

Masterstudium Physik in Bayreuth

- Hohe Flexibilität bei der Wahl der Lehrveranstaltungen
- Studienleistungen, erbracht bei Aufenthalten an anderen Universitäten, können leicht eingebracht werden
- forschungsorientiert, hoher Betreuungsgrad
- Dauer des Masterstudiums: Regel 4 / höchstens 6 Semester
- weniger als 4 Semester möglich

Module im Masterstudium

Modulname	Modulkennung	Typ	SWS	LP	Leistungs- nachweis
Fortgeschrittene Experimentalphysik	FEP	V+Ü	4	6	PR
Praktikum Physik	PPD	PH	6	6	SF
Fortgeschrittene Theoretische Physik	FTP	V+Ü	6	9	PR
Schwerpunktbildung Physik	SCP	V+Ü	8	12	PR
Spezialisierung Physik	SPP	V+Ü	4	6	PR
Wahlfach A	WFA	V+Ü	6	9	PR
Wahlfach B	WFB	V+Ü	4	6	PR
Hauptseminar Physik	HSB	HS	2	6	ET
Projektseminar	PPS	HS	10	15	ET
Lehrforschungsprojekt	LPS	HS	10	15	ET
Masterarbeit	MA			30	MA
Summe Masterstudium			60	120	

aktuell im Master
wählbare
Lehrveranstaltungen

Lehrveranstaltung	wählbar für folgende Module	SWS	LP
Fortgeschrittene Quantenmechanik	FTP, SCP, WFA	6	9
Mechanik der Kontinua	FTP, SCP, WFA	6	9
Quantentheorie der kondensierten Materie	FTP, SCP, WFA	6	9
Nichtgleichgewichtsthermodynamik	FTP, SCP, WFA	6	9
Nichtlineare Physik	SCP, WFA	6	9
Optische und elektronische Spektroskopie weicher Materie	SCP, WFA	6	9
Photophysik organischer Halbleiter	SCP, WFA	6	9
Fortgeschrittene Biologische Physik	SCP, WFA	6	9
Kollektive Phänomene in Festkörpern	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Polymerphysik	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Kristallographie in der Festkörperphysik	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Physik amorpher Festkörper	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Physik organischer Halbleiter	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Physik der zellulären Signalverarbeitung	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Spektroskopie biologischer Systeme	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Spektroskopie weicher Materie	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Kernmagnetische Resonanzspektroskopie	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Supraleitung	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Grundlagen der optischen Spektroskopie	SCP, SPP, WFA, WFB		
Experimentelle und statistische Biologische Physik (Biologische Physik C)	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Einführung in die Zellmechanik	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Computerphysik	SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Quantenflüssigkeiten	SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Kern- und Energiephysik	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Physik der zellulären Signalverarbeitung	FEP, SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Laser	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Nichtlineare Optik	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Metallphysik und Metallkunde	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Multiferroische Materialien	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Einführung in die Plasmaphysik	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Einführung in die Kernfusionsforschung	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Experimentelle Methoden der Biologischen Physik (Biologische Physik B)	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3

aktuell im Master
wählbare
Lehrveranstaltungen

Grundlagen der optischen Spektroskopie	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Optische Eigenschaften organischer Halbleiter	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Organische Halbleiterbauteile	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Spezielle Methoden der optischen Spektroskopie	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Quantentheorie des Lichts	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Relativitätstheorie	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Theorie der nichtlinearen Licht-Materie Wechselwirkung	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Pfadintegrale	SCP, SPP, WFA, WFB	2	3
Molecular Dynamics simulations of biophysical systems	SCP, SPP, WFA, WFB	4	6
Fortgeschrittene Mathematik für Physiker	WFA	6	9
Statistische Methoden in der Festkörperphysik	WFA, WFB	4	6
Physikalische Chemie der Polymere	WFA, WFB	V2+P5	6
Fortgeschrittene Physikalische Chemie	WFA, WFB	2	3
Kolloide und Grenzflächen	WFA, WFB	V2+P5	6
Grundlagen der Energieumwandlung I	WFA, WFB	2	3
Grundlagen der Energieumwandlung II	WFA, WFB	2	3
Ausgewählte Kapitel der Strömungsmechanik: Grenzschichttheorie	WFA, WFB	2	3
Genetik I (Gentechnologie)	WFA, WFB	2	3
Genetik II (Eukaryontengenetik)	WFA, WFB	4	6
Zellbiologie	WFA, WFB	2	3
Mathematische Modellierung in den Lebenswissenschaften	WFA, WFB	6	9
Meteorologie	WFA, WFB	2	3
Evolutionsbiologie und Genetik	WFA, WFB	2	3
Batterien, Brennstoffzellen und photovoltaische Systeme	WFA, WFB	2	3

5 Beispielstudiengänge mit Lehrveranstaltungen oder individuelle Zusammenstellungen

- zu beachtende **Randbedingungen**:
 - **mind. 6 LP aus FEP-Veranstaltungen** (Fortgeschr. Experimentalphysik)
 - **mind. 9 LP aus FTP-Veranstaltungen** (Fortgeschr. Theoretische Physik)
 - **mind. 6 LP und höchstens 15 LP aus nicht-physikal. Nebenfächern**
 - **Module HS / PPS / LPS** (jeweils erfolgreiche Teilnahme)
 - **Masterarbeit MA** (doppelte Gewichtung in der Note)
- keine Verbesserungsprüfungen, **aber** Fach mit schlechterer Prüfung durch Fach mit **besserer** Prüfung ersetzbar
- es können auch **mehr** Leistungspunkte pro Modul als erforderlich eingebracht werden
- im **Master Supplement** können weitere bestandene Prüfungen dokumentiert werden

5 Beispielstudiengänge oder individuelle Zusammenstellungen

- Biologische Physik
 - Festkörperphysik
 - Nichtlineare Dynamik
 - Physik der weichen Materie
 - Physik molekularer System
-
- **Alternativ ist eine individuelle Zusammenstellung von Lehrveranstaltungen natürlich auch möglich**

5 Beispielstudiengänge / 1

Beispielstudienverlauf mit Spezialisierung auf Biologische Physik

FS	LP	Module	gewählte Lehrveranstaltungen	SWS	LP
1	30	FEP	Laserspektroskopie weicher Materie (Biologische Physik B)	V3+Ü1	6
		SCP	Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	V3+Ü1	6
		SCP	Polymerphysik	V3+Ü1	6
		WFB	Genetik I (Gentechnologie)	V2	3
		WFB	Laser	V1+Ü1	3
		HSB	Hauptseminar Physik	HS2	6
2	30	FTP	Nichtgleichgewichtsthermodynamik	V4+Ü2	9
		SPP	Statistische und experimentelle Biologische Physik (Biologische Physik C)	V3+Ü1	6
		WFA	Genetik II (Eukaryontengenetik)	V2+S2	6
		WFA	Zellbiologie	V2	3
		PPD	Praktikum Physik	PH6	6
3	30	PPS	Projektseminar	HS10	15
		LPS	Lehrforschungsprojekt	HS10	15
4	30	MA	Masterarbeit		30

5 Beispielstudiengänge / 2

Beispielstudienverlauf mit Spezialisierung auf Festkörperphysik

FS	LP	Module	gewählte Lehrveranstaltungen	SWS	LP
1	30	FEP	Kollektive Phänomene in Festkörpern	V3+Ü1	6
		SCP	Fortgeschrittene Quantenmechanik	V4+Ü2	9
		SCP	Laser	V1+Ü1	3
		WFB	Kristallographie in der Festkörperphysik	V3+Ü1	6
		HSB	Hauptseminar Physik	HS2	6
2	30	FTP	Quantentheorie der kondensierten Materie	V4+Ü2	9
		SPP	Supraleitung	V3+Ü1	6
		WFA	Fortgeschrittene Mathematik für Physiker	V4+Ü2	9
		PPD	Praktikum Physik	PH6	6
3	30	PPS	Projektseminar	HS10	15
		LPS	Lehrforschungsprojekt	HS10	15
4	30	MA	Masterarbeit		30

