

**Institute of Optics &  
Quantum Electronics JENA**

Friedrich Schiller University



seit 1558

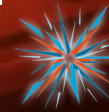
# Informationsveranstaltung für die Forschungssäule „Optik“ der PAF

---

**Malte C. Kaluza**

Institut für Optik und Quantenelektronik, FSU Jena, Germany

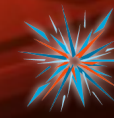
Helmholtz-Institut Jena



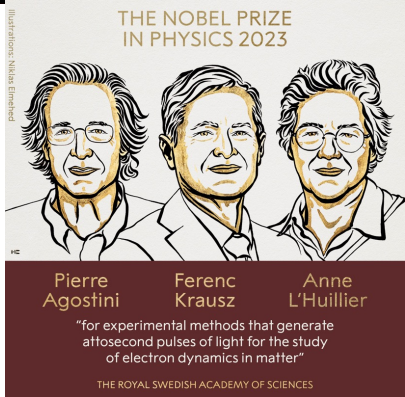
## Vorstellung der Gruppen

1. um den Max-Wien-Platz 1 (IOQ, HIJ, IFTO, IAOb,IPC,...)
  - a) Lehrstuhl Prof. Spielmann,
  - b) Lehrstuhl Prof. Zepf,
  - c) Lehrstuhl Prof. Kaluza,
  - d) Lehrstuhl Prof. Peschel,
  - e) Lehrstuhl Prof. Eggeling, Jun.-Prof. Christian Franke,
  - f) Lehrstuhl Prof. Heintzmann,
  - g) Lehrstuhl Prof. Gräfe
2. am Beutenberg (IAP, IOF,...)

# Wechselwirkung von intensiven ultrakurzen Laserpulsen mit Halbleiter-Nanostrukturen



Institute of Optics &  
Quantum Electronics JENA  
Friedrich Schiller University

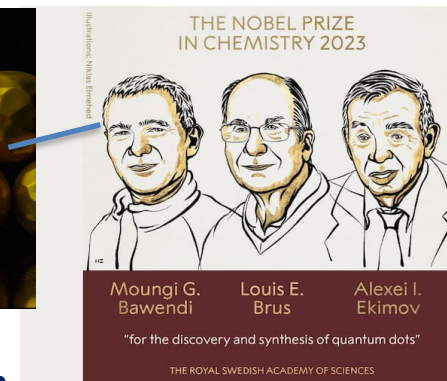
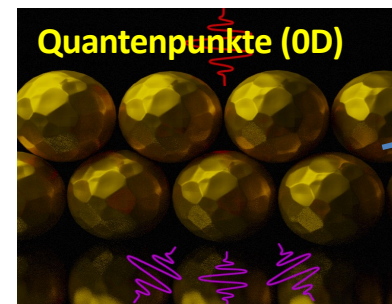
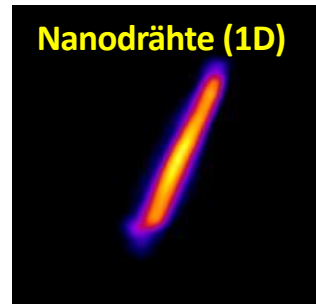
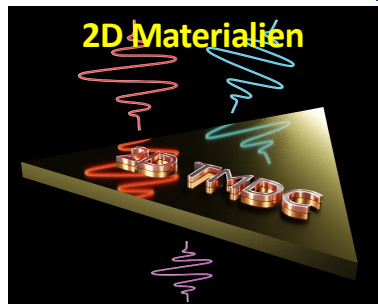


Kurzpuls laserquellen vom near-mid-IR (MIR) bis extreme Ultraviolett (XUV)



Nano- probe

Extreme nichtlineare Optik im Nanobereich: Abhängigkeit von der Dimensionalität



Mögliche Bachelorarbeitsthemen (Details bei Interesse):

Erzeugung von Harmonischen höherer Ordnung in Nanostrukturen mit MIR Pulsen

Instrumentierung XUV Beamline für Spektroskopie

Ansprechpartner:

Daniil Kartashov ([daniil.kartashov@uni-jena.de](mailto:daniil.kartashov@uni-jena.de))

