



# Carus-Medaille der Leopoldina Halle



Anlässlich des 50-jährigen Professoren Jubiläums des XIII. Präsidenten Carl Gustav Carus (1789–1869) begründeten Mitglieder der Akademie, Freunde und Verehrer am 2. November 1864 ein Kapital von 2000 Talern, eine Stiftung, welche nach Carus' eigenen Bestimmungen »junge Männer unterstützen solle, die in meinem Geiste fortfahren würden, sich den wissenschaftlichen Forschungen zu widmen«.



1987

### Festakt in Schweinfurt zur Verleihung des Carus-Preises an A. F. Andrejew (Moskau) und H. Lichte (Tübingen)

Carus-Award to A. F. Andrejew and H. Lichte

In einem von der Stadt Schweinfurt (Bundesrepublik Deutschland) Ende des verflossenen Jahres veranstalteten Festakt aus Anlaß des 300. Jahrestages der Privilegierung der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina durch Kaiser Leopold I vom 7. August 1687 wurde den beiden Trägern der in Halle (Deutsche Demokratische Republik) verliehenen Carus-Medaillen des Jahres 1987 nunmehr auch der Carus-Geldpreis vom Oberbürgermeister Kurt Petzold in Schweinfurt überreicht. Die Preisträger sind Prof. Dr. Alexander Fedorowitsch Andrejew, stellvertretender Direktor am Institut für Physikalische Probleme der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Moskau und Dr. Hannes Lichte, Akademischer Rat am Institut für Angewandte Physik der Universität Tübingen.

Der Obmann für Physik der Leopoldina zu Halle, Prof. Dr. Werner Buckel, Karlsruhe, würdigte die besonderen Leistungen von Prof. Dr. Andrejew auf dem Gebiet der Theorie kollektiver Phänomene in kondensierter Materie bei tiefen Temperaturen.

Die Laudatio auf Dr. Lichte hielt der Präsident der Leopoldina, Prof. Dr. Heinz Bethge. Er hob die große Bedeutung der Experimente von H. Lichte zur Elektronenholographie für die Sichtbarmachung atomarer Strukturen mittels des Elektronenmikroskops hervor.

Nach den Dankesvorträgen der beiden Ausgezeichneten und dem Festvortrag von Prof. Dr. Christoph J. Scriba, Hamburg, dem Obmann der Sektion „Geschichte der Naturwissenschaften und Medizin“ der Leopoldina zum Thema „Der Aufbruch der neuen Wissenschaft – Aus der frühen Korrespondenz der Leopoldina mit der Royal Society in London“ und dem Besuch der Ausstellung „Salve Academicum“, die vom Stadtarchiv Schweinfurt zur Geschichte der Leopoldina erarbeitet wurde, endete die Festveranstaltung.

Die Stadt Schweinfurt wird auch in Zukunft alle zwei Jahre die Verleihung des Preises, den der Physiologe Prof. Dr. Carl Gustav Carus (1789–1869) gestiftet hat,



Der Oberbürgermeister der Stadt Schweinfurt, Herr Kurt Petzold, zwischen den beiden Preisträgern, Prof. Dr. Alexander Fedorowitsch Andrejew, stellvertretender Direktor am Institut für Physikalische Probleme der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Moskau (links) und Dr. Hannes Lichte, Akademischer Rat am Institut für Angewandte Physik der Universität Tübingen (rechts).

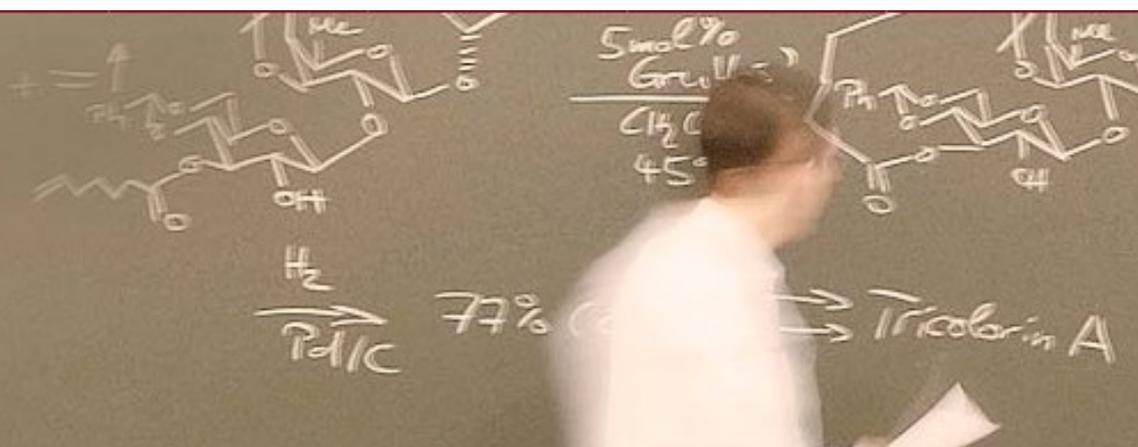
vornehmen. Sie ist dazu berufen, weil die Academia Naturae Curiosorum im 17. Jahrhundert kurz nach Ende des 30jährigen Krieges von den vier Schweinfurter Ärzten Johann Laurentius Bausch, Johann Michael Fehr, Georg Balthasar Metzger und Georg Balthasar Wohlfahrt gegründet wurde.

Der gute Besuch des Festaktes durch Wissenschaftler der verschiedensten Fachrichtungen sowie Politiker und Bürger demonstrierte, daß es der Stadt Schweinfurt in Zusammenarbeit mit dem Präsidium der Leopoldina hervorragend gelungen ist, den Geist der Akademie auch einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

G. Möllenstedt

**KÖRBER-PREIS  
FÜR DIE EUROPÄISCHE  
WISSENSCHAFT**

Wissenschaft



Start

Porträt

Aktuelles

Körper-Preis 2009

► Bisherige Preisträger

Search Committees

Kuratorium

Presse

Körper-Stiftung // Wissenschaft // Körper-Preis // Bisherige Preisträger

◀ zurück zu »Bisherige Preisträger«

## KÖRBER-PREIS 1987 - Projekt 2

### CHARAKTERISIERUNG DER ATOMAREN FEINSTRUKTUR DER MATERIE MITTELS ELEKTRONENHOLOGRAPHIE IN TRANSMISSION UND REFLEXION

Die Preisträger 1987:

Prof. Dr. Hannes Lichte,  
Prof. Dr. Karl-Heinz Herrmann,  
Prof. Dr. Friedrich Lenz,  
Prof. Dr.-Ing. Gottfried Möllenstedt,  
Tübingen

#### Zurück in die Weltspitze

Einst führend auf dem Gebiet der Elektronenmikroskopie, ist Deutschland seit mehr als zwei Jahrzehnten kein Standort mehr für die Produktion dieser bedeutenden Technik. Dennoch zählen deutsche Mikroskopiker auf mehreren Gebieten zur Avantgarde der Forschung. Der Körper-Preis von 1987 beschleunigte die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem ein Tübinger Forscherteam zur internationalen Spitzengruppe vorgestoßen ist.



2009

» 100 Jahre Kurt A. Körber -  
50 Jahre Körper-Stiftung



» Die Jubiläums-Initiative  
der Körper-Stiftung

» Die Festwoche im

isotopischen Fingerabdrücke, die sich bei Aktivierungsanalyse und Immung zeigten, geht die Aufklärung entgegen: von einigen der Troianer haben demnach wirkungsvoll »made in Argolis«-bezeichnete Keramik wurde gefunden. Doch wurden nun die Gefäße, die wegen ihrer Qualität als mykenisch angesehen wurden, als troianische Imitate ent-

deckt. Geochemikern in Tübingen wurde die davor genannten Methoden: beste Ergebniskombination aller Metho-

den Archäologen ist nur eine Mischung des jungen Tübingers. Prof. Satirs megen Arbeitsgruppe befaßt sich auch mit der Grundforschung durch Deponien und Altlasten«. Klimatische Verhältnisse künftige ebenfalls. Vielleicht können wir dazu beitragen, daß es nur einmal mehr übrig Häuflein Scherben zwei-

plomand am Zoologi-

ausgabe

roisis Keramik?	1
Funde	7
ungen in Syrien	9
n Haushalte im	10
issenschaft	12
a«	15
rofessoren	18
zeichnungen	20
	22
er Autoren	23

# Atome im Kristallgitter scharfstellen

Der »CM 30 FEG Special Tübingen« in der Angewandten Physik macht es möglich

Von Hannes Lichte

*Ein weltweit einzigartiges Gerät, ein Elektronen-Mikroskop für atomar auflösende Elektronenholographie, konnte kürzlich im Tübinger Institut für Angewandte Physik in Betrieb genommen werden. Das Gerät wurde am 30. Oktober feierlich eingeweiht im Beisein von Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz, dem ehemaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit dem Gerät ist eine Bildgebung mit einer Auflösung bis zu einem zehnmillionstel Millimeter möglich. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat für die Beschaffung des Gerätes ca. 3 Mio. DM zur Verfügung gestellt, eine Zusatzausstattung erfolgte über die EG.*

In einem Lichtmikroskop können Details nur bis zur Auflösungsgrenze der halben Licht-Wellenlänge (0,5 µm) sichtbar gemacht werden (1 µm = 1/1000 mm). Die Abbildung feinerer Strukturen ist mit einem Lichtmikroskop prinzipiell nicht möglich.

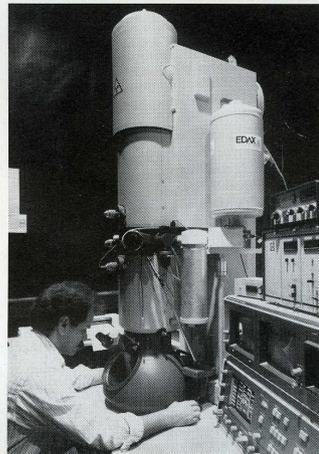
Die Wellenlänge von Elektronenstrahlen ist etwa 100.000 mal kleiner als die von Licht, d. h. weit kleiner als atomare Dimensionen. Deshalb sollte ein Elektronenmikroskop eine Verbesserung der Bildschärfe um den Faktor 100.000 erwarten lassen, die mit Leichtigkeit die Abbildung feinst atomarer Strukturen erlaubt. (Transmissions-Elektronenmikroskop erfunden von Ernst Ruska [1932], Nobelpreis 1986); Elektronen durchstrahlen das Objekt und werden von den Atomkernen abgelenkt; in der Art der Ablenkung steckt die den Elektronen aufgeprägte Information über die Objektstruktur, d. h. Anordnung und Art der Atome, Dicke des Objekts etc. Zum Studium der Objektstruktur muß diese Information durch Abbildung des Elektronenbündels in ein etwa ein millionenfach hochvergrößertes Elektronenbild sichtbar gemacht werden. Dazu werden Elektronenlinsen benötigt.

Elektronenlinsen sind in bestimmter Weise geformte elektromagnetische Felder. Sie haben prinzipiell einen »Öffnungsfehler«, der die Bildschärfe verschlechtert. Nach jahrzehntelanger Optimierung der Elektronenlinsen ist die theoretisch erreichbare Leistungsgrenze von Elektronenmikroskopen heute praktisch erreicht. Die Grenze liegt bei einer Bildunschärfe von etwa 0,17 nm (1 nm = 10<sup>-9</sup> mm). Das ist im Vergleich zum Lichtmikroskop eine Verbesserung um den Faktor 1400; viel mehr ist mit den üblichen Mitteln der Elektronenoptik nicht möglich. Mit großem Erfolg werden damit in vielen Elektronenmikroskopie-Labors

der Welt atomare Strukturen in wohlgeordneten, idealen Kristallen mit hinreichend großer Gitterkonstante (z. B. in Oxyden) sichtbar gemacht.

Für das Verständnis des makroskopischen Verhaltens von Materialien wie elektrischer Leitfähigkeit (z. B. bei Halbleitern oder Supraleitern), magnetischen, optischen und mechanischen Eigenschaften sind aber die Realstrukturen, d. h. die Abweichungen der Festkörperstruktur von der des perfekten Einkristalls, von entscheidender Bedeutung. Die atomaren Details von Realstrukturen (Korngrenzen, Defekte) können bis heute in der Regel noch nicht befriedigend im Elektronenmikroskop dargestellt werden: Dazu ist eine Steigerung der Bildschärfe von jetzt 0,17 nm auf besser als 0,13 nm notwendig, 0,1 nm sind äußerst wünschenswert.

Es ist unmöglich, von einem beispielsweise in einer Kleinbildkamera unscharf aufgenommenen Negativ durch entgegengesetztes »Unschärfstellen« des Vergrößerungsgerätes ein scharfes Bild zu erzeugen. Ebensovienig läßt sich die Bildschärfe eines herkömmlichen Elektronenbildes nachträglich verbessern. Der Grund liegt darin, daß Abbildung ein wellenoptischer Prozeß ist, der durch Intensität und Phase der Welle zu beschreiben ist. Die Phase beschreibt die Richtungsverteilung in dem registrierten Wellenfeld. In einem



Der Blick auf die Atome im »CM 30 FEG Special Tübingen« im Institut für Angewandte Physik.

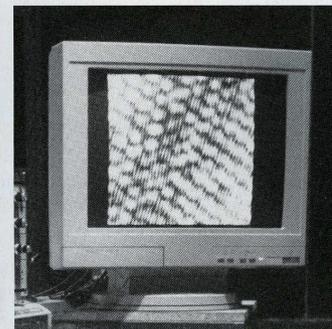
herkömmlichen Bild ist jedoch nur die Intensität gespeichert; die Bildphase fehlt, steht also für den Prozeß des »Scharfstellens« nicht zur Verfügung.

Der ungarische Physiker Dennis Gabor (Nobelpreis 1972) schlug das Verfahren der Holographie vor: Durch Interferenz der Bildwelle mit einer Referenzwelle wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Bildintensität und Bildphase gespeichert sind. Deshalb kann ein aus einem Hologramm rekonstruiertes unscharfes Bild nachträglich scharf gestellt werden. Bezogen auf die Problematik der Bildschärfe im Elektronenmikroskop, läßt sich dies verallgemeinern: Aus einem Hologramm, das im Elektronenmikroskop aufgenommen wurde, lassen sich Bildfehler (z. B. Öffnungsfehler und Defokussierung) nachträglich korrigieren. Die jahrzehntelange Erfahrung des Instituts für Angewandte Physik in der Wellenoptik mit Elektronen – insbesondere mit dem Elektronenbiprisma nach Möllenstedt und Düker zur Herstellung von Elektroneninterferenzen – erlaubt heute, Elektronenhologramme hoher Qualität aufzunehmen. Zur Rekonstruktion der Objektstruktur wird das Hologramm in einen Computer eingelesen und durch wellenoptische Bildverarbeitung von den Aberrationen befreit.

### Viermillionenfache Vergrößerung durch Holographie

Seit 1983 wurden – unter Förderung seitens der Körber-Stiftung, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Volkswagen-Stiftung – mit einem 120 kV-Elektronenmikroskop die Grundlagen dieser neuen Methode gelegt und an die Grenzen geführt. Wie erhofft konnten sowohl die Auflösung dieses Mikroskops als auch die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch nur bis an die Grenze, die durch den Farbfehler des Mikroskops gegeben ist. Weitere Fortschritte sind erst mit einem speziell für die Holographie konzipierten Elektronenmikroskop möglich.

Um die neuen Möglichkeiten der Holographie bis in den Bereich von 0,1 nm auszuschöpfen, sind Forderungen an die Qua-



Silizium-Kristallgitter: jeder weiße Punkt repräsentiert ein Silizium-Atom.

lität des zur Aufnahme des Hologramms benutzten Elektronenmikroskops zu stellen, die bislang von keinem käuflichen Elektronenmikroskop erfüllt werden: Bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV muß es mit einer hochkohärenten Feldemissions-Elektronenquelle ausgestattet sein, die für wellenoptische Experimente mit Elektronen unverzichtbar ist. Darüber hinaus müssen die Hologramme bei einer Vergrößerung bis zu 4 Mio. aufgenommen werden können. Das Mikroskop muß Anforderungen an die mechanische und elektrische Stabilität erfüllen, die weit über das heute übliche hinausgehen. Ein derartiges Elektronenmikroskop wurde nach unseren Spezifikationen mit erheblichem Finanzierungsaufwand von Seiten der DFG und mit Projektmitteln aus einem EG-Projekt (Brite/Euram) gebaut: Von der Firma Philips-Eindhoven (NL) wurde ein 300 kV Elektronenmikroskop mit einer speziell entwickelten Feldemissions-Elektronenquelle (FEG) ausgestattet; die verbesserte Stabilität der Hochspannung erlaubt zusammen mit einer weiter verbesserten Objektivlinse die Erfassung von Objekteinheiten von weniger als 0,1 nm; die Gesamtvergrößerung wurde auf 4 Mio. erhöht. Die Entwicklung des Elektronenbiprismas und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstrukturen.

Von der Universität wurde ein Speziallabor für die optimale Aufstellung des Mikroskops errichtet. Das Mikroskop kann in hohem Maße frei von Bodenerdbelektromagnetischen Störfeldern und akustischer Unruhe betrieben werden.

Prof. Dr. Hannes Lichte, Institut für Angewandte Physik

### Neue Studentenstatistik: Nochmals mehr Studenten in Tübingen

In der Studentenstatistik setzt sich die Tendenz der letzten Semester auch im laufenden Wintersemester fort: Mit 26 208 eingeschriebenen Studierenden wurde gegenüber dem Wintersemester 1991/92 nochmals ein leichter Zuwachs von 194 (0,7 %) Einschreibungen und damit ein neuer Höchststand erreicht. Wie bereits im letzten Sommersemester ging dabei die Zahl der Erstimmatrikulierten zurück: von 2560 auf 2415. Demgegenüber stieg die Zahl der Rückmeldungen von 21 767 auf 22 110. Dies ist wieder auf den starken Zugang an Erstsemestern in den Jahren 1990 und 1991 zurückzuführen. Konstant blieb die Zahl der Studienortwechsler: 1683 gegenüber 1687 vor einem Jahr. Deutlich zugenommen hat nochmals die Zahl der ausländischen Studierenden: Ihre Zahl stieg um 10 % von 1872 auf 2063.

### Lucas-Preis 1991 Chouraqui, Michel und den Religionen

Der mit 50 000 DM Lucas-Preis geht im ersten Schriftsteller, Professor Nathan Anand hält den Preis für sich und für seinen Einsatzen zwischen Preisverleihung findet statt.

Der Dr. Leopold-L. jährlich hervorgehoben dem Gebiet der Theologie, der Geschichte der Philosophie und deren Persönlichkeit der Beziehungen zu Völkern wesentlich durch Veröffentlichung des Toleranz gemacht haben.