5 Beispielstudiengänge / 3

Beispielstudienverlauf mit Spezialisierung auf Nichtlineare Physik

FS	LP	Module	gewählte Lehrveranstaltungen	SWS	LP
1	30	FEP	Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	V3+Ü1	6
		SCP	Hydrodynamik	V4+Ü2	9
		SCP	Nichtlineare Optik	V1+Ü1	3
		WFB	Polymerphysik	V3+Ü1	6
		HSB	Hauptseminar Physik	HS2	6
2	30	FTP	Nichtgleichgewichtsthermodynamik	V4+Ü2	9
		SPP	Statistische und experimentelle Biologische Physik (Biologische Physik C)	V3+Ü1	6
		WFA	Fortgeschrittene Mathematik für Physiker	V4+Ü2	9
		PPD	Praktikum Physik	PH6	6
3	30	PPS	Projektseminar	HS10	15
		LPS	Lehrforschungsprojekt	HS10	15
4	30	MA	Masterarbeit		30

5 Beispielstudiengänge / 4

Beispielstudienverlauf mit Spezialisierung auf Physik der weichen Materie

FS	LP		gewählte Lehrveranstaltungen	SWS	LP
1	33	FTP	Hydrodynamik	V4+Ü2	9
		SCP	Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung	V3+Ü1	6
		SCP	Polymerphysik	V3+Ü1	6
		WFB	Physikalische Chemie der Polymere (P102)	V2+P5	6
		HSB	Hauptseminar Physik	HS2	6
2	27	FEP	Physik organischer Halbleiter	V3+Ü1	6
		SPP	Physik amorpher Festkörper	V3+Ü1	6
		WFA	Nichtgleichgewichtsthermodynamik	V4+Ü2	9
		PPD	Praktikum Physik	PH6	6
3	30	PPS	Projektseminar	HS10	15
		LPS	Lehrforschungsprojekt	HS10	15
4	30	MA	Masterarbeit		30

5 Beispielstudiengänge / 5

mit Spezialisierung auf Physik molekularer Systeme.

FS	LP	Module	gewählte Lehrveranstaltungen	SWS	LP
1	30	FTP	Fortgeschrittene Quantenmechanik	V4+Ü2	9
		FEP	Polymerphysik	V3+Ü1	6
		SPP	Nanooptik	V3+Ü1	6
		WFB	Laser	V1+Ü1	3
		HSB	Hauptseminar	HS2	6
2	30	SCP	Organische Halbleiter	V3+Ü1	6
		SCP	Spektroskopie weicher Materie	V3+Ü1	6
		WFA	Quantentheorie der kondensierten Materie	V4+Ü2	9
		PPD	Praktikum	PH6	6
		WFB	Biophysik B	V1+Ü1	3
3	30	PPS	Projektseminar	HS10	15
		LPS	Lehrforschungsprojekt	HS10	15
4	30	MA	Masterarbeit		30

Masterarbeit in Bayreuth

Anmeldung zur Masterarbeit gegen Ende des 3. Semesters
und längstens gegen Ende des 4. Semesters.

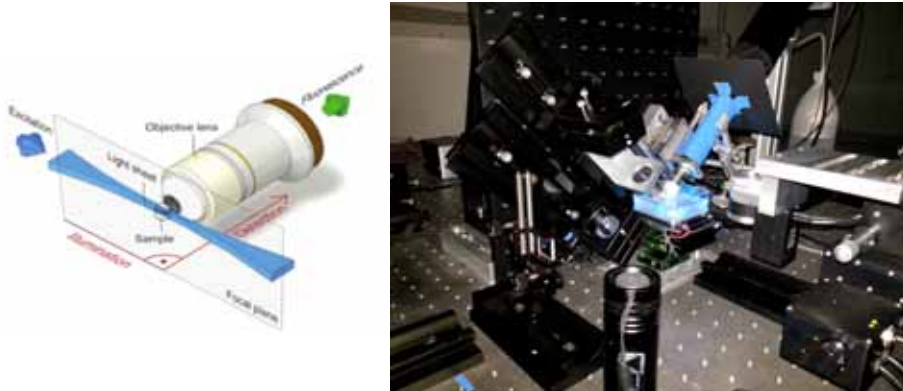
Abgabe der Masterarbeit längstens 10 Monate
nach Anmeldung (=Spielräume).

**Spektrum an Gebieten für Masterarbeiten
wie folgt**

Dynamik & Selbstorganisation in lebender Materie

Lichtmikroskopiemethoden

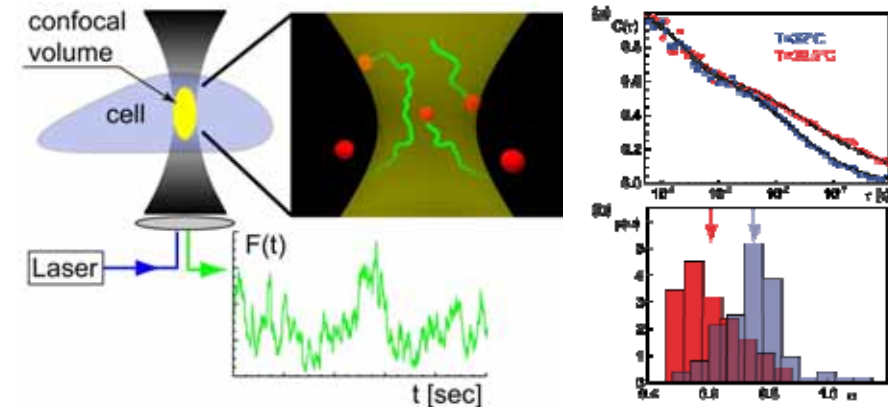
z.B. **S**elective **P**lane **I**llumination **M**icroscopy



Anwendung & (Weiter-)Entwicklung

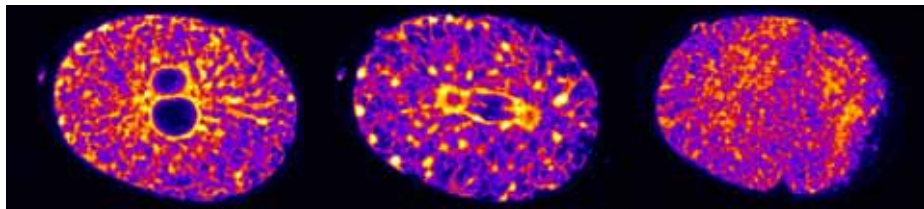
Proteindynamik in lebenden Zellen

Fluorescence **C**orrelation **S**pectroscopy,



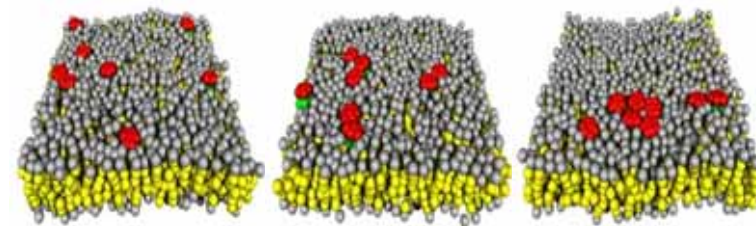
Mobilität & Reaktionen einzelner Moleküle

Musterbildung in der Embryogenese



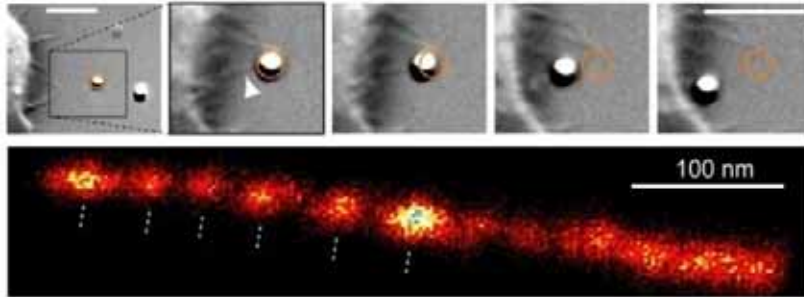
Symmetriebrechung, Netzwerkbildung,
aktive Gele & Transport, Hydrodynamik,...

