

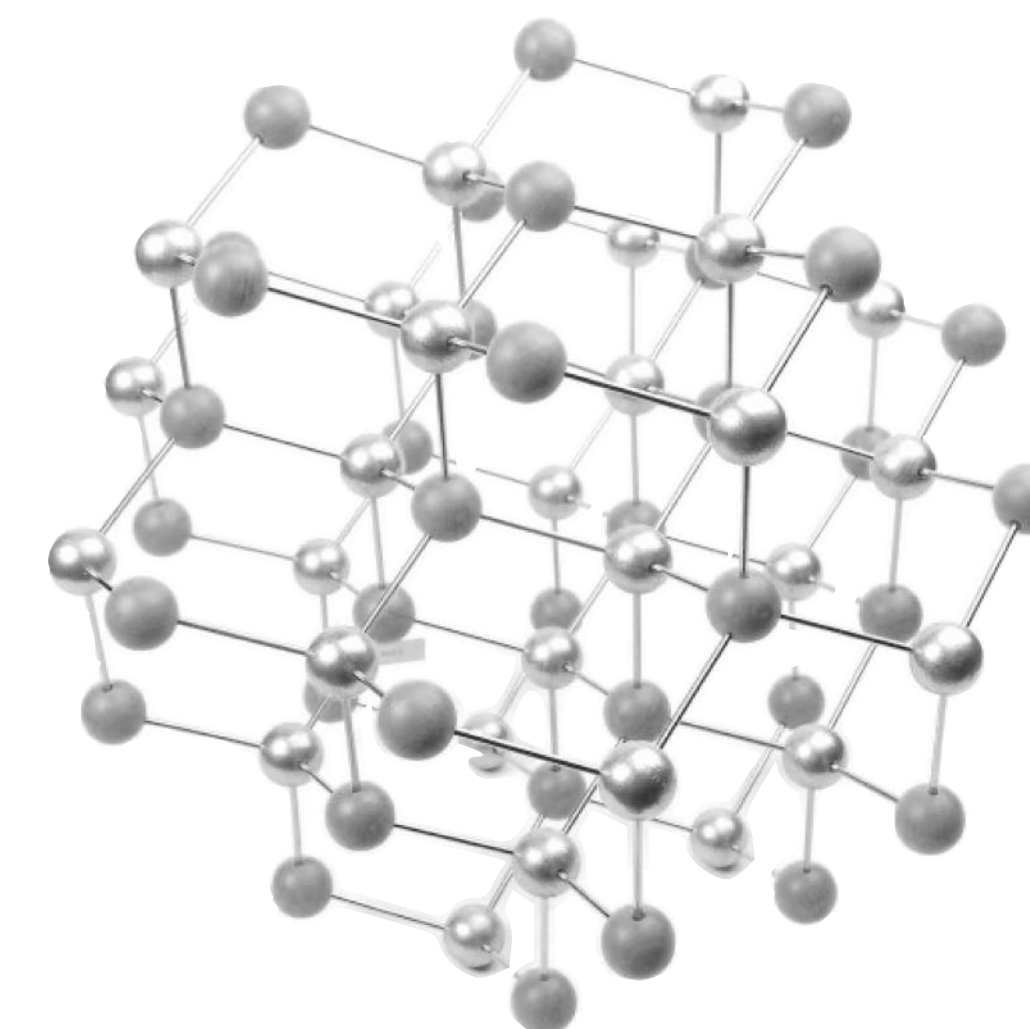
Festkörperphysik

Vorstellung des Schwerpunkts



Die Festkörperphysik (*englisch: solid state physics*) befasst sich mit der Physik von Materie im festen Aggregatzustand. Von besonderer Bedeutung sind dabei kristalline Festkörper. Das sind solche, die einen periodischen Aufbau aufweisen, da die Translationssymmetrie die physikalische Behandlung vieler Phänomene drastisch vereinfacht oder erst ermöglicht.

Daher erfolgt die Anwendung des Modells des idealen Kristallgitters häufig auch dann, wenn die Bedingung der Periodizität nur sehr eingeschränkt, zum Beispiel nur sehr lokal erfüllt ist. Die Abweichung von der strengen Periodizität wird dann durch Korrekturen berücksichtigt. [...]



Beispiel: Modell der Zinkblende Struktur

Festkörper in unserem Alltag

Einige Beispiele aus der Halbleiterphysik ...



A19 Chip mit ca. 20 Milliarden Transistoren (3nm node)
Modernste Display Technologie



Energiesparende Beleuchtung mit weißen LEDs



Digitale Bildsensoren (CCD und CMOS)



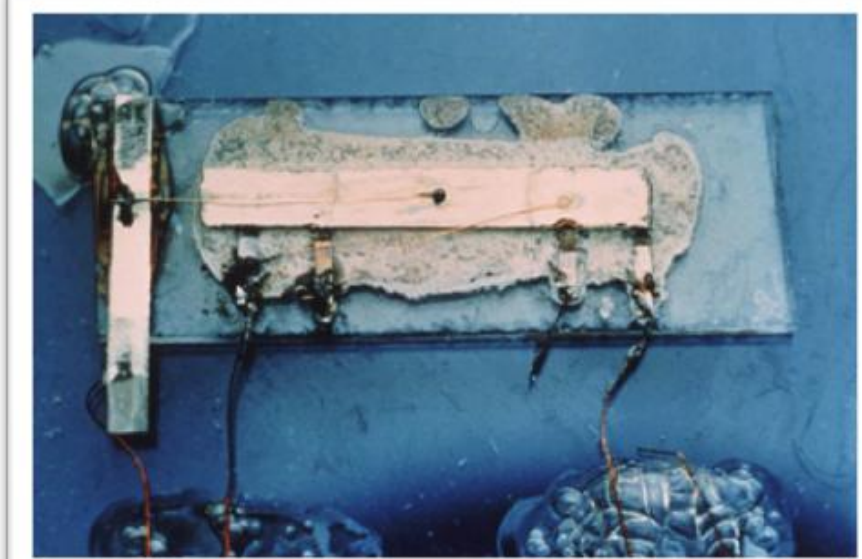
Regenerative Energie durch Solarzellen

... und vieles mehr, z.B. Sensoren, Leistungsschalter für Elektromobilität, Laserdioden und opt. Datenübertragung, Datenspeicherung (HDD, SSD)