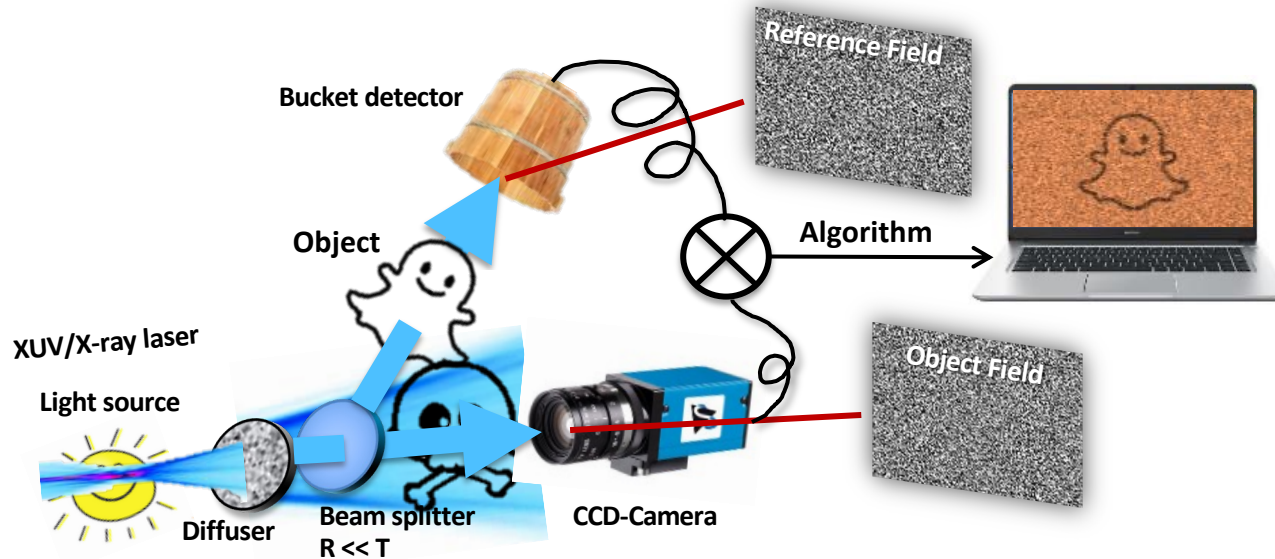
Monalisa Mallick ([monalisa.mallick@uni-jena.de](mailto:monalisa.mallick@uni-jena.de))

Christian Spielmann ([christian.spielmann@uni-jena.de](mailto:christian.spielmann@uni-jena.de))

# Quantenbildgebung via Ghost Imaging im XUV und VIS



Institute of Optics &  
Quantum Electronics JENA  
Friedrich Schiller University



## Mögliche Bachelorarbeitsthemen:

- Implementierung von *Microscopic Ghost Imaging* im VIS (experimentell)
- Entwicklung von XUV-Quellen für Ghost Imaging

Ansprechpartner:

Sukyoon Oh ([sukyoon.oh@uni-jena.de](mailto:sukyoon.oh@uni-jena.de))

Tong Tian ([tong.tian@uni-jena.de](mailto:tong.tian@uni-jena.de))

Christian Spielmann ([christian.spielmann@uni-jena.de](mailto:christian.spielmann@uni-jena.de))

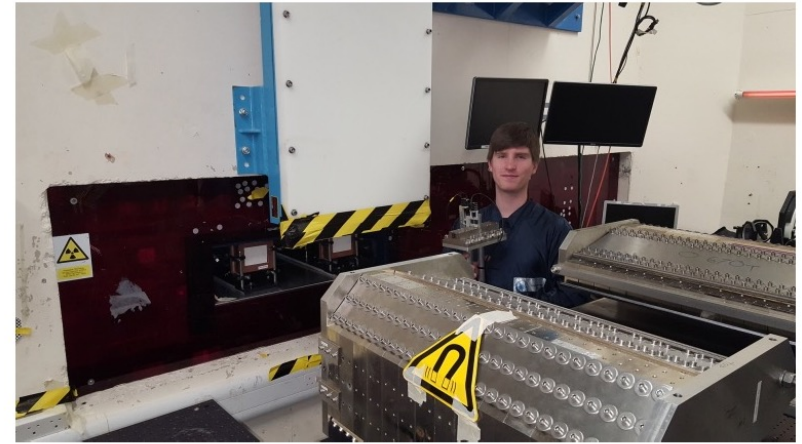
# High Field Physics and Laser Particle Acceleration

Prof M. Zepf

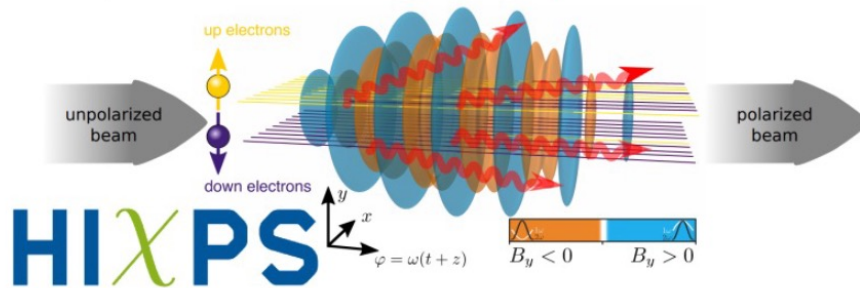
HOCHLEISTUNGSLASER –  $P > 3 \cdot 10^{14} \text{W}$   
Diagnostik und Entwicklung



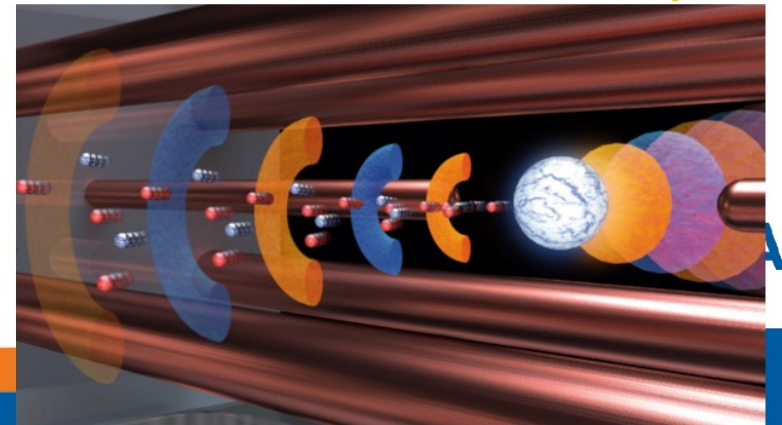
Hochfeld QED Experimente an  
Internationalen Forschungseinrichtungen