Simulationen

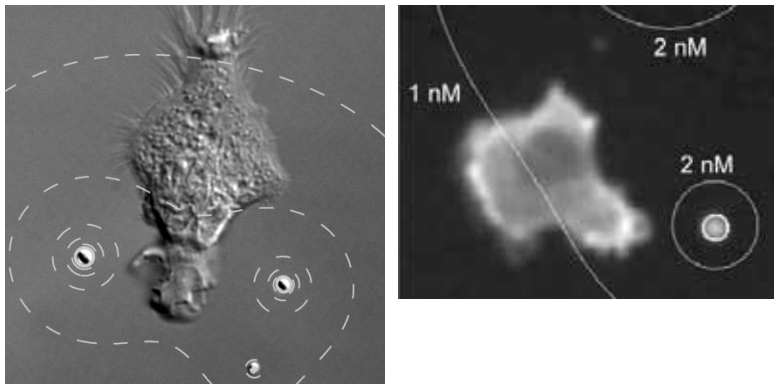


Strukturbildung auf Membranen etc.

Phagozytose & Zelladhäsion



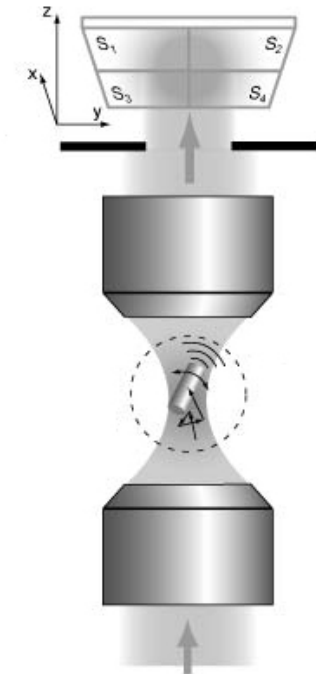
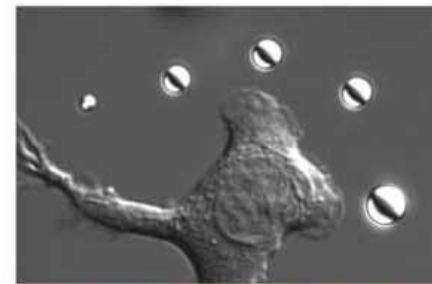
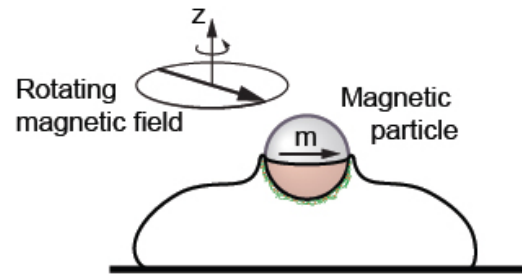
Zellmigration & Chemotaxis



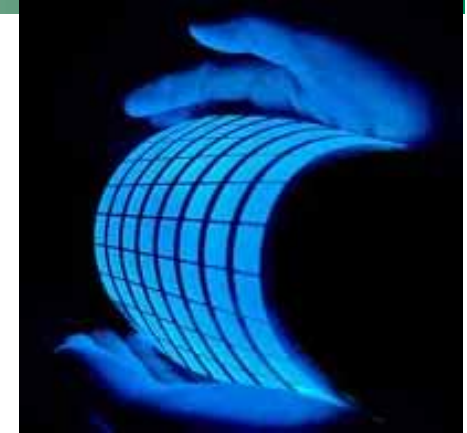
Methoden:

Optische Pinzetten, magnetische Pinzetten,
Lichtmikroskopie, digitale Bildverarbeitung,
Brownsche Dynamik Simulationen, Fourieroptik, ...

Biophysikalische Methodenentwicklung

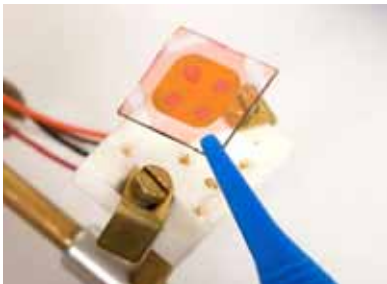


Opto-elektronische Prozesse in organischen Halbleitermaterialien



Wozu?

- Grundlegendes Verständnis elektronischer Prozesse wie Ladungs- und Energietransfer
- Bedeutung in Anwendungen wie flexible, druckbare Leuchtdioden, Solarzellen + FETs

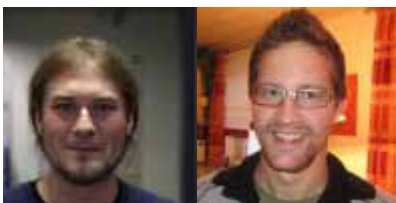
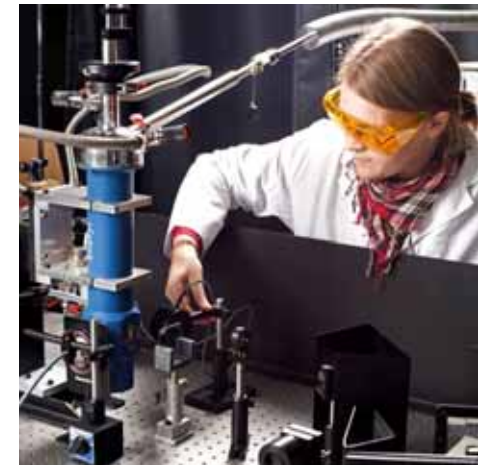


Wie?

- Zeitaufgelöste optische Spektroskopie
- Bauteilcharakterisierung, ggfs Simulation

Beispiele aktueller Masterarbeiten

- Polymerkonformation + Phasenübergänge für Solarzellenanwendungen
- Ladungsträgerdissoziation + rekombination

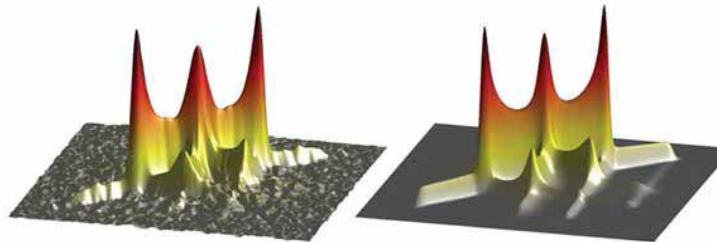


Prof. Ernst Rößler (Experimentalphysik II)

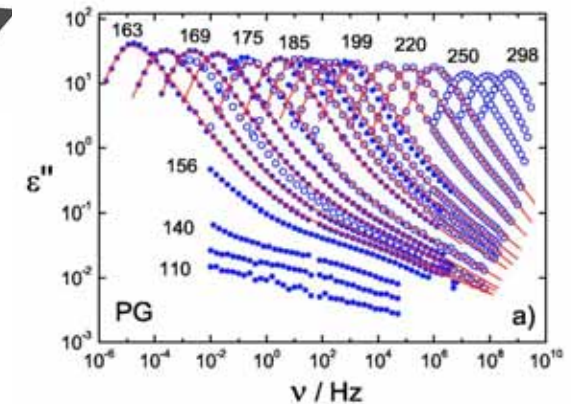
Forschungsgebiet: **Dynamik in ungeordneten Systemen**
(unterkühlte Flüssigkeiten, Polymere, glasartige Kristalle)

Methoden:

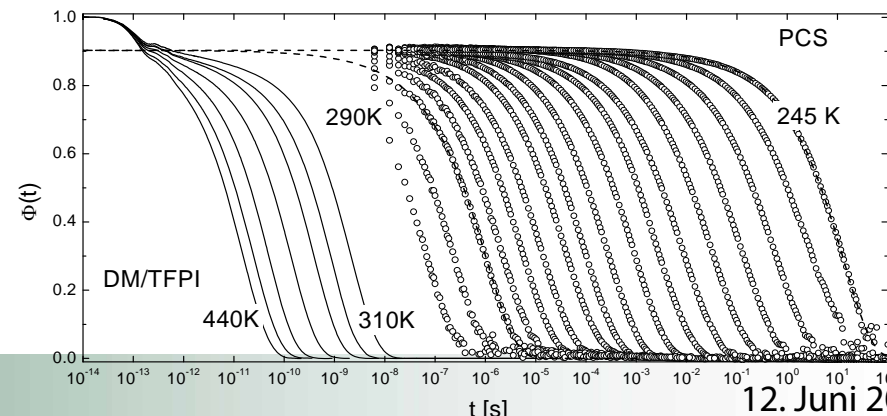
i.) Festkörper-NMR
(2D-NMR)



ii.) dielektrische Spektroskopie
($10^{-6} - 10^9$ Hz)



iii.) quasi-elast. Lichtstreuung
(fs – sec)