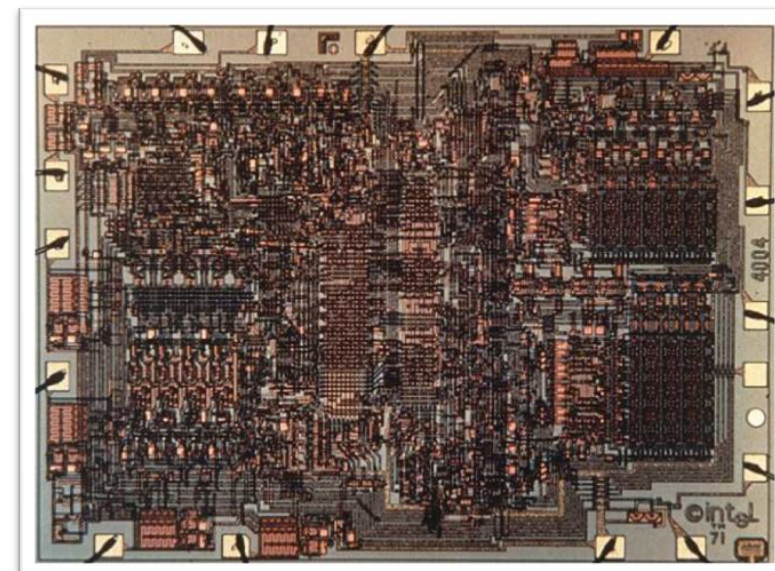
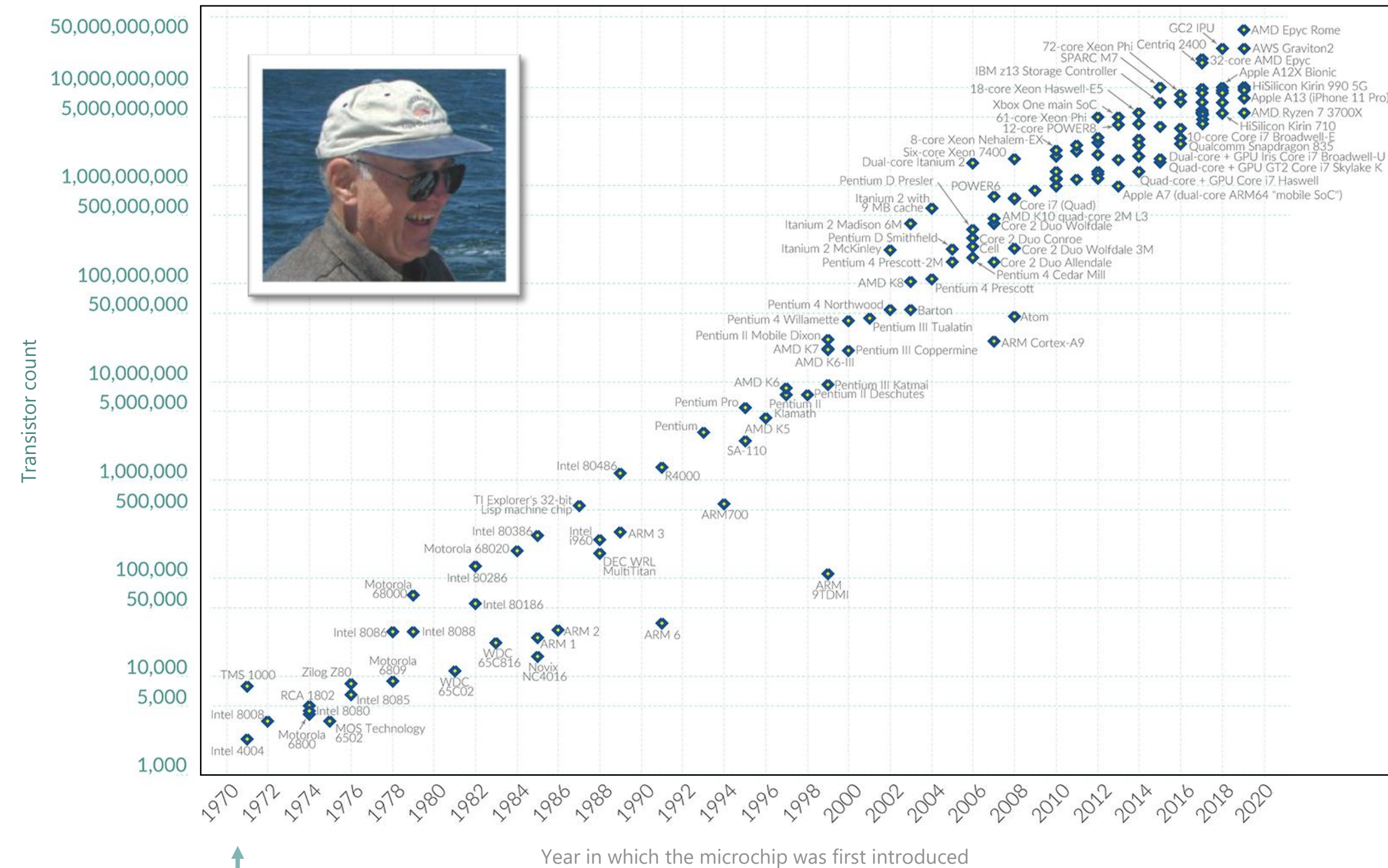
Die Technologische Entwicklung



