

# Festkörperphysik in den Master-Studiengängen Physik und Nanostrukturtechnik – ein Studienführer

---

(Stand: August 2011)

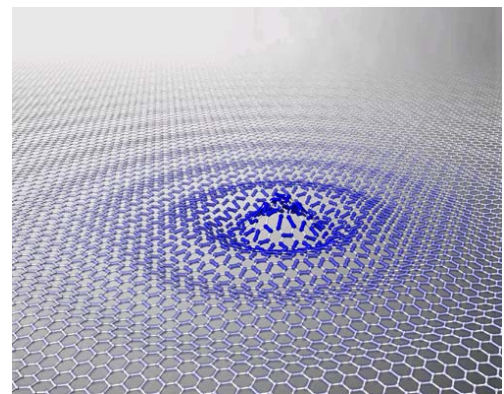
## Bachelor – und was nun ?

Sie haben gerade Ihren B.Sc. in Physik oder Nanostrukturtechnik und damit die wesentlichen Grundlagenkenntnisse und -fähigkeiten in diesen Fächern erworben. Der sich anschließende M.Sc.-Studiengang dient nun der Einführung ins eigentliche wissenschaftliche Arbeiten, wobei das Masterprojekt im zweiten Jahr (9./10. Fachsemester der konsekutiven Ba/Ma-Ausbildung) eine zentrale Rolle einnimmt. Das dort zu erlernende selbstständige und forschungsorientierte Arbeiten bedeutet für Sie eine Schwerpunktsetzung auf ein Teilgebiet dieser Disziplinen, wobei es an unserer Fakultät entsprechend der hier vertretenen Forschungsrichtungen verschiedene Möglichkeiten gibt. Festkörperphysik – oder auf Neuhochdeutsch "Condensed Matter Physics" – ist eine dieser Richtungen. Dieser Studienführer möchte interessierten Studierenden Hinweise und Empfehlungen für eine entsprechende Spezialisierung im Master-Studium bereitstellen.

## Warum Festkörperphysik ?

Die Festkörperphysik ist eines der großen Teilgebiete der Physik und erstreckt sich von der Untersuchung fundamentaler Grundlagen über materialwissenschaftliche Fragestellungen bis hin zu konkreten Anwendungen, beispielsweise in der Mikroelektronik. Dabei ist es ein besonderes Kennzeichen der Festkörperphysik, dass Grundlagen und Anwendung oft eng beieinander liegen.

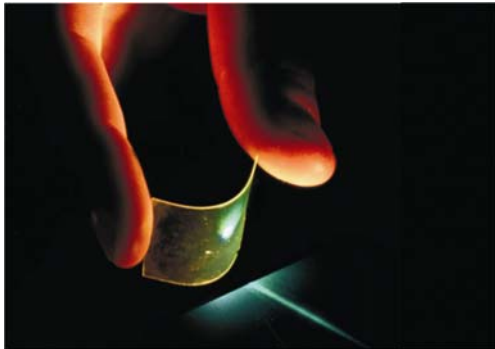
Ein gutes (und sehr aktuelles) Beispiel dafür sind die experimentellen Untersuchungen am Graphen, die mit dem letztjährigen Physik-Nobelpreis ausgezeichnet worden sind. Das ursprüngliche Interesse an dieser zweidimensionalen Kohlenstoffverbindung resultierte aus seiner chemischen Einfachheit und aus theoretischen Überlegungen, nach denen sich die Leitungselektronen darin wie relativistische Dirac-Teilchen verhalten sollten. Andererseits hat sich im Laufe der Untersuchungen gezeigt, dass sich Graphen hervorragend als Ausgangsmaterial für die Mikroelektronik eignen sollte und seine diesbezüglichen Eigenschaften denen des Siliziums weit überlegen sind. Derartige Anwendungen setzen aber eine einfache Herstellung und Strukturierbarkeit voraus – eine Herausforderung, an der derzeit weltweit viele Physiker und Materialwissenschaftler arbeiten, auch in Würzburg.