Ultraschnelle Nanooptik

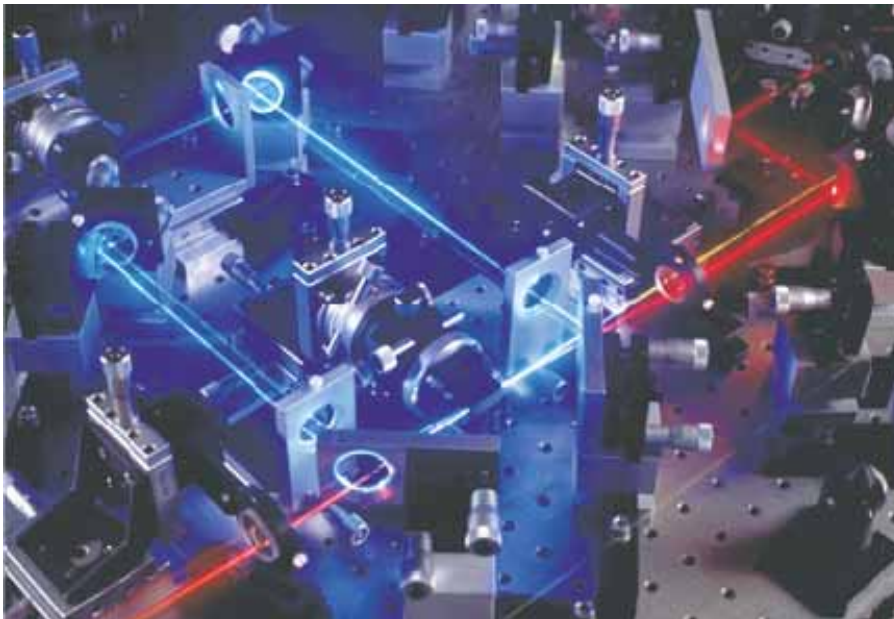
- optische Spektroskopie
- einzelne Nanoobjekte
- Femtosekunden Zeitauflösung

Fragestellungen

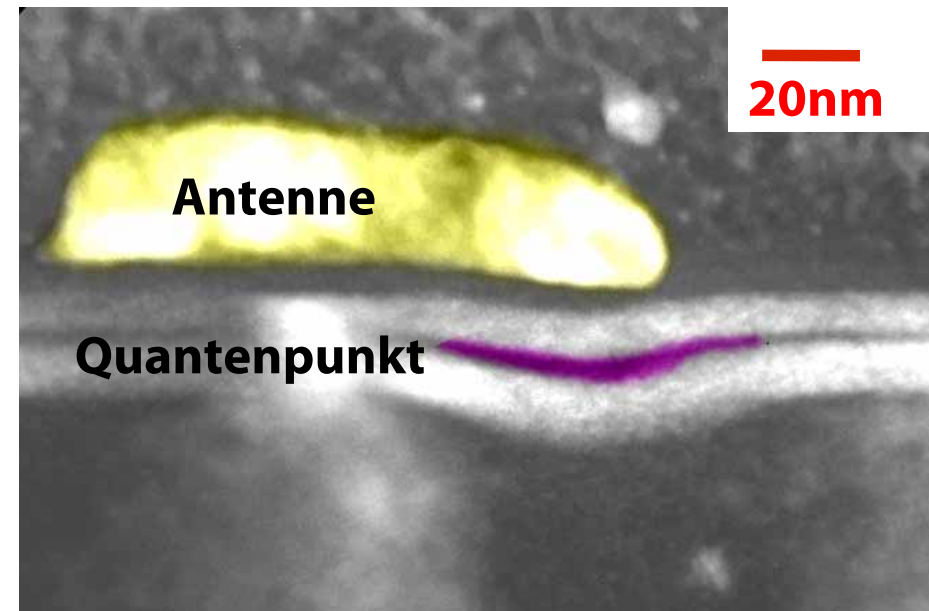
Wie kann man die Kurzzeit-Dynamik eines einzelnen Nanoobjekts messen?

Details: www.ep3.uni-bayreuth.de

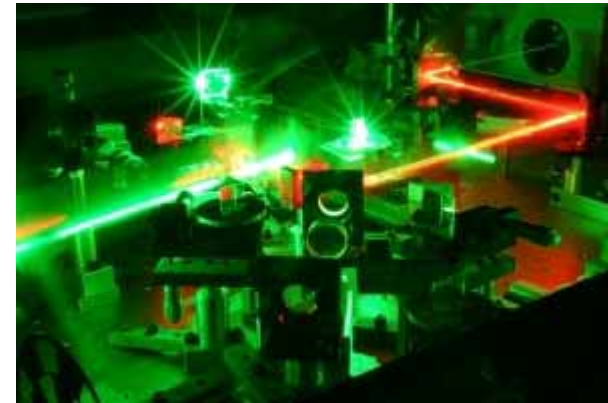
Typischer Versuchsaufbau



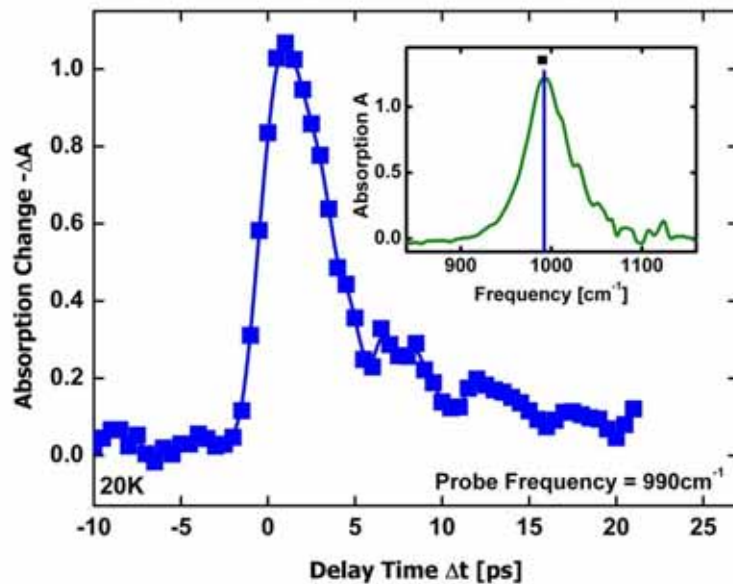
Typische Probe



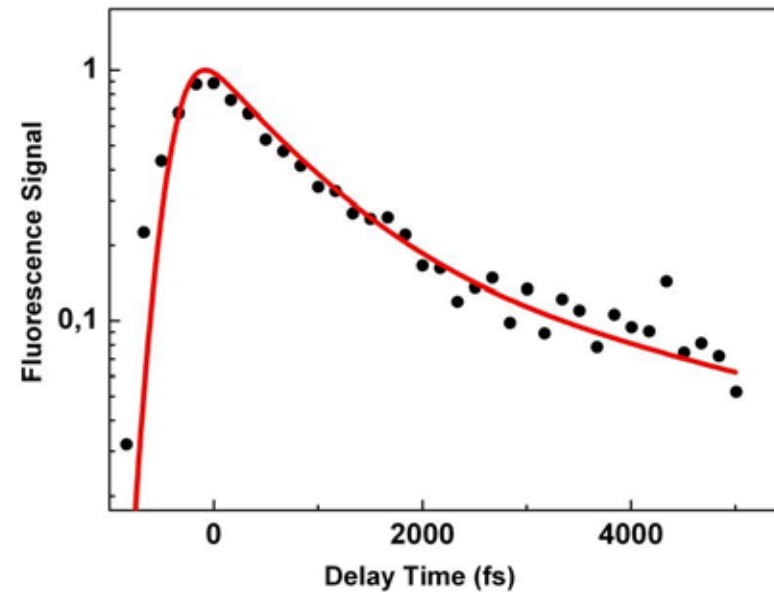
Ultraschnelle Phänomene, zeitaufgelöste Spektroskopie