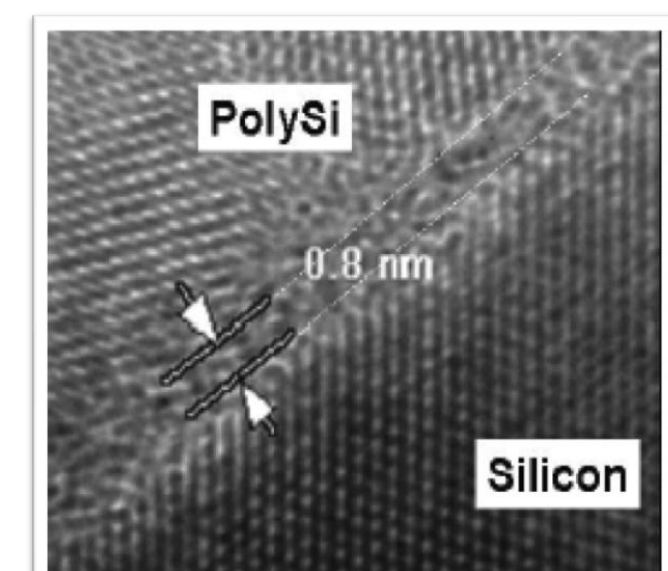
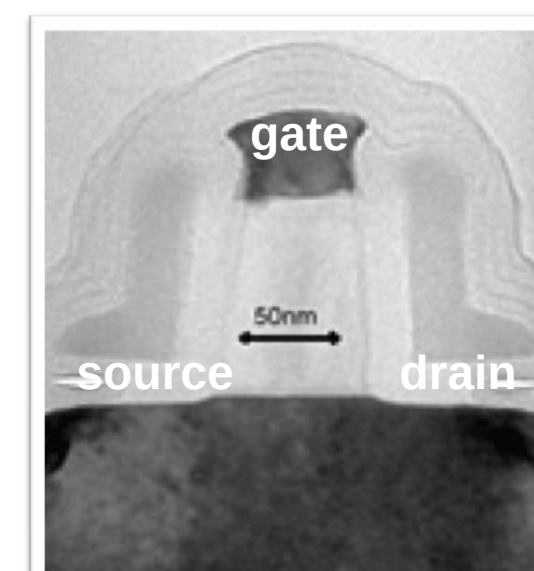
Der erste Transistor von Bardeen, Shockley und Brattain (1947)



Der erste (hybride) integrierte Schaltkreis von Kilby (1958)



Intel 4004 Mikroprozessor (1971):
2300 MOS Transistoren,
Taktfrequenz 108 kHz



Intel 90 nm
Technologie
(2002)

Nobelpreise aus dem Bereich der Festkörperphysik

- 1956 Shockley, Bardeen, Brattain “for their researches on semiconductors and their discovery of the transistor effect”
- 1985 von Klitzing “for the discovery of the **quantized Hall effect**”
- 1986 Ruska “for his fundamental work in electron optics, and for the design of the first **electron microscope**”
Binnig, Rohrer “for their design of the **scanning tunneling microscope**”
- 2000 Alferov, Kroemer “for developing **semiconductor heterostructures** used in high-speed- and opto-electronics”
Kilby “for his part in the invention of the integrated circuit”
- 2007 Fert, Grünberg “for the discovery of giant magnetoresistance”
- 2009 Boyle, Smith “for the invention of an imaging semiconductor circuit – the CCD sensor”
Kao “for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibres for optical communication”
- 2010 Geim, Novoselev “for groundbreaking experiments regarding the **two-dimensional material graphene**”
- 2014 Akasaki, Amano, Nakamura “for the invention of **efficient blue light-emitting diodes** which has enabled bright and energy-saving white light sources”
- 2016 Thouless, Duncan, Haldane, Kosterlitz “for theoretical discoveries of topological phase transitions and **topological phases of matter**”