*Schematische Ansicht eines zweidimensionalen Graphen-Gitters. Die Elektronenspins bilden darin eine sogenannte Quantenflüssigkeit. (Bild: Theoretische Physik I)*

Festkörperphysikalische Forschung ist also sehr vielfältig und bietet daher jedem Studierenden ein attraktives Arbeitsfeld, egal ob nun die jeweils speziellen Interessen und Talente im Bereich des theo-

retisch-mathematischer Arbeitens, auf Untersuchungen mit anspruchsvollen experimentellen Methoden oder in der Entwicklung neuartiger Anwendungen liegen.



*Sonnenenergie aus Plastikfolie? Solarzellen und andere mikroelektronische Bauteile aus organischen Halbleitern sind ein hochaktuelles Forschungsfeld – auch in Würzburg. (Bild: Experimentelle Physik VI)*

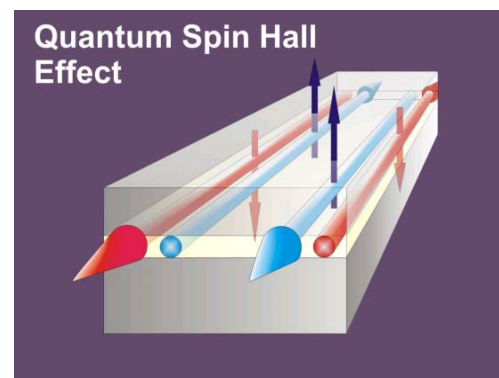
In unserer Fakultät bildet die Festkörperphysik einen zentralen Schwerpunkt in Forschung und Lehre. Es gibt eine Vielzahl von Arbeitsgruppen, die das oben beschriebene Spektrum an Forschungsthemen abbilden. Dazu gehören z.B. mesoskopische Transportphänomene und deren Nutzung für die Quanteninformationstechnologie, die Suche nach dem Verständnis quantenmechanischer Vielteilcheneffekte wie Magnetismus, Supraleitung oder anderen exotischen Materiezuständen sowie die Untersuchung neuer Materialien wie organischer oder oxidischer Halbleiter und die Erschließung ihres Potentials für mögliche Anwendungen (z.B. in der organischen Photovoltaik), um nur einige Beispiele zu nennen. Für diese Fragestellungen steht ein breites Spektrum modernster Untersuchungsmethoden sowohl im Experiment als auch in der Theorie bereit, wobei Entwicklung und Verbesserung dieser Methoden ebenfalls zu den Forschungsaktivitäten gehören. Dass die Würzburger Festkörperphysik international führend ist, hat im Übrigen auch damit zu tun, dass sie über eine hervorragende Ausstattung zur Herstellung und Nanostrukturierung hochreiner und komplexer Materialien verfügt.

Festkörperphysikalische Forschung findet in den folgenden Lehrstühlen und Arbeitsgruppen statt, wobei für weitergehende Informationen auf die jeweiligen Homepages verwiesen wird:

- Experimentelle Physik II (Bode)
- Experimentelle Physik III (Molenkamp, Geurts, Buhmann, Ossau)
- Experimentelle Physik IV (Claessen, Fauth)
- Experimentelle Physik V (Hecht)
- Experimentelle Physik VI (Dyakonov, Pflaum)
- Experimentelle Physik VII (Reinert)

Es sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die Festkörperphysik nicht nur in der Forschung, sondern auch für die spätere Berufstätigkeit – sei es in der Wissenschaft oder der Industrie – eine große Rolle spielt. Von den etwa 58.000 Physikern, die in der *Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)* zusammengeschlossen sind, gehören allein knapp 13.000 der *Sektion Kondensierte Materie* an, d.h. fast jeder vierte Physiker in Deutschland arbeitet in diesem Bereich.

