

# PD Dr. Claus Metzner

## Profil, Forschung, Lehre



### Position

Gegenwärtig Privatdozent (Dr. rer. nat. habil.) an der Univ. Erlangen. Stelle eines Obersassistenten (C2).

### CV in Kürze

- Diplom (Erl. 89)
- Zivildienst (89-90)
- Promotion (Erl. 94)
- Postdoc (Tokyo 95-96, Santa Barbara 00-01)
- Habilitation (Erl. 01)

### Publikationen

- 31 Zeitschr.-Veröffentl.
- 26 Beiträge nat. Konf.
- 32 Beiträge intern. Konf.
- 1 Buch (in Bearbeitung)

### Auszeichnungen

- Promotion mit Auszeichnung
- Feodor-Lynen-Stipendium der Alexander von Humboldt-Stiftung.

### Gener. Arbeitsgebiet

Theoretische Physik der kondensierten Materie, insbes. Computational Semiconductor Physics

### Forschungs-Schwerpunkte

Niederdimensionale Halbleiter-Nanostrukturen. Elektronische, optische und Transport-Eigenschaften. Vielteilcheneffekte. Unordnung. Kollektive Phänomene. Mesoskopik und semiklassisches Verhalten. Ultrakurzzeit-Physik. Kohärente Kontrolle. Nichtlineare Optik. Komplexe Systeme. *Siehe auch folgende Beispiele:*

### Nanostrukturen

Zahlreiche Arbeiten im Bereich der Quantentöpfe, -Drähte und -Punkte.

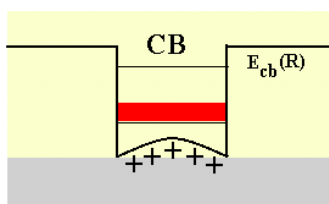


Bild: Dotierter Quantentopf als Beispiel eines wechselwirkenden Vielteilchensystems mit einer Zweiniveau-Charakteristik bezüglich der Quant.-Richtung.

### Quantenkohärenz

Modellierung der Quantendynamik bei ultrakurzer, kohärenter Laseranregung. Numerische Lösung der gekoppelten Dichtematrix-Gleichungen.

$$|\Psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle$$

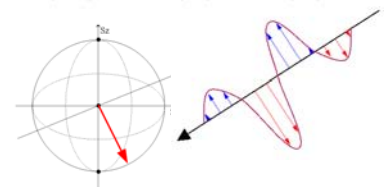


Bild: Kohärente Kontrolle eines Zweiniveau-Systems (Beschrieben mit Blochvektor) durch einen semiklassischen Lichtpuls.

### Nichtlin. Dynamik

Interpretation der optischen Eigenschaften von Nanostrukturen vom Standpunkt der Dynamik nichtlinearer Systeme.

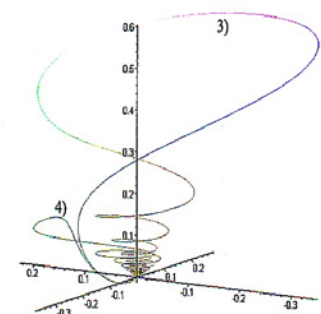


Bild: Sensible Parameter-Abhängigkeit des Blochvektor-Orbits eines pulsangeregten, wechselwirkenden Elektronensystems.

## Unordnung

Realistische Modellierung der Auswirkungen statistischer Potentialfluktuationen auf niederdimensionale Elektronensysteme durch exakte Lösung der Schrödinger-Gleichung für mesoskopische Teilbereiche.