Beispiele aus der Forschung

Strukturen auf Oberflächen und Grenzflächen

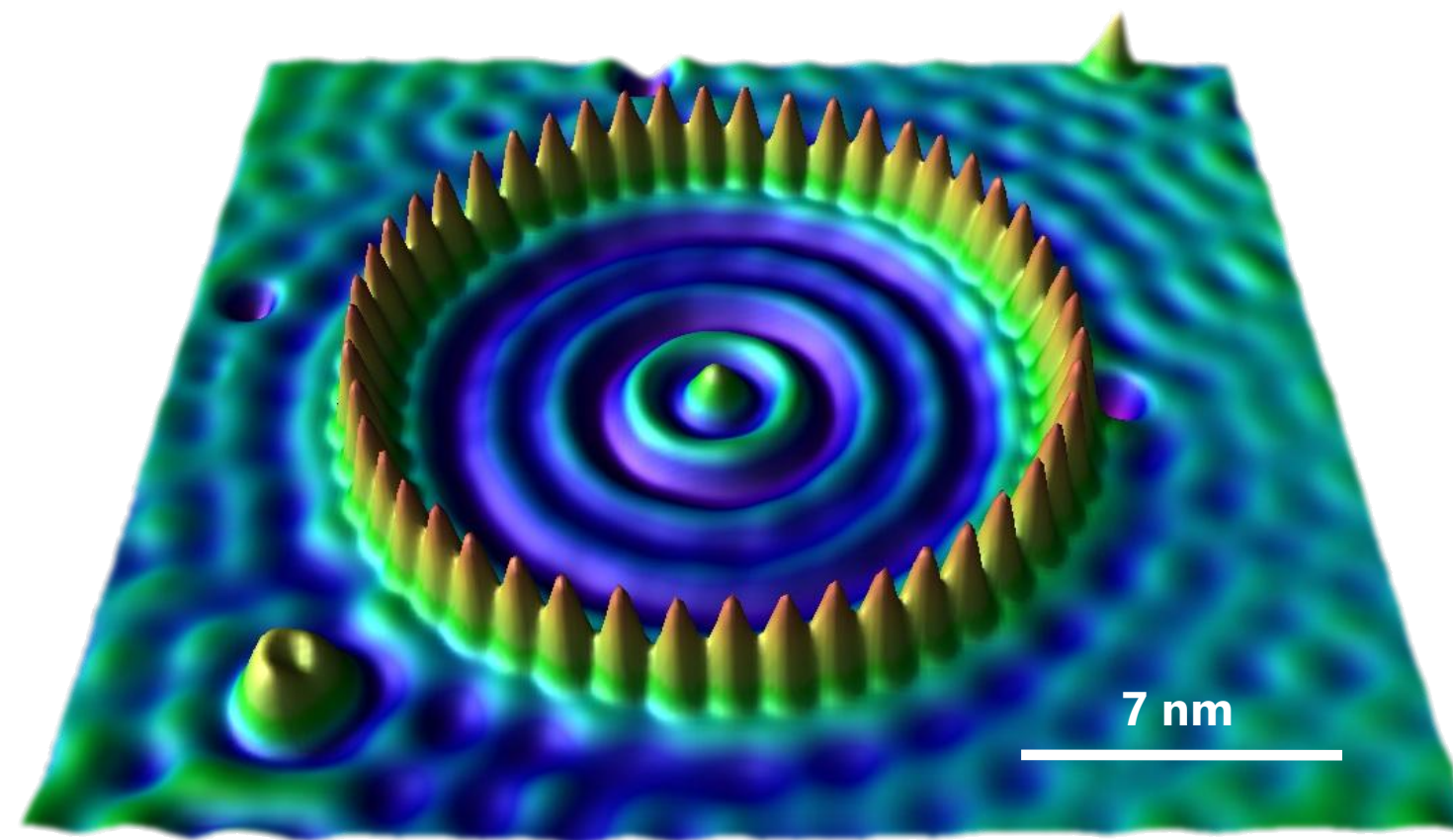
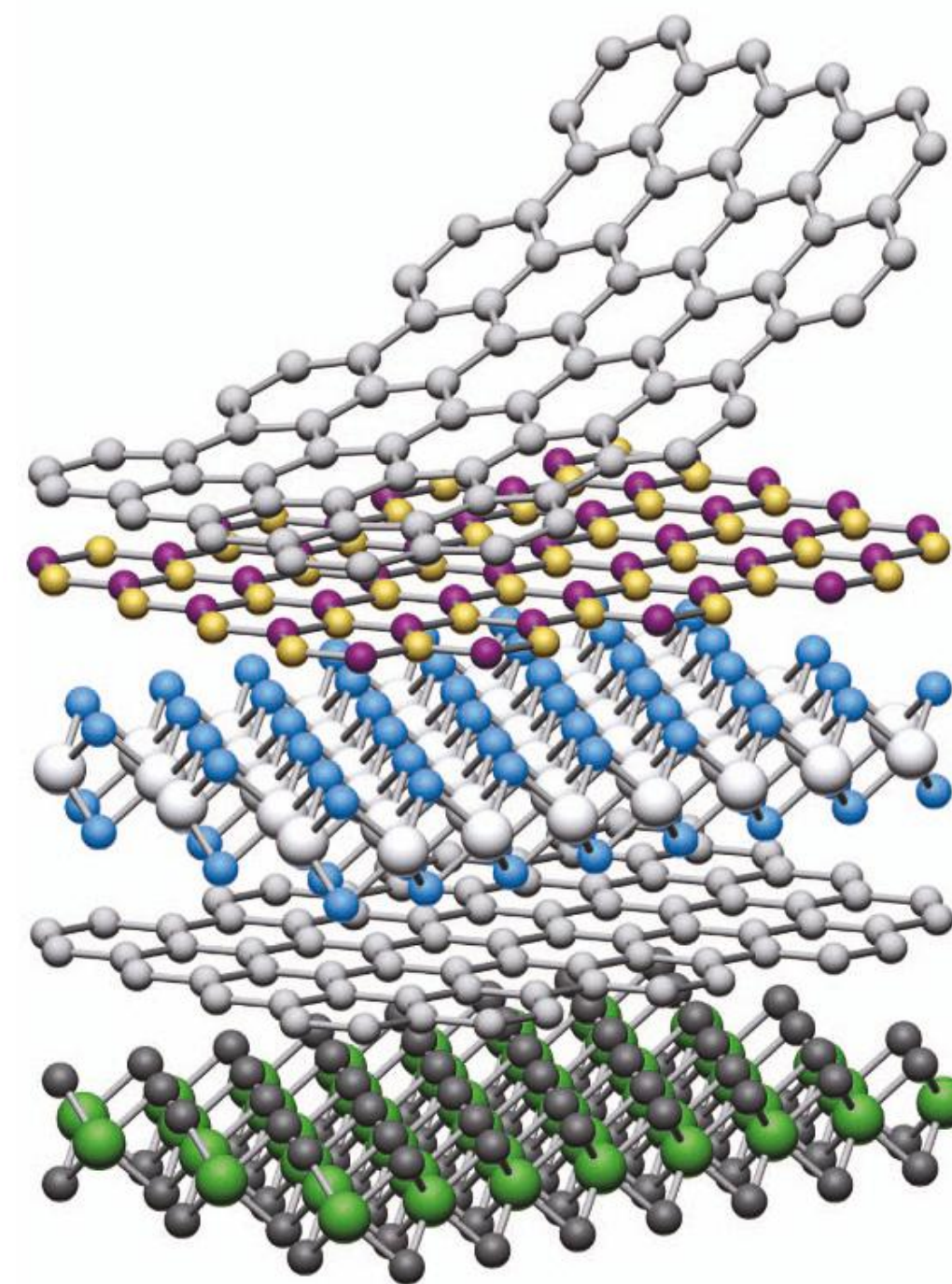


Illustration of quantum corral using a
Scanning Tunneling Microscope.