Preisrättern gehörten wie Karl Popper, Leopold XIV. Dalai Lama wurde 1972 von General Lucas, Ehrensenator Universität, zum 10. in Theresienstadt und des jüdischen Gelehrten Dr. Leopold Lucas, jüdisch-Theologische Preis im Namen des

Der Preisrätter der aus einer alten in sephardischen Familien geboren und der höhere Schulbildung reich, in Paris studierte rabbinische Studien Karriere wurde durch Juden in Frankreich Besatzung unterbrochen 1942 bis 1945 in

1945 kehrte er in 1950 bis 1956 war Komitees der nationen in der UNICE in dieser Eigenschaft Bekämpfung des Terrorismus fürchten Augenkranker in Jerusalem. Vor Vizebürgermeister verdient für kulturelle und internationale Beziehungen. Chouraqui in fünfzehn Sprachen mehreren französisch zeichnet.

Bewußt sich der jüdischen und französischen fühlend, versucht Chouraqui ein besseres Verständnis bei Muslimen für ihre wecken. Dem dienen arabischen Schriftsteller, vor allem einschließen die des Korans auf Französisch.

d ihres »isotopischen Fingerabdruck« zugeordnet werden. Die »Fingerabdrücke«, die sich bei Neutronenaktivierungsanalyse und Isotopenbestimmung zeigten, geht »Fall« seiner Aufklärung entgegen: Bewohner von einigen der Troianischen Festungen haben demnach wirkliche »Töpferwaren« made in Argolis« betriebl. Zypriotische Keramik wurde ebenfalls verwendet. Letztere wurde für mehrere Gefäße hergestellt, die in einer Qualität vom Fachmann als »Kopie« in Quarzporzellan angesehen wurden, als gelungene troianische Imitation.

von den Tübinger Geochemikern die Herkunftbestimmung eingeführte Verfahren macht die davor genannten Analysen nicht überflüssig; beste Ergebnisse liefert die Kombination aller Methoden. Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts Geochemie, Prof. Dr. G. F. Borchardt, die eine vielseitige Arbeitsgruppe befaßt, beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Änderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hömke, Dioma I am Zoologisches Institut

In dieser Ausgabe	
Wer töpfernte Troias Keramik?	1
Präkeramische Funde in Orient	7
Neue Ausgrabungen in Syrien	10
Die öffentlichen Haushalte im Blickpunkt	10
Therapie als Wissenschaft	12
Ben liebt Anna	15
Lehrberufene Professoren	18
Preise und Auszeichnungen	20
In memoriam	22
Neuere Tübinger Autoren	23

# Atome im Kristallgitter scharfstellen

Der »CM 30 FEG Special Tübingen« in der Angewandten Physik macht es möglich

Von Johannes Lichte

*Ein weltweit einzigartiges Gerät, ein Elektronen-Mikroskop für atomar auflösende Kristalle, wurde im Institut für Angewandte Physik in Tübingen im Juli 1983 in Betrieb genommen. Dieses Gerät wurde am 30. Oktober feierlich eingeweiht im Beisein von Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz, dem ehemaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit dem Gerät ist eine Bildgebung mit einer Auflösung bis zu einem zehnmillionstel Millimeter möglich. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Beschaffung des Gerätes unterstützt. Die zur Verfügung gestellt, eine Zusatzausstattung erfolgte durch die EG.*

In einer Länge von 10 cm ist das Gerät nur bis zur Auflösungs Grenze der halben Licht-Wellenlänge (0,5 µm) sichtbar gemacht werden (1 µm = 1/1000 mm). Die Abbildung feinerer Strukturen ist mit einem Lichtmikroskop prinzipiell nicht möglich.

Die Wellenlänge von Elektronenstrahlen ist etwa 100.000 mal kleiner als die von Licht, d. h. wieviel kleiner sind die Wellenlängen. Deshalb sollte ein Elektronenmikroskop eine Verbesserung der Bildschärfe um ein Faktor 100.000 erwarten lassen, die in der Tat erreicht wurde. Durch feinsten atomaren Strukturen erlaubt. (Transmissions-Elektronenmikroskop erfunden von Ernst Ruska [1932], Nobelpreis 1937). Elektronen durchdringen das Objekt und werden durch die Atomkernen abgelenkt; in der Art der Ablenkung steckt die den Elektronen aufgeprägte Information über die Objektstruktur, d. h. Anordnung und Art der Atome, Dicke des Objekts etc. Zum Studium der Objektstruktur muß diese Information durch Abbildung des Elektronenbildes auf einen Schirm übertragen werden. In dem Bild wird das Objekt abgebildet. Dazu werden Elektronenlinsen benötigt.

Elektronenlinsen sind in bestimmter Weise geformte elektromagnetische Felder. Sie haben prinzipiell zwei Öffnungsfehler, der die Bildschärfe verschlechtert. Nach jahrzehntelanger Optimierung der Elektronenlinsen ist die theoretisch erreichbare Leistungsgrenze von Elektronenmikroskopen heute praktisch erreicht. Die Grenze liegt bei einer Bildschärfe von etwa 0,17 nm (1 nm = 10<sup>-9</sup> mm). Das ist im Vergleich zum Lichtmikroskop eine Verbesserung um den Faktor 1400; viel mehr ist mit den üblichen Mitteln der Elektronenoptik nicht möglich. Mit großem Erfolg werden damit in vielen Elektronenmikroskopie-Labors

der Welt atomare Strukturen in wohlgeordneten, idealen Kristallen mit hinreichender großer Gitterkonstante (z. B. 1 Oxygenatome für ein Eisenatom) abgebildet. Für das Verständnis des makroskopischen Verhaltens von Materialien wie elektrischer Leitfähigkeit (z. B. bei Halbleitern oder Supraleitern), magnetischen, optischen und mechanischen Eigenschaften sind aber die Realstrukturen, d. h. die Abweichungen der Festkörperstruktur von der idealen Gitterstruktur, von entscheidender Bedeutung. Die feinen Details von Realstrukturen (Korngrenzen, Defekte) können bis heute in der Regel nicht mit einem Elektronenmikroskop dargestellt werden. Dazu ist eine Vergrößerung von bis zu 10<sup>7</sup> mal notwendig, 0,17 nm auf besser als 0,13 nm notwendig, 0,1 nm sind äußerst wünschenswert. Es ist unmöglich, von einem beispielsweise in einer Kleinbildkamera unscharf aufgenommenen Negativ durch entgegengesetztes »Unschärfstellen« des Vergrößerungsgerätes ein scharfes Bild zu erzeugen. Eben so ist es nicht möglich, die Schärfe eines Bildes in einem Elektronenmikroskop nachträglich zu verbessern. Der Grund liegt darin, daß Abbildung ein wellenoptischer Prozeß ist, der dem Intensitätsverlust durch die Beugung an den Gitterstrukturen entspricht. Die Lichtwellenlänge, in dem registrierten Wellenfeld. In einem



Der Blick auf die Atome im »CM 30 FEG Special Tübingen« im Institut für Angewandte Physik.

herkömmlichen Bild ist jedoch nur die Intensität gespeichert; die Bildphase fehlt, steht also für den Prozeß des »Scharfstellens« nicht zur Verfügung. Der ungarische Physiker Dennis Gabor (Nobelpreis 1972) schlug das Verfahren der Holographie vor: Durch Interferenz der Bildwelle mit einer Referenzwelle wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Intensität und Bildphase gespeichert sind. Durch den Einsatz eines Referenzstrahls beim Nachbilden des Hologramms wird das ursprüngliche Bild nachträglich scharf gestellt werden. Bezogen auf die Problematik der Bildschärfe in Elektronenmikroskopie läßt sich die Holographie in Analogie zur Holographie im Lichtmikroskop übertragen. Umgenommen wurde, lassen sich Bildfehler (z. B. Öffnungsfehler und Defokussierung) nachträglich korrigieren.

Die jahrzehntelange Erfahrung des Instituts für Angewandte Physik in der Wellenoptik mit Elektronen – insbesondere mit dem Elektronenbiprisma nach Möllenstedt – führte zur Entwicklung von Hochauflösungs-Elektronenmikroskopie. Elektronenmikroskopie hoher Qualität zu erzeugen. Zur Rekonstruktion der Objektstruktur durch Hologrammverfahren ist es notwendig, die Entwicklung des Elektronenbiprismas und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

## Viermillionenfache Vergrößerung durch Holographie

Seit 1983 wurden – unter Förderung seitens der Körber-Stiftung des Deutschen Forschungsinstituts – in der Physik des Instituts für Angewandte Physik ein Elektronenmikroskop mit einem 100 kV Elektronenmikroskop die Grundlagen dieser neuen Methode gelegt und an die Grenzen der Wellenlänge von 0,037 nm (0,037 nm = 0,037 nm) durch die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch bis in die Grenze, die durch die Farnteller des Mikroskops gegeben ist. Weiterentwicklung und Optimierung sind speziell für die Holographie konzipierten Elektronenmikroskop möglich.

Um die neuen Möglichkeiten der Holographie bis in den Bereich von 0,1 nm auszuerschöpfen, sind Anforderungen an die Qua-

lität des zur Aufnahme des Hologramms benutzten Elektronenmikroskops zu stellen, die bislang von keinem käuflichen Elektronenmikroskop erfüllt werden: Bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV muß es mit einer hochkohärenten Feldemissions-Elektronenquelle ausgestattet sein, die für wellenoptische Experimente mit Elektronen unverzichtbar ist. Darüber hinaus müssen die Hologramme bei einer Vergrößerung bis zu 10<sup>7</sup> mal abgebildet werden können. Das Mikroskop muß Anforderungen an die mechanische und elektrische Stabilität erfüllen, die über das bisher übliche hinausgehen. Bei derartigen Anforderungen ist ein erheblicher Finanzierungsaufwand von Seiten der DFG und Projektmitteln aus einem EG-Projekt (Brite/Euram) gebaut: Von der Firma Philips-Eindhoven (NL) wurde ein 300 kV Elektronenmikroskop mit einer speziell entwickelten Feldemissions-Elektronenquelle (FEG) angeschafft. Die Vergrößerung bis zu 10<sup>7</sup> mal ist durch die Entwicklung des Elektronenbiprismas und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

Die Entwicklung der Holographie in der Physik des Instituts für Angewandte Physik wurde durch die Unterstützung der Körber-Stiftung ermöglicht. Das Mikroskop kann in hohem Maße frei von Bodenruhe, Vibrationen und elektromagnetischen Störungen betrieben werden.

Prof. Dr. Hannes Lichte, Institut für Angewandte Physik

## Neue Studentenstatistik: Nochmals mehr Studenten in Tübingen

In der Studentenstatistik setzt sich die Tendenz der letzten Semester auch im laufenden Jahr fort. Im Herbst 1983 sind 21.767 neue Studierende in Tübingen immatrikuliert gegenüber dem Wintersemester 1982/83 nochmals ein leichter Zuwachs von 194 (0,7%) Einschreibungen und damit ein neuer Höchststand erreicht. Wie bereits im letzten Sommersemester ging dabei die Zahl der Erstimmatrikulierten zurück: von 2560 auf 2415. Demgegenüber stieg die Zahl der Rückmeldungen von 21.767 auf 22.110. Dies ist wieder auf den starken Zugang an Erstsemestern in den Jahren 1990 und 1991 zurückzuführen. Konstant blieb die Zahl der Studienortwechsler: 1683 gegenüber 1687 vor einem Jahr. Deutlich zugenommen hat nochmals die Zahl der ausländischen Studierenden: Ihre Zahl stieg um 10% von 1872 auf 2063.



Silizium-Kristallgitter; jeder weiße Punkt repräsentiert ein Silizium-Atom.

## Lucas-Preis 1993 an André Chouraqui, Mittler zwischen den Religionen

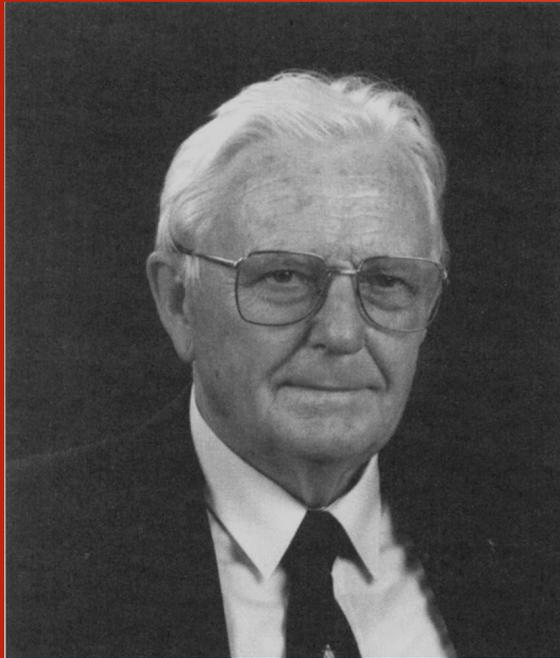
Der mit 50.000 DM dotierte Dr. I. Lucas-Preis geht im Jahr 1993 an den ersten, Schriftsteller, Bibel- und Korsetzer Nathan André Chouraqui, hält den Preis für sein literarisches Werk ein. Der Preis wird für den Einsatz für Frieden und Harmonie zwischen den Religionen vergeben. Die Preisverleihung findet am 13. März statt.

Der Dr. Leopold-Lucas-Preis würdigt die hervorragende Leistung im Gebiet der Theologie, der Geschichte, der Geschichtsforschung der Philosophie und ehrt dabei ihre Persönlichkeiten, die zur Förderung der Beziehungen zwischen Mensch und Mensch wesentlich beigetragen haben. Der Preis wird für die Verbreitung des Toleranzgedankens vergeben. Zu den Preisträgern gehören namhafte Persönlichkeiten wie Karl Rahner, Sir Edmund Hillary, Leopold Senghor, XIV. Dalai Lama. Die Auszeichnung wurde 1972 von Generalkonsul I. Lucas, Ehrensenator der Eberhard Universität, zum 100. Geburtstag in Theresienstadt umgekommenen des jüdischen Gelehrten und Rabbiners Dr. Leopold Lucas, gestiftet. Die jüdisch-Theologische Fakultät vergibt den Preis im Namen der Universität Tübingen.

Im Herbst des Jahres 1993 aus der jüdischen Nordafrika- und Arabienfamilie, ist 1917 in Marokko geboren und dort aufgewachsen. Höhere Schulbildung erhielt er in Marokko, in Paris studierte er Jura und trieb rabbinische Studien. Seine jüdische Karriere wurde durch die Verfolgung der Juden in Frankreich unter der deutschen Besatzung unterbrochen. Chouraqui von 1942 bis 1945 in der Résistance. 1945 kehrte er in seinen Heimatland zurück. 1950 bis 1956 war er Vizepräsident des Komitees der nichtstaatlichen Organisationen in der UNICEF-UNAC und in dieser Eigenschaft ein Programm der Bekämpfung des Trachoms vorzuführen. Er erkrankte an einer Augenkrankheit. Seit 1970 ist er in Tübingen. Von 1965 bis 1970 war er in Jerusalem tätig für kulturelle Angelegenheiten für internationale und interkonfessionelle Beziehungen. Chouraqui Bücher in fünfzehn Sprachen übersetzt, mehrere französische Preise gewonnen.

Bewußt sich der jüdischen, arabischen und französischen Kultur zu fühlend, versucht Chouraqui, ein besseres Verständnis bei Juden, Christen und Muslimen für ihre Nachbarreligionen zu wecken. Dem dienen auch seine Übersetzungen arabischer mittelalterlicher Schriftsteller, vor allem aber auch die Übersetzung des Neuen Testaments und des Korans aus den Ursprachen ins Französische.

# Gottfried Möllenstedt



Gottfried Möllenstedt  
14.9.1912 - 11.9.1997

## FRESNELScher Interferenzversuch mit einem Biprisma für Elektronenwellen.

In dem in Fig. 1 a dargestellten FRESNELSchen Interferenzversuch verwandelt das Biprisma den mit monochromatischem Licht beleuchteten Spalt in eine kohärente Doppellichtquelle.

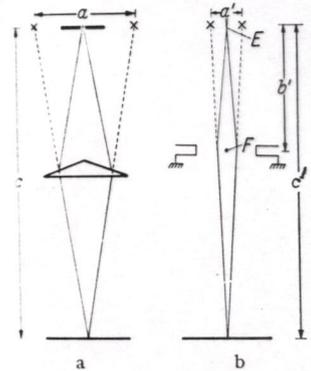


Fig. 1 a u. b. a FRESNELSches Biprisma. *Beispiel:* Abstand: Spalt—Schirm  $c = 100$  cm; Abstand der kohärenten Quellen  $a = 1$  cm; Wellenlänge des Lichtes  $\lambda_L = 5000$  Å; Streifenabstand  $\Delta_L = \lambda_L \cdot c/a = 0,5 \cdot 10^8/10^4 \mu = 50 \mu$ . b Elektronenoptisches Biprisma.  $E = 500$  Å-Elektronenquelle;  $F = 3 \mu$ -Faden an  $+10$  V Spannung. *Beispiel:* Abstand: Elektronenquelle—Schirm  $c' = 23$  cm; Abstand der kohärenten Quellen  $a' = 10 \mu$ ; Abstand: Elektronenquelle—Biprisma  $b' = 5$  cm; Wellenlänge der Elektronen  $\lambda_{el} = 0,07$  Å; Streifenabstand  $\Delta_{el} = \lambda_{el} \cdot c'/a' = 0,07 \cdot 23 \cdot 10^8/10^5 \text{ Å} = 1600$  Å.

Auf dem Beobachtungsschirm entstehen je nach Gangunterschied der beiden Wellenzüge Maxima und Minima, wobei die Interferenzfransen einen Abstand von  $\Delta_L = \lambda_L \cdot c/a$  haben. Aus geometrischen Gründen muß die Spaltbreite kleiner als  $\lambda_L$  sein.

Im folgenden wird gezeigt, daß sich dieser Interferenzversuch der Lichtoptik auch mit Elektronenwellen durchführen läßt. In Fig. 1b ist die Versuchsanordnung für den Inter-

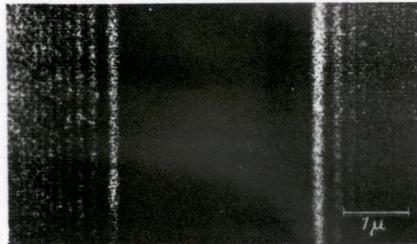


Fig. 2. Schattenwurf des 3 µ-Fadens durch die 500 Å-Elektronenquelle.

ferenzversuch mit Elektronenstrahlen skizziert. Das elektronenoptische Biprisma besteht aus einem isoliert befestigten metallisierten Quarzfaden von 3 µ Dicke und zwei Erdelektroden, die vom Faden einen Abstand von 2 mm haben. Eine Fadenspannung von etwa  $+10$  V bewirkt bereits die gewünschte Strahlumlenkung. Für die in Fig. 1b eingetragenen Abstände errechnet sich für 30 kV-Elektronen eine Streifenbreite von  $\Delta_{el} = \lambda_{el} \cdot c'/a' = 0,07 \cdot 23 \cdot 10^8/10^5 = 1600$  Å. Eine 65fache elektronenoptische Nachvergrößerung ergibt einen Streifenabstand von  $10 \mu$ , der von den üblichen, in der Elektronenmikroskopie benutzten Emulsionen noch aufgelöst wird. Die geometrische Bedingung, daß die Elektronenquelle kleiner

als der Streifenabstand von  $1600$  Å sein muß, wird durch zweistufige Verkleinerung einer üblichen Elektronenquelle auf etwa  $500$  Å erreicht.