## Festkörperphysik in Würzburg



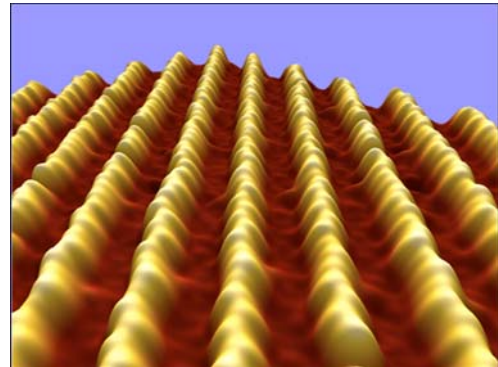
*In sogenannten "topologischen Isolatoren" lassen sich spin-up und spin-down Elektronen ohne magnetische Felder voneinander trennen. (Bild: Experimentelle Physik III)*

- Technische Physik (Kamp [LS-Vertretung], Batke)
- Theoretische Physik I (Assaad, Hanke, Oppermann)
- Theoretische Physik IV (Trauzettel, Hankiewicz, Recher)

## Empfohlener Studienplan

Unsere Fakultät bietet in diesem spannenden und aktuellen Forschungsgebiet eine Vielzahl von Lehrveranstaltungen an, die in den Wahlpflichtbereichen der beiden Master-Studiengänge Physik und Nanotechnik gefunden werden können [siehe Fakultätswebseiten → Studium → Master bzw. Master ab WS 11/12]

Wer also im zweiten Jahr des Master-Studiengangs sein forschungsorientiertes Masterprojekt in einer der festkörperphysikalischen Arbeitsgruppen bearbeiten möchte, sollte als Vorbereitung dieses Lehrangebot intensiv nutzen. Die Schwerpunktsetzung geschieht bei Physikern und Nanotechnikern über die jeweiligen Vertiefungsbereiche im Wahlpflichtbereich und zusätzlich für beide Studiengänge über das Oberseminar. Dabei wird in **jedem** Fall die Belegung der folgenden **beiden** Module als Grundlage für eine strukturierte Ausbildung in der Festkörperphysik dringend empfohlen:



*Dünnsster Draht der Welt: Goldatomketten auf einer Germanium-Oberfläche. Mit Hilfe des atomaren Lego-Baukastens lassen sich Nanostrukturen mit faszinierenden Quanteneigenschaften herstellen.  
(Bild: Experimentelle Physik IV)*

- **Festkörperphysik II / Fortgeschrittene Festkörperphysik** (11-FK2, WS 11/12: Prof. Bode)  
4+2 SWS / 8 ECTS-Punkte
- **Theoretische Festkörperphysik** (11-TFK, WS 11/12: Prof. Hankiewicz)  
4+2 SWS / 8 ECTS-Punkte

Im WS 11/12 werden darüberhinaus folgende Wahlpflichtveranstaltungen (SP/SN) aus der Festkörperphysik angeboten (in alphabetischer Reihenfolge):

- **Festkörperspektroskopie** (11-FKS, Sing)
- **Halbleiterbauelemente** (11-SPD, Batke)
- **Halbleiternanostrukturen** (11-HNS, Kamp)
- **Nanoanalytik I** (11-NAN, Schöll)
- **Quantenmechanik III (Vielteilchenphysik)** (11-QVTP, Hanke)
- **Spintronik** (11-SPI, Gould)

Die Vorlesungsmodule werden ergänzt um das

- **Oberseminar zu fortgeschrittenen Themen der Experimentellen Physik**  
mit festkörperphysikalischem Schwerpunkt (11-OSP bzw. 11-OSN, Bode/Fauth) .

Im SS 2012 wird das Vorlesungsangebot um weitere Themen (z.B. Magnetismus, Transportphänomene) ergänzt werden. Außerdem werden im Sommersemester weitere Oberseminar-Gruppen angeboten werden.

## Noch Fragen ?

Bei Fragen zur Studienplanung rund um die Festkörperphysik können Sie sich gerne an den Studiendekan (Prof. Claessen), die Prüfungsausschussvorsitzenden (Physik: Prof. Reinert, Nanostrukturtechnik: Prof. Molenkamp) oder jeden der oben genannten Arbeitsgruppenleiter wenden. Informationen zu den einzelnen Lehrveranstaltungen erhalten Sie im SB@home oder bei den jeweiligen Dozenten.