Eigler et al. (1993)

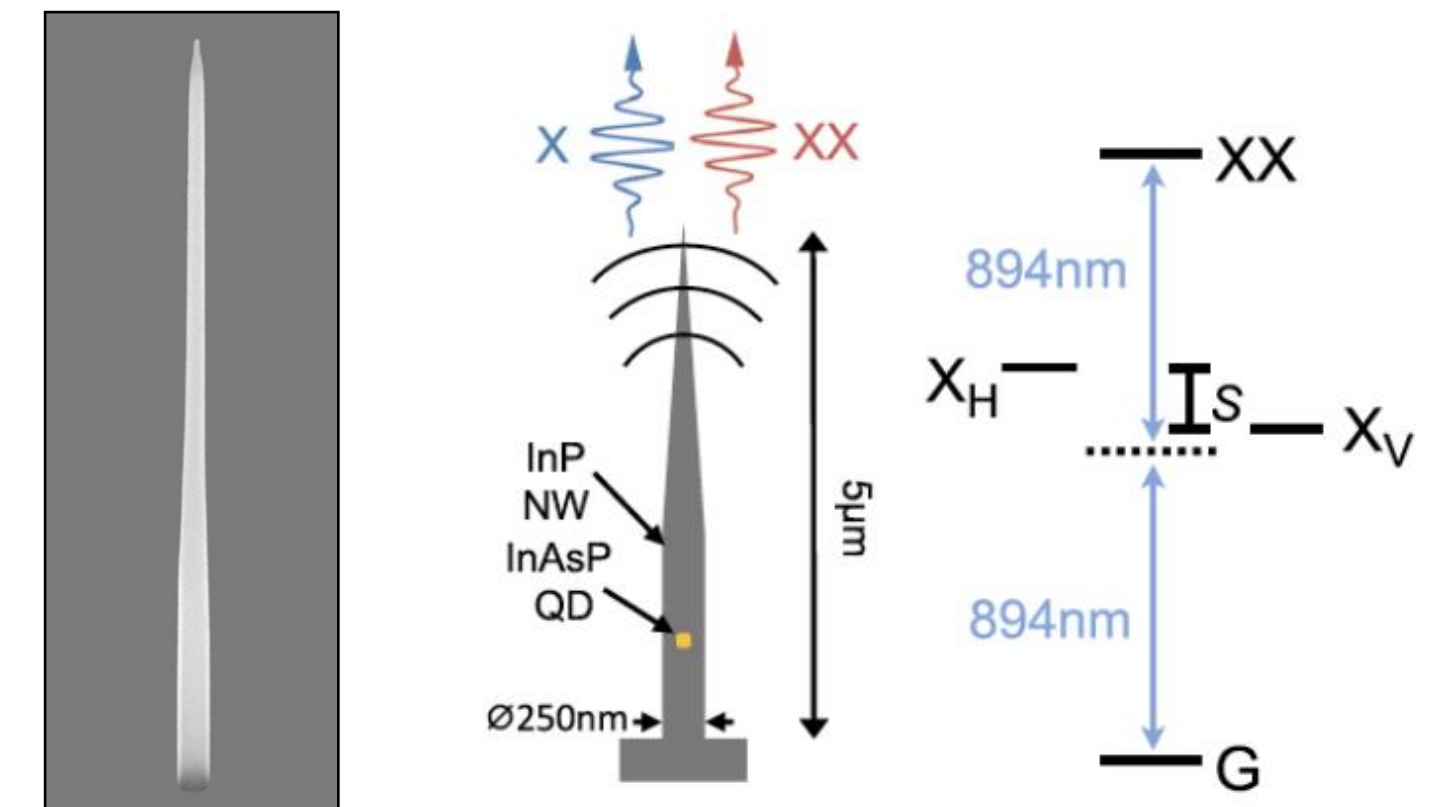
Niederdimensionale und korrelierte Materialien



Van der Waals heterostructures.

Geim and Grigorieva (2013)

Nanophotonik



Semiconductor quantum dot sources
generate nearly perfect entangled photons.

Pennacchietti et al. (2024)

"More is different"

Festkörper entstehen durch die Zusammenlagerung einer großen Anzahl von Atomen (ca. 10^{23} at/cm³), die über die Coulomb-Wechselwirkung miteinander verbunden sind. Dabei werden die Eigenschaften eines Einzelatoms maßgebend durch die Kristallumgebung beeinflusst. Es handelt sich um ein komplexes **Vielteilchensystem**.

Allgemeine Fragestellung

1. Welches ist der **Grundzustand** eines gegebenen Festkörpers?
 - chemische Bindung, Kristallstruktur, elektronische Zustände, Gitterschwingungen, ...
2. Wie verhält sich der Festkörper **unter äußeren Einflüssen**?
 - elektrische Felder, Magnetfelder, Lichteinstrahlung, Änderung von Temperatur oder Druck, ...
3. Mit welchen Methoden lassen sich die Eigenschaften des Festkörpers **analysieren**?
4. Wie lassen sich die Eigenschaften des Festkörpers **kontrollieren** und nach Bedarf anpassen?

Schwerpunkt Festkörperphysik: Was lerne ich?