In Fig. 2 ist der Schattenwurf des zunächst noch auf Erdpotential befindlichen 3 µ-Fadens durch die 500 Å-Elektronenquelle in 9000facher Vergrößerung wiedergegeben. Die 3,6fache elektronenschattenmikroskopische Vergrößerung wurde mit einer Elektronenlinse 65fach weitervergrößert und schließlich lichtoptisch 40fach nachvergrößert. Beiderseits des Fadens zeigen sich erwartungsgemäß FRESNELSche Beugungssäume. Läßt man jetzt das elektronenoptische Biprisma durch stetige Erhöhung des positiven Fadenpotentials wirksam werden, so wandern die Bildhälften übereinander. Durch diese Überlagerung der beiden kohärenten Wellenzüge erscheint deutlich ein feines äquidistantes Streifensystem. In Fig. 3 sind an die 100 Interferenzstreifen in dem oben berechneten Abstand von  $1600$  Å zu erkennen. Die Kohärenzlänge des Elektronenwellenzuges beträgt also mindestens  $100 \cdot \lambda = 7$  Å.

Das Gelingen dieses Experimentes verdient nach Meinung der Verfasser besondere Aufmerksamkeit im Hinblick auf die aktuelle Frage der Möglichkeit der Interferometrie mit Elektronenwellen. Die bisherige Aufspaltung eines Elektronenstrahls in kohärente Teilstrahlen durch BRAGGSche Reflexio-

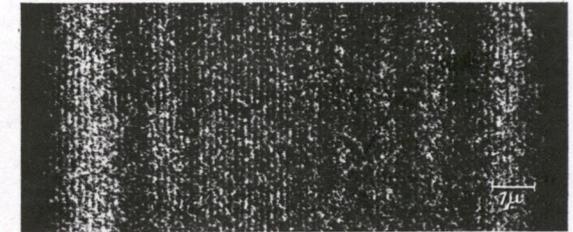


Fig. 3. Mit dem elektronenoptischen Biprisma erzeugte Interferenzstreifen. Strahlspannung 30 kV;  $\lambda_{el} = 0,07$  Å. Vergrößerung 5600fach.

nen<sup>1-4</sup>) wird im elektronenoptischen Biprisma durch bequem einstellbare Potentialfelder geleistet. Über weitere Versuche wird demnächst berichtet.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Firma Carl Zeiss in Oberkochen danken wir für apparative Leihgaben.

Physikalisches Institut der Universität Tübingen, Abteilung für Experimentelle und Angewandte Physik.

G. MÖLLENSTEDT und H. DÜKER.

Eingegangen am 21. Oktober 1954.

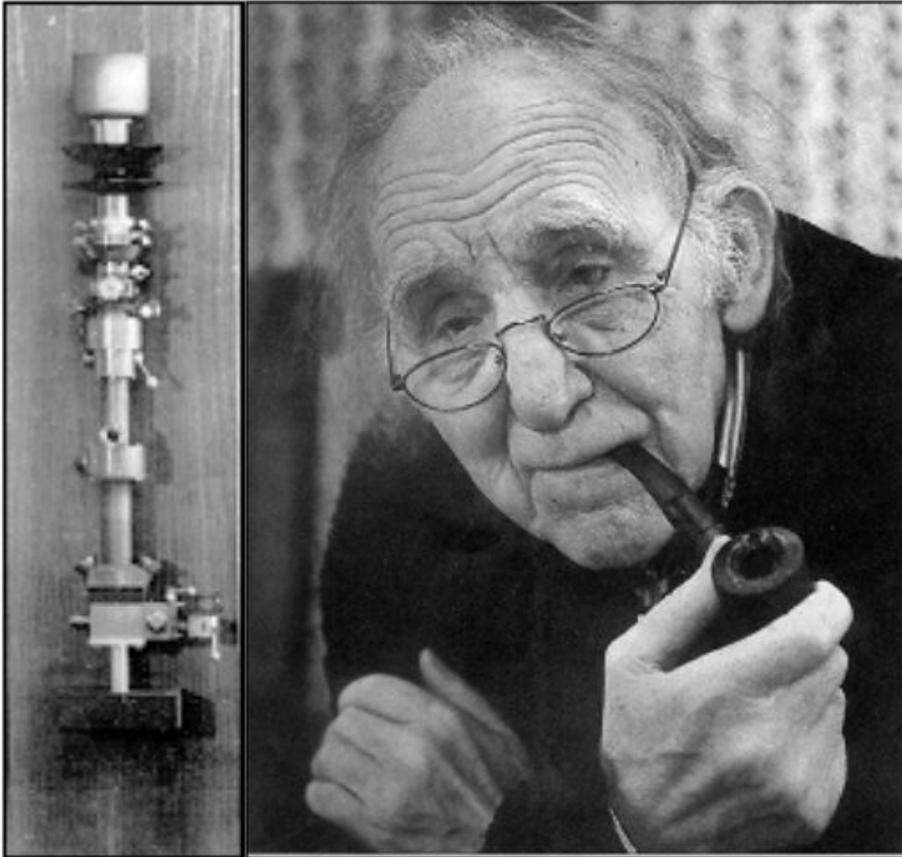
1) MITSUSHI, T., H. NAGASAKI u. R. UYEDA: Proc. Jap. Acad. 27, Nr. 2 (1951).

2) MÖLLENSTEDT, G.: Optik 10, 72 (1953).

3) RANG, O.: Z. Physik 136, 464 (1953).

4) MARTON, L.: Physic. Rev. 90, (1953).

**Prof. Dr. Dr. h.c. Heinz Bethge**  
**(1919 - 2001)**



Director of the Institute of Solid State  
Physics and Electron Microscopy Halle  
until 1984

Director of the International Centre  
(1975 – 1985)

President of the Deutsche Akademie der  
Naturforscher Leopoldina  
(1974 – 1990)

d ihres »isotopischen Fingerabdruck« zugeordnet werden. Die »Fingerabdrücke«, die sich bei Neutronenaktivierungsanalyse und Isotopenbestimmung zeigen, geht »Fall« seiner Aufklärung entgegen: Bewohner von einigen der Troianischen Festungen haben demnach wirkliche »Töpferwaren« made in Argolis« betriebl. Zypriotische Keramik wurde ebenfalls verwendet. Letztere wurde für mehrere Gefäße hergestellt, die in einer Qualität vom Fachmann als »Kopie« in Quarzporzellan angesehen wurden, als gelungene troianische Imitation.

von den Tübinger Geochemikern die Herkunftbestimmung eingeführte Verfahren macht die davor genannten Analysen nicht überflüssig; beste Ergebnisse liefert die Kombination aller Methoden. Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts Geochemie, Prof. Dr. G. F. Ziegler, die eine vielseitige Arbeitsgruppe befaßt, beispielsweise auch mit der Grund- erfahrung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Änderungen sollen künftig ebenfalls beachtet werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelter Herkunft.

Hömke, Dioma I am Zoologisches Institut

In dieser Ausgabe	
Wer töpfernte Troias Keramik?	1
Präkeramische Funde in Orient	7
Neue Ausgrabungen in Syrien	10
Die öffentlichen Haushalte im Blickpunkt	10
Therapie als Wissenschaft	12
Ben liebt Anna	15
Lehrberufene Professoren	18
Preise und Auszeichnungen	20
In memoriam	22
Neu erschienene Bücher Tübinger Autoren	23

# Atome im Kristallgitter scharfstellen

Der »CM 30 FEG Special Tübingen« in der Angewandten Physik macht es möglich

Von Johannes Lichte

*Ein weltweit einzigartiges Gerät, ein Elektronen-Mikroskop für atomar auflösende Kristalle, ist im Institut für Angewandte Physik in Betrieb genommen worden. Das Gerät wurde am 30. Oktober feierlich eingeweiht im Beisein von Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz, dem ehemaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit dem Gerät ist eine Bildgebung mit einer Auflösung bis zu einem zehnmillionstel Millimeter möglich. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Beschaffung des Gerätes unterstützt. Die zur Verfügung gestellt, eine Zusatzausstattung erfolgte durch die EG.*

In einer Welt, die sich bis heute nicht nur bis zur Auflösungsgrenze der halben Licht-Wellenlänge (0,5 µm) sichtbar gemacht werden (1 µm = 1/1000 mm). Die Abbildung feinerer Strukturen ist mit einem Lichtmikroskop prinzipiell nicht möglich.

Die Wellenlänge von Elektronenstrahlen ist etwa 100.000mal kleiner als die von Licht, d. h. weitaus kleiner als die menschlichen Dimensionen. Deshalb sollte ein Elektronenmikroskop eine Verbesserung der Bildschärfe um ein Faktor 100.000 erwarten lassen, die in der Tat erreicht wurde. Durch feinsten atomaren Strukturen erlaubt. (Transmissions-Elektronenmikroskop erfunden von Ernst Ruska [1932], Nobelpreis 1937). Elektronenmikroskop lenken das Objekt in einem weiten Winkel an Atomkernen abgelenkt; in der Art der Ablenkung steckt die den Elektronen aufgeprägte Information über die Objektstruktur, d. h. Anordnung und Art der Atome, Dicke des Objekts etc. Zum Studium der Objektstruktur muß diese Information durch Abbildung des Elektronenbildes auf einen Schirm übertragen werden. In dem Bild wird das Objekt abgebildet. Dazu werden Elektronenlinsen benötigt.

Elektronenlinsen sind in bestimmter Weise geformte elektromagnetische Felder. Sie haben prinzipiell zwei Öffnungsfehler, der die Bildschärfe verschlechtert. Nach jahrzehntelanger Optimierung der Elektronenlinsen ist die theoretisch erreichbare Leistungsgrenze von Elektronenmikroskopen heute praktisch erreicht. Die Grenze liegt bei einer Bildschärfe von etwa 0,17 nm (1 nm = 10<sup>-9</sup> mm). Das ist im Vergleich zum Lichtmikroskop eine Verbesserung um den Faktor 1400; viel mehr ist mit den üblichen Mitteln der Elektronenoptik nicht möglich. Mit großem Erfolg werden damit in vielen Elektronenmikroskopie-Labors

der Welt atomare Strukturen in wohlgeordneten, idealen Kristallen mit hinreichender großer Gitterkonstante (z. B. 1 Oxygenatome) im Abstand von 0,35 nm. Für das Verständnis des makroskopischen Verhaltens von Materialien wie elektrischer Leitfähigkeit (z. B. bei Halbleitern oder Supraleitern), magnetischen, optischen und mechanischen Eigenschaften sind aber die Realstrukturen, d. h. die Abweichungen der Festkörperstruktur von der idealen Gitterstruktur, von entscheidender Bedeutung. Die feinen Details von Realstrukturen (Komplexen, Defekte) können bis heute in der Regel nicht mit einem Elektronenmikroskop dargestellt werden. Dazu ist eine Vergrößerung des Bildes von über 10<sup>6</sup> bis 10<sup>7</sup>mal auf besser als 0,13 nm notwendig, 0,1 nm sind äußerst wünschenswert. Es ist unmöglich, von einem beispielsweise in einer Kleinbildkamera unscharf aufgenommenen Negativ durch entgegengesetztes »Unschärfstellen« des Vergrößerungsgerätes ein scharfes Bild zu erzeugen. Eben so ist es nicht möglich, die Schärfe eines Bildes in einem Elektronenmikroskop nachträglich zu verbessern. Der Grund liegt darin, daß Abbildung ein wellenoptischer Prozeß ist, der dem Intensitätsverlust durch Beugung an den Gitterstrukturen entspricht, die Lichtwellenlänge, in dem registrierten Wellenfeld. In einem



Der Blick auf die Atome im »CM 30 FEG Special Tübingen« im Institut für Angewandte Physik.

herkömmlichen Bild ist jedoch nur die Intensität gespeichert; die Bildphase fehlt, steht also für den Prozeß des »Scharfstellens« nicht zur Verfügung. Der ungarische Physiker Dennis Gabor (Nobelpreis 1927) schlug das Verfahren der Holographie vor: Durch Interferenz der Bildwelle mit einer Referenzwelle wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Intensität und Bildphase gespeichert sind. Durch den Einsatz eines Referenzstrahls beim Nachbilden des Hologramms wird ein Bild nachträglich scharf gestellt werden. Bezogen auf die Problematik der Bildschärfe in Elektronenmikroskopie läßt sich die Holographie in Analogie zur Holographie im Licht übertragen. In der Holographie, umgenommen wurde, lassen sich Bildfehler (z. B. Öffnungsfehler und Defokussierung) nachträglich korrigieren.

Die jahrzehntelange Erfahrung des Instituts für Angewandte Physik in der Wellenoptik mit Elektronen – insbesondere mit dem Elektronenbiprisma nach Möllenstedt – führte zur Entwicklung von Elektronenmikroskopen mit hoher Qualität. Elektronenmikroskope hoher Qualität zu entwickeln. Zur Rekonstruktion der Objektstruktur durch Hologrammverfahren ist es notwendig, die Entwicklung des Elektronenbiprismas und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

## Viermillionenfache Vergrößerung durch Holographie

Seit 1983 wurden – unter Förderung seitens der Körber-Stiftung des Deutschen Forschungsinstituts – in der Physik des Instituts für Angewandte Physik ein Elektronenmikroskop mit einem 100 kV Elektronenmikroskop die Grundlagen dieser neuen Methode gelegt und an die Grenzleistungsfähigkeit des 100 kV Elektronenmikroskops für die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch bis in die Grenze, die durch die Farntoleranz des Mikroskops gegeben ist. Weiterentwicklung und Optimierung sind speziell für die Holographie konzipierten Elektronenmikroskop möglich.

Um die neuen Möglichkeiten der Holographie bis in den Bereich von 0,1 nm auszuerschöpfen, sind Anforderungen an die Qua-

lität des zur Aufnahme des Hologramms benutzten Elektronenmikroskops zu stellen, die bislang von keinem käuflichen Elektronenmikroskop erfüllt werden: Bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV muß es mit einer hochkohärenten Feldemissions-Elektronenquelle ausgestattet sein, die für wellenoptische Experimente mit Elektronen unverzichtbar ist. Darüber hinaus müssen die Hologramme bei einer Vergrößerung bis zu 10<sup>7</sup>mal gegenüber dem Originalobjekt abgebildet werden können. Das Mikroskop muß Anforderungen an die mechanische und elektrische Stabilität erfüllen, die weit über das Übliche hinausgehen. Ein derartiges Mikroskop ist bisher nur durch erheblichem Finanzierungsaufwand von Seiten der DFG und Projektmitteln aus einem EG-Projekt (Brite/Euram) gebaut: Von der Firma Philips-Eindhoven (NL) wurde ein 300 kV Elektronenmikroskop mit einer speziell entwickelten Feldemissions-Elektronenquelle (FEG) angeschafft. Die Vergrößerung bis zu 10<sup>7</sup>mal ist durch die Entwicklung des Elektronenbiprismas und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

Die Entwicklung des Elektronenmikroskops ist ein Projekt, das die optimale Ausnutzung des Mikroskops errichtet. Das Mikroskop kann in hohem Maße frei von Bodenruhe, Vibrationen und elektromagnetischen Störungen betrieben werden.

Prof. Dr. Hannes Lichte, Institut für Angewandte Physik

## Neue Studentenstatistik: Nochmals mehr Studenten in Tübingen

In der Studentenstatistik setzt sich die Tendenz der letzten Semester auch im laufenden Jahr fort. Im ersten Semester 1993/94 stieg die Zahl der Studienanfänger gegenüber dem Wintersemester 1992/93 nochmals im leichter Zuwachs von 194 (0,7%) Einschreibungen und damit ein neues Höchststand erreicht. Wie bereits im letzten Sommersemester ging dabei die Zahl der Erstmatrikulierten zurück: von 2560 auf 2415. Demgegenüber stieg die Zahl der Rückmeldungen von 21 767 auf 22 110. Dies ist wieder auf den starken Zugang an Erstsemestern in den Jahren 1990 und 1991 zurückzuführen. Konstant blieb die Zahl der Studienortwechsler: 1683 gegenüber 1687 vor einem Jahr. Deutlich zugenommen hat nochmals die Zahl der ausländischen Studierenden: Ihre Zahl stieg um 10% von 1872 auf 2063.



Silizium-Kristallgitter; jeder weiße Punkt repräsentiert ein Silizium-Atom.

## Lucas-Preis 1993 an André Chouraqui, Mittler zwischen den Religionen

Der mit 50 000 DM dotierte Dr. I. Lucas-Preis geht im Jahr 1993 an den ersten, Schriftsteller, Bibel- und Korsetzer Nathan André Chouraqui, hält den Preis für sein literarisches Werk, das seinen Einsatz für friedliche Verständigung zwischen den Religionen Preisverleihung findet am 13. März statt.

Der Dr. Leopold-Lucas-Preis würdigt die hervorragende Leistung im Gebiet der Theologie, der Geschichte, der Geschichtsforschung der Philosophie und ehrt dabei ihre Persönlichkeiten, die zur Förderung der Beziehungen zwischen Mensch und Mensch wesentlich beigetragen haben durch Veröffentlichungen und Verbreitung des Toleranzgedankens. Der Preis geht an den verdientesten Namen zu. In diesem Jahr gehören namhafte Persönlichkeiten wie Karl Rahner, Sir Edmund Popper, Leopold Senghor, XIV. Dalai Lama. Die Auszeichnung wurde 1972 von Generalkonsul Dr. Lucas, Ehrensenator der Eberhard Universität, zum 100. Geburtstag in Theresienstadt umgekommenen des jüdischen Gelehrten und Rabbiners Dr. Leopold Lucas, gestiftet. Die theologische Fakultät vergibt den Preis im Namen der Universität Tübingen.

Im ersten Semester des Jahres 1993 aus der Region Nordafrika an der spanischen Familie, ist 1917 in Marokko geboren und dort aufgewachsen. Höhere Schulbildung erhielt er in Frankreich, in Paris studierte er Jura und trieb rabbinische Studien. Seine juristische Karriere wurde durch die Verfolgung der Juden in Frankreich unter der deutschen Besatzung unterbrochen. Chouraqui von 1942 bis 1945 in der Résistance. 1945 kehrte er in seinen Heimatland zurück. 1950 bis 1956 war er Vizepräsident des Komitees der nichtstaatlichen Organisationen in der UNICEF-UNAC und in dieser Eigenschaft ein Programm der Bekämpfung des Trachoms vorzuführen. Er erkrankte an einer Augenkrankheit. Seit 1970 ist er in Tübingen. Von 1965 bis 1970 war er Mitglied der jüdischen Gemeinde in Jerusalem, tätig für kulturelle Angelegenheiten für internationale und interkonfessionelle Beziehungen. Chouraqui Bücher in fünfzehn Sprachen übersetzt, mehrere französische Preise ausgezeichnet.