Lebensdauerermessung
in einer Halbleiterstruktur

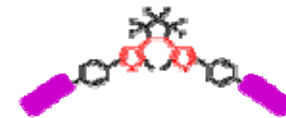
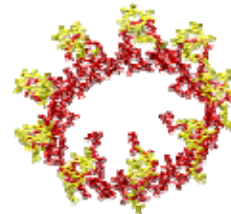
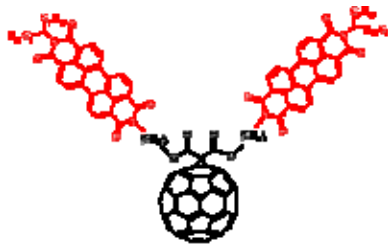


Schwingungslebensdauer
in einem Coumarin Molekül



Fragen: Energiekonversion; (künstliche) Photosynthese; molekulare Elektronik

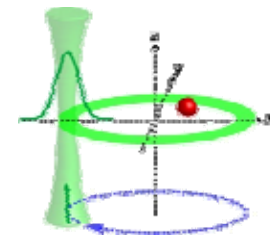
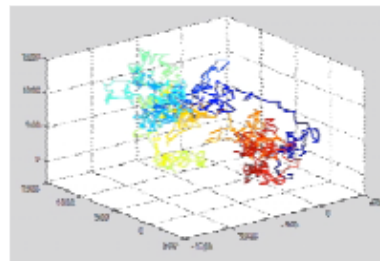
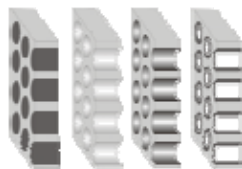
Materialien: künstliche Systeme / biologische Farbstoffaggregate



Methoden: Spektroskopie (Einzelmolekül; Zeitaufgelöst; Korrelation)

Fragen: Transportprozesse auf der Nanoskala

Materialien: schaltbare Polymer-Membranen / Flüssigkristalle / Biosysteme



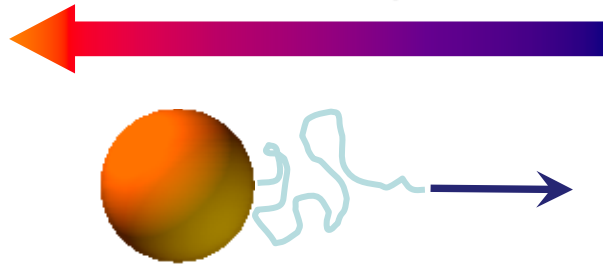
Methoden: Einzelpartikeltracking

Transportprozesse in *Weicher Materie*

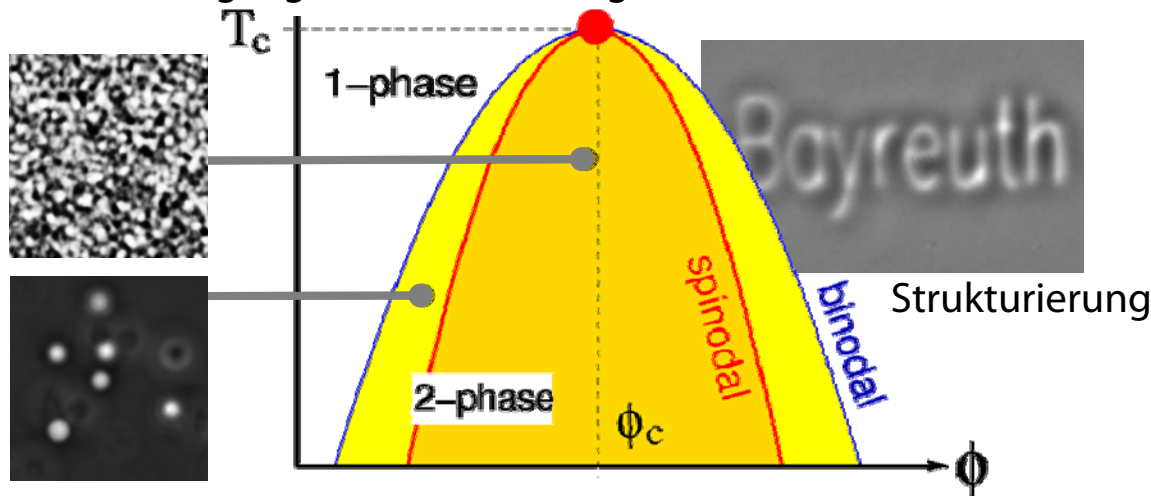
Einfache Flüssigkeiten, Polymere, Kolloide

Thermophorese

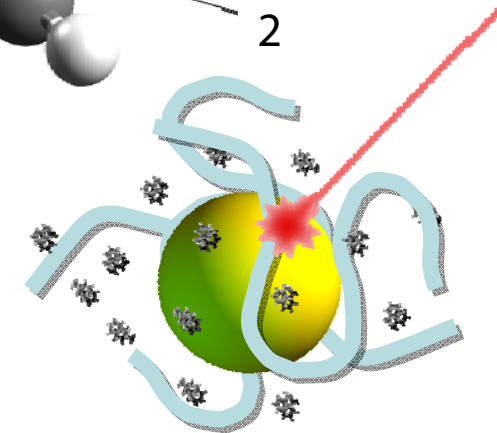
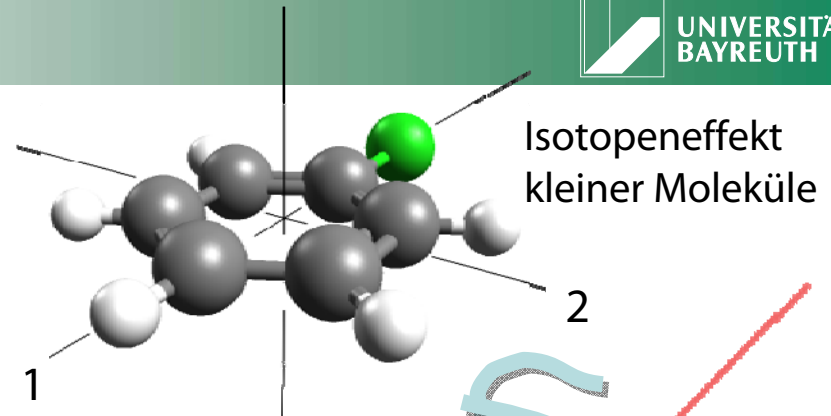
$$\nabla T$$



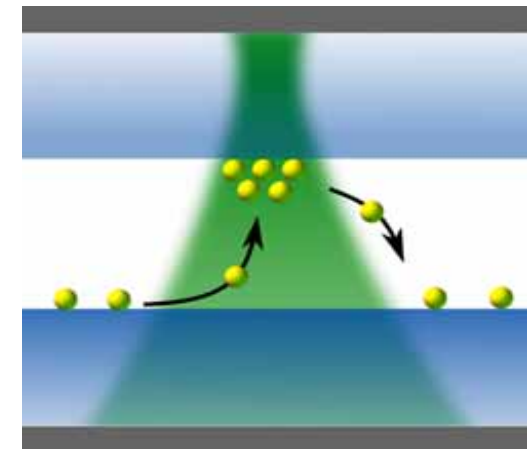
Nichtgleichgewicht,
Phasenübergänge, Strukturbildung



Holographie
Interferometrie
Streuung
Mikroskopie
Mikrogravitation



transiente Netzwerke



Laserfallen

- **Arbeitsgebiete**

- Einzelmolekülspektroskopie
- holographische Gitter
- ortsaufgelöste Spektroskopie: konfokale Raman- und Fluoreszenz-lebensdauer-Mikroskopie (FLIM) etc.
- nichtlineare Optik

- **Masterarbeiten**

- derzeit ist eine Masterarbeit zu vergeben
- Thema: FLIM-Mikroskopie an halbleitenden Polymeren
- Betreuung zusammen mit Dr. R. Hildner, EP IV



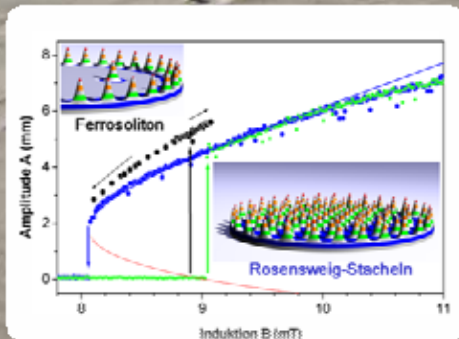
Was ist an Sand so interessant?



