. - Bristol: IOP Publ., Bd. 145.2009, insges. 4 S.; [Link unter URL](#)

Kongress: HFM 2008; (Braunschweig): 2008.09.07-12

**Derzhko, Oleg; Honecker, Andreas; Richter, Johannes**

Exact low-temperature properties of a class of highly frustrated Hubbard models

In: Physical review. - Ridge, NY: APS, Bd. 79.2009, 5, S. 054403-1-054403-7; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 3,172]

**Farnell, D. J. J. ; Richter, Johannes; Zinke, Ronald; Bishop, R. F.**

High-order coupled cluster method (CCM) calculations for quantum magnets with Valence-Bond ground states

In: Journal of statistical physics. - Dordrecht: Springer, Bd. 135.2009, 1, S. 175-178; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1,605]

**Farnell, D. J. J. ; Zinke, Ronald; Schulenburg, Jörg; Richter, Johannes**

High-order coupled cluster method study of frustrated and unfrustrated quantum magnets in external magnetic fields

In: Journal of physics. - Bristol: IOP Publ. Ltd., Bd. 21.2009, 40, insges. 12 S.; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1,900]

**Honecker, A. ; Derzhko, O. ; Richter, Johannes**

Ground-state degeneracy and low-temperature thermodynamics of correlated electrons on highly frustrated lattices

In: Physica. - Amsterdam: North-Holland Physics Publ., Bd. 404.2009, 19, S. 3316-3319; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 0,822]

**Ivanov, N. B. ; Richter, Johannes; Schulenburg, Jörg**

Diamond chains with multiple-spin exchange interactions

In: Physical review. - Ridge, NY: APS, Bd. 79.2009, 10, insges. 6 S.; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 3,172]

**Ivanov, N. B. ; Richter, Johannes; Schulenburg, Jörg**

Phase diagram of diamond chains with four-spin exchange interaction

In: Journal of optoelectronics and advanced materials - Symposia. - Bucharest: INOE & NIMP, Bd. 1.2009, 3, S. 502-504; [Abstract unter URL](#)

**Janson, O. ; Richter, Johannes; Rosner, H.**

Intrinsic peculiarities of real material realizations of a spin-1/2 kagomé lattice

In: Journal of physics. - Bristol: IOP Publ., Bd. 145.2009, insges. 4 S.; [Link unter URL](#)

Kongress: HFM 2008; (Braunschweig): 2008.09.07-12

**Junger, I. Juhász; Ihle, D. ; Richter, Johannes**

Thermodynamics of layered Heisenberg magnets with arbitrary spin

In: Physical review. - Ridge, NY: APS, Bd. 80.2009, 6, insges. 9 S.; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 3,322]

**Richter, Johannes; Härtel, Moritz; Ihle, D. ; Drechsler, S.-L.**

Thermodynamics of the frustrated ferromagnetic spin-1/2 Heisenberg chain

In: Journal of physics. - Bristol: IOP Publ., Bd. 145.2009, insges. 4 S.; [Link unter URL](#)

Kongress: HFM 2008; (Braunschweig): 2008.09.07-12

**Richter, Johannes; Schulenburg, Jörg; Tomczak, P. ; Schmalfuß, D.**

The Heisenberg antiferromagnet on the square-kagomé lattice

In: Condensed matter physics. - Lviv, Bd. 12.2009, 3, S. 507-517; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 0,488]

**Rosner, H. ; Schmitt, M. ; Kasinathan, D. ; Ormeci, A. ; Richter, Johannes; Drechsler, S.-L. ; Johannes, M. D.**

Comment on "electronic structure of spin-1/2 Heisenberg antiferromagnetic systems:  $\text{Ba}_2\text{Cu}(\text{PO}_4)_2$  and  $\text{Sr}_2\text{Cu}(\text{PO}_4)_2$ "

In: Physical review. - Ridge, NY: APS, Bd. 79.2009, 12, insges. 3 S.; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 3,172]

**Schomerus, Henning; Wiersig, Jan; Main, Jörg**

Lifetime statistics in chaotic dielectric microresonators

In: Physical review. - Melville, NY: AIP, Bd. 79.2009, 5, S. 053806-1-053806-8; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 2,893]

**Sebald, Kathrin; Kruse, Carsten; Wiersig, Jan**

Properties and prospects of blue-green emitting II-VI-based monolithic microcavities