Bewußt sich der jüdischen, arabischen und französischen Kultur zu fühlend, versucht Chouraqui, ein besseres Verständnis bei Juden, Christen und Muslimen für ihre Nachbarreligionen zu wecken. Dem dienen auch seine Übersetzungen arabischer mittelalterlicher Schriftsteller, vor allem aber auch die Übersetzung des Neuen Testaments und des Korans aus den Ursprachen ins Französische.

23.10.1944 geboren in  
Braunschweig

1964 Abitur, dann Wehrdienst

1966-1972 Physikstudium Kiel

1979-1983 Aufbau eines  
weitauftrennenden  
Elektroneninterferometers /  
Fourier-Spektroskopie und  
Überprüfung Aharonov-  
Bohm Effekt

1983 Akademischer Rat für  
Wissenschaftsverwaltung  
Tübingen

1989 C3-Professur Tübingen

1994 C4-Professur Dresden

2004 Kinderuniversität  
Dresden, Vorlesung "Warum  
paßt der ganze Harry Potter  
auf einen kleinen Chip?"

1972 Diplomarbeit „Ein  
Michelson-Interferometer für  
Elektronen“

1977 Dissertation "Ein  
Auflichtmikroskop für  
Elektronenwellen"

1983 Elektronenholographie  
atomarer Dimensionen

1987 Habilitation Bildebenen-off-  
axis Elektronenholographie  
atomarer Strukturen

2000 Triebenberg Labor

2001 Inelastische  
Elektronenholographie

2002 Elektronenholographie  
ferroelektrischer Materialien

1979 Helmholtz-Preis

1987 Carus Preis

1987 Förderpreis Körber-  
Stiftung

1989 Ernst-Ruska Preis der  
Deutschen Gesellschaft für  
Elektronenmikroskopie

2002 Internationaler Francqui-  
Chair, Uni Antwerpen

2002 Mitglied der Deutschen  
Akademie der Naturforscher  
Leopoldina, Halle

2011 Distinguished Scientist  
Award for Physical Sciences  
der Microscopy Society of  
America

2012 Ehrenmitglied der DGE

# Elektronenspiegel-Mikroskop

84

REINHOLD GODEHARDT

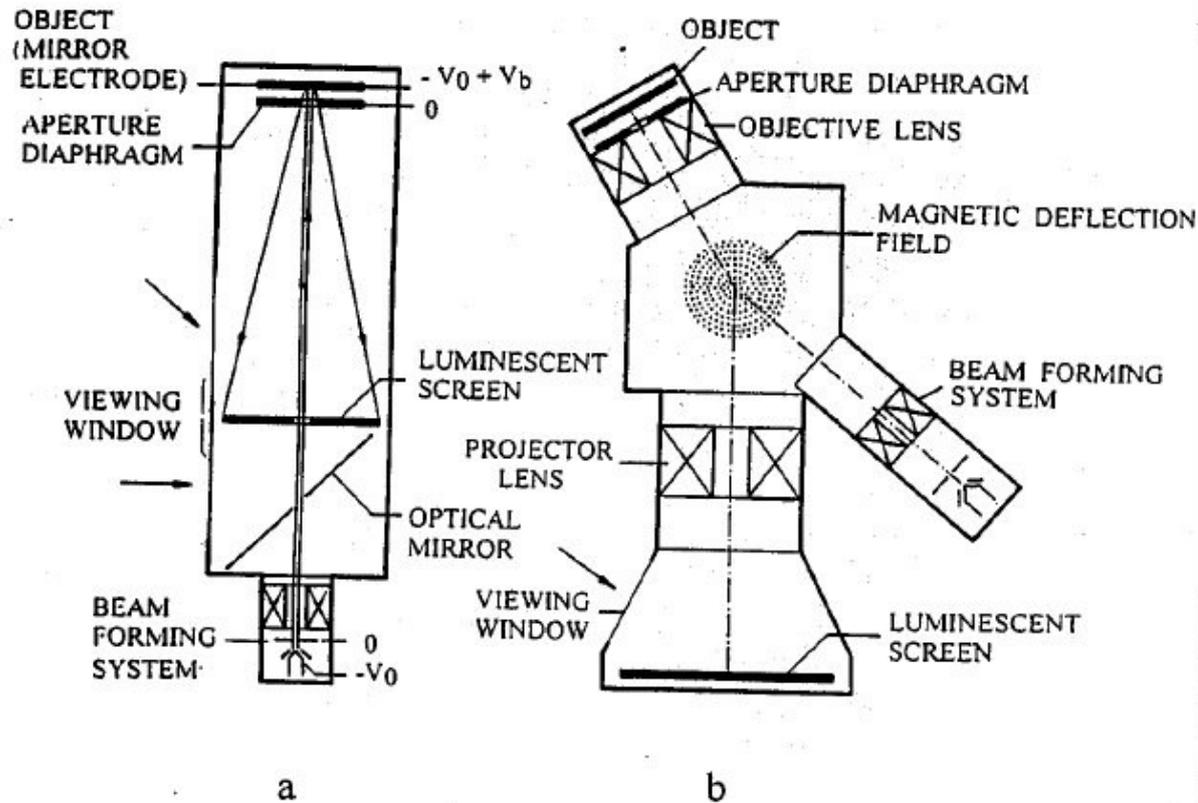
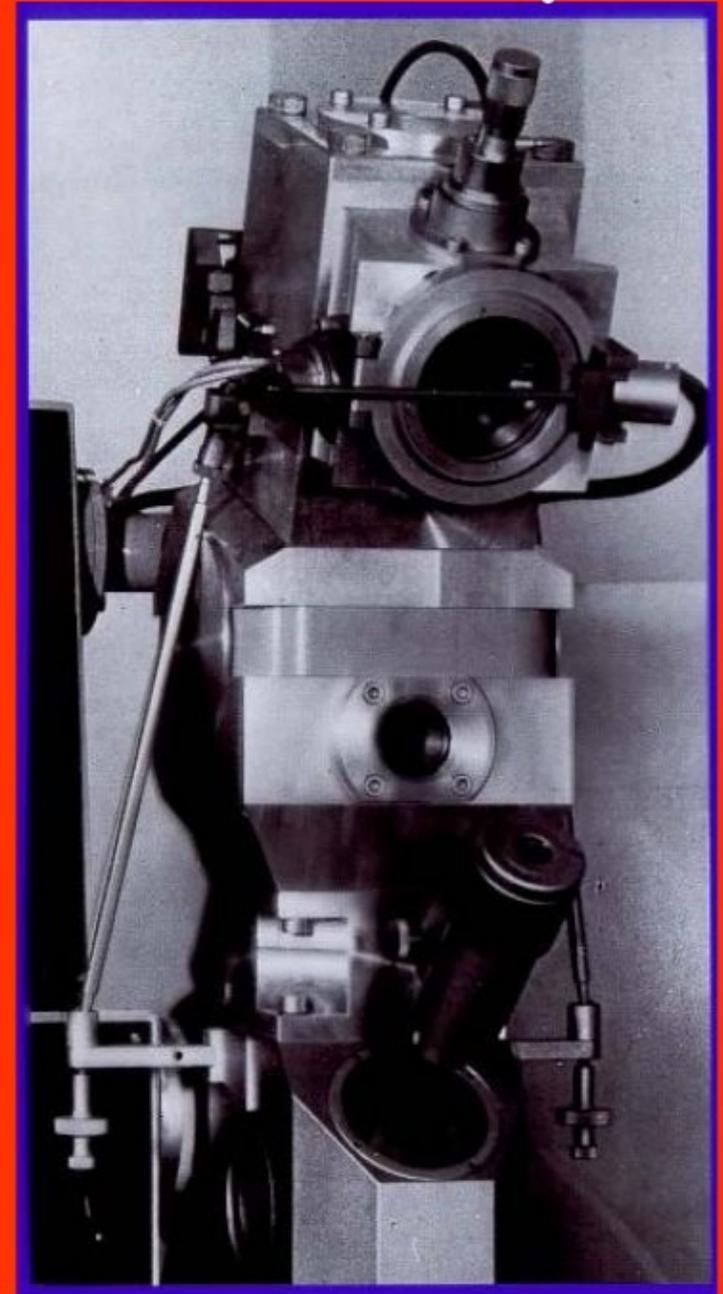
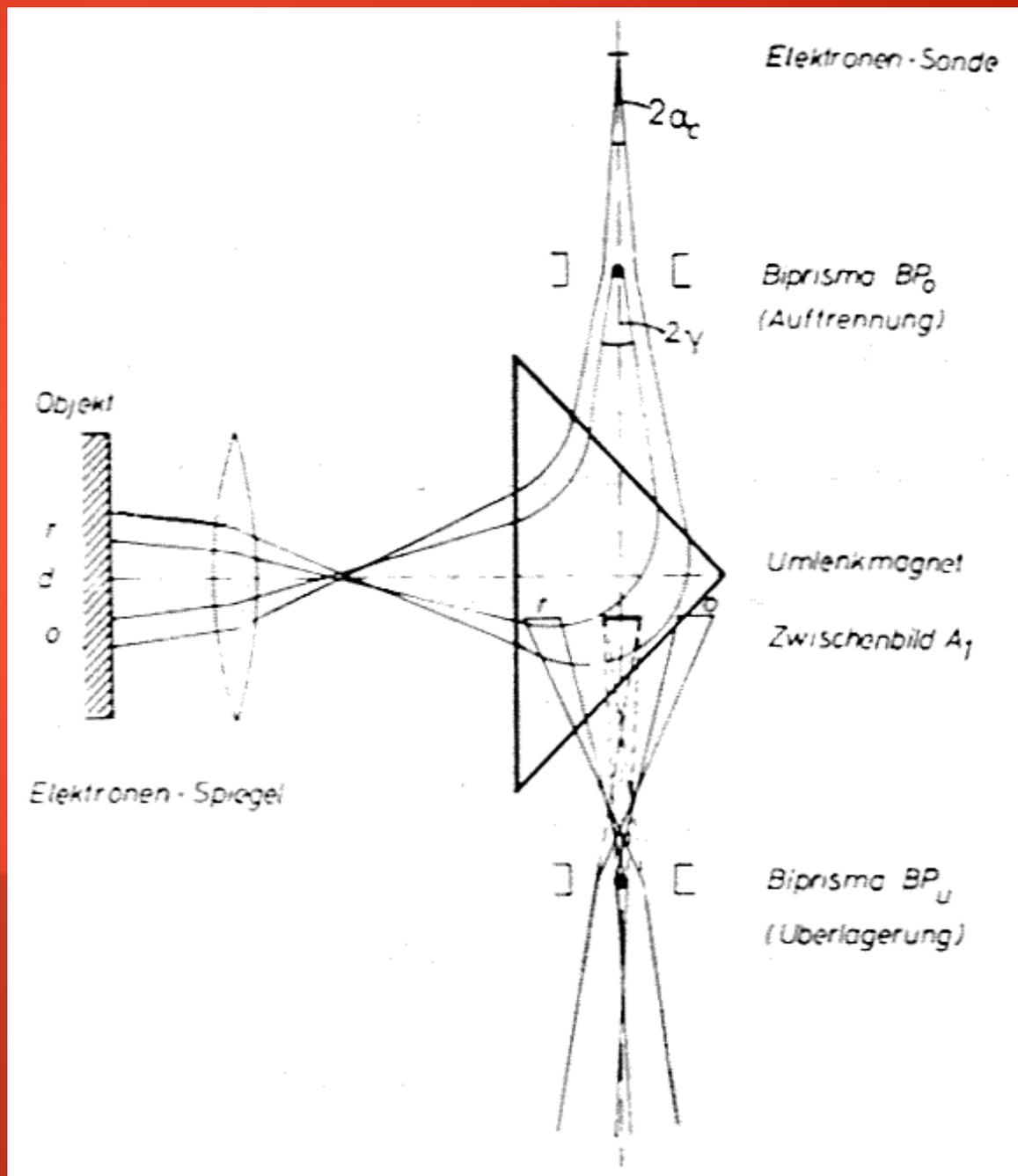
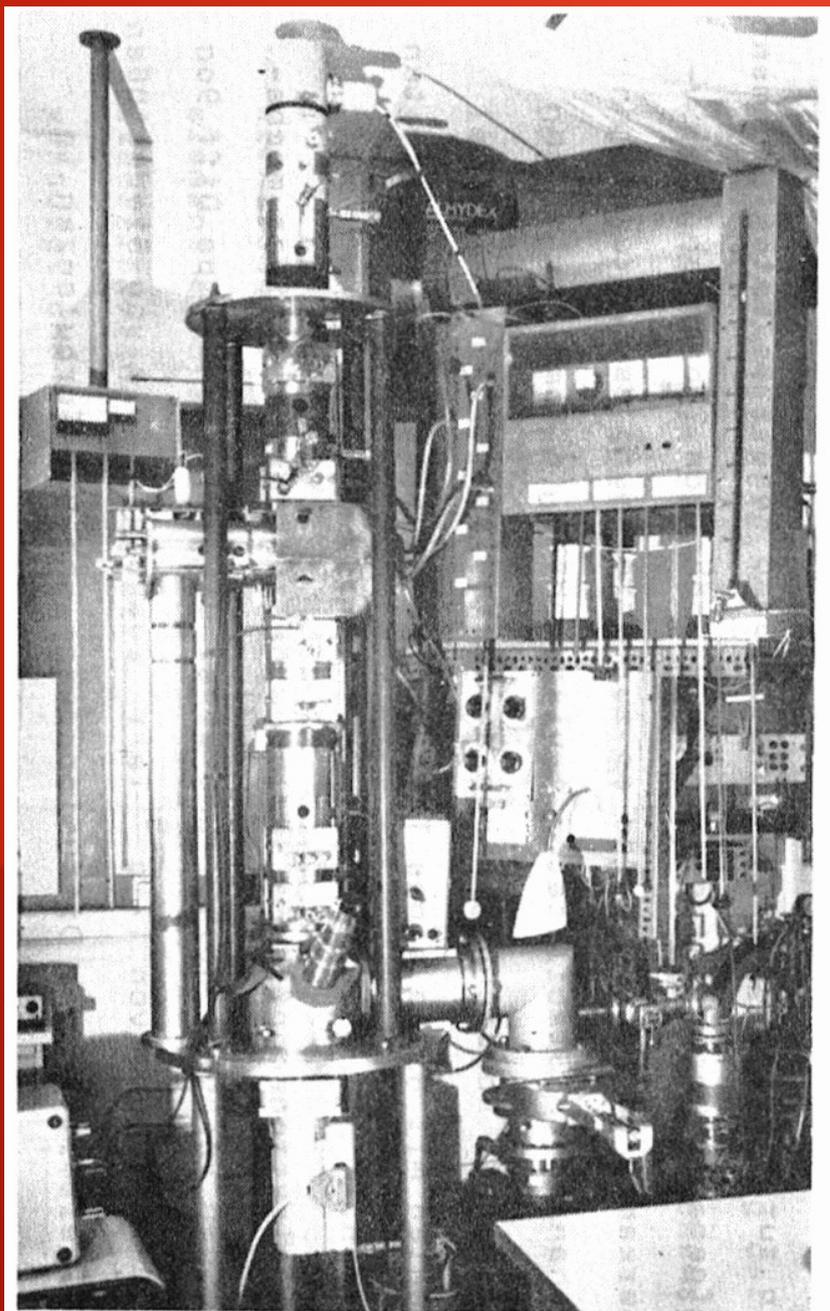


FIGURE 1. Principles of the MEM: (a) "straightforward" arrangement; (b) equipped with a magnetic prism (deflection field). (From Bethge and Heydenreich, 1987; courtesy of J. Heydenreich.)