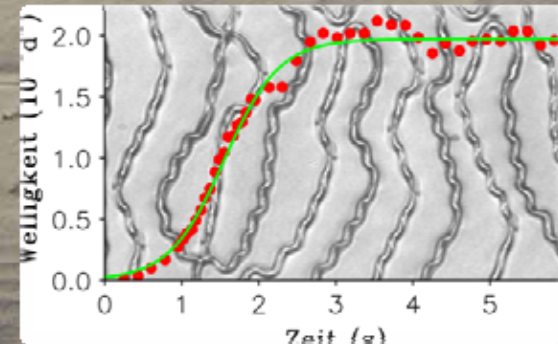
Prof. Ingo Rehberg
(Experimentalphysik V)

- Struktur
 - Dynamik
- $$\left. \begin{array}{l} \bullet \text{ Struktur} \\ \bullet \text{ Dynamik} \end{array} \right\} \partial_t \vec{A} = f(\vec{A}, \partial_{\vec{x}} \vec{A}, \dots)$$

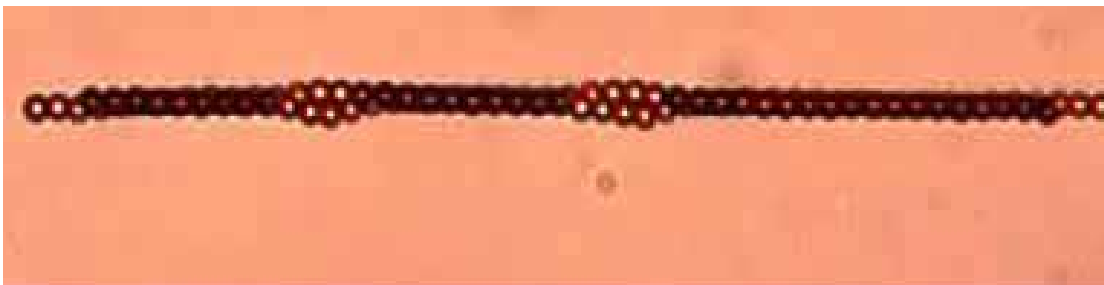
Universalität in komplexen Kontinua



- Ferrofluide
- Flüssigkristalle
- Suspensionen



Dynamics of paramagnetic colloids

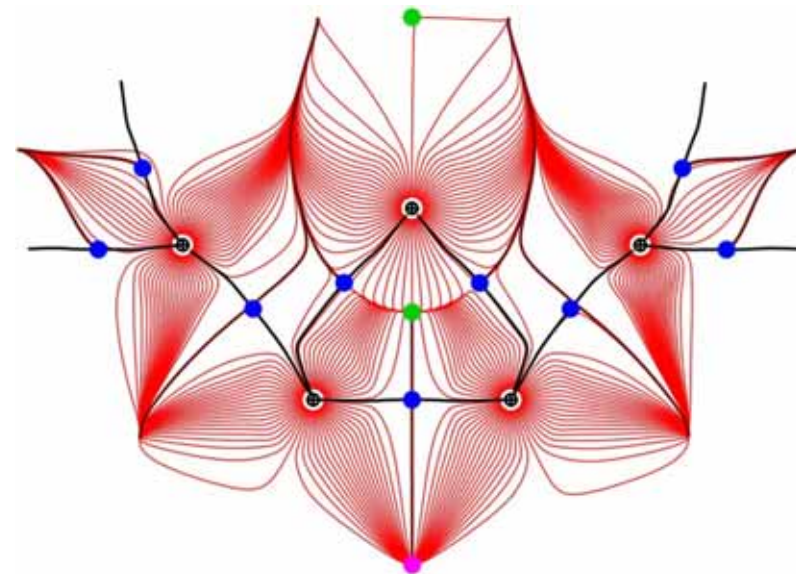


Phasenumwandlungen
Aperiodische Kristalle
Ladungsdichtewellen
Magnetische Ordnung



Röntgenbeugung 8-300 K

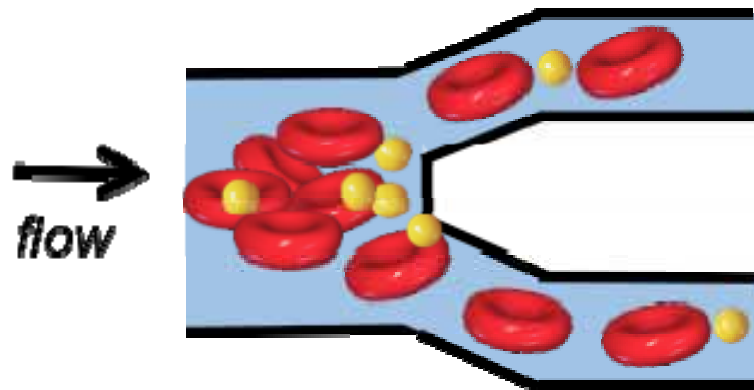
Elektronendichte
Ladungsaustausch
Maximum Entropie Methode
Proteine und Materialien



Gradienten der Elektronen-
Dichte in γ -B₂₈

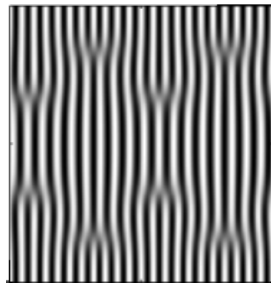
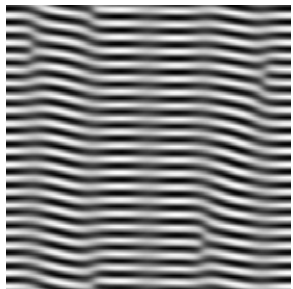
Nanopartikel in der Blutbahn

- Medizinisches Risiko bestimmt durch *lokale* Konzentration
- Physikalisch-chemische Wechselwirkungen mit roten Blutzellen führen zu komplexen Bewegungsmustern der Partikel

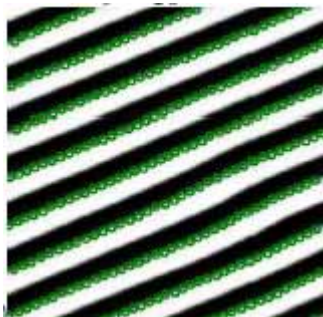


Können diese Wechselwirkungen Clusterbildung auslösen und lokalen Konzentrationsanstieg bewirken?

Strukturbildung / Universalität & Symmetriebrechung



Konvektion, Suspension - Wolken,
Turingstrukturen, Blockcopolymere,
Wrinkles

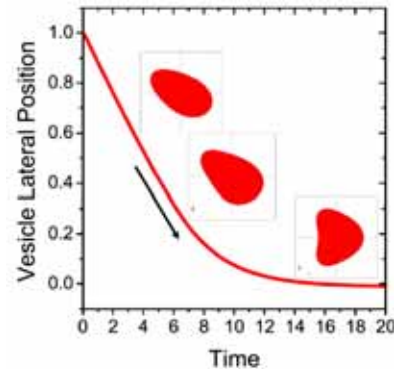


Janusteilchen



Symmetrie-
brechung

Mikrofluidik



Rheologie von
Teilchen /Blutzellen
Mikroschwimmer
Mizellen
etc.