Massivparallele Simulation von Hochfeld-Physik  
AG Seipt



Teilchenbeschleuniger mit  
Extremen Feldern bis Teravolt/m



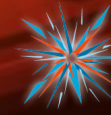
# Master/Bachelorthemen

- Entwicklung extrem kompakter GeV Elektronenbeschleuniger
  - Berechnung/Entwicklung von optimalen Gasstrukturen für die nächste Beschleunigergeneration

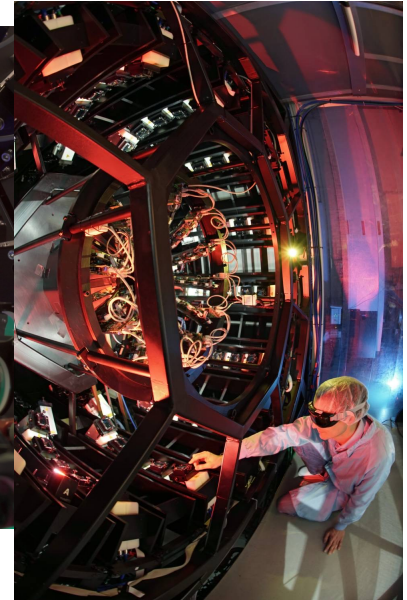
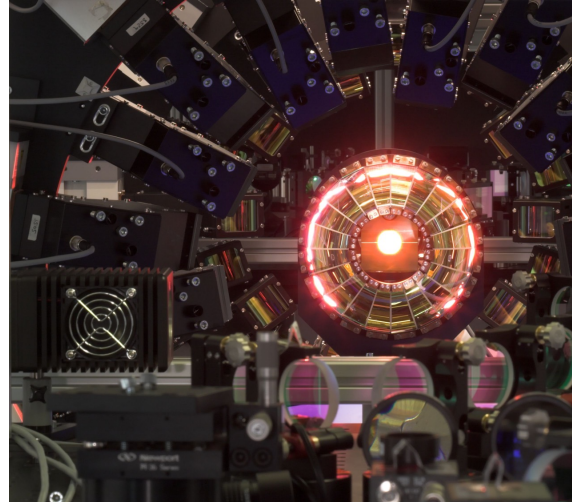
- Detektorenentwicklung
  - Einzelteilchen
  - Hochauflösend

- Massivparallele Simulationen
  - Dynamik von GeV Elektronen
  - Emission kürzester Röntgen- und Gammapulse

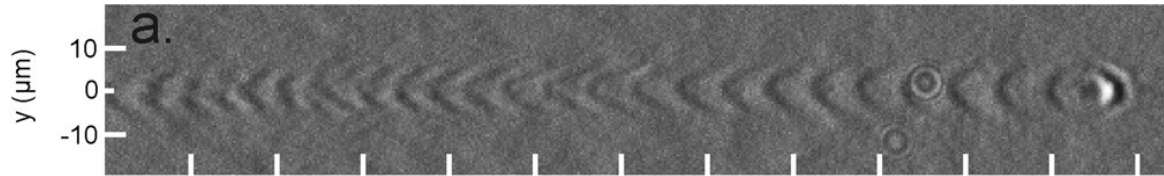
- Laserentwicklung
  - Hochleistungslaser
  - Femtosekundenpulse



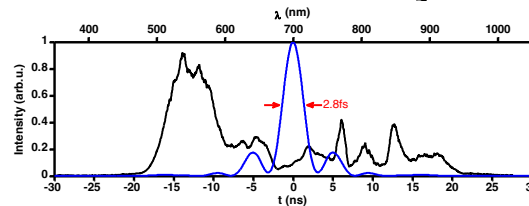
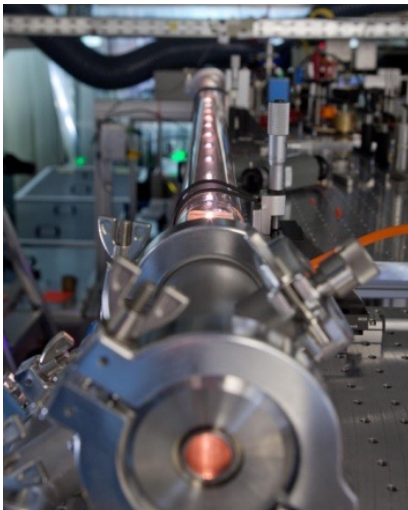
- Erzeugung von Laserpulsen mit 100 TW bis 1 PW Spitzenleistung:
  - POLARIS, JETI 200
  - Charakterisierung der Pulse
  - Optimierung der Parameter
  - Abschlussarbeiten z.B. zum
    - Einsatz eines neuartigen, multi-frame Probepulses an POLARIS
    - Aufbau und Einsatz von online-Diagnostiken für Laserpulse
- Anwendung dieser Laserpulse, z.B. zur Teilchenbeschleunigung
- Möglichkeiten für Bachelor- und Masterarbeiten, Perspektive: PhD
- Kontakt: Dr. Marco Hornung ([marco.hornung@uni-jena.de](mailto:marco.hornung@uni-jena.de))  
Dr. Joachim Hein ([joachim.hein@uni-jena.de](mailto:joachim.hein@uni-jena.de))