In: Physica status solidi. - Berlin: Wiley-VCH, Bd. 246.2009, 2, S. 255-271; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1,071]

**Shinohara, Susumu; Hentschel, Martina; Wiersig, Jan; Sasaki, Takahiko; Harayama, Takahisa**

Ray-wave correspondence in limaçon-shaped semiconductor microcavities

In: Physical review. - Melville, NY: AIP, Bd. 80.2009, 3, insges. 4 S.; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 2,908]

**Wiersig, Jan; Gies, C. ; Jahnke, F.**

Coherence properties and dynamical photon correlations of quantum-dot-based microcavity lasers

In: Physica status solidi. - Berlin: Wiley-VCH, Bd. 246.2009, 2, S. 273-276; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 1,071]

**Wiersig, Jan; Gies, C. ; Jahnke, F. ; Abmann, M. ; Berstermann, T. ; Bayer, M. ; Kistner, C. ; Reitzenstein, S. ; Schneider, C. ; Höfling, S. ; Forchel, A. ; Kruse, C. ; Kalden, J. ; Hommel, D.**

Direct observation of correlations between individual photon emission events of a microcavity laser

In: Nature. - London: Nature Publishing Group, Bd. 460.2009, 8126, S. 245-250; [Link unter URL](#)

[Imp.fact.: 31,210]

**Yan, Changling; Wang, Qi Jie; Diehl, Laurent; Hentschel, Martina; Wiersig, Jan; Yu, Nanfang; Pflügl, Christian; Capasso, Federico; Belkin, Mikhail A. ; Edamura, Tadataka; Yamanishi, Masamichi; Kan, Hirofumi**

Directional emission and universal far-field behavior from semiconductor lasers with limaçon-shaped microcavity

In: Applied physics letters. - Melville, NY: AIP, Bd. 94.2009, 25, insges. 3 S.

[Imp.fact.: 3,726]

**Zinke, Ronald; Drechsler, Stefan-Ludwig; Richter, Johannes**

Influence of interchain coupling on spiral ground-state correlations in frustrated spin-1/2  $J_1 - J_2$  Heisenberg chains

In: Physical review. - Ridge, NY: APS, Bd. 79.2009, 9, insges. 9 S.

[Imp.fact.: 3,172]

### **Originalartikel in begutachteten zeitschriftenartigen Reihen**

**Ates, Serkan; Gies, Christopher; Ulrich, Sven M. ; Wiersig, Jan; Reitzenstein, Stephan; Löffler, Andreas; Forchel, Alfred; Jahnke, Frank; Michler, Peter**

Coherence length of high-[beta] semiconductor microcavity lasers

In: Physica status solidi. - Berlin: Wiley-VCH, Bd. 6.2009, 2, S. 568-571; [Link unter URL](#)

**Kalden, Joachim; Lohmeyer, Henning; Sebald, Kathrin; Meeser, Thomas; Gutowski, Jürgen; Kruse, Carsten; Gust, Arne; Hommel, Detlef; Wiersig, Jan; Jahnke, Frank**

Emission properties of ZnSe-based pillar microcavities at elevated temperatures

In: Physica status solidi. - Berlin: Wiley-VCH, Bd. 6.2009, 2, S. 508-511; [Link unter URL](#)

**Wiersig, Jan; Gies, Christopher; Baer, Norman; Jahnke, Frank**

Intrinsic non-exponential decay of time-resolved photoluminescence from semiconductor quantum dots

In: Haug, Rolf: Advances in Solid State Physics. - Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-85859-1, S. 91-102; Advances in Solid State Physics; 48; [Abstract unter URL](#), 2009

***Buchbeiträge***

**Gies, C. ; Wiersig, Jan; Jahnke, F.**

Quantum statistical properties of the light emission from quantum dots in microcavities

In: Single semiconductor quantum dots. - Berlin [u.a.]: Springer, ISBN 3-540-87445-3, S. 1-30; NanoScience and Technology; [Link unter URL](#), 2009

***Dissertationen***

**Darradi, Rachid**

Quantum phase transitions in magnetic systems - application of coupled cluster method. - Magdeburg, Univ., Fak. für Naturwiss., Diss., 2009; [Link unter URL](#); XVIII, 117 S.: graph. Darst.; 21 cm