Methoden

Bewegungsgleichungen

**nichtlineare partielle
Differentialgleichungen**

- Spaß an analyt. Rechnungen
kombiniert mit Simulationen

Brownsche Dynamik
mit und ohne Strömung:
Analytik und Numerik



Statistische Physik weicher Materie

Methoden

Dichtefunktionaltheorie

$$\frac{\delta\Omega[\rho]}{\delta\rho(\mathbf{r})} = 0$$

Powerfunktionaltheorie

$$\frac{\delta\mathcal{R}_t[\rho, \mathbf{J}]}{\delta\mathbf{J}(\mathbf{r}, t)} = 0$$

Computersimulation

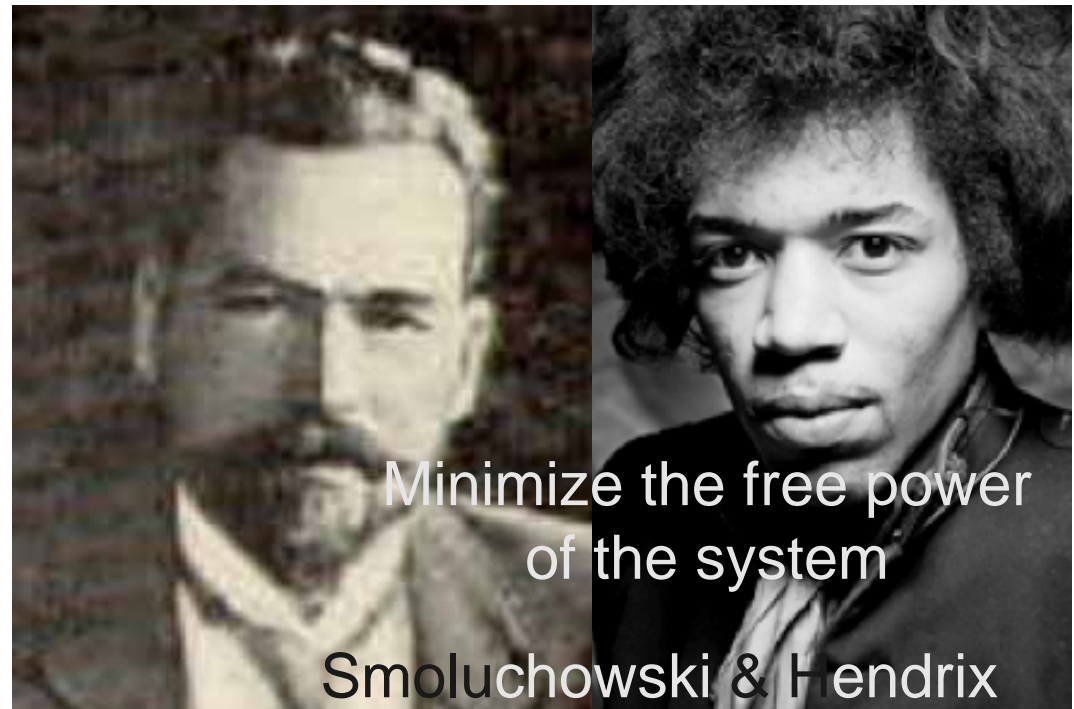


Systeme

Kolloide, Polymere, Netzwerke,
(lyotrope) Flüssigkristalle, Granulate

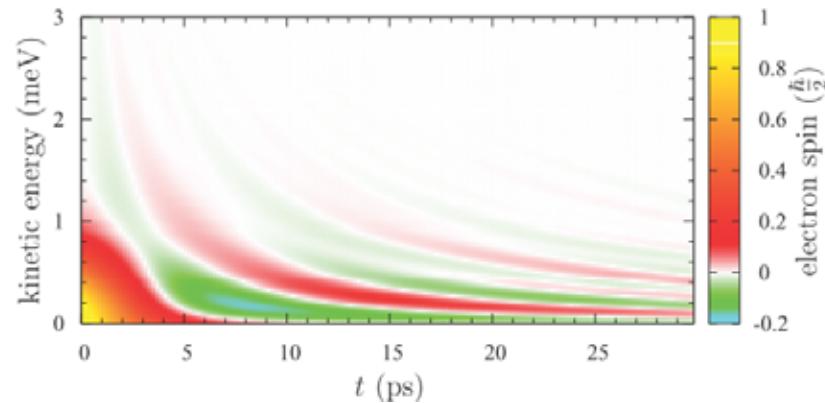
Phänomene

Phasenübergänge, Grenzflächen,
Strukturbildung

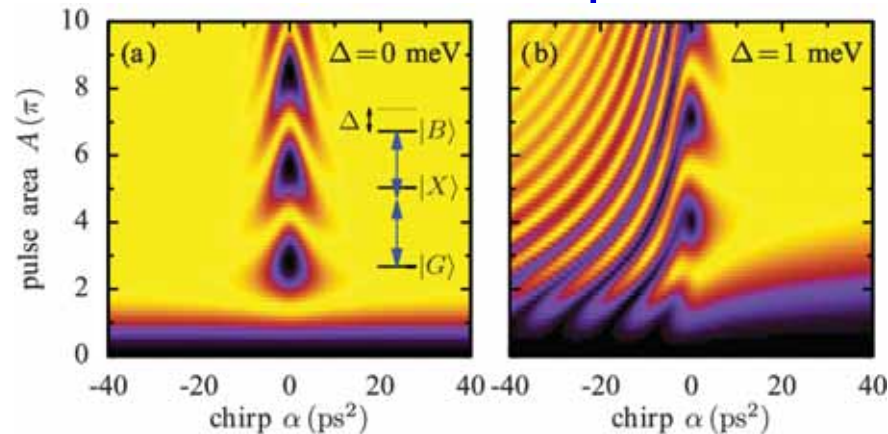


Spin-Dynamik & Kontrolle in magnetischen Halbleitern

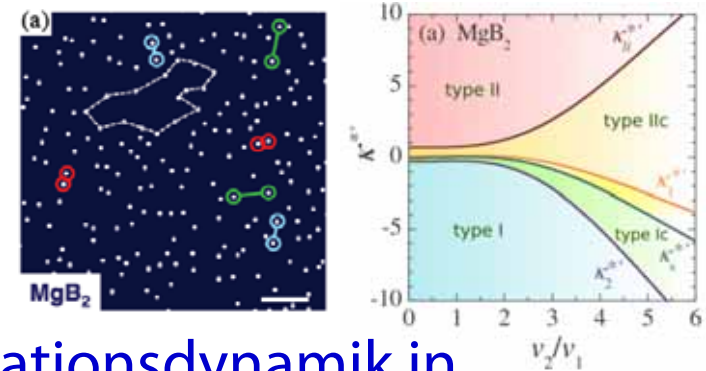
→ Spintronik



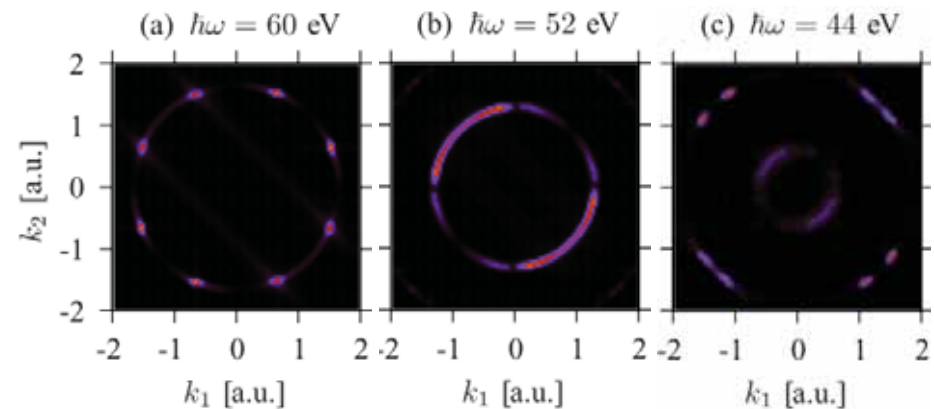
Quantendissipative Dynamik in Halbleiter-Quantenpunkten