- z.B. Laser-Wakefield Beschleunigung von Elektronen mit Plasmawellen



- Aufnahmen der Plasmawelle und Charakterisierung der Elektronenpulse im Experiment mit synchronisierten few-cycle Probestpulsen



Abschlussarbeiten z.B. zur

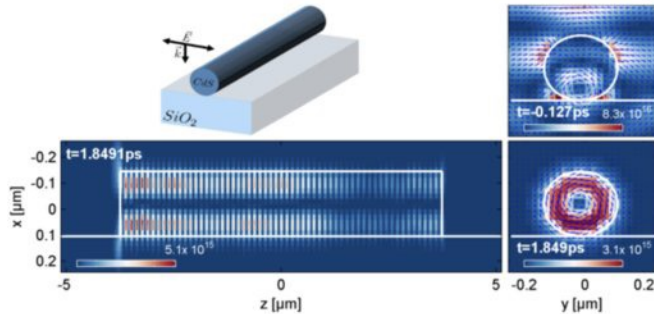
- detaillierte Charakterisierung der Wechselwirkung zwischen Laser und Plasma
  - Beobachtung der Beschleunigung der Elektronenpulse im Plasma
- Kontakt: Prof. Malte Kaluza ([malte.kaluza@uni-jena.de](mailto:malte.kaluza@uni-jena.de))  
Dr. Alexander Sävert ([alexander.saevert2@uni-jena.de](mailto:alexander.saevert2@uni-jena.de))



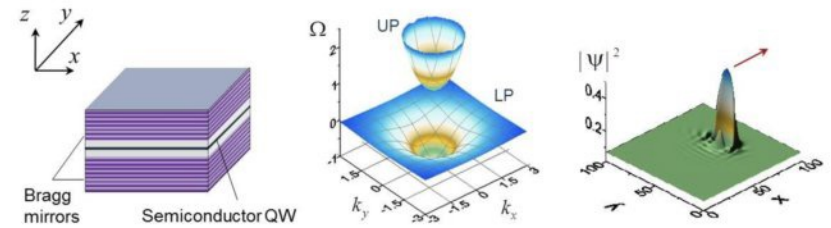
# Arbeitsgruppe Optik-Theorie des IFTO – Prof. Ulf Peschel

nichtlineare Optik, Nanophotonik, elektromagnetische Modellierung,..

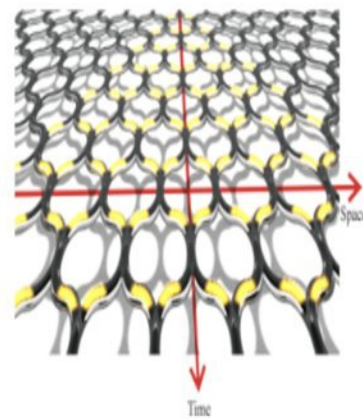
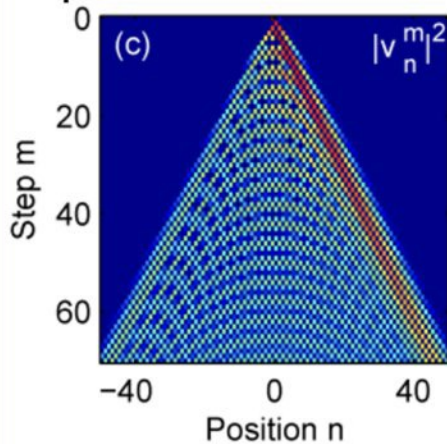
Modellierung  
Licht-Halbleiter-Wechselwirkung



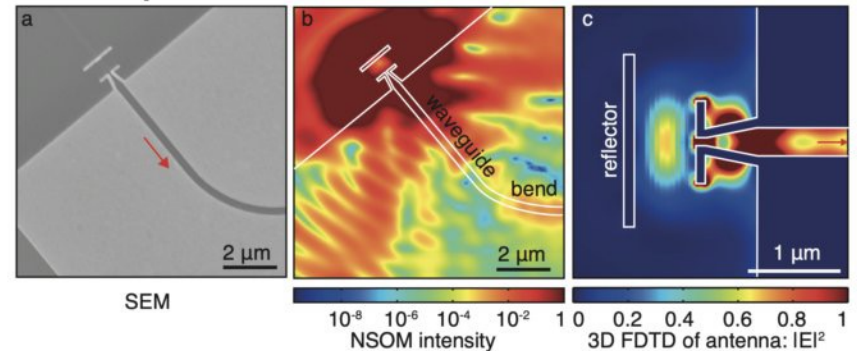
Modellierung  
Exziton-Polaritonen in Kavitäten