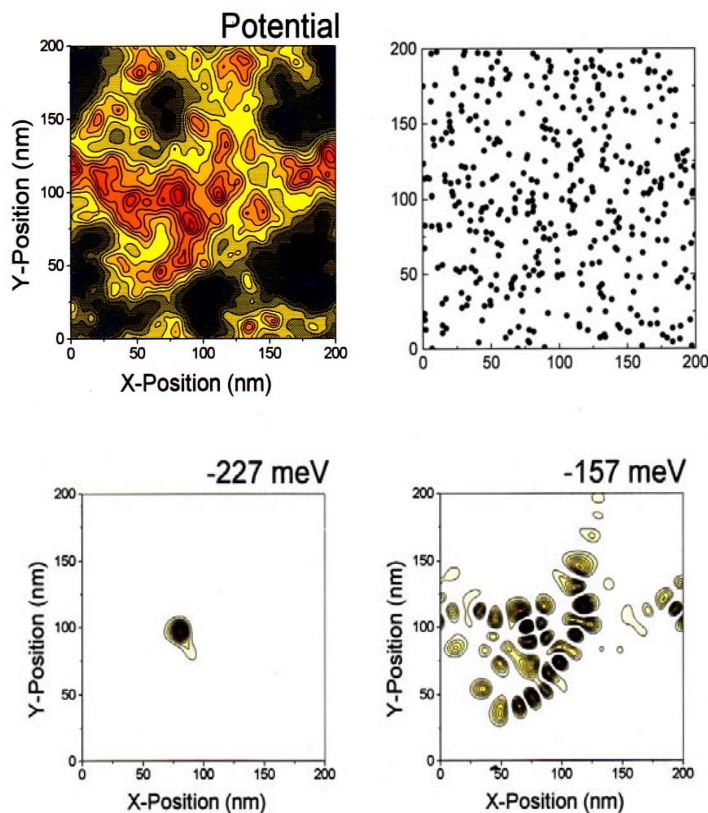


Bild: Laterale Coulomb-Potentialfluktuationen in einem modulationsdotierten Quantentopf. Oben rechts: Verteilung der Donatoren. Oben links: Resultierendes Zufallspotential in der Quantentopfebene. Unten: Zwei Beispiele für (stark bzw. schwächer) lokalisierte laterale Einteilchen-Wellenfunktionen bei verschiedenen Energien.

Die Potentialfluktuationen und die damit einhergehenden Lokalisierungseffekte beeinflussen sehr stark die optischen Eigenschaften von Nanostrukturen. Auf der Grundlage der exakten Wellenfunktionen können diese berechnet werden.

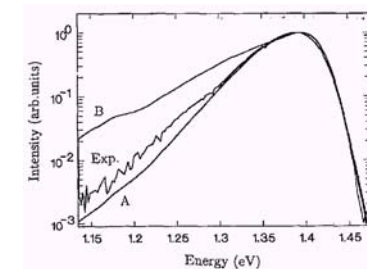
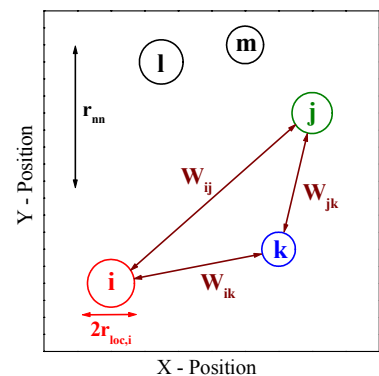


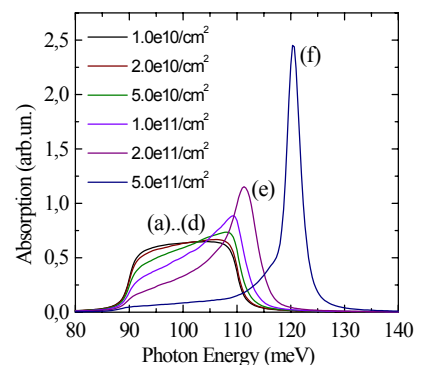
Bild: Unordnungsverbreitertes Lumineszenz-Spektrum einer Probe (Exp) und Vergleich mit zwei theoret. Modellen (A,B).

## Kollektive Effekte in ungeordn. Systemen

Im Falle von Interbandübergängen in dotierten Quantentöpfen führt die Unordnung zu einer Situation von lokalisierten Zwei-niveau-Oszillatoren, die statistisch in der x-y-Ebene verteilt sind. Diese Oszillatoren sind jedoch durch langreichweitige Coulomb-Wechselwirkungen dynamisch gekoppelt.



Mit zunehmender Stärke der Kopplung (einstellbar über Elektronendichte) kommt es im Interband-Absorptionsspektrum zu einem kontinuierlichen Übergang von einem unordnungsverbreiterten Band zu einer scharfen kollektiven Resonanzlinie.