Ungewöhnliche supraleitende Eigenschaften, z.B. in Multi- Komponentensystemen oder Nanostrukturen

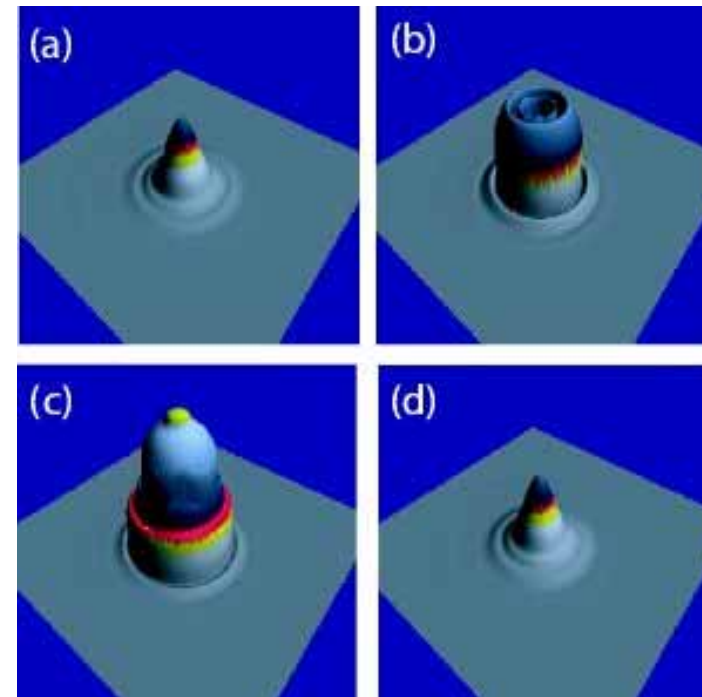
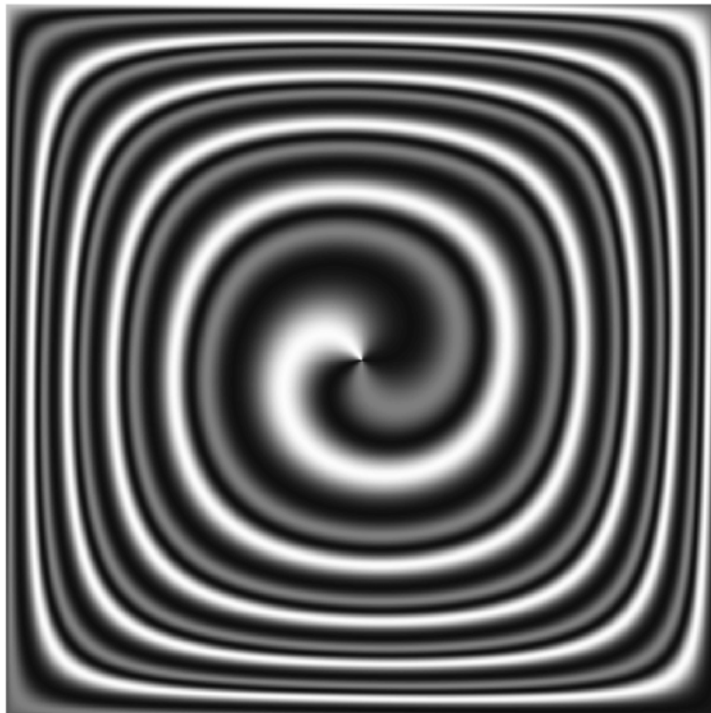


Ionisationsdynamik in extremen Feldern (XFEL)



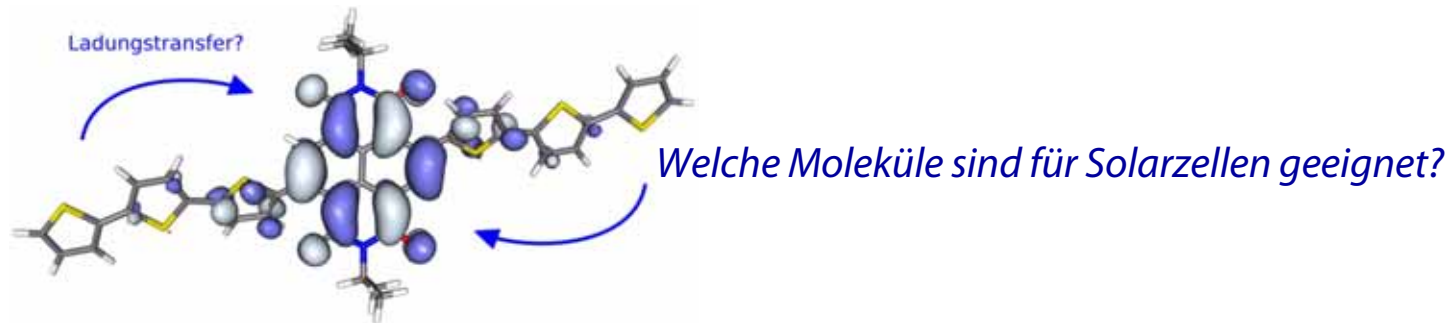
Makroskopische Beschreibung von

- Komplexen Fluiden
- Nichtgleichgewichtssystemen

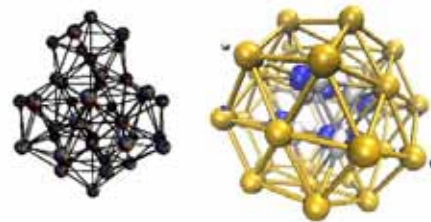


Ziel: Vorhersage der elektronischen Struktur und Dynamik „Theorie ohne fit-Parameter“

Beispiel 1: Ladungstransfer in organischen Halbleitern



Beispiel 2: Eigenschaften metallischer Nanolegierungen



Wie verhält sich Materie im Bereich zwischen Atom und „bulk“ Festkörper?

Theoretischer Reiz:

Quantenmechanik ohne Wellenfunktion!



Dichtefunktionaltheorie:

Entwicklung von Funktionalen zur Beschreibung von Korrelationseffekten

Hilfreich: Spaß an Quantenmechanik, Spaß an Theorie, keine Computerscheu

Fusionsforschung: Eine Energiequelle der Zukunft ?

- Für Fusion sind Temperaturen von 100.000.000 K erforderlich.
- Das Problem:
Turbulente Strömungen führen zu Energieverlusten und bestimmen die Größe des Reaktors.

Besseres Verständnis könnte zu einem kleineren und damit billigeren Reaktor führen.

Die Forschung wird charakterisiert durch:

- Nicht-lineare Dynamik
- „High Performance Computing“ (>1000 CPUs).

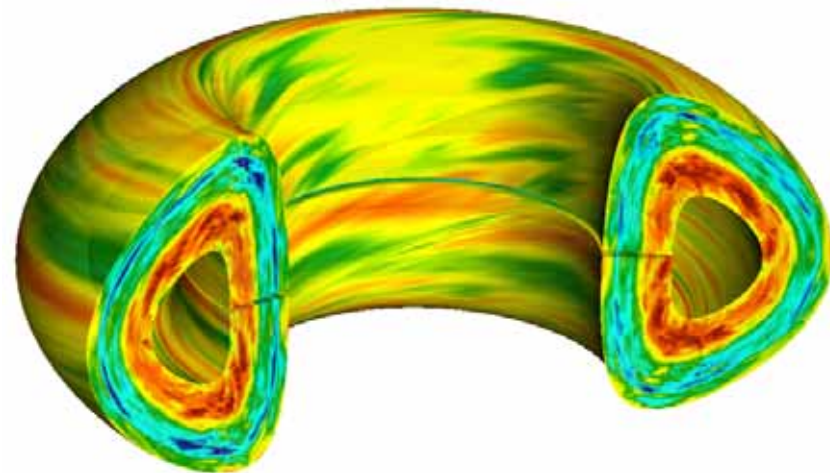


Fig: Numerische Rechnung der Tokamak-Turbulenz ~ 25.000 CPU-Stunden

Weitere Informationen

(insb. zum Thema Bewerbung und Einschreibung)

<http://physik.master.uni-bayreuth.de>