Experiment + Theorie:  
optische Netze



Modellierung:  
Nanophotonik und Plasmonik

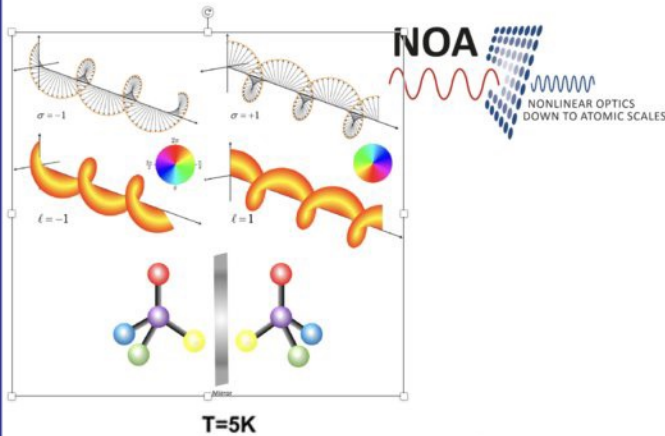


Koordination Sonderforschungsbereich  
Nichtlineare Optik auf atomaren Skalen



# Themen für Bachelorarbeiten (auch in Masterarbeiten fortsetzbar)

<http://www.ifto.uni-jena.de>



## Optische Übergänge in chiralen Lichtfeldern

- mehrfarbige polarisierte Lichtfelder gekoppelt an quantenmechanische Übergänge
- optische Detektion von Chiralität

Kontakt: Ulf Peschel <[ulf.peschel@uni-jena.de](mailto:ulf.peschel@uni-jena.de)>

## Starke Kopplung zwischen Photonen, Elektronen und Löchern in Halbleiterkavitäten

- Wie wirkt sich eine transversalen Strukturierung von Spiegeln und Kavitäten optisch aus?
- Kann man eine effektive Anisotropie erzeugen?
- Kann man topologisch geschützte Zustände sehen?

Wechselwirkung mit Experimenten der Uni Würzburg

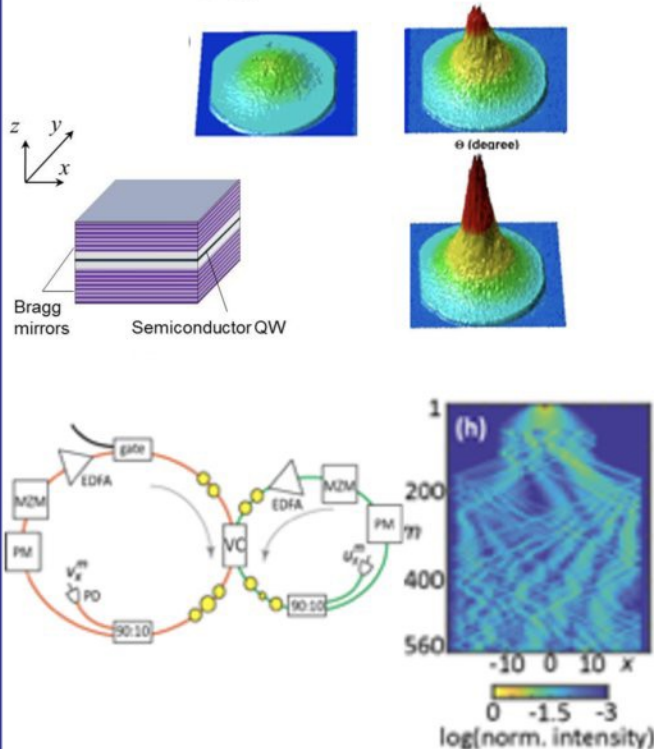
Kontakt: Oleg Egorov <[oleg.egorov@uni-jena.de](mailto:oleg.egorov@uni-jena.de)>

## Thermodynamische Beschreibung von Licht

- Thermalisierung von Licht – Modellierung
- Carnot-Prozesse in Lichtfeldern
- Thermalisierung durch Verlust von Verschränkung

Wechselwirkung mit Experimenten der Arbeitsgruppe

Kontakt: Ulf Peschel <[ulf.peschel@uni-jena.de](mailto:ulf.peschel@uni-jena.de)>



Christian Eggeling (Professor für *Super-auflösende Mikroskopie*)

IAOB & Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena

Christian Franke (Junior-Professor für *Digitalisierte Experimentelle Mikroskopie*)

IAOB, Jena



### Optische Mikroskopie – Beispiel Einblicke in Krankheiten:

- Untersuchungen am lebenden System (z.B. Zellen)
- verstehen wie Moleküle interagieren
- Struktur – Funktionsanalyse auf der Nano-Ebene