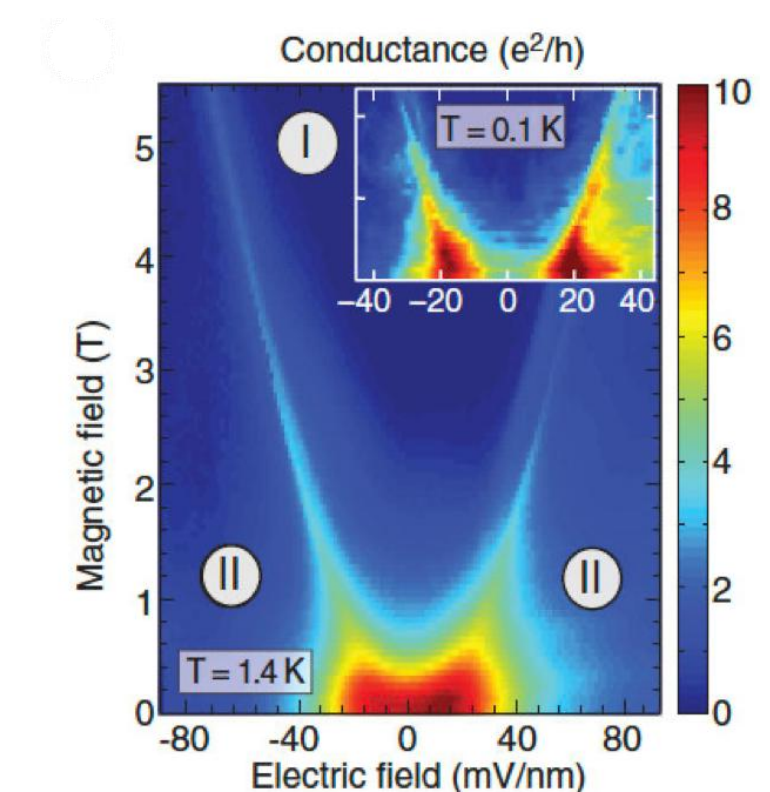
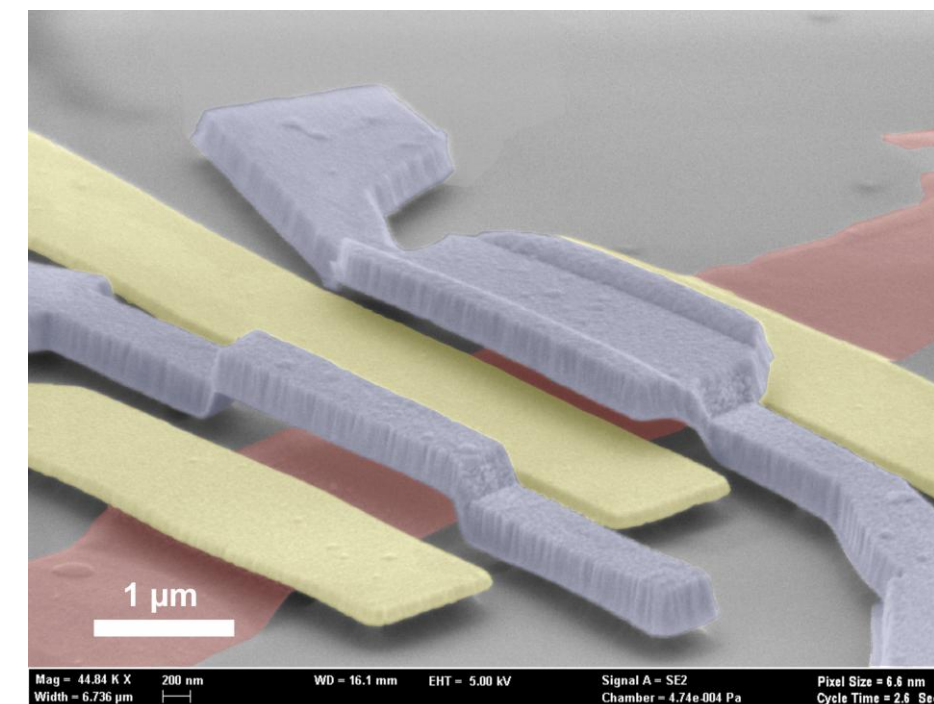
Konzepte

Die **Quantentheorie** und die **statistische Mechanik** sind wichtige Grundlagen der Festkörperphysik. Zusätzlich werden spezielle Konzepte benötigt, um das komplexe Vielteilchensystem "Festkörper" in der Praxis beschreiben zu können:

- Ausnutzung der Gitterperiodizität (Fourier-Transformation; Beugung)
- Reduktion auf System wechselwirkungsfreier Quasiteilchen (effektives Einteilchen-Problem)
- an das jeweilige Problem angepasste Approximationen (z.B. semi-klassische Beschreibung, numerische Methoden)
- Abweichungen von dem idealen Kristall werden als Korrektur berücksichtigt (z.B. Defekte, Oberflächen etc.)



