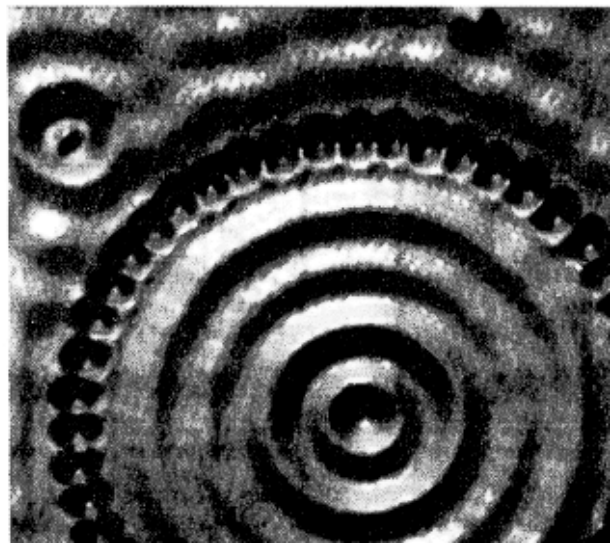
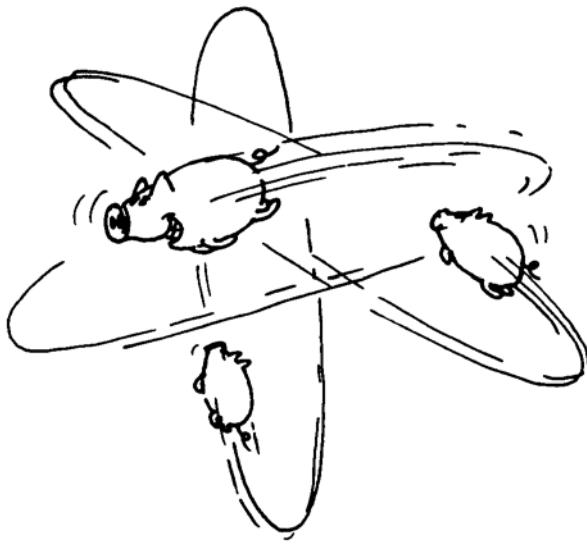


Atome unter der Lupe



**Eine Einführung in die faszinierende Welt der Raster-Tunnel-Mikroskopie
der Nanotechnologie und der Quantenmechanik für Schülerinnen und
Schüler im Schwerpunktsfach der Sekundarstufe II**

Verfasst von

Dorothee Brovelli, Adrien Cornaz
Hans Peter Dreyer, Rudolf Dünki
Hans-Jörg Lohe

Herausgegeben durch Hans Peter Dreyer

ETH-Leitprogramm Physik:

„Atome unter der Lupe“

Eine Einführung in die faszinierende Welt der Raster-Tunnel-Mikroskopie und die Quantenmechanik für die Sekundarstufe II

Version 1

Juli 2002

Stufe, Schulbereich

Schwerpunktsfach Maturitätsschulen Klassen 11-13, Fachhochschulen

Fachliche Vorkenntnisse

Grundlagen der Quantenphysik, Energie-Orts-Diagramm, Austrittsarbeit bei Metallen, Drehimpuls, Infinitesimalrechnung bis zu Differentialgleichungen

Bearbeitungsdauer

Fundamentum: 9 Lektionen

Additum 1: 4 Lektionen

Additum 2: 6 Lektionen

Adresse für Anregungen und Kritik

Dipl. Phys. H. P. Dreyer

Fachdidaktik Physik, ETH-Hönggerberg HPZ F 9.1, CH-8093 Zürich

Telefon 01 / 633 26 31 - Telefax 01 / 633 11 15

dreyer@phys.ethz.ch - <http://educeth.ethz.ch/physik/leitprog>

Die *ETH-Leitprogramme* sind ein Gemeinschaftsprojekt von Karl Frey und Angela Frey-Eiling (Initiatoren), Walter Caprez (Chemie), Hans Peter Dreyer (Physik), Werner Hartmann (Informatik), Urs Kirchgraber (Mathematik), Hansmartin Ryser (Biologie), Jörg Roth (Geographie), zusammen mit den Autorinnen und Autoren.

Das Projekt *ETH-Leitprogramme* wurde durch die ETH Zürich finanziell unterstützt.

Dieses Material darf nur für den Gebrauch im Unterricht kopiert werden.

