

# Jens Wiebe

## Darstellung der Forschungsaktivitäten

Im Rahmen der bisherigen Arbeit wurde zusammen mit Herrn Andre Wachowiak eine 300mK-Ultrahochvakuum-Rastertunnelmikroskopie(300mK-UHV-RTM)-Anlage mit 14T-Magnet entwickelt und aufgebaut. In der Anlage sollen in Zukunft Metall-Halbleiter-Hybridsysteme bei tiefen Temperaturen bezüglich ihrer lokalen elektronischen Zustandsdichte (LDOS) an der Oberfläche mit hoher Ortsauflösung (sub Å-Bereich) und einer Energieauflösung von etwa  $100 \mu\text{eV}$  spektroskopiert werden. Die Proben können in derselben Anlage präpariert und bei Raumtemperatur bezüglich der Topographie, der chemischen Zusammensetzung und der globalen magnetischen Eigenschaften charakterisiert werden. Abbildung 1 zeigt die 3-dimensionale Konstruktionszeichnung der Anlage.

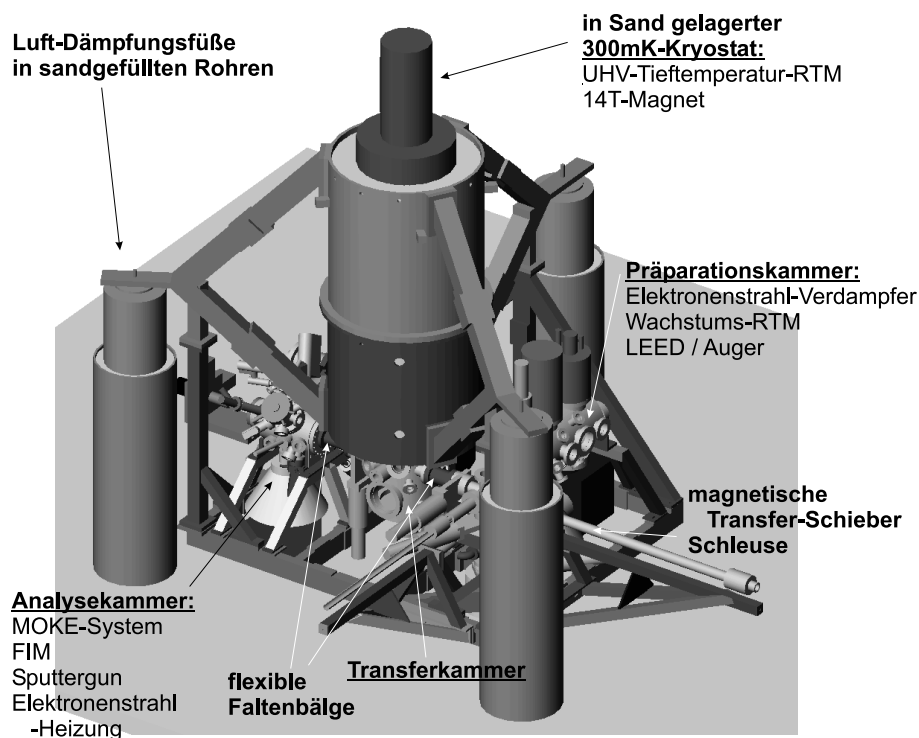


Abbildung 1: Übersichtsbild der aufgebauten Anlage. Gezeigt ist die Anordnung von ausheizbarem  $^3\text{He}$ -Verdampfungskryostat, 3 Kammer UHV-System und dem sehr stabilen Gestell.

Sie besteht aus einem ausheizbaren  $^3\text{He}$ -Verdampfungskryostat der Firma Oxford Instruments, an den eine UHV-Anlage bestehend aus einem 3 Kammer-System angekoppelt ist. Im Kryostat können Magnetfelder bis zu 14T senkrecht zur Probenoberfläche erzeugt werden. Das eigentliche Tieftemperatur-Rastertunnelmikroskop (TT-RTM) kann von der