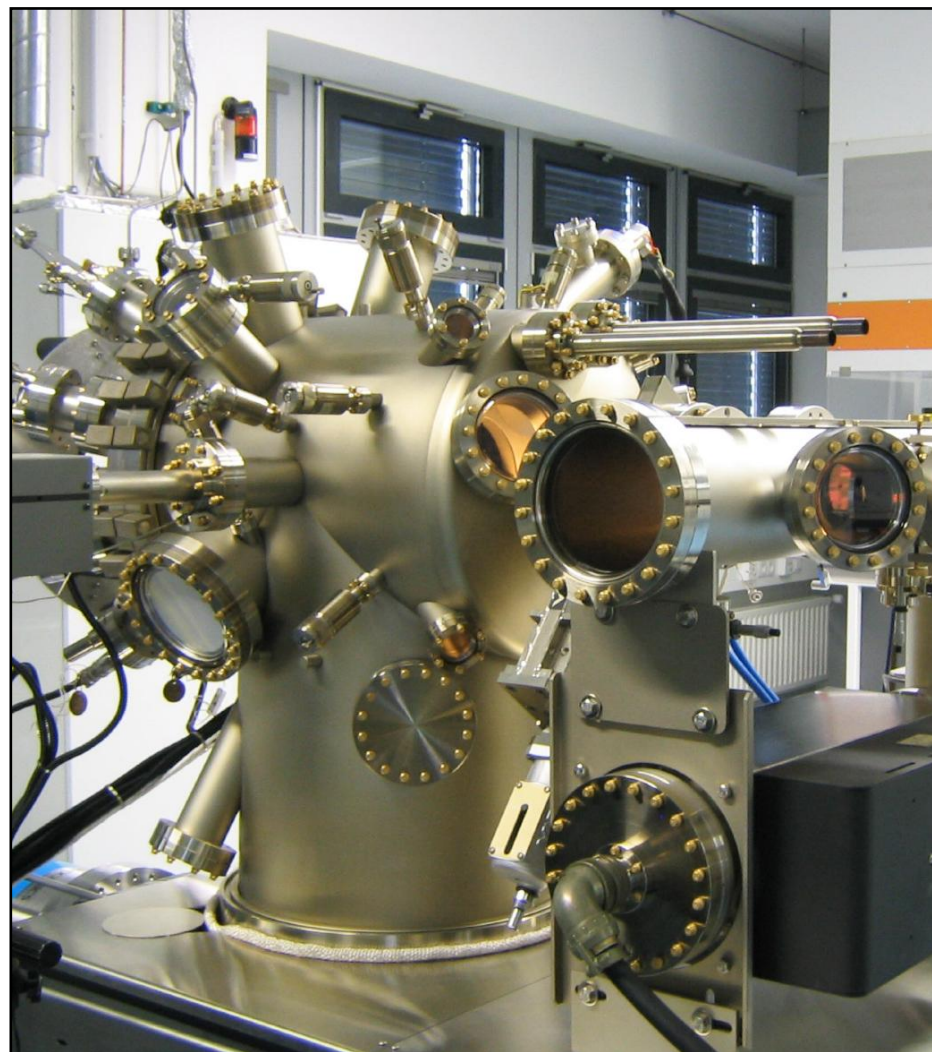
Die Eigenschaften eines Festkörpers können sich in **Nanostrukturen und niedrigdimensionalen System** signifikant ändern (z.B. Quantentransport)



Schwerpunkt Festkörperphysik: Was lerne ich?

Methoden

In der Festkörperphysik erhalten Sie eine **breite Ausbildung**, die vielfältige Anknüpfungspunkte für eine berufliche Tätigkeit auch außerhalb der Hochschule bietet.