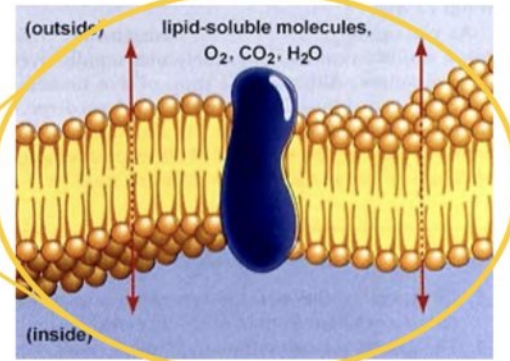
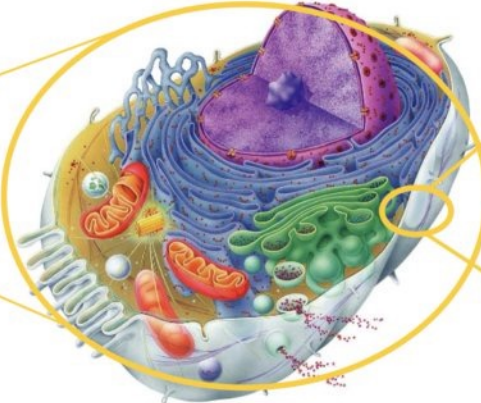
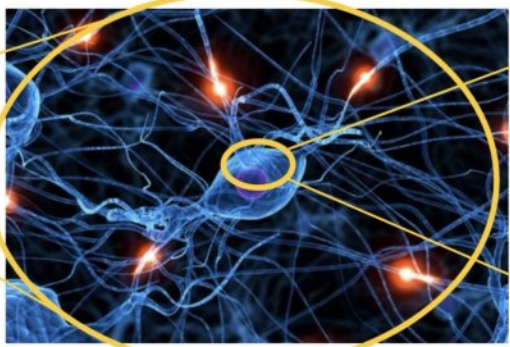
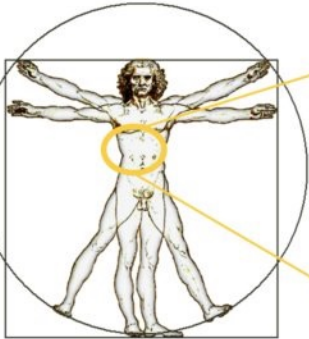
Auflösung:

Organe (cm-mm)

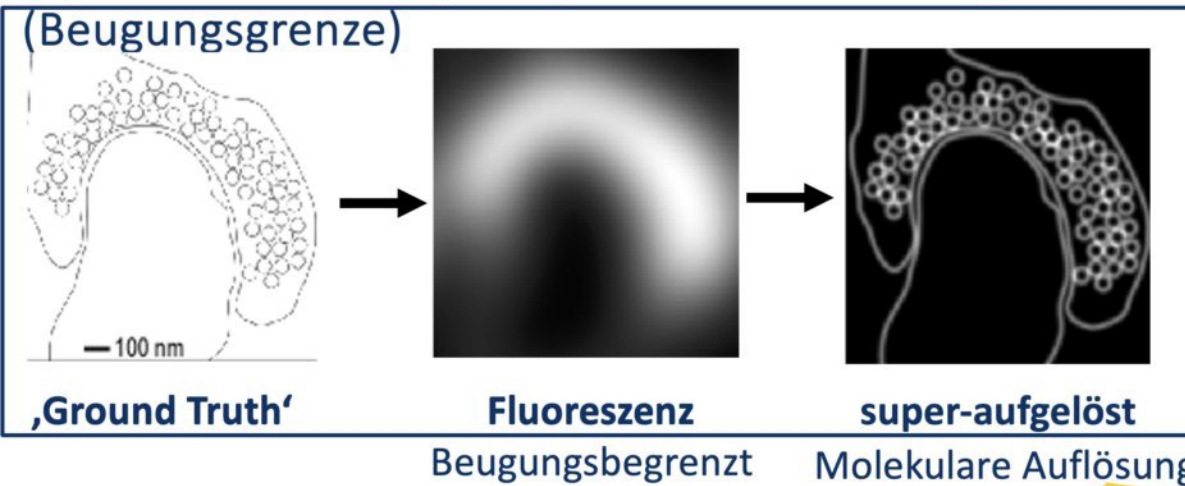
Zellen (~ $\mu\text{m}$ )

Zell-Organellen (~100 nm)

Moleküle (~nm)



Optische Mikroskopie – limitierte Auflösung, selbst mit fokussiertem Licht



### Projekte:

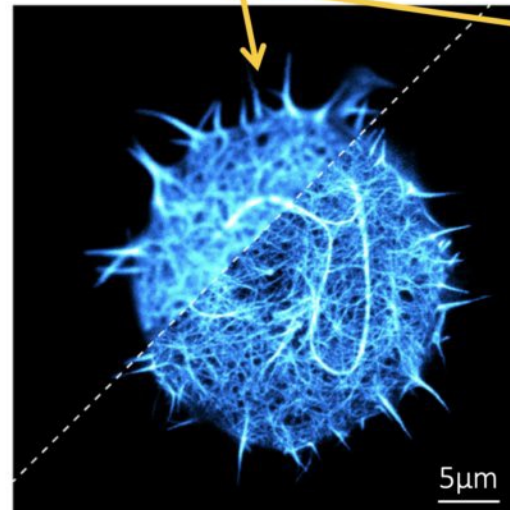
-Mikroskop-Entwicklung & Optimierung:  
höher (Auflösung), tiefer (in Probe), mehr (Farben)  
schneller (Bildaufnahmezeit)...