# Dissertation: Das Auflicht-Interferenzmikroskop



Beginn Physikstudium Kiel  
**1966**

Geboren in  
Braunschweig **1944**

Umzug nach Karlsruhe  
**1955**  
Abitur **1964**

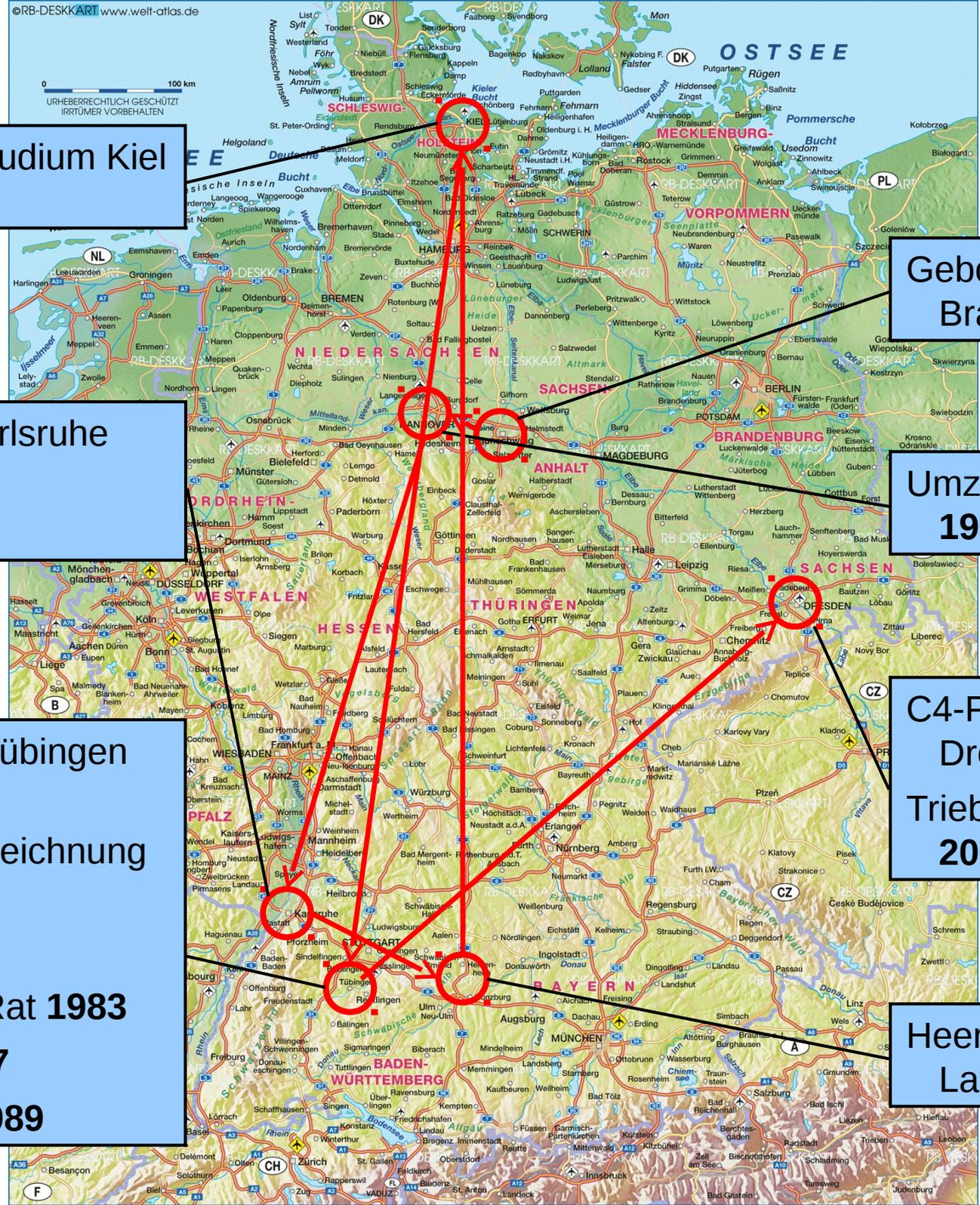
Umzug nach Hannover  
**1951**

Wechsel nach Tübingen  
**1967**  
Diplom mit Auszeichnung  
**1972**

C4-Professur in  
Dresden **1994**  
Triebenberg Labor  
**2000**

Promotion **1977**  
Akademischer Rat **1983**  
Habilitation **1987**  
C3-Professur **1989**

Heeresflieger  
Laupheim **1964**



# trial-and-error image analysis

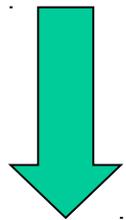
1. object  
modeling



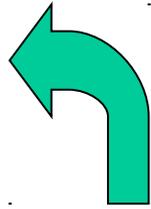
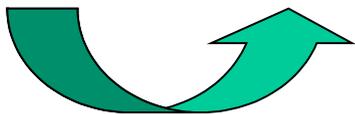
2. wave  
simulation



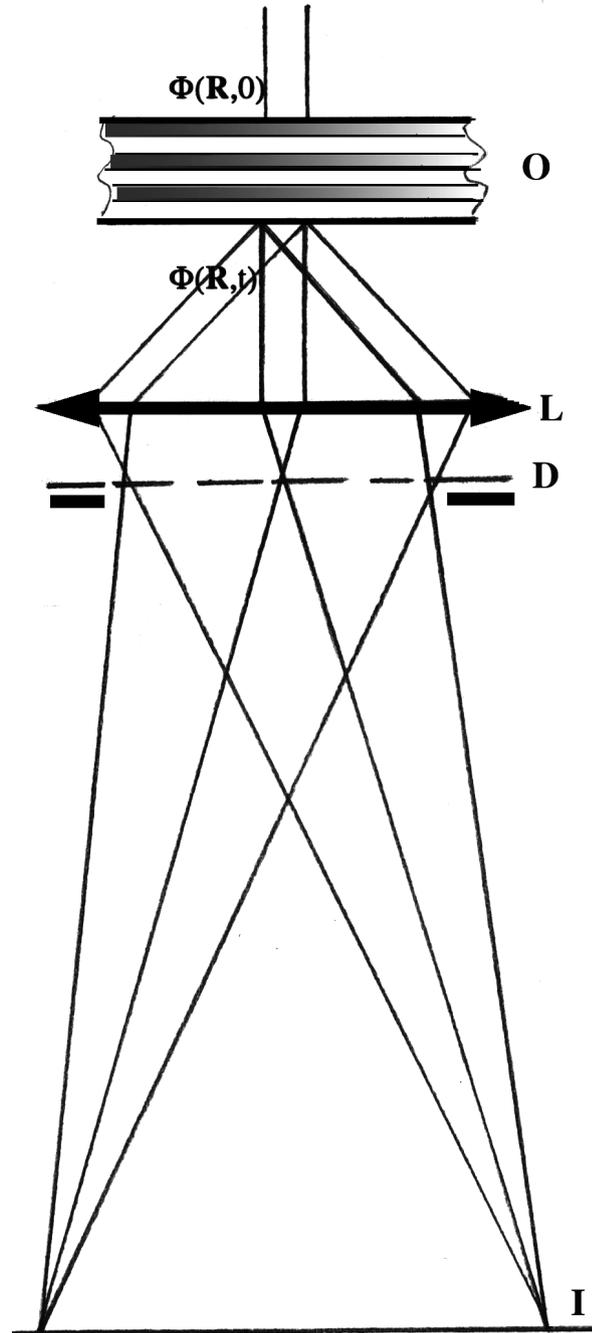
3. image  
process



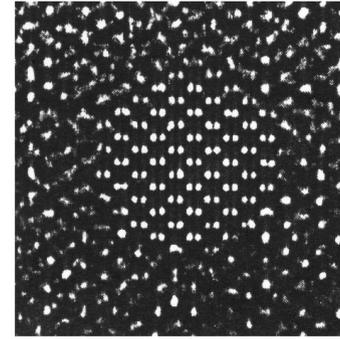
4. likelihood  
measure



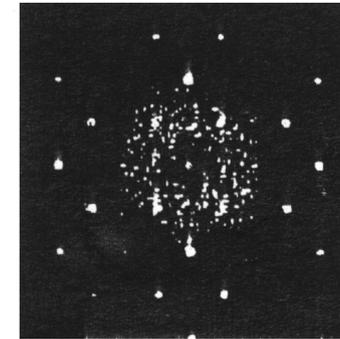
r  
e  
p  
e  
t  
i  
t  
i  
o  
n



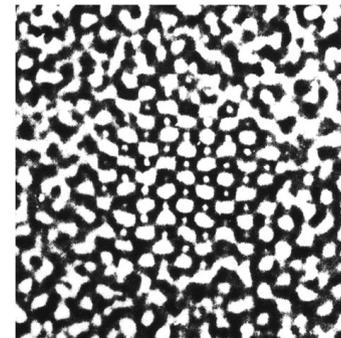
Potential



Diffraction



Image

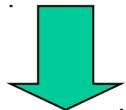


# trial-and-error image analysis

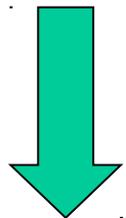
1. object  
modeling



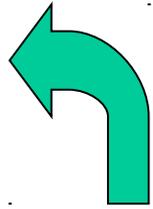
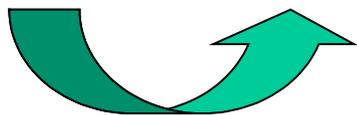
2. wave  
simulation



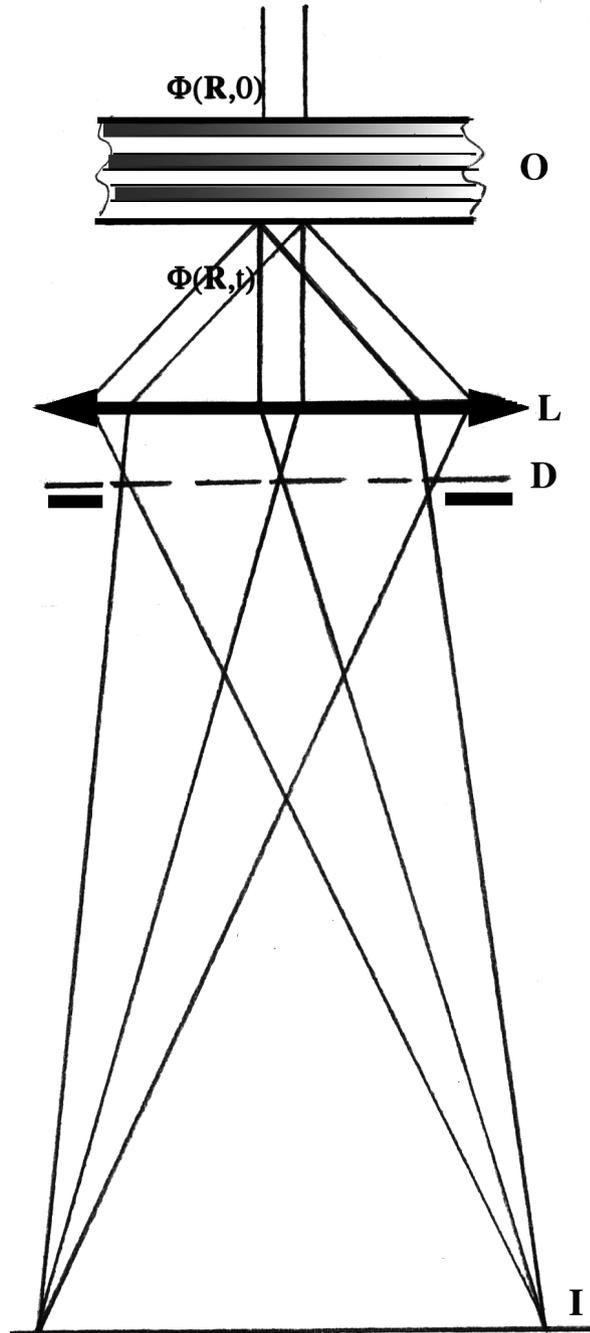
3. image  
process



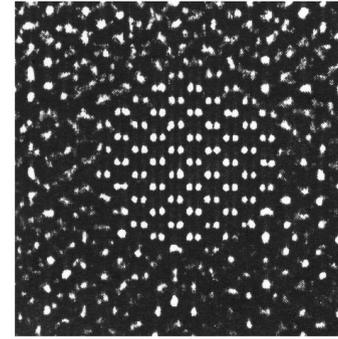
4. likelihood  
measure



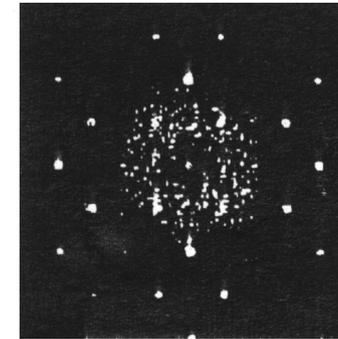
r  
e  
p  
e  
t  
i  
t  
i  
o  
n



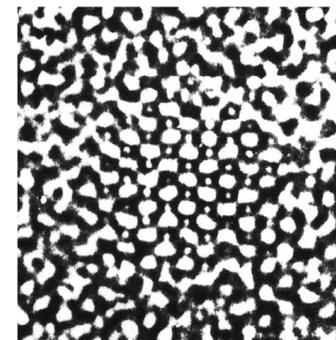
Potential



Diffraction

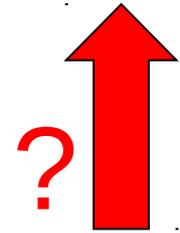


Image



direct object  
reconstruction

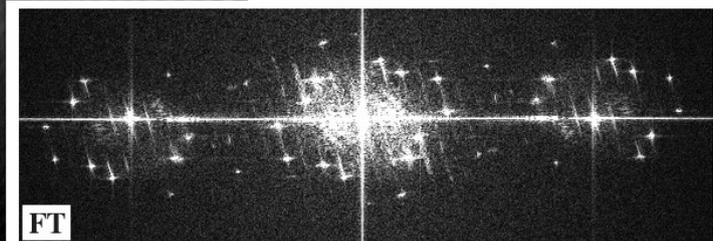
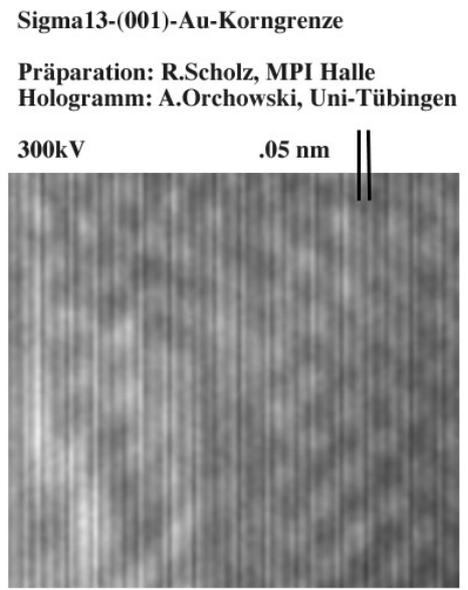
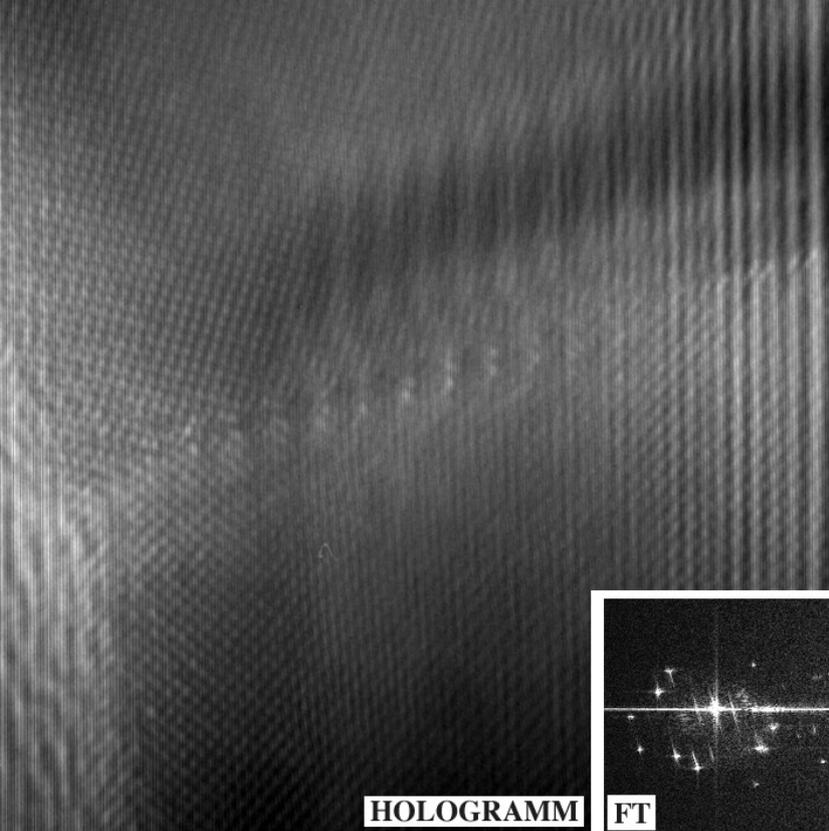
parameter &  
potential  
reconstruction



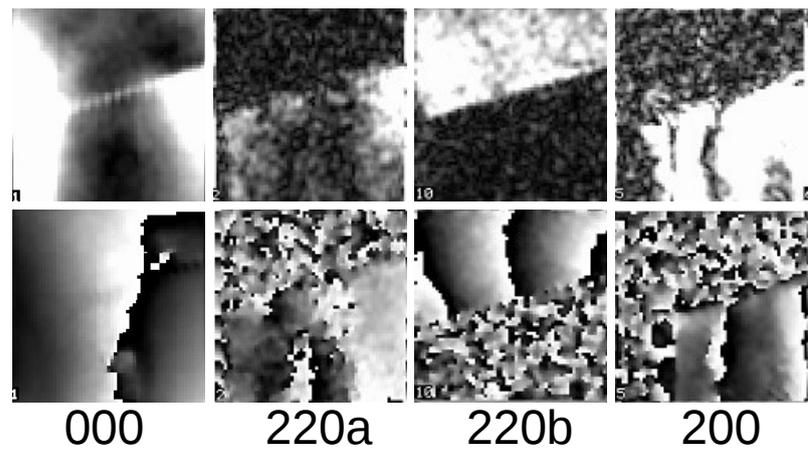
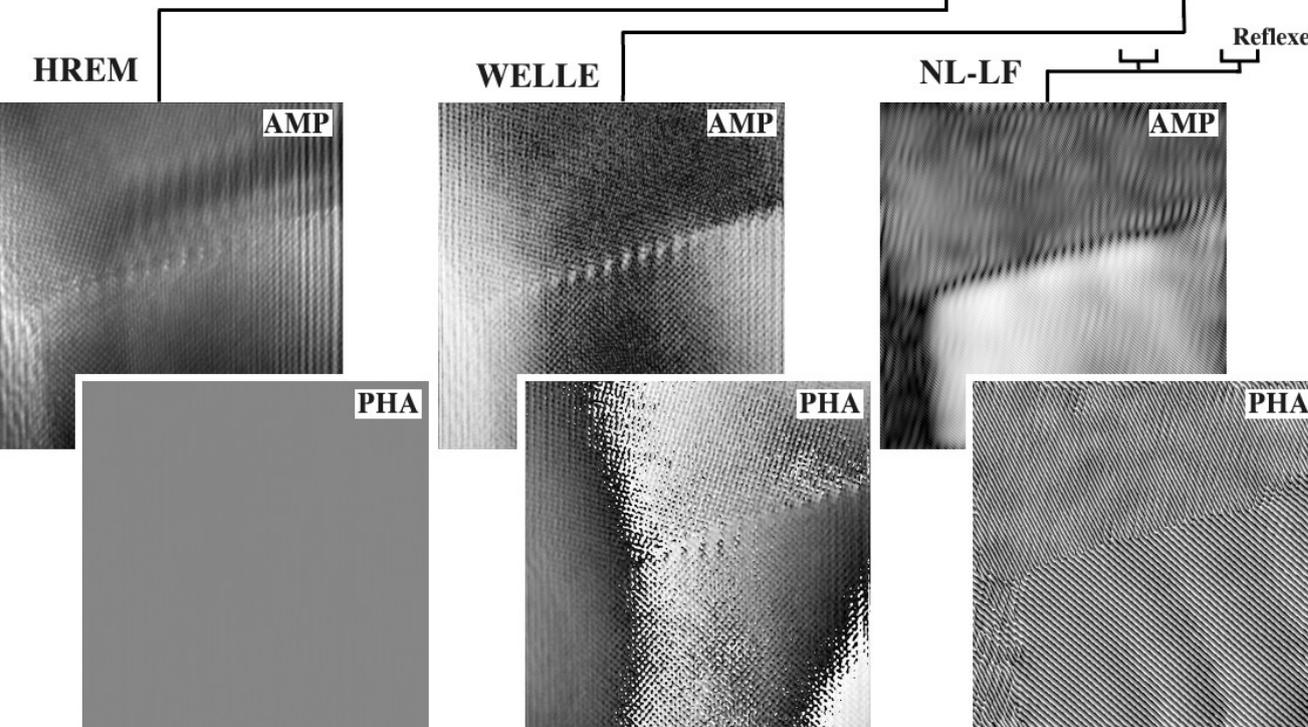
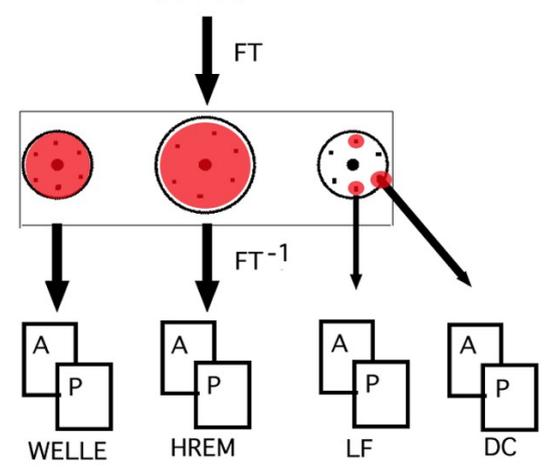
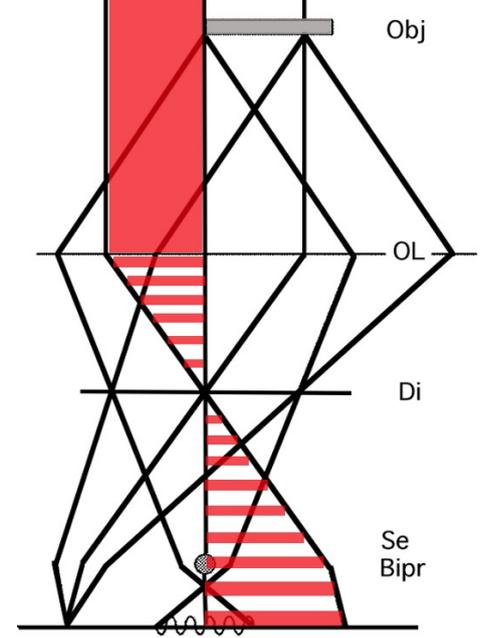
wave  
reconstruction