Messposition im unteren Kryostatbereich in die darunterhängende Transferkammer abgesenkt werden, um Spitzen und Proben unter UHV-Bedingungen auszutauschen. Mit Hilfe von magnetischen Transfer-Schiebern können diese zwischen Schleuse, Transferkammer und zwei weiteren Seitenkammern transferiert werden. Die Präparationskammer enthält ein spezielles Raumtemperatur-Rastertunnelmikroskop (sog. Wachstums-RTM), mit dem die mittels Elektronenstrahl-Verdampfer erzeugten Proben bezüglich ihrer Topographie unmittelbar charakterisiert werden können. Ein LEED/Auger-System erlaubt zusätzlich eine chemische Analyse der Probenoberfläche. In der Analysekammer befindet sich ein System zur Untersuchung der globalen magnetischen Eigenschaften der Probenoberfläche mittels magneto-optischem Kerr-Effekt (MOKE-System). Ein Feld-Ionen-Mikroskop (FIM) zur Charakterisierung der RTM-Spitzen ist geplant. Ferner enthält die Analysekammer eine Sputtergun und eine Elektronenstrahl-Heizung zur Präparation von Goldeinkristallen als Testproben.

Beim Design der Anlage wurde sehr viel Wert auf mechanische Stabilität und Abschirmung des Kryostaten gegen externen Körperschall gelegt (siehe Abbildung 2).

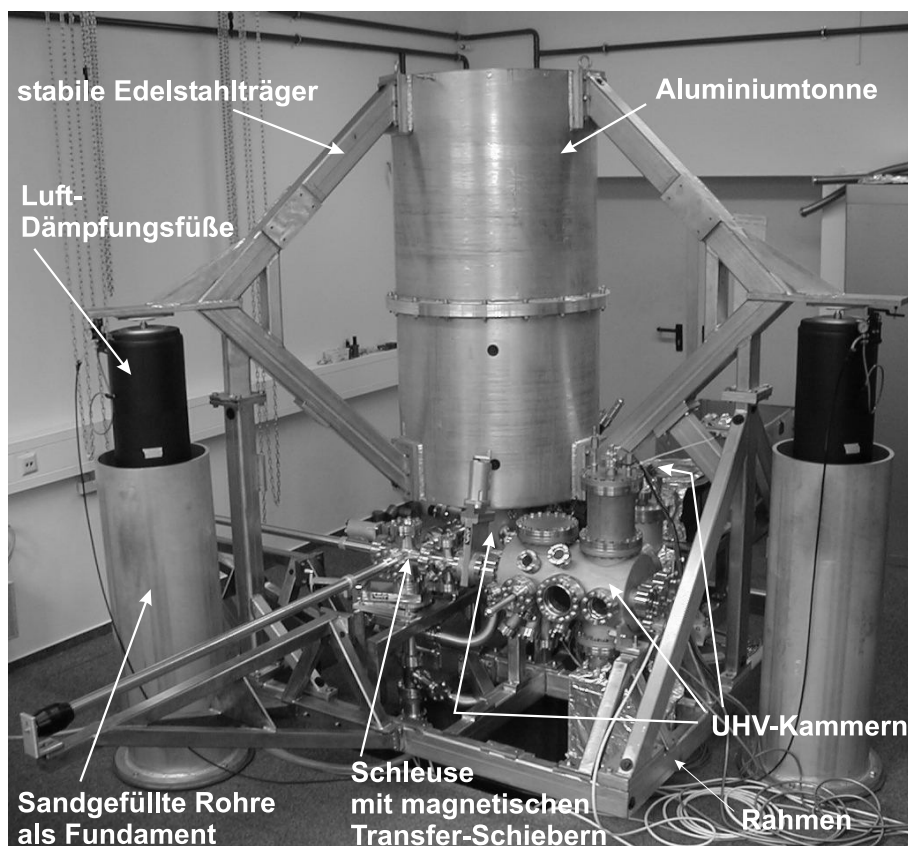


Abbildung 2: Foto der Anlage. Man erkennt das sehr stabile Gestell und die Lagerung auf Luft-DämpfungsfüÙen. Die gesamte Anlage ist durch die sandgefüllten Rohre vom Rest des Gebäudes gegen Körperschall isoliert.

Der Kryostat wird in Sand gelagert und befindet sich in einer Aluminiumtonne, die von drei sehr stabilen, sandgefüllten Edelstahlträgern gehalten wird. Diese Konstruktion ruht auf Luft-DämpfungsfüÙen, die wiederum auf in Rohren befindlichem Sand lagern. Damit hat die gesamte Anlage ein gegenüber dem Gebäude abgekoppeltes Fundament. Die beiden Seitenkammern sowie die magnetischen Transfer-Schieber sind auf einem stabilen Rahmen befestigt, der an den drei Edelstahlträgern hängt. Außerdem bestehen die Verbindungen zu

Transferkammer und Kryostat aus flexiblen Faltenbälgen, wodurch der Messbereich optimal von dem vom restlichen UHV-System eingestreuten Körperschall abgekoppelt ist. Bei der Konstruktion des eigentlichen TT-RTM war das Ziel ein stabiles, kompaktes Design sowie eine optimale thermische Ankopplung von Probe und Spitze an den  $^3\text{He}$ -Topf (siehe Abbildung 3).

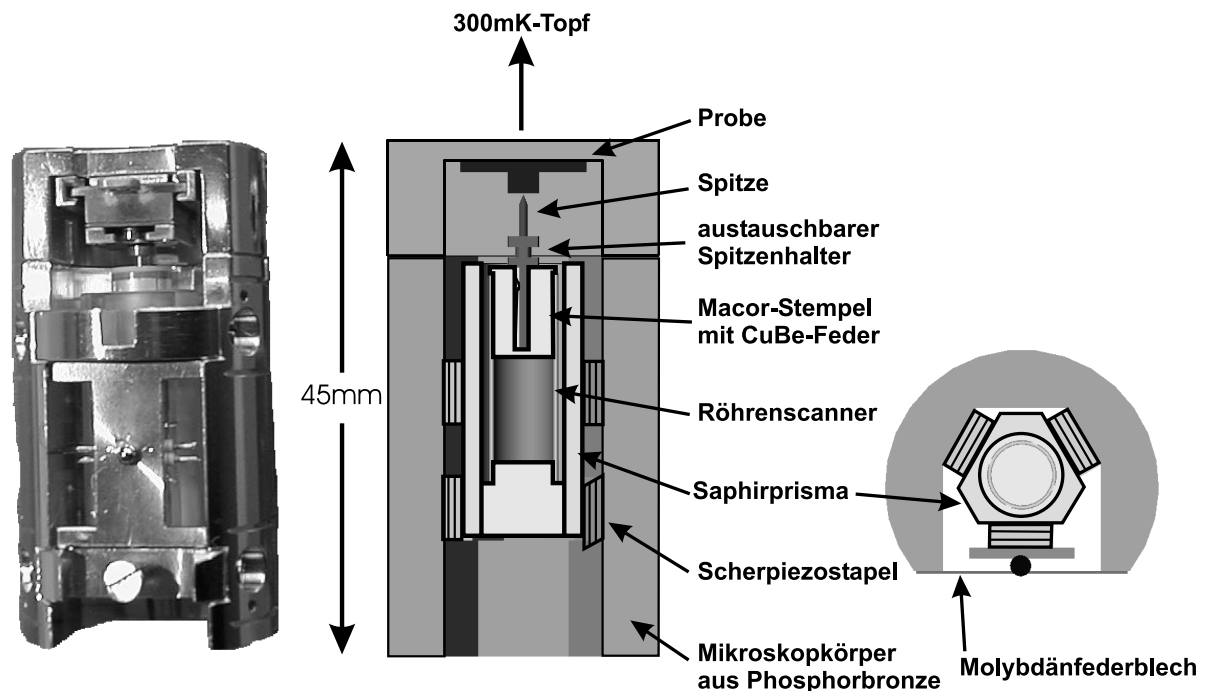


Abbildung 3: Foto und Prinzipskizze des TT-RTM. Das Mikroskop ist äußerst kompakt und rigide gebaut und damit sehr unempfindlich gegen eingestreute Schwingungen. Durch die Verwendung von Phosphorbronze für den Mikroskopkörper erhält man eine optimale thermische Ankopplung von Probe und Spitze an den  $^3\text{He}$ -Topf.

Das Mikroskop arbeitet mit einem Röhrenscanner mit Macor-Stempel, in dem der Spitzenhalter nur über eine Feder gehalten wird. Dadurch sind sowohl Spitze, als auch Probe in situ im UHV austauschbar (Spitzenwechsel siehe [O. Pietzsch et al.; Rev. Sci. Instrum. **71**, 424 (2000)]). Die Grobannäherung zwischen Spitze und Probe geschieht nach dem Walker-Prinzip über 6 Scherpiezostapel [S. H. Pan et al.; Bull. Am. Phys. Soc. **37**, 167 (1992)]. Besonderheiten sind einerseits die Integrierung des Röhrenscanners in das Saphirprisma, wodurch das Mikroskop eine Größe von nur 45mm hat. Es ist dadurch sehr unanfällig gegen eingestreute Vibrationen. Andererseits ist der gesamte Mikroskopkörper aus Metall (Phosphorbronze), wodurch die Probe (und Spitze) optimal thermisch an den  $^3\text{He}$ -Topf angekopelt sind. Erste Tests des Mikroskops an Luft wurden bereits erfolgreich abgeschlossen.

## Zusammenarbeit mit anderen Mitgliedern des Graduiertenkollegs

Neben der sehr engen Zusammenarbeit mit dem Stipendiaten Herrn

- Dipl.-Phys. Andre Wachowiak,

mit dem die Entwicklung und der Aufbau der Anlage durchgeführt wurde, bestand eine engere Zusammenarbeit mit dem Stipendiaten Herrn

- Dipl.-Phys. Christian Meyer

und dem Stipendiaten Herrn

- Dipl.-Phys. Werner Naumann

bei Voruntersuchungen zur Struktur von Nb/InAs(110). Weiterhin besteht näherer Kontakt zur Forschungsgruppe von Herrn

- Prof. Dr. U. Merkt

bezüglich der physikalischen Eigenschaften von Metall-Halbleiter-Hybridsystemen.

## Ausblick

Mit der aufgebauten Anlage wird es in Zukunft möglich sein, die lokale elektronische Zustandsdichte (LDOS) an der Oberfläche von Metall-Halbleiter-Hybridsystemen (insb. Nb/InAs(110), Fe/InAs(110)) mit einer sehr hohen Ortsauflösung (sub Å-Bereich) und einer Energieauflösung von etwa  $100 \mu\text{eV}$  zu spektroskopieren. Eine so hohe Energieauflösung ist insbesondere notwendig für das System Nb/InAs(110), um lokale Änderungen in der LDOS im Bereich der supraleitenden Energielücke von Nb (Bulk-Material:  $1.4 \text{ meV}$ ) noch ausreichend auflösen zu können.

Durch Aufdampfen von sub-Monolagen dicken Fe-Filmen lässt sich außerdem ein oberflächennahes 2-dimensionales Elektronengas erzeugen [M. Morgenstern et al.; Phys. Rev. B **61**, 20 (2000)], welches man mit Hilfe der hohen Magnetfelder und tiefen Temperaturen sogar im fraktionalen Quantenhall-Regime untersuchen könnte.

In Zusammenarbeit mit dem Stipendiaten Herrn Dipl.-Phys. Christian Meyer wurden bereits erste Untersuchungen zur Struktur von mittels Molekularstrahlepitaxie erzeugten Nb/InAs(110)-Proben durchgeführt. Auf diese Art sollen in Zukunft Inseln mit Durchmessern in der Größenordnung der Kohärenzlänge der Cooperpaare (einige 10nm) erzeugt werden und bei tiefen Temperaturen bezüglich der LDOS untersucht werden. Hier interessiert insbesondere das Verhalten der LDOS an den Rändern der Inseln (Übergang Supraleiter/Halbleiter), an denen die Auswirkungen des sog. Proximity-Effekts erwartet werden. Außerdem soll die Sprungtemperatur von supraleitenden Nb-Inseln größenabhängig untersucht werden.

## Tagungsbeiträge als Mitautor

- „Aufbau einer (300 mK / 14 T)-Rastertunnelmikroskopie-Anlage“  
A. Wachowiak, J. Wiebe, D. Haude, M. Morgenstern und R. Wiesendanger  
Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) in Regensburg, April 2000  
Beitragsform: Poster
- „Das Wachstum von Niob auf InAs(110)“  
Chr. Meyer, J. Wiebe, M. Morgenstern und R. Wiesendanger  
Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) in Regensburg, April 2000  
Beitragsform: Poster

## Eigene Vorträge im Rahmen des Graduiertenkollegs

- „Planning of a 300mK-UHV-scanning tunneling microscope“  
3. Workshop des Graduiertenkollegs „Physik nanostrukturierter Festkörper“ in Nieder-  
kleevez, Mai 1999
- „Planung und Aufbau einer 300mK-UHV-Rastertunnelmikroskopie-Anlage mit 14T-  
Magnet“  
Ringvorlesung: Graduiertenkolleg „Physik nanostrukturierter Festkörper“  
(Physik der Mikrostrukturen) in Hamburg, Juli 2000
- „Aufbau einer 300mK-UHV-Rastertunnelmikroskopie-Anlage mit 14T-Magnet“  
4. Workshop des Graduiertenkollegs „Physik nanostrukturierter Festkörper“  
in Schwerin, Oktober 2000