### -Anwendung:

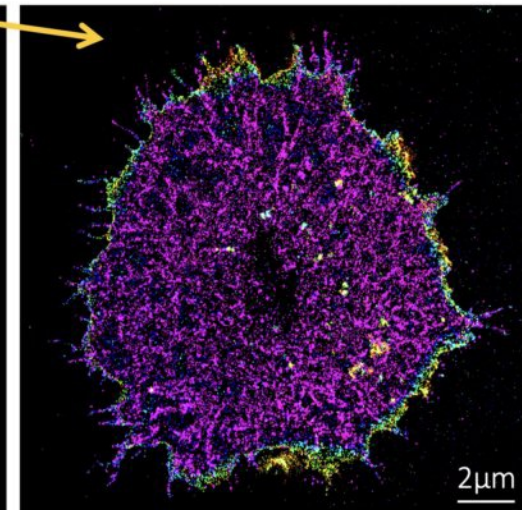
Biophysikalische Eigenschaften von Membranen,  
Struktur-Funktions Analyse von Zell-Organellen,  
z.B nach Infektionen

### -Auswertung:

- Quantitative Analyse von (Mikroskopie-) Daten



Aktin-Zytoskelett in lebender T-Zelle



Membran-Proteine in T-Zelle

# Chair of Nanoimaging (IPC) Department of Microscopy (IPHT)

Prof. Rainer Heintzmann  
rainer.heintzmann@uni-jena.de

- Develop various superresolution Methods
- Develop algorithms for microscopy methods
- Construct and build inexpensive optical setups



# Thesis Topics

## (Batchelor / Master)

- Inverse Modeling in the Computer Language Julia:
  - Blind Deconvolution
  - Ptychography
  - Speckle Image Reconstruction (Astronomy)
- Superresolution Microscopy using an Image Inversion Interferometer
- Rail Optics, an Inexpensive Optical Toolbox
- Full-field Hyperspectral Imaging
- Aligning Optical Setups  
Tips & Tricks and Virtual (VR-based) Training

Mitglied der

*Leibniz*  
Leibniz-Gemeinschaft

# Lehrstuhl für Physikalische und Theoretische Chemie

Prof. Dr. Stefanie Gräfe

Themen:

**Theoretische Atom- und Molekülphysik**

[s.graefe@uni-jena.de](mailto:s.graefe@uni-jena.de)



**Sonderforschungsbereich: Nichtlineare  
Optik auf atomaren Skalen**

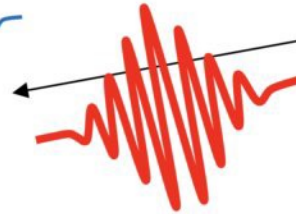
Theoretische Chemie und Physik – Gräfe





Unsere Arbeitsgruppe hat derzeit:  
15 Chemiker und 7 Physiker

**Licht:** Starke Infrarot-Laser(pulse),  
asymmetrische Lichtwellen,  
Attosekundenpulse,...

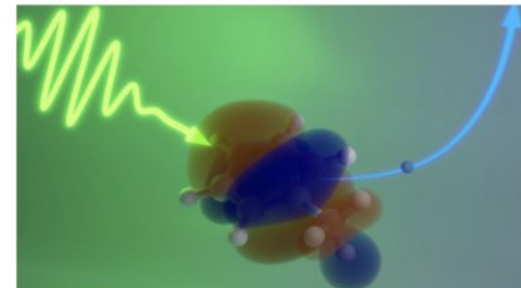
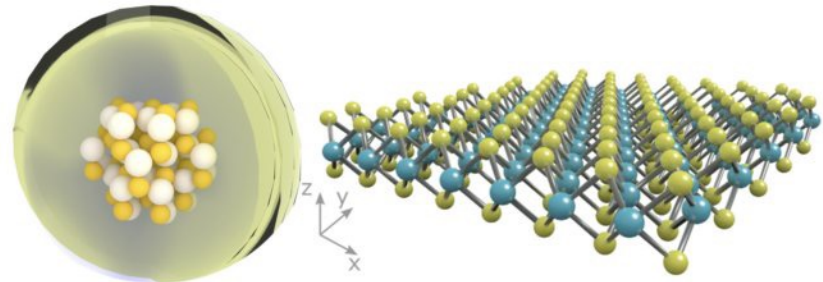


## Zentrales Thema:

Beschreibung & Simulation:  
Wechselwirkung Licht-Materie



**Materie:** Atome, Moleküle & Festkörper

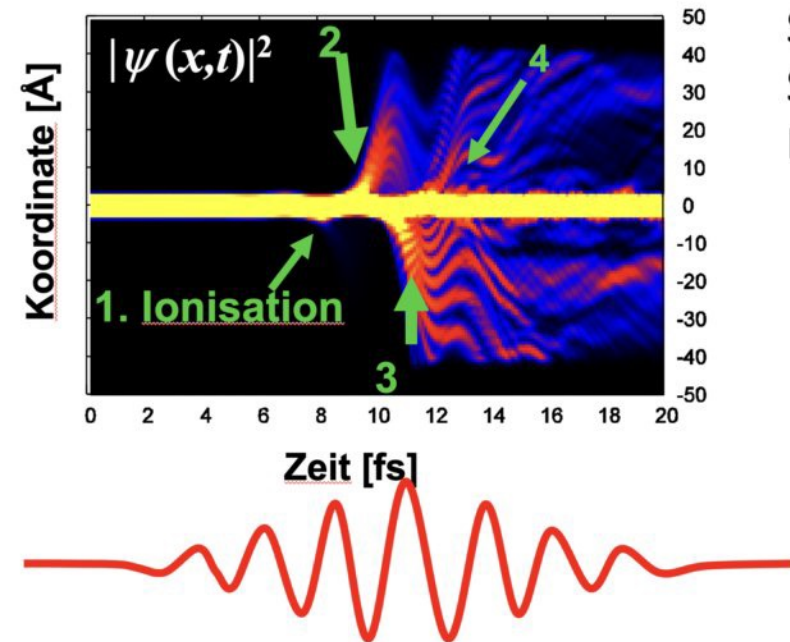


**Nobelpreis für Physik 2023 – Attosekunden-  
physik: P. Agostini, F. Krausz, A. L’Huillier**





## 1. Starkfeld-getriebene Elektronendynamik von Atomen und Molekülen



Simulationen (numerische Lösung der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung bzw. zeitabhängigen Dichtefunktionaltheorie)