image



Autokorrelation      Seitenband

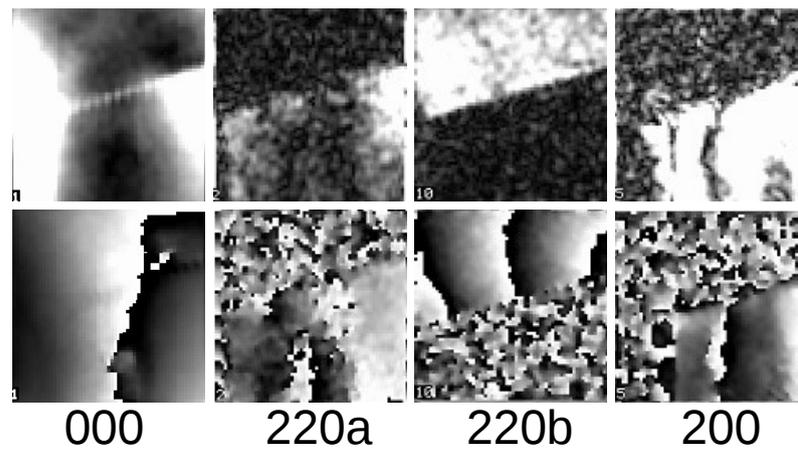
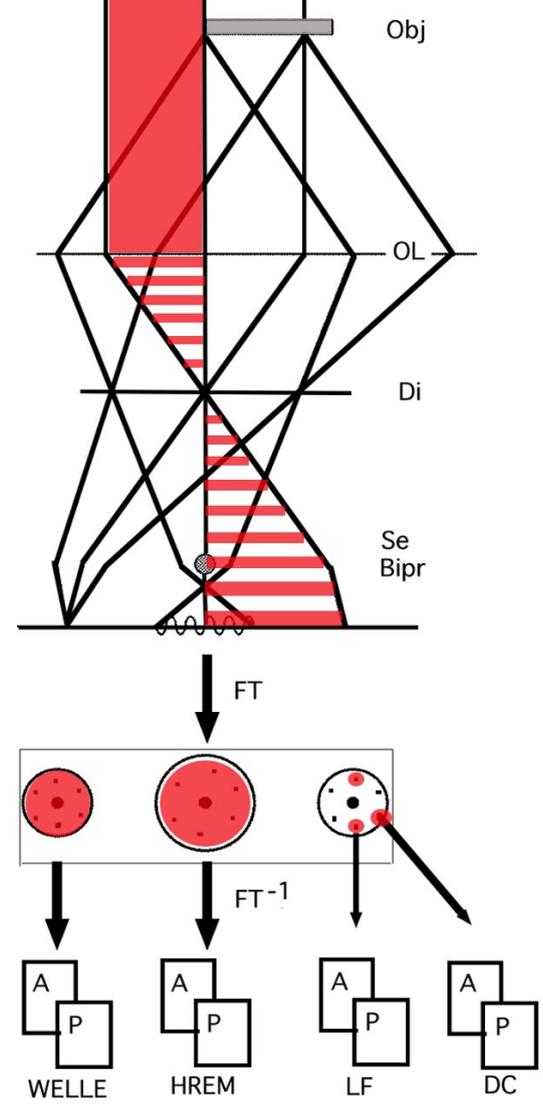


Sigma13-(001)-Au-Korngrenze  
 Präparation: R.Scholz, MPI Halle  
 Hologramm: A.Orchowski, Uni-Tübingen  
 300kV .05 nm

# VW-Stiftung will unterstützen

Hannover (ADN) Die Volkswagen-Stiftung will ein Sofortprogramm zur Förderung der Infrastruktur der Universitäten und Technischen Hochschulen der DDR einrichten. Das beschloß das Kuratorium auf seiner jüngsten Sitzung „in Erwartung einer für die Wissenschaft günstigen Entwicklung in der DDR“. Wie aus einer Pressemitteilung weiter hervorgeht, werden dafür zunächst zehn Millionen DM zur Verfügung gestellt.

LDZ  
 7.12.89



HREM

AM

band

Reflexe

IP

PHA

d ihres »isotopischen Fingerabdruck« zugeordnet werden. Die »Fingerabdrücke«, die sich bei Neutronenaktivierungsanalyse und Isotopenbestimmung zeigten, geht »Fall« seiner Aufklärung entgegen: Bewohner von einigen der Troianischen Festungen haben demnach wirkliche »Töpferwaren« made in Argolis« betriebl. Zypriotische Keramik wurde ebenfalls verwendet. Letztere wurde für mehrere Gefäße hergestellt, die in einer Qualität vom Fachmann als »Kopie« von den Tübinger Geochemikern zur Herkunftsbestimmung eingeführt wurden. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hilfe für die Archäologen ist nur eine Aktivität des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs archäologische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grundgerätforschung durch Deponien und »gegenannt« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unserer Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

# Atome im Kristallgitter scharfstellen

Der »CM 30 FEG Special Tübingen« in der Angewandten Physik macht es möglich

Von Johannes Lichte

Ein weltweit einzigartiges Gerät, ein Elektronen-Mikroskop für atomar auflösende Kristalle, ist im Institut für Angewandte Physik in Tübingen im Aufbau. Das Gerät wird in Betrieb genommen. Das Gerät wurde am 30. Oktober feierlich eingeweiht im Beisein von Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz, dem ehemaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit dem Gerät ist eine Bildgebung mit einer Auflösung bis zu einem zehnmillionstel Millimeter möglich. Die Dünnschichttechnik ermöglicht die Herstellung von Dünnschichten des Objekts aus einem Material zur Verfügung gestellt, eine Zusatzausstattung erfolgt durch die EG.

In einer Auflösung bis zu einem zehnmillionstel Millimeter ist es möglich, die Atome im Kristallgitter scharfstellen. Die Abbildung feinerer Strukturen ist mit einem Lichtmikroskop prinzipiell nicht möglich.

Die Wellenlänge von Elektronenstrahlen ist etwa 100.000mal kleiner als die von Licht, d. h. weit kleiner als die Abmessungen. Deshalb sollte ein Elektronenmikroskop eine Verbesserung der Bildschärfe um ein Faktor 100.000 erwarten lassen, die in der Tat erreicht wurde. Durch feinstere Atomare Strukturen erlaubt. (Transmissions-Elektronenmikroskop erfunden von Ernst Ruska [1932], Nobelpreis 1937). Elektronenmikroskop lenken das Objekt in einem Winkel von einem Atomkern abgelenkt; in der Art der Ablenkung steckt die den Elektronen aufgeprägte Information über die Objektstruktur, d. h. Anordnung und Art der Atome, Dicke des Objekts etc. Zum Studium der Objektstruktur muß diese Information durch Abbildung des Elektronenbildes auf einen Schirm übertragen werden. Dazu werden Elektronenlinsen benötigt.

Elektronenlinsen sind in bestimmter Weise geformte elektromagnetische Felder. Sie haben prinzipiell zwei Öffnungsfehler, der die Bildschärfe verschlechtert. Nach jahrzehntelanger Optimierung der Elektronenlinsen ist die theoretisch erreichbare Leistungsgrenze von Elektronenmikroskopen heute praktisch erreicht. Die Grenze liegt bei einer Bildschärfe von etwa 0,17 nm (1 nm = 10<sup>-9</sup> mm). Das ist im Vergleich zum Lichtmikroskop eine Verbesserung um den Faktor 1400; viel mehr ist mit den üblichen Mitteln der Elektronenoptik nicht möglich. Mit großem Erfolg werden damit in vielen Elektronenmikroskopie-Labors

der Welt atomare Strukturen in wohlgeordneten, idealen Kristallen mit hinreichender großer Gitterkonstante (z. B. 1 nm) abgebildet. Für das Verständnis des makroskopischen Verhaltens von Materialien wie elektrischer Leitfähigkeit (z. B. bei Halbleitern oder Supraleitern), magnetischen, optischen und mechanischen Eigenschaften sind aber die Realstrukturen, d. h. die Abweichungen der Festkörperstruktur von der idealen Gitterstruktur, von entscheidender Bedeutung. Die feinen Details von Realstrukturen (Komplexen, Defekten) können bis heute in der Regel nicht mit einem Elektronenmikroskop dargestellt werden. Dazu ist eine Vergrößerung von bis zu 10<sup>7</sup>mal notwendig, 0,17 nm auf besser als 0,13 nm notwendig, 0,1 nm sind äußerst wünschenswert. Es ist unmöglich, von einem beispielsweise in einer Kleinbildkamera unscharf aufgenommenen Negativ durch entgegengesetztes »Unschärfstellen« des Vergrößerungsgerätes ein scharfes Bild zu erzeugen. Eben so ist es nicht möglich, die Schärfe eines Bildes in einem Elektronenmikroskop nachträglich zu verbessern. Der Grund liegt darin, daß Abbildung ein wellenoptischer Prozeß ist, der dem Intensitätsumsatz in der Wellenlänge des Lichtes entspricht, in dem registrierten Wellenfeld. In einem

Elektronenmikroskop ist die Wellenlänge des Lichtes durch die Wellenlänge der Elektronen ersetzt. Die Wellenlänge der Elektronen ist durch die Wellenlänge des Lichtes ersetzt, in dem registrierten Wellenfeld. In einem



Der Blick auf die Atome im »CM 30 FEG Special Tübingen« im Institut für Angewandte Physik.

herkömmlichen Bild ist jedoch nur die Intensität gespeichert; die Bildphase fehlt, steht also für den Prozeß des »Scharfstellens« nicht zur Verfügung. Der ungarische Physiker Dennis Gabor (Nobelpreis 1927) schlug das Verfahren der Holographie vor: Durch Interferenz der Bildwelle mit einer Referenzwelle wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Intensität und Bildphase gespeichert sind. Durch den Prozeß des »Scharfstellens« wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Intensität und Bildphase gespeichert sind. Durch den Prozeß des »Scharfstellens« wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Intensität und Bildphase gespeichert sind.

Die jahrzehntelange Erfahrung des Instituts für Angewandte Physik in der Wellenoptik mit Elektronen – insbesondere mit dem Elektronenbiprisma nach Möllenstedt – hat zur Entwicklung von Hochspannungselektronenmikroskopen hoher Qualität geführt. Zur Rekonstruktion der Objektstruktur durch Hologrammrekonstruktion ist ein Verfahren entwickelt worden, das die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch bis in die Grenze der durch die Farnelektromikroskopie gegebenen Wellenlänge der Elektronen und dem Prinzip der Holographie kopierbaren Elektronenmikroskop möglich.

## Viermillionenfache Vergrößerung durch Holographie

Seit 1983 wurden – unter Förderung seitens der Körber-Stiftung des Deutschen Forschungsrates – in der Abteilung für Holographie ein Elektronenmikroskop mit einem 300 kV Elektronenmikroskop die Grundlagen dieser neuen Methode gelegt und an die Grenzwellenlänge des Lichtes angeschlossen. Die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch bis in die Grenze der durch die Farnelektromikroskopie gegebenen Wellenlänge der Elektronen und dem Prinzip der Holographie kopierbaren Elektronenmikroskop möglich.

Um die neuen Möglichkeiten der Holographie bis in den Bereich von 0,1 nm auszuschöpfen, sind Anforderungen an die Qualität des zur Aufnahme des Hologramms benutzten Elektronenmikroskops zu stellen, die bislang von keinem käuflichen Elektronenmikroskop erfüllt werden: Bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV muß es mit einer hochkohärenten Feldemissions-Elektronenquelle ausgestattet sein, die für wellenoptische Experimente mit Elektronen unverzichtbar ist. Darüber hinaus müssen die Hologramme bei einer Vergrößerung bis zu einem Faktor 10<sup>7</sup> auf einem Schirm abgebildet werden können. Das Mikroskop muß Anforderungen an die mechanische und elektrische Stabilität erfüllen, die über das von üblichen Instrumenten erzielbare hinausgehen. Ein derartiges Instrument ist bisher noch nicht vorhanden. Ein erheblicher Finanzierungsaufwand von Seiten der DFG und Projektmitteln aus einem EG-Projekt (Brite/Euram) gebaut: Von der Firma Philips-Eindhoven (NL) wurde ein 300 kV Elektronenmikroskop mit einer speziell entwickelten Feldemissions-Elektronenquelle (FEG) angeschafft. Die Vergrößerung bis zu einem Faktor 10<sup>7</sup> ist durch die Entwicklung des Elektronenbiprismas (Biprisma) und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.



Silizium-Kristallgitter; jeder weiße Punkt repräsentiert ein Silizium-Atom.

lität des zur Aufnahme des Hologramms benutzten Elektronenmikroskops zu stellen, die bislang von keinem käuflichen Elektronenmikroskop erfüllt werden: Bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV muß es mit einer hochkohärenten Feldemissions-Elektronenquelle ausgestattet sein, die für wellenoptische Experimente mit Elektronen unverzichtbar ist. Darüber hinaus müssen die Hologramme bei einer Vergrößerung bis zu einem Faktor 10<sup>7</sup> auf einem Schirm abgebildet werden können. Das Mikroskop muß Anforderungen an die mechanische und elektrische Stabilität erfüllen, die über das von üblichen Instrumenten erzielbare hinausgehen. Ein derartiges Instrument ist bisher noch nicht vorhanden. Ein erheblicher Finanzierungsaufwand von Seiten der DFG und Projektmitteln aus einem EG-Projekt (Brite/Euram) gebaut: Von der Firma Philips-Eindhoven (NL) wurde ein 300 kV Elektronenmikroskop mit einer speziell entwickelten Feldemissions-Elektronenquelle (FEG) angeschafft. Die Vergrößerung bis zu einem Faktor 10<sup>7</sup> ist durch die Entwicklung des Elektronenbiprismas (Biprisma) und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

Die Vergrößerung bis zu einem Faktor 10<sup>7</sup> ist durch die Entwicklung des Elektronenbiprismas (Biprisma) und einer CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

Prof. Dr. Hannes Lichte, Institut für Angewandte Physik

## Neue Studentenstatistik: Nochmals mehr Studenten in Tübingen

In der Studentenstatistik setzt sich die Tendenz der letzten Semester auch im laufenden Wintersemester fort. Im Jahr 1983/84 stieg die Zahl der Studenten gegenüber dem Wintersemester 1982/83 nochmals um leichter Zuwachs von 194 (0,7%) inschreibungen und damit ein neues Höchststand erreicht. Wie bereits im letzten Sommersemester ging dabei die Zahl der Erstmatrikulierten zurück: von 2560 auf 2415. Demgegenüber stieg die Zahl der Rückmeldungen von 21.767 auf 22.110. Dies ist wieder auf den starken Zugang an Erstsemestern in den Jahren 1990 und 1991 zurückzuführen. Konstant blieb die Zahl der Studienortwechsler: 1683 gegenüber 1687 vor einem Jahr. Deutlich zugenommen hat nochmals die Zahl der ausländischen Studierenden: Ihre Zahl stieg um 10% von 1872 auf 2063.

## Lucas-Preis 1993 an André Chouraqui, Mittler zwischen den Religionen

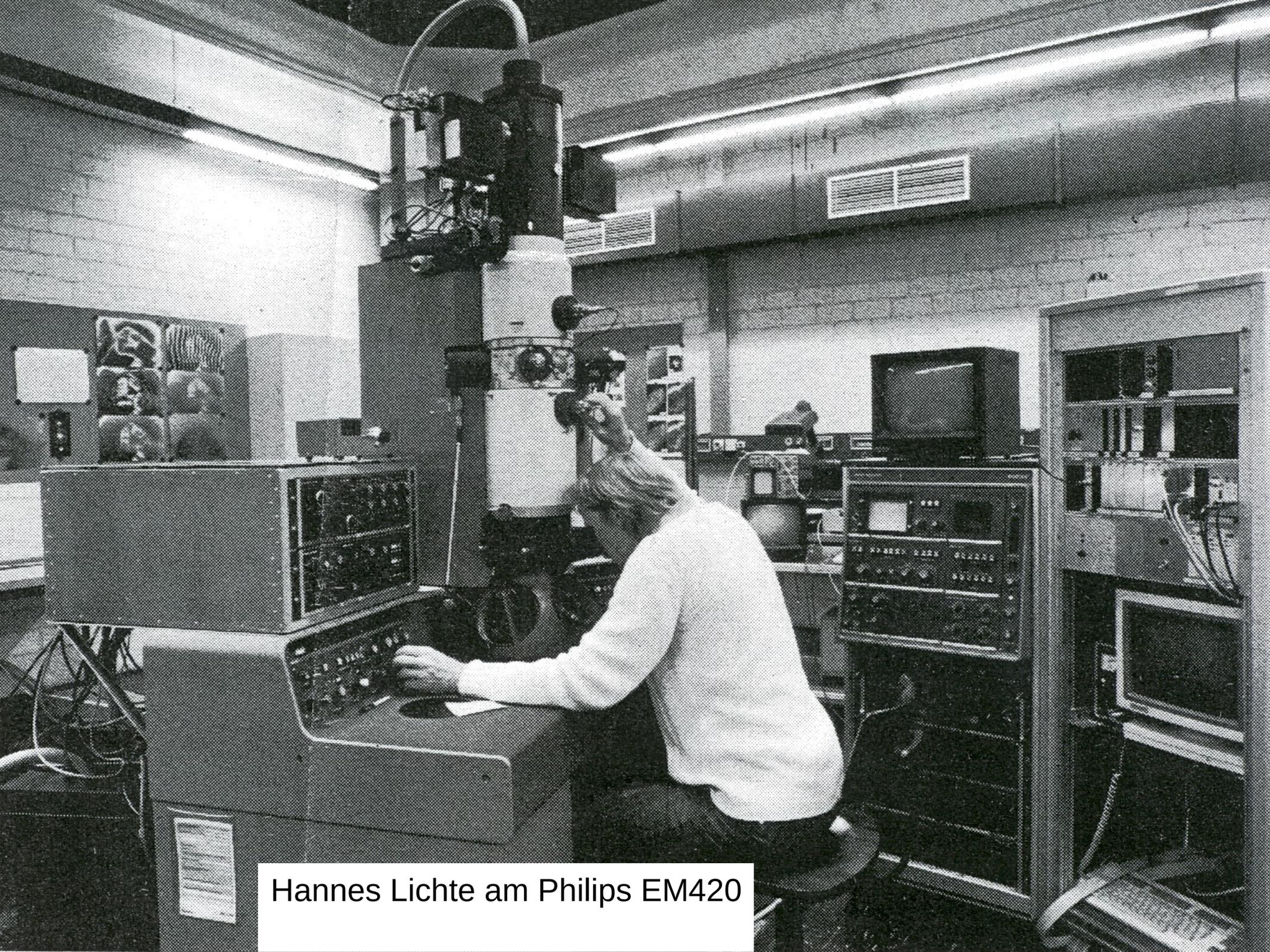
Der mit 50.000 DM dotierte Dr. I. Lucas-Preis geht im Jahr 1993 an den ersten, Schriftsteller, Bibel- und Korsetzer Nathan André Chouraqui, hält den Preis für sein literarisches Werk ein Einsatz für Frieden zwischen den Religionen Preisverleihung findet am 13. März statt.