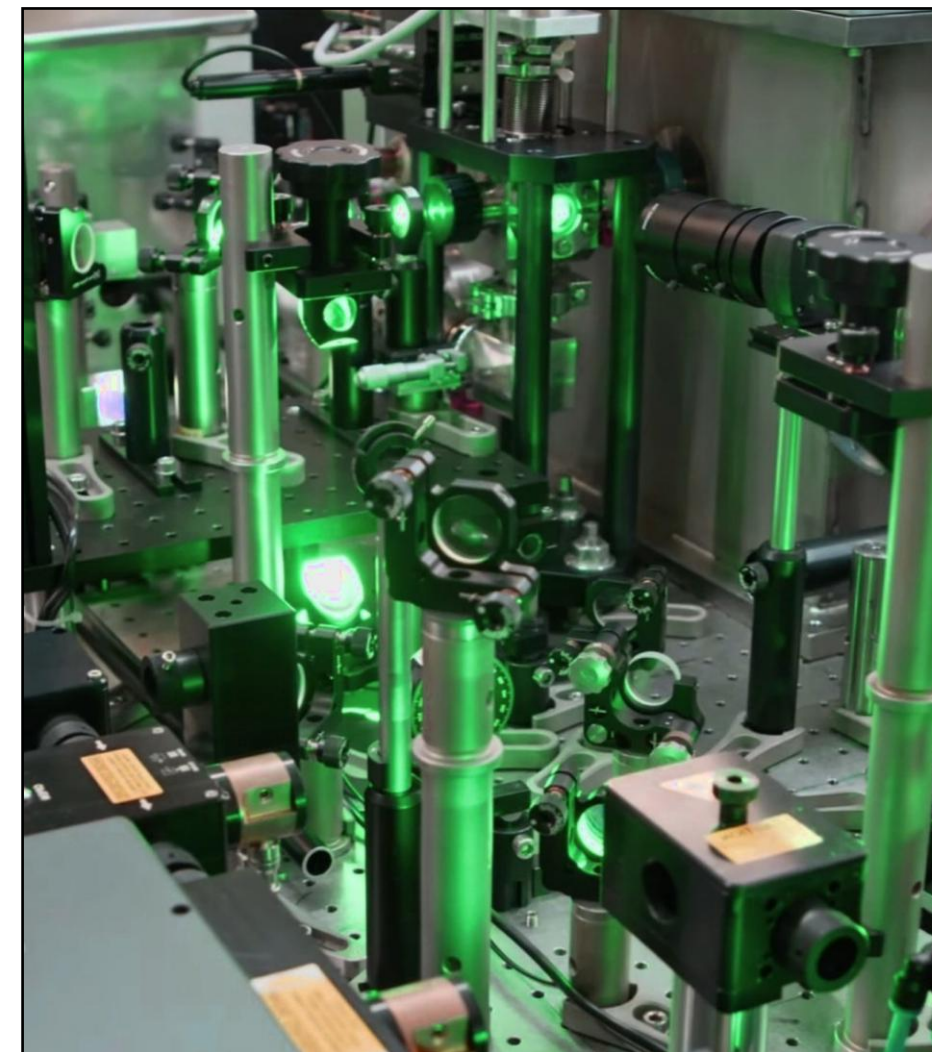


Herstellung von Festkörpern mit definierten Eigenschaften

Quantentransport

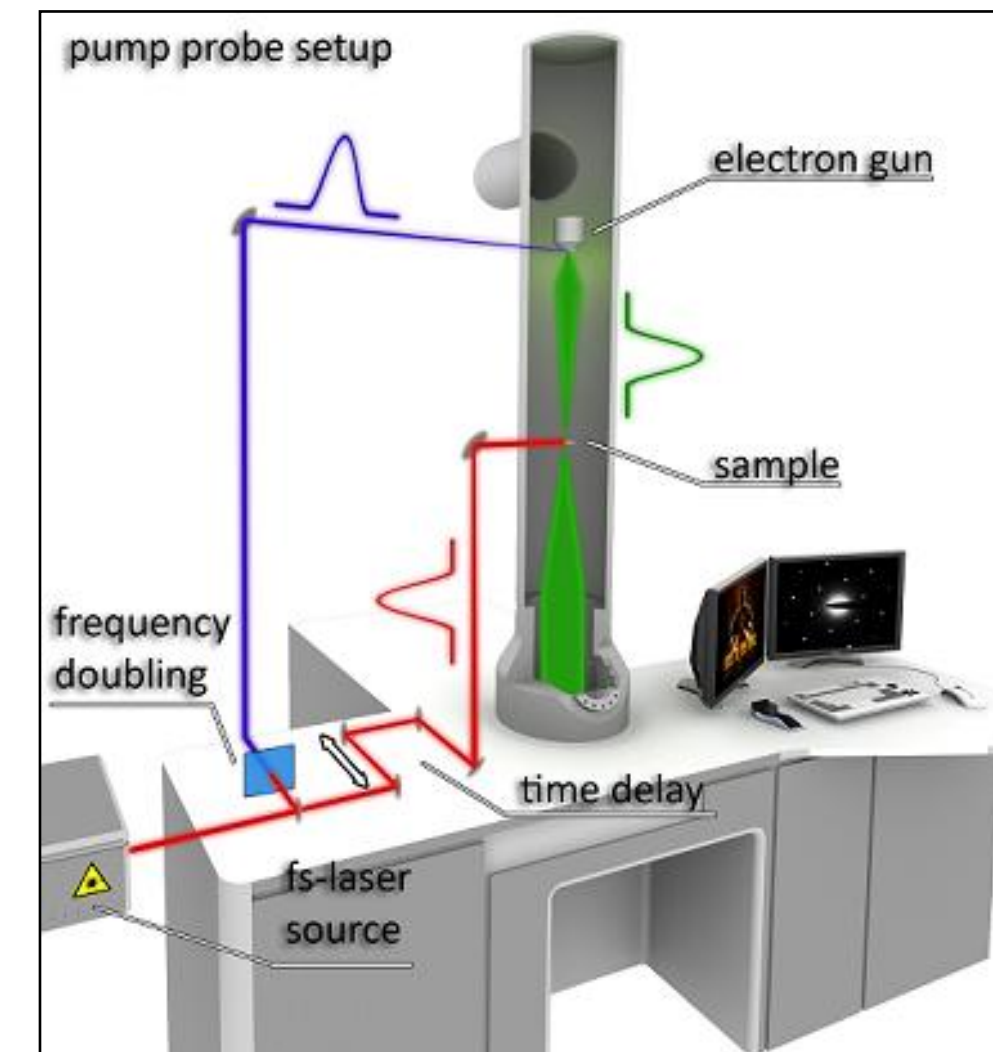
Nanostrukturierung

Numerik und Simulation



Kontrolle von Materie durch Lichtpulse

2D-Materialien



Nano-Optik und ultraschnelle Dynamik

Atomar genaue Untersuchung

Einstellen definierter Bedingungen (Ultrahochvakuum, ultrakalte Temperaturen)

I. Physik



AG Weitz

Elektronische Eigenschaften von 2D Materialien und organischen Halbleitern



AG Mathias

Ultraschnelle Phänomene in Festkörpern, Grenzflächen und Nanostrukturen

Theorie

Prof. Kehrein, Prof. Heidrich-Meisner, Prof. Blöchl

IV. Physik



AG Wenderoth

Rastersondenmikroskopie und -spektroskopie



AG Malindretos/Rizzi

Epitaktisches Wachstum und Eigenschaften niederdimensionaler Halbleiter



AG Müller (laufendes Berufungsverfahren)

Nanoskalige Licht-Materie-Kopplung



AG Ropers (MPINAT)

Untersuchung von ultraschneller struktureller und magnetischer Dynamik auf der Nanoskala

Hauptveranstaltungen

- **Einführung in die Festkörperphysik**

(N.N, WiSe 2026/27)

- **Solid State Physics II**

(Prof. Mathias, SoSe 2027)

- **Introduction to Solid State Theory**

(Prof. Blöchl, WiSe 2026/27)

- **Advanced Solid State Theory**

(Prof. Blöchl, SoSe 2027)

- **Hands-on density functional theory**

(Prof. Blöchl, SoSe 2027)

- **Current topics in theoretical physics**

(Prof. Schumann, SoSe 2027)

- **Advanced solid state theory**

(Prof. Blöchl, SoSe 2027)

- **Dynamics on networks: from random walks to glasses and epidemics**

(Prof. Sollich, SoSe 2027)

- **Statistical machine learning**

(Prof. Sollich, SoSe 2027)

Spezialveranstaltungen

- **Physics of Semiconductor Nanostructures**

(Dr. Malindretos & Prof. Seibt, WiSe 2026/27)

- **Quantum transport in nanoscopic systems**

(Prof. Weitz, SoSe 2027)

Weitere Angebote

- **Zahlreiche Seminare**

- **Moderne Versuche im F-Praktikum**