## Exakte Vielteilchen-Physik

In einfachen Fällen (wenige Teilchen und Zustände) kann der Vielteilchen-Hamiltonoperator numerisch exakt diagonalisiert werden (z.B. Dot-Molekül):

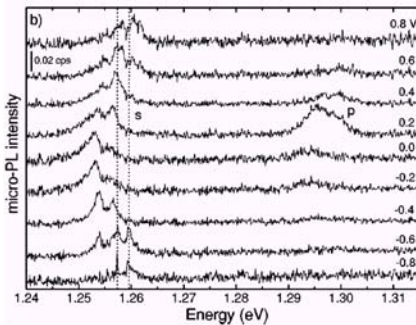


Bild: Gemessene Mikro-Photolumineszenz-Spektren an einem einzelnen Paar gekoppelter Quantenpunkte für verschiedene Spannungen.

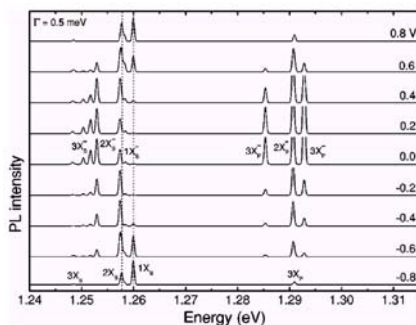


Bild: Zugehörige Vielteilchen-Rechnung (Configuration Interaction Method).

## Mesoskopik und semiklas. Verhalten

Mit modernen Mikrostrukturierungstechniken können in Halbleitern fast beliebige Potentiallandschaften für die Elektronen geschaffen werden.

Ein interessante Möglichkeit sind hier mesoskopische, laterale Potentialmulden, die durch ein zweidim. Parabelpotential approximiert werden können. Die Dynamik von Elektronen-Packeten in solchen Potentiallandschaften kann oft in semiklassischer Näherung erfolgen.

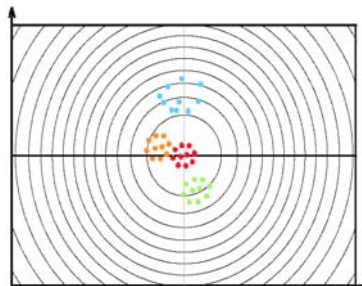


Bild: Simulation der Bewegung eines Elektronenpakets mit der Molekular-dynamik-Methode.

Solche Systeme zeigen nichtlineare optische Eigenschaften, sobald die Elektronen den parabolischen Bereich der Potentialmulde verlassen. Dies ermöglicht wiederum Anwendungen für optoelektronische Bauelemente.

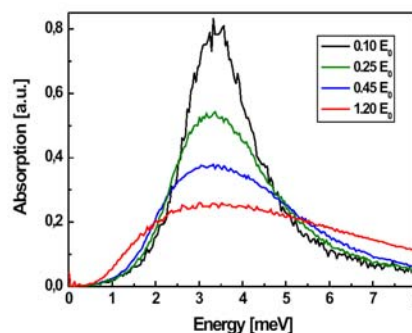
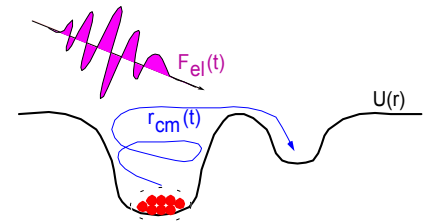


Bild: Nichtlineare Intra-band-Absorption des obigen mesoskopischen Systems. Die Farben korrespondieren mit verschiedenen Feldstärken der anregenden THz-Strahlung.

Weiterhin zeigen Computer-Simulationen, daß Elektronenpakete durch die zeitabhängigen Kräfte eines maßgeschneiderten Lichtpulses zwischen zwei mesoskopischen Potentialmulden transferiert werden können („Opto-Transport“)



## Lehre

Seit dem Wintersemester 01\02 regelmäßiges Halten der Pflichtvorlesung „**Einführung in die Physik**“ für Studenten mit Physik als Nebenfach (Maschinenbau, Wirtsch.ing.wesen, Comp. Engineering, Pharmazie, Lehramt Biologie/Chemie, Informatik,..) mit oft 300-400 Studenten. Verantwortlich auch für Übungen, sowie schriftliche und mündliche Prüfungen.