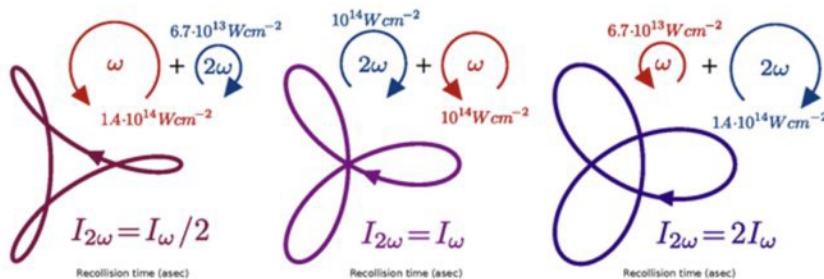
Was passiert, wenn ein Atom, Molekül, ... mit einem **starken** Laserpuls wechselwirkt?

- Ein- bzw. Mehrfachionisation
- Fragmentierung
- Anregung
- Rückstreuung nach Ionisation
- Erzeugung höherer Harmonischer (HHG)
- ...

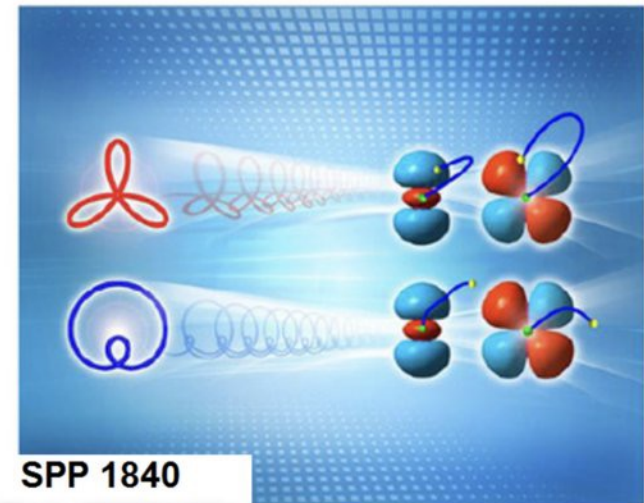
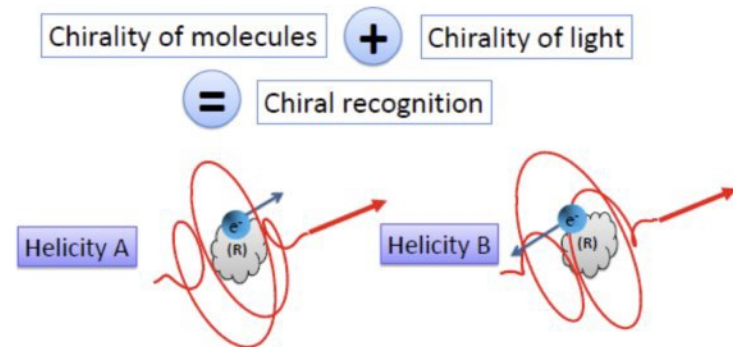
## 2. Starkfeld-Ionisation chiraler Moleküle/Modellsysteme

Chirale Systeme in zirkular-polarisierten, starken Laserfeldern:

- Asymmetrie in der Elektronen-Emissionsrichtung (sog. Photoelektronen zirkularer Dichroismus, PECD)
- Wie hängt die Asymmetrie von der Form des Laserfeldes ab?



**Bachelor-Thema:** Simulation: Starkfeld Dynamik: kleine Moleküle in bi-zirkularen Laserfeldern



SPP 1840

QUTIF

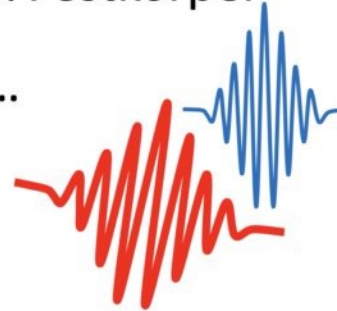


## Zentrales Thema:

Beschreibung & Simulation der Licht-Materie-Wechselwirkung

**Materie:** Atome, Moleküle, plasmonische Hybride und Nanopartikel & Festkörper

**Licht:** starke Felder, asymmetrische Lichtwellen, Attosekunden Pulse ...



**Wir freuen uns auf Sie!**

**Klassische Dynamik:** Monte-Carlo, Newton-Gleichungen  
(Runge-Kutta etc.)

**Quantendynamik:** zeitabhängige Schrödinger-Gleichung,  
zeitabhängige Dichtefunktionaltheorie

**Methoden:** Verwendung existierender numerischer Codes  
und/oder Erstellen eigener Codes – je nach Interesse



Sonderforschungsbereich:  
Nichtlineare Optik auf atomaren  
Skalen