Der Dr. Leopold-Lucas-Preis würdigt hervorragende Leistungen im Gebiet der Theologie, der Geschichte, der Geschichtsforschung der Philosophie und ehrt dabei ihre Persönlichkeiten, die zur Förderung der Beziehungen zwischen Mensch und Völkern wesentlich beigetragen haben durch Veröffentlichungen und Verbreitung des Toleranzgedankens. Der Preis gehören namhafte Persönlichkeiten wie Karl Rahner, Sir Edmund Popper, Leopold Senghor, XIV. Dalai Lama. Die Auszeichnung wurde 1972 von Generalkonsul I. Lucas, Ehrensenator der Eberhard Universität, zum 100. Geburtstag in Theresienstadt umgekommenen des jüdischen Gelehrten und R. Dr. Leopold Lucas, gestiftet. Die theologische Fakultät vergibt den Preis im Namen der Universität Tübingen.

Im Jahre 1993 wurde der Preis an Nordafrika an den senepardischen Familie, ist 1917 geboren und dort aufgewachsen. Höhere Schulbildung erhielt er in Frankreich, in Paris studierte er Jura, trieb rabbinische Studien. Seine Karriere wurde durch die Verfolgung der Juden in Frankreich unter der deutschen Besatzung unterbrochen. Chouraqui von 1942 bis 1945 in der Résistance. 1945 kehrte er in seinen Heimatland. 1950 bis 1956 war er Vizepräsident des Komitees der nichtstaatlichen Organisationen in der UNICEF-UNAC in dieser Eigenschaft ein Programm der Bekämpfung des Trachoms vorzuführen. Augenkrankheit. Seit 1958 hat er in Tübingen bis 1965 bis 1975 in Jerusalem. Er ist Mitglied für kulturelle Angelegenheiten für internationale und interkonfessionelle Beziehungen. Chouraqui Bücher in fünfzehn Sprachen übersetzt, mehreren französischen Preisen ausgezeichnet.

Bewußt sich der jüdischen, arabischen und französischen Kultur zu fühlend, versucht Chouraqui, ein besseres Verständnis bei Juden, Christen und Muslimen für ihre Nachbarreligionen zu wecken. Dem dienen auch seine Übersetzungen arabischer mittelalterlicher Schriftsteller, vor allem aber auch die Übersetzung des Neuen Testaments und des Korans aus den Ursprachen ins Französische.

In dieser Ausgabe	
Wer töpfernte Troias Keramik?	1
Präkeramische Funde in Orient	7
Neue Ausgrabungen in Syrien	10
Die öffentlichen Haushalte im Blickpunkt	10
Therapie als Wissenschaft	12
Ben liebt Anna	15
Lehrberufene Professoren	18
Preise und Auszeichnungen	20
In memoriam	22
Neuere Tübinger Autoren	23



Hannes Lichte am Philips EM420



Interferenzen im Elektronenspiegelmikroskop

Potential und Oberflächenprofile im Elektronenspiegel mit Biprisma

CCD-Kamera anstelle Fotoplatte

Numerische Hologrammrekonstruktion / Programmentwicklung

Optimierung  
der Parameter  
von Abbildung  
und Biprisma:  
Lichte-Fokus

Rekonstruktion mit neuronalen Netzwerken

Holographie  
mit atomarer  
Auflösung

Holographie im STEM

CM30-Special Tübingen

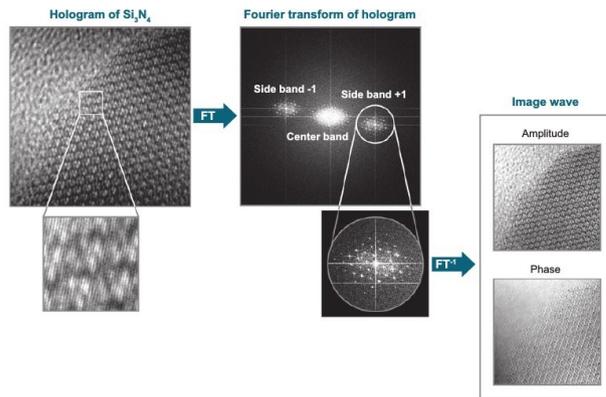
Mikrobeugung

BRITE/EURAM

Proteine, Biomaterialien, Legierungen, Ferroelektrika, Magnetisierung

Elektronenholographie in Festkörperphysik und Materialforschung





**Figure 4**  
Reconstruction of image wave from hologram. The hologram is Fourier transformed (FT), the side band +1 is cut out as subimage, centered on axis, and inversely Fourier transformed ( $FT^{-1}$ ) to real space. There one finds the reconstructed image wave by amplitude and phase.

#### PHASE SHIFT OF ELECTRON WAVES

In general, for electric and magnetic fields given by the electric potential  $V_{el}(x, y, z)$ , and the magnetic field  $\vec{B}_{mag}(x, y, z)$ , respectively, the recorded phase distribution is given by

$$\phi(x, y) = \sigma V_{pot}(x, y) - 2\pi \frac{e}{h} \Phi_{mag}(x, y) \quad 6.$$

Annu. Rev. Mater. Res. 2007.37:539-555 by Deutsche Forschungsgemeinschaft

Annu. Rev. Mater. Res. 2007. 37:539–88

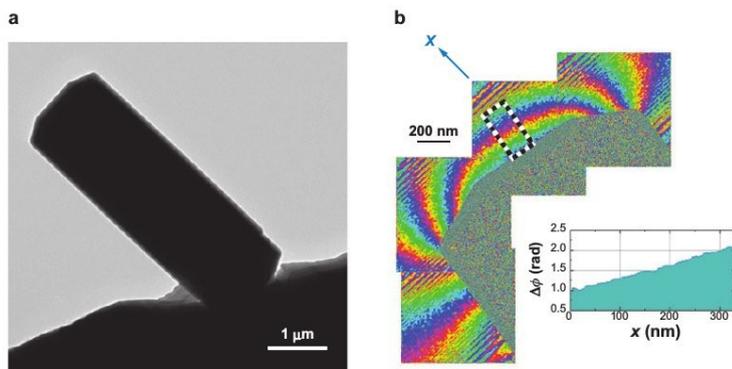
First published online as a Review in Advance on April 10, 2007

The *Annual Review of Materials Research* is online at <http://matsci.annualreviews.org>

This article's doi: 10.1146/annurev.matsci.37.052506.084232

Copyright © 2007 by Annual Reviews. All rights reserved

1531-7331/07/0804-0539\$20.00



**Figure 8**  
(a) Conventional TEM micrograph of a freestanding hexagonal prismatic composite seed. (b) Reconstructed phase image of hologram (eight times amplified) around the upper tip displays a macroscopic electric dipole. The phase profile (taken from the area marked by a dotted rectangle at the basal plane) gives a phase increase of approximately 1 rad per 300 nm, corresponding to approximately 0.13 times the polarization observed for  $BaTiO_3$  ( $P = 0.26 \text{ C m}^{-2}$ ).

# Electron Holography: Applications to Materials Questions

Hannes Lichte,<sup>1</sup> Petr Formanek,<sup>1</sup> Andreas Lenk,<sup>1</sup> Martin Linck,<sup>1</sup> Christopher Matzcek,<sup>1</sup> Michael Lehmann,<sup>2</sup> and Paul Simon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Triebenberg Laboratory, Institute of Structure Physics, Technische Universitaet, D 01062 Dresden, Germany; email: hannes.lichte@triebberg.de

<sup>2</sup>Institute for Optics and Atom Physics, Technische Universitaet, D 10623 Berlin, Germany

<sup>3</sup>Max-Planck Institute for the Chemical Physics of Solids, D 01187 Dresden, Germany

#### Key Words

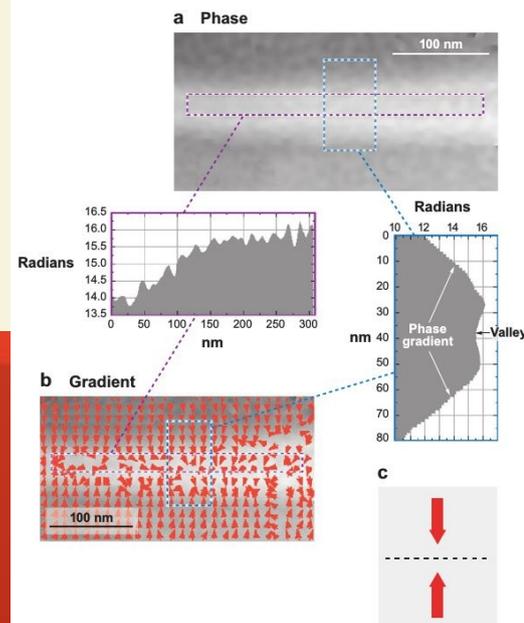
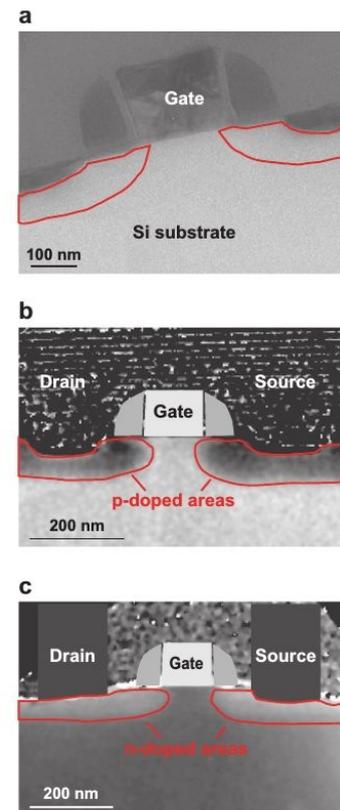
electric fields, magnetic fields, atomic resolution, phase measurements, electron phase, wave optics

#### Abstract

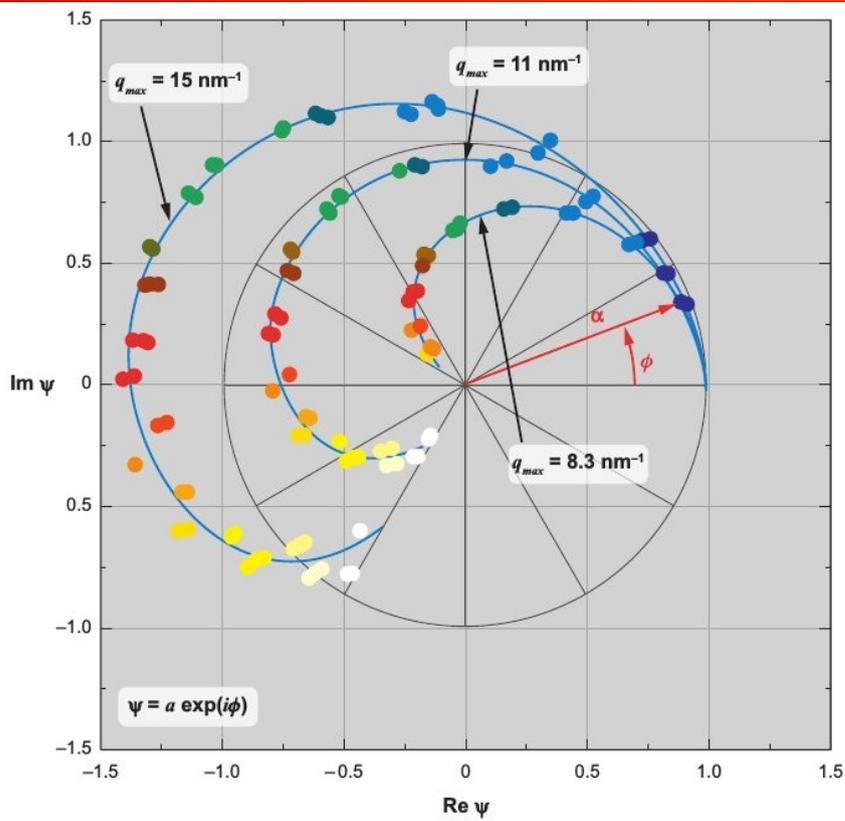
Impressive progress has been made in the processing and exploration of new material on an atomic scale (nanomaterials). However, the characterization of such materials by the usual transmission electron microscopy (TEM) techniques suffers from the drawback that the phase of the object-modulated electron wave is virtually lost in the recorded intensity images. Electron holography has opened possibilities for analyzing both the amplitude and phase of the electron wave, hence giving access to the object information encoded in the wave. Examples include intrinsic electric and magnetic fields, e.g., ferroelectrics or ferromagnetics, which substantially determine the object properties and therefore are indispensable for a complete understanding of structure-properties relations.

**Figure 11**

(a) Bright-field TEM image of a MOS (metal oxide semiconductor) transistor. The frames highlight the supposedly doped areas around source and drain not visible here. (b) Phase image of p-type MOS transistor. (c) Phase image of n-type MOS transistor. Note the reverse contrast of oppositely doped regions (p/n-type doping). Compared with the conventional image in a, implanted source/drain regions produce a substantial contrast.

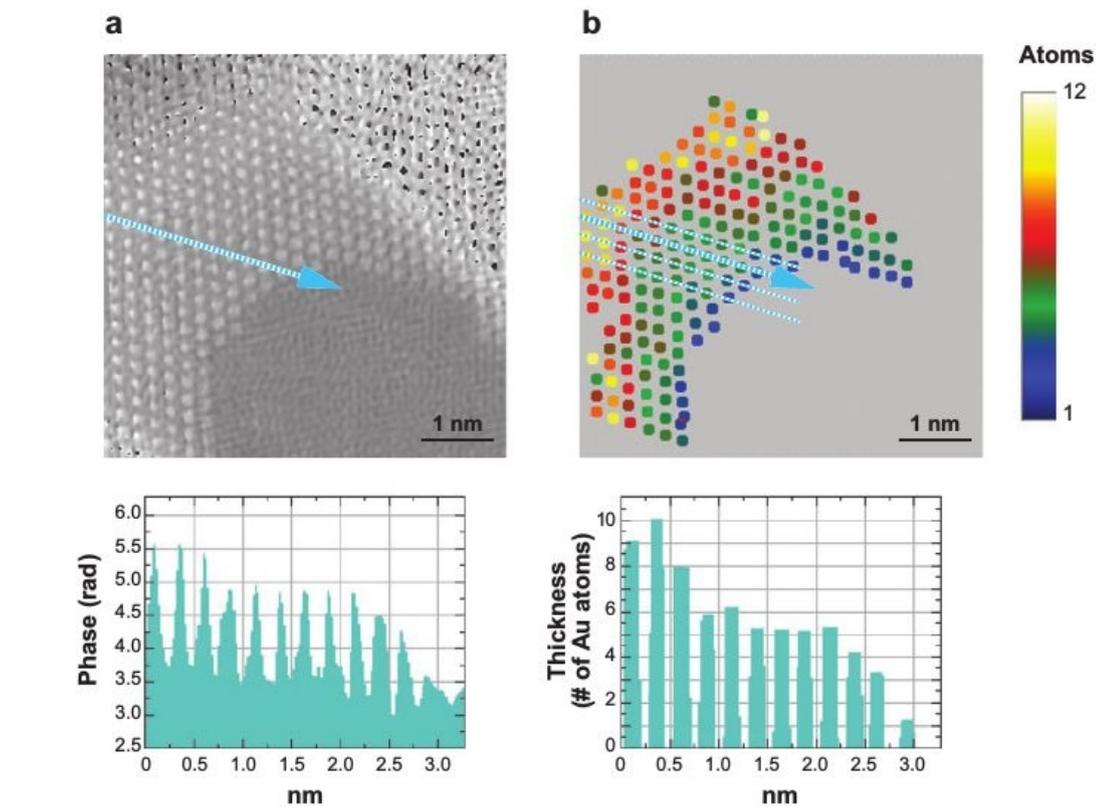


**Figure 21**  
(a) Experimentally found phase image of PZT with phase profiles. There are two evident characteristics in the phase profile: the strong gradient at the edges of the bright band and the valley in the center of the band. (b) Arrow plot of the gradient overlaid to the phase image in a. A first view would bring up the idea of two  $180^\circ$  domains oriented head to head on the right. (c) Scheme of polarization distribution in a and b.



**Figure 35**

Argand plots of simulated object exit waves  $\psi$  depending on maximum spatial frequency  $q_{\max}$ . The colored dots represent the measured amplitude  $a$  and phase  $\phi$  of atomic columns. The specimen thickness increases counterclockwise. Owing to "absorption," the plots are spirals, and hence the measured amplitude decreases with increasing specimen thickness.



**Figure 36**

(a) Reconstructed phase of the object exit wave from an [110]-oriented Au foil. Both coherent and incoherent aberrations are corrected up to the information limit of  $q_{\max} = 8.3 \text{ nm}^{-1}$ . (b) Thickness map determined by quantitative comparison with the correspondingly simulated Argand plot. The specimen thickness decreases from left to right, with discrete numbers of Au atoms in corresponding columns. Note that even one Au atom is detected at the very edge of the Au foil. The specimen was kindly provided by Dr. Christian Kiseleowski, NCEM, Berkeley.

