

Einführung in die moderne Physik der Materie:
Quantenphysik und Atomphysik

Olaf Magnussen

Institut für Experimentelle und Angewandte Physik

Die „Quanten-Revolution“

Wissenschaftliche Bedeutung

Grundlage des Verständnisses von:

- elementare Bausteine und Wechselwirkungen
- Kosmologie und Astrophysik
- Festkörper- und Plasmaphysik
- Chemie, Biologie, Materialwissenschaften

Technische und gesellschaftliche Bedeutung

- Elektronik
- Laser
- moderne Messmethoden
- medizinische Diagnose- und
Therapieverfahren

Philosophische Bedeutung

- Modellcharakter wissenschaftlicher Theorien
- Zufälligkeit statt Determinismus



Inhalt

1. Einführung
2. Quantenphänomene
3. Quantenmechanik
4. Einelektronenatome
5. Mehrelektronenatome
6. Optische Übergänge
7. Moleküle

Komponenten

- Vorlesung
- Literatur
- Übungen

Termine:

Montag, 8.15 - 9.45 (Max-Planck HS)

Mittwoch, 8.15 - 9.45 (Hans-Geiger HS)

(Alternativ: 8.15 - 9.50 mit 5 Min. Pause)

Problem zur Klärung des gerade durchgenommenen Themas

- gefragt: physikalisches Verständnis, keine Rechnung notwendig
- Form: Multiple-Choice
- Ergebnis anonym, wird **nicht** benotet/bewertet!

Ablauf

- Fragestellung
- 1 Min. selbstständiges Nachdenken
- 1-2 Min. Diskussion mit Nachbarn
- Rückmeldung
- Besprechung des Ergebnisses



Warum?

- Förderung des physikalischen Verständnisses
- aktives Lernen
- Feedback an mich

Komponenten

- Vorlesung
- Literatur
- Übungen

Lehrbücher:

- Haken/Wolf, Atom- und Quantenphysik
- Demtröder, Experimentalphysik 3
- Alonso/Finn, Quantenphysik und Statistische Physik
- Atkins, Physikalische Chemie

Online-Materialien:

- Übersicht
- Folien

<http://www.ieap.uni-kiel.de/solid/ag-magnussen/pdm1-2018/pdm1.html>

Login: stud-phys3

Passwort: qm+ap

Komponenten

- Vorlesung
- Literatur
- Übungen

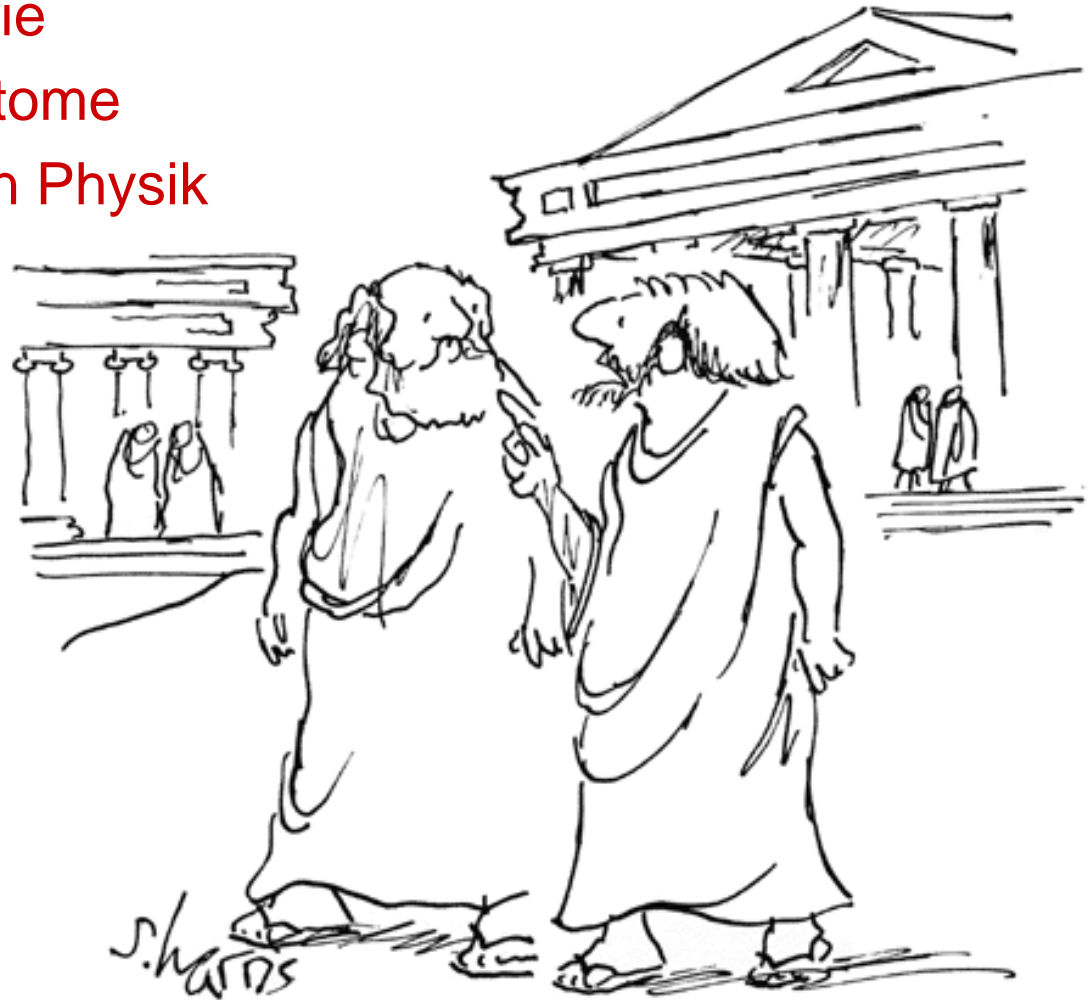
Ablauf:

- Übungsblätter in Übungen und auf Homepage
- erster Bearbeitungsversuch eigenständig zu Hause
- In Übungsgruppen Vorstellung dieser Lösungen bzw. gemeinsame Erarbeitung einer Lösung

1.1 Atomare Natur der Materie

1.2 Größe und Aufbau der Atome

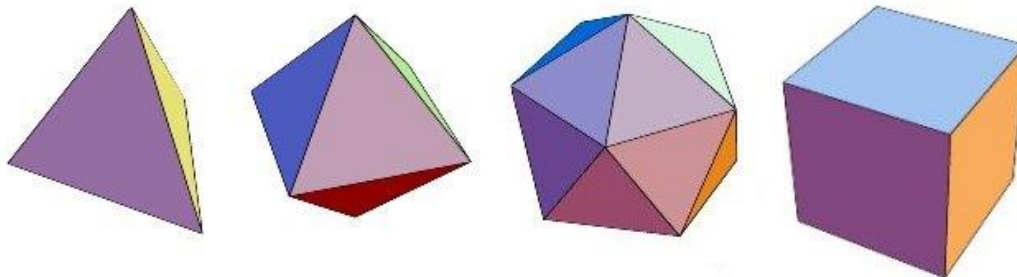
1.3 Konzepte der klassischen Physik