## Spezialvorlesungen aus der Festk.physik

- „Fluch und Segen von Störstellen in Halbleitern“
- „Konzepte der modernen Halbleiterforschung“
- „Kohärente Dynamik in Halbleiterstrukturen“

## Hot Topics in Modern Science

Die Vorlesung versucht einen Überblick zu geben über einige der wichtigsten physikalischen Grenzbereichen an der Front moderner Forschung (*siehe ausführliche Inhaltsbeschreibung in den Bewerbungsunterlagen*).

## Physik, Information, Hirnforschung und Bewußtsein

Auf der Grundlage popul. Bücher von Penrose („Computerdenken“), Spitzer („Der Geist im Netz“) und Churchland („Die Seelenmaschine“) wird in einer Seminarreihe diskutiert, welchen Beitrag die moderne Physik, die Informatik und Metamathematik, sowie die „Philosophy of Mind“ zum Problem des menschlichen Denkens und Bewußtseins liefern können. Die Veranstaltung überspannt einen sehr großen Themenbereich. Dieser reicht in der Physik von klassischer Mechanik und Statistik, über Quantenmechanik und Quanteninformatik bis zur Kosmologie. In der Informatik vor allem Logik und Berechenbarkeit. In der Philosophie werden u.a. Leibniz, Nagel, Jackson und Searl besprochen.

## Komplexe Systeme 1 – Vom Chaos zum Leben (+ Übungen am Computer)

Die Vorlesung führt ein in die Theorie komplexer Systeme und behandelt deren grundlegende Aspekte und Modellsysteme. Sie gliedert sich in die Abschnitte „**Komplexe Strukturen**“ (Fraktale, Netzwerke, Produktionensysteme, kritische Phänomene, usw.), „**Nichtlineare Dynamik**“ (Begriffe und Methoden, konservative und nichtkonservative chaotische Systeme), „**Emergente Phänomene**“ (Kollektive Synchronisierung, Verkehr als Vielteilchenproblem, zelluläre Automaten, neuronale Netze) und „**Lebende Systeme**“ (Biophysik, Evolutionsdynamik, Künstliches Leben).

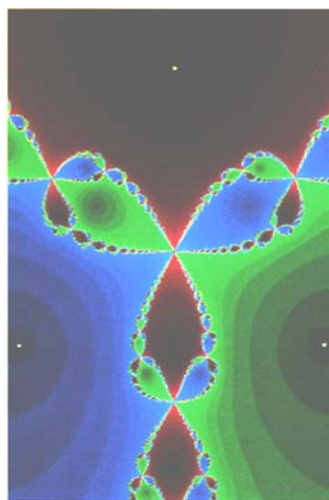


Bild: Attraktionsbecken einer iterierten Abbildung in der komplexen Ebene.

## Komplexe Systeme 2 – Von weicher Materie zu biologischen Systemen

Eine Einführung in die Gebiete „Soft Matter“ und „Biophysics“, mit vielen Beispielen aus der neuesten Forschung. Die Vorlesung gliedert sich in die Abschn. „**Komplexe Moleküle**“ (Elem. Polymer-Physik), „**Kompl. Materialien**“ (Kolloide, Amphiphile, Membranen, Schäume, Granulare Materie, Biolog. Materialien),

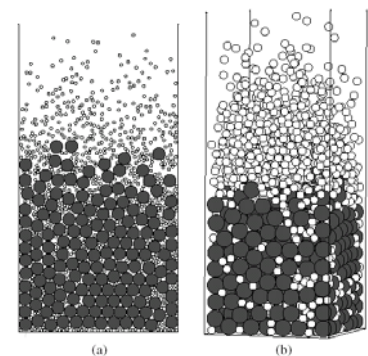


Bild: Beispiel einer Simulation aus dem Bereich „granulare Materie“.

„**Biologische Systeme**“ (Sensoren, Motoren, Kontrollsysteme, Nervennetze).

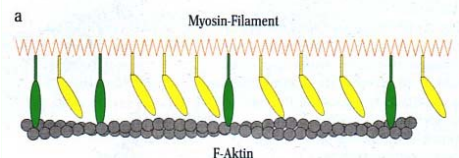


Bild: Modell zur Muskelkontraktion im Aktin-Myosin-System.

„**Soziophysik**“ (Verkehrsdynamik, Städteentwicl.), „**Econophysics**“ (Spieltheorie, Finanzmärkte,...)