Oktober 1998

### Memorandum

(„Bitte, denken Sie auch daran...“)

#### Sind die ostdeutschen Universitäten noch zu retten?

Der Aufbau Ost ist im Bereich der Universitäten besonders schwierig: Sie sind bis auf die sogenannten Hochschulaufbauprogramme im wesentlichen auf die Finanzierung durch die neuen Bundesländer angewiesen. Wegen der bekanntermaßen sehr schlechten Finanzsituation – „Sie wissen doch, daß der Freistaat Sachsen arm ist!“ – sind nach meiner Einschätzung die Länder hier hoffnungslos damit überfordert, es den hiesigen Universitäten zu erlauben, auch nur annähernd an die westlichen Universitäten aufzuschließen.

Wie Sie sicher sehr richtig bemerken, ist im Osten sehr viel geschehen, viel ist investiert worden. Allerdings müssen Sie auch bedenken, was insgesamt zu tun ist, und wo die Mittel bislang investiert wurden. Es gibt mittlerweile einige wenige Einrichtungen in der Forschungslandschaft des Osten, die – von Infrastruktur, Haushalten und Personalausstattung her gesehen – denen im Westen in nichts nachstehen, so daß sie sich inzwischen auch eine entsprechende wissenschaftliche Reputation erwerben konnten. Hierzu gehören insbesondere die außeruniversitären Forschungseinrichtungen der Max Planck Gesellschaft, der Fraunhofer Gesellschaft und der Leibniz-Gesellschaft (Blaue Liste). In den seltensten Fällen dürfen sich aber universitäre Einrichtungen der Neuen Bundesländer zu diesem Kreis der angemessen Geförderten zählen – allerdings habe ich bisher nur die Universitäten in Rostock, Greifswald, Cottbus, Halle, Chemnitz und Dresden kennengelernt, und kann meine Lagebeurteilung nur auf deren Zustand abstützen.

Die Ausgangssituation der Universitäten der Neuen Bundesländer war naturgemäß nach der Wiedervereinigung bedeutend schlechter als die der westlichen Universitäten. Es mußte und muß aber das politische Ziel sein, dieses dramatische West-Ost-Gefälle abzubauen: Es kann nicht erwünscht sein, daß die Forschungs- und Lehrmöglichkeiten auf Dauer in dieser beträchtlichen Schiefelage fixiert bleiben. Tatsache ist jedoch, daß das Gefälle nach anfänglichem Investitionsschub substanzuell nicht weiter reduziert, sondern eher wieder vergrößert wird. Um die Standards in Ost denen in West wirklich anzugleichen, sind noch viele Milliarden für die Universitäten der Neuen Bundesländer zusätzlich nötig. Universitäten sind Angelegenheit der Länder, und darin liegt der Kern des Problems: Wegen der noch retardierten industriellen Leistungskraft der Neuen Länder reichen die Finanzmittel der Neuen Bundesländer nicht aus, öffentliche Belange wie beispielsweise ihre Universitäten so zu fördern, wie dies selbst unter den gegenwärtigen „knappen“ Haushalten beispielsweise in Baden-Württemberg oder Bayern noch geschieht. Im Vergleich zur alten Bundesrepublik schreitet die Verelendung der Ost-Universitäten unaufhaltsam voran – und niemand läßt einen Schrei los. In der Tat ist dies der einzige Punkt, in dem bei sonst sehr guter Atmosphäre die Kollegen aus Ost und West an unserer Fakultät wirklich konträrer Meinung sind: Für einen „gelernten“

Dresden University of Technology, D- 01062 Dresden

Prof. Dr. Hannes Lichte

Phone: +49 351 463 6050

Fax: +49 351 463 3199

Hannes.LICHTE@

physik.tu-dresden.de

#### To whom it may concern

Dresden, 20<sup>th</sup> of March 2000  
GERMANY

#### Does evaluation of scientific work make any sense?

For very good reasons, Freedom of Teaching and Research is an old, basic principle of the university (*universitas litterarum*) because scientific knowledge essentially is the pure precipitation of freedom of thoughts by means of a process called creativity. Based on the state of knowledge of his time, a scientist creatively steps into unknown land, tiny step by tiny step, not secured by any safety precautions other than self-control, unflustered from the world around him, only guided by his genius to satisfy his specific curiosity and his individual thirst for knowledge. Fascinated by his visions and forgetting the world around him, he follows his ideas, which to share sometimes he is the only person on the globe. E.g. reportedly, Albert Einstein simply forgot to sleep and to eat when he was caught in one of his very creative phases of work. Creativity is a challenge which needs the protective ivory tower in the university like a young plant needs the greenhouse.

d ihres »isotopischen Fingerabdruck« zugeordnet werden. Die »Fingerabdrücke«, die sich bei Neutronenaktivierungsanalyse und Isotopenbestimmung zeigten, geht »Fall« seiner Aufklärung entgegen: Bewohner von einigen der Troianischen Festungen haben demnach wirkliche »Töpferwaren« made in Argolis« betriebl. Zypriotische Keramik wurde ebenfalls verwendet. Letztere wurde für mehrere Gefäße, die in ihrer Qualität vom Fachmann als »Kopie« angesehen wurden, als gelungene troianische Imitation ent-

von den Tübinger Geochemikern zur Herkunftsbestimmung eingeführte Proben macht die davor genannten Proben nicht überflüssig; beste Ergebnisse liefert die Kombination aller Methoden. Die Hilfe für die Archäologen ist nur eine von den Aktivitäten des jungen Tübinger Instituts für Geochemie. Prof. Ullrichs historische vielseitige Arbeitsgruppe befaßt sich beispielsweise auch mit der Grund- erfahrung durch Deponien und »Gegengenen« »Altlasten«. Klimatische Veränderungen sollen künftig ebenfalls untersucht werden. Vielleicht können die Forschungen dazu beitragen, daß unsere Kultur einmal mehr übrig bleibt als nur ein Häuflein Scherben zweifelhafte Herkunft.

Hömke, Dioma I am Zoologisches Institut

In dieser Ausgabe	
Wer töpfernte Troias Keramik?	1
Präkeramische Funde in Orient	7
Neue Ausgrabungen in Syrien	10
Die öffentlichen Haushalte im Blickpunkt	10
Therapie als Wissenschaft	12
Ben liebt Anna	15
Lehrberufene Professoren	18
Preise und Auszeichnungen	20
In memoriam	22
Tübinger Autoren	23

# Atome im Kristallgitter scharfstellen

Der »CM 30 FEG Special Tübingen« in der Angewandten Physik macht es möglich

Von Johannes Lichte

Ein weltweit einzigartiges Gerät, ein Elektronen-Mikroskop für atomar auflösende Kristalle, ist im Institut für Angewandte Physik in Betrieb gekommen. Dieses Gerät wurde am 30. Oktober feierlich eingeweiht im Beisein von Prof. Dr. Heinz Maier-Leibnitz, dem ehemaligen Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit dem Gerät ist eine Bildgebung mit einer Auflösung bis zu einem zehnmillionstel Millimeter möglich. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Beschaffung des Gerätes unterstützt. Die zur Verfügung gestellt, eine Zusatzausstattung erfolgte durch die EG.

In einer Entfernung von 0,17 nm sind nur bis zur Auflösungs Grenze der halben Licht-Wellenlänge (0,5 µm) sichtbar gemacht werden (1 µm = 1/1000 mm). Die Abbildung feinerer Strukturen ist mit einem Lichtmikroskop prinzipiell nicht möglich.

Die Wellenlänge von Elektronenstrahlen ist etwa 100.000 mal kleiner als die von Licht, d. h. weitaus kleiner als die Wellenlängen. Deshalb sollte ein Elektronenmikroskop eine Verbesserung der Bildschärfe um ein Faktor 100.000 erwarten lassen, die in der Tat erreicht wurde. Durch feinsten atomaren Strukturen erlaubt. (Transmissions-Elektronenmikroskop erfunden von Ernst Ruska [1932], Nobelpreis 1936). Elektronen durchdringen das Objekt und werden durch die Atomkerne abgelenkt; in der Art der Ablenkung steckt die den Elektronen aufgeprägte Information über die Objektstruktur, d. h. Anordnung und Art der Atome, Dicke des Objekts etc. Zum Studium der Objektstruktur muß diese Information durch Abbildung des Elektronenbildes auf einen Schirm übertragen werden. In dem Bild wird das Objekt abgebildet. Dazu werden Elektronenlinsen benötigt.

Elektronenlinsen sind in bestimmter Weise geformte elektromagnetische Felder. Sie haben prinzipiell zwei Öffnungsfehler, der die Bildschärfe verschlechtert. Nach jahrzehntelanger Optimierung der Elektronenlinsen ist die theoretisch erreichbare Leistungsgrenze von Elektronenmikroskopen heute praktisch erreicht. Die Grenze liegt bei einer Bildschärfe von etwa 0,17 nm (1 nm = 10<sup>-9</sup> mm). Das ist im Vergleich zum Lichtmikroskop eine Verbesserung um den Faktor 1400; viel mehr ist mit den üblichen Mitteln der Elektronenoptik nicht möglich. Mit großem Erfolg werden damit in vielen Elektronenmikroskopie-Labors

der Welt atomare Strukturen in wohlgeordneten, idealen Kristallen mit hinreichender großer Gitterkonstante (z. B. 1 nm) sichtbar gemacht. Ein Beispiel ist das für das Verständnis des makroskopischen Verhaltens von Materialien wie elektrischer Leitfähigkeit (z. B. bei Halbleitern oder Supraleitern), magnetischen, optischen und mechanischen Eigenschaften sind aber die Realstrukturen, d. h. die Abweichungen der Festkörperstruktur von der idealen Gitterstruktur. Diese Abweichungen sind für die Bedeutung der Details von Realstrukturen (Komplexen, Defekte) können bis heute in der Regel nicht mit einem Elektronenmikroskop dargestellt werden. Dazu ist ein Auflösungsvermögen von besser als 0,17 nm auf besser als 0,13 nm notwendig, 0,1 nm sind äußerst wünschenswert. Es ist unmöglich, von einem beispielsweise in einer Kleinbildkamera unscharf aufgenommenen Negativ durch entgegengesetztes »Unschärfstellen« des Vergrößerungsgerätes ein scharfes Bild zu erzeugen. Eben so ist es nicht möglich, die Schärfe eines Bildes in einem Elektronenmikroskop nachträglich zu verbessern. Der Grund liegt darin, daß Abbildung ein wellenoptischer Prozeß ist, der dem Intensitätsverlust in der Abbildung entspricht. Die Schärfe des Bildes ist die Richtungswinkel, in dem registrierten Wellenfeld. In einem



Der Blick auf die Atome im »CM 30 FEG Special Tübingen« im Institut für Angewandte Physik.

herkömmlichen Bild ist jedoch nur die Intensität gespeichert; die Bildphase fehlt, steht also für den Prozeß des »Scharfstellens« nicht zur Verfügung. Der ungarische Physiker Dennis Gabor (Nobelpreis 1927) schlug das Verfahren der Holographie vor: Durch Interferenz der Bildwelle mit einer Referenzwelle wird ein Hologramm aufgezeichnet, in dem Intensität und Bildphase gespeichert sind. Durch den Einsatz eines Referenzstrahls kann das Hologramm nachträglich scharf gestellt werden. Bezogen auf die Problematik der Bildschärfe in Elektronenmikroskopie läßt sich die Holographie in Analogie zur optischen Holographie übertragen. In der Holographie wurde, lassen sich Bildfehler (z. B. Öffnungsfehler und Defokussierung) nachträglich korrigieren.

Die jahrzehntelange Erfahrung des Instituts für Angewandte Physik in der Wellenoptik mit Elektronen – insbesondere mit dem Elektronenbiprisma nach Möllenstedt und Düker – in der Herstellung von Elektronenbiprisma und Elektronenhologramme hoher Qualität erlaubte es, zur Rekonstruktion der Objektstruktur die Holographie in der Elektronenmikroskopie anzuwenden. Durch wellenoptische Bildverarbeitung wurden die Aberrationen beseitigt.

## Viermillionenfache Vergrößerung durch Holographie

Seit 1983 wurden – unter Förderung seitens der Körber-Stiftung des Deutschen Forschungsinstituts – in der Holographie in der Elektronenmikroskopie die Grundlagen dieser neuen Methode gelegt und an die Grenzen der Auflösung herangeführt. Die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch bis in die Grenze, die durch die Farnteller des Mikroskops gegeben ist. Weiterentwicklung und Optimierung sind speziell für die Holographie konzipierten Elektronenmikroskop möglich. Um die neuen Möglichkeiten der Holographie bis in den Bereich von 0,1 nm auszuschöpfen, sind Anforderungen an die Qua-



Silizium-Kristallgitter; jeder weiße Punkt repräsentiert ein Silizium-Atom.

lität des zur Aufnahme des Hologramms benutzten Elektronenmikroskop zu stellen, die bislang von keinem käuflichen Elektronenmikroskop erfüllt werden: Bei einer Beschleunigungsspannung von 300 kV muß es mit einer hochkohärenten Feldemissions-Elektronenquelle ausgestattet sein, die für wellenoptische Experimente mit Elektronen unverzichtbar ist. Darüber hinaus müssen die Hologramme bei einer Vergrößerung bis zu einem Faktor 4 Millionen herstellbar sein. Das Mikroskop muß Anforderungen an die mechanische und elektrische Stabilität erfüllen, die über das bisher übliche hinausgehen. Ein derartiges Instrument ist bisher noch nicht vorhanden. Zur Finanzierung dieses erheblichen Finanzierungsaufwands von Seiten der DFG und Projektmitteln aus einem EG-Projekt (Brite/Euram) gebaut: Von der Firma Philips-Eindhoven (NL) wurde ein 300 kV Elektronenmikroskop mit einer speziell entwickelten Feldemissions-Elektronenquelle (FEG) angeschafft. Die Vergrößerung bis zu einem Faktor 4 Millionen ist durch die Entwicklung des Elektronenbiprismas (nach dem CCD-Kamera zur elektronischen Aufzeichnung der Hologramme und Direktübertragung in einen schnellen Bildverarbeitungsrechner erfolgte in unserem Institut, ebenso wie die Entwicklung der Spezial-Software zur Rekonstruktion und Darstellung der Objektstruktur.

Die Holographie in der Elektronenmikroskopie ermöglicht die optische Darstellung des Objekts mit einer Auflösung, die dem Lichtmikroskop entspricht. Das Mikroskop kann in hohem Maße frei von Bodenruhe, Vibrationen und anderen Störungen sein. Die quantitative Bestimmung der Objektstruktur deutlich verbessert werden, jedoch bis in die Grenze, die durch die Farnteller des Mikroskops gegeben ist. Weiterentwicklung und Optimierung sind speziell für die Holographie konzipierten Elektronenmikroskop möglich.

Prof. Dr. Hannes Lichte, Institut für Angewandte Physik

## Neue Studentenstatistik: Nochmals mehr Studenten in Tübingen

In der Studentenstatistik setzt sich die Tendenz der letzten Semester auch im laufenden Jahr fort. Im ersten Semester 1992/93 stieg die Zahl der Studienanfänger gegenüber dem Wintersemester 1991/92 nochmals im leichter Zuwachs von 194 (0,7%) Einschreibungen und damit ein neues Höchststand erreicht. Wie bereits im letzten Sommersemester ging dabei die Zahl der Erstmatrikulierten zurück: von 2560 auf 2415. Demgegenüber stieg die Zahl der Rückmeldungen von 21 767 auf 22 110. Dies ist wieder auf den starken Zugang an Erstsemestern in den Jahren 1990 und 1991 zurückzuführen. Konstant blieb die Zahl der Studienortwechsler: 1683 gegenüber 1687 vor einem Jahr. Deutlich zugenommen hat nochmals die Zahl der ausländischen Studierenden: Ihre Zahl stieg um 10% von 1872 auf 2063.

## Lucas-Preis 1993 an André Chouraqui, Mittler zwischen den Religionen

Der mit 50 000 DM dotierte Dr. I. Lucas-Preis geht im Jahr 1993 an den ersten, Schriftsteller, Bibel- und Korsetzer Nathan André Chouraqui, hält den Preis für sein literarisches Werk, das seinen Einsatz für friedliche Verständigung zwischen den Religionen Preisverleihung findet am 13. März statt.

Der Dr. Leopold-Lucas-Preis würdigt die hervorragende Leistung im Gebiet der Theologie, der Geschichte, der Geschichtsforschung der Philosophie und ehrt dabei ihre Persönlichkeiten, die zur Förderung der Beziehungen zwischen Mensch und Mensch wesentlich beigetragen haben durch Veröffentlichungen und Verbreitung des Toleranzgedankens. Der Preis gehört den namhaften Persönlichkeiten wie Karl Rahner, Sir Edmund Popper, Leopold Senghor, XIV. Dalai Lama. Die Auszeichnung wurde 1972 von Generalkonsul I. Lucas, Ehrensenator der Eberhard Universität, zum 100. Geburtstag in Theresienstadt umgekommenen des jüdischen Gelehrten und R. Dr. Leopold Lucas, gestiftet. Die theologische Fakultät vergibt den Preis im Namen der Universität Tübingen.

Im Februar des Jahres 1993 aus der jüdischen Nordafrika an den sennardischen Familie, ist 1917 in Wien geboren und dort aufgewachsen. Höhere Schulbildung erhielt er in Frankreich, in Paris studierte er Jura und trieb rabbinische Studien. Seine jüdische Karriere wurde durch die Verfolgung der Juden in Frankreich unter der deutschen Besatzung unterbrochen. Chouraqui von 1942 bis 1945 in der Résistance. 1945 kehrte er in seinen Heimatland. 1950 bis 1956 war er Vizepräsident des Komitees der nichtstaatlichen Organisationen in der UNICEF-UNAC in dieser Eigenschaft ein Programm der Bekämpfung des Trachoms vorzuführen. Er erkrankte an Augenkrankheit. Seit 1970 in Jerusalem. Von 1965 bis 1970 war er Mitglied der jüdischen Gemeinde in Jerusalem. Er ist Mitglied für kulturelle Angelegenheiten für internationale und interkonfessionelle Beziehungen. Chouraqui Bücher in fünfzehn Sprachen übersetzt, mehrere französische Preise zeichnet.

Bewußt sich der jüdischen, arabischen und französischen Kultur zu fühlend, versucht Chouraqui, ein besseres Verständnis bei Juden, Christen und Muslimen für ihre Nachbarreligionen zu wecken. Dem dienen auch seine Vorträge über arabische mittelalterliche Schriftsteller, vor allem aber auch über die einschließliche des Neuen Testaments und des Korans aus den Ursprachen ins Französische.

# 3. European Workshop in Dresden 2007