Vorwort

Auch dieses Leitprogramm ist durch den Einsatz vieler entstanden. Zusätzlich zu den im Vorwort von "Kann man Atome sehen?" erwähnten möchte ich nennen: D. Brovelli, Luzern und A. Cornaz, Wohlen. Sie haben verstanden die Grundlagen und wichtige Details der Tunnelmikroskopie in verständlicher Weise darzustellen. Dabei war die unkomplizierte Zusammenarbeit mit der Firma NanoSurf hilfreich. Die Einführung in die Quantentheorie geht im Wesentlichen auf R. Dünki zurück. Herr H.-J. Lohe hat das Ganze in die Endform gebracht und um den attraktiven Einblick in die Nanotechnologie ergänzt.

Allen Kolleginnen und Kollegen, die bei der Erprobung mitgeholfen haben, danke ich herzlich. Für die verbliebenen Fehler entschuldige ich mich.

ETH-Hönggerberg und Kantonsschule Wattwil, Juli 2002

H.P. Dreyer

Einführung

Ist das Raster-Tunnel-Mikroskop (RTM) eine Entdeckung oder eine Erfindung? Ist das RTM demnach ein Thema der Physik oder ein Thema der Technik? – Über diese Frage zu streiten ist fruchtlos. Denn auch die Entdeckung des Elektrons hat technologische Voraussetzungen und Konsequenzen und interessiert dementsprechend die Ingenieurinnen ebenso wie die Physiker.

Mit dem vorliegenden Leitprogramm erfahren Sie, in welchem Sinne man Atome sichtbar machen kann. Dabei schliessen Sie Bekanntschaft mit der Quantenmechanik, jener "neuen" Physik, die nötig ist, um Eigenschaften und Verhalten von Atomen und der Materie insgesamt zu verstehen. Im Zentrum steht die Schrödinger-Gleichung. Sie haben möglicherweise bereits im Chemieunterricht von ihr gehört. Natürlich lernen Sie auch das RTM und seine Verwandten genauer kennen und kommen dabei mit einem neuen Gebiet der Technik, der Nanotechnologie in Kontakt.

Im Additum 1 lernen Sie, wie man mit einem bestimmten RTM, dem easyScan, konkret arbeitet. Dabei geht es ebenso um praktische Dinge, wie die Herstellung der Spitze, als um die theoretisch richtige Interpretation der Computerbilder, wozu Sie Ihre Physikkenntnisse brauchen.

Im Additum 2 vertiefen Sie Ihr Verständnis der Quantenmechanik so weit, dass Sie die Elektronenpaar-Bindung verstehen.

Inhaltsverzeichnis

Titelblatt		I
Informationen, Copyright		II
Vorwort, Einführung		III
Inhaltsverzeichnis		IV
Kapitel 1	Das Raster-Tunnel-Mikroskop	1
	1.1 Die Funktionsweise des Raster-Tunnel-Mikroskops	3
	1.2 Der Aufbau des Raster-Tunnel-Mikroskops easyScan	9
	1.3 Die Probenoberflächen	12
	1.4 Ergänzungen: Verwandte des Raster-Tunnel-Mikroskops, Vertiefungen	15
	Lösungen zu den Aufgaben	18
Kapitel 2	Die Zustandsfunktion	24
	2.1 Präludium - Experimente mit Licht geben Rätsel auf	25
	2.2 Differentialgleichungen - ein intuitiver Zugang	28
	2.3 Die Schrödingergleichung bestimmt die Zustandsfunktion	31
	2.4 Quantisierung der Energie	37
	2.5 Die Rolle des Drehimpulses	42
	2.6 Elektronen im Festkörper	46
	Lösungen zu den Aufgaben	51
Kapitel 3	Nanotechnologie	55
	3.1 There's plenty of room at the bottom	56
	3.2 Internet Recherche	56
	Lösungen zu den Aufgaben	59
Additum 1	Atome sehen mit dem RTM	A1.1 - A1.19
	Anleitung zum Arbeiten mit dem easyScan	
Additum 2	Mehr Quantentheorie	A2.1 - A2.26
	Vom Atombau bis zum Sehvorgang	
Anhänge		
Anhang 1	Tests und Lösungen	Z1.1 - Z1.9
Anhang 2	Mediothek für die Schülerinnen und Schüler	Z 2.1
Anhang 3	Experimente	Z3.1 - Z3.4
Anhang 4	Von den Autoren benützte Quellen	Z4.1 - Z4.3
Anhang 5	Hinweise für die Lehrperson	Z5.1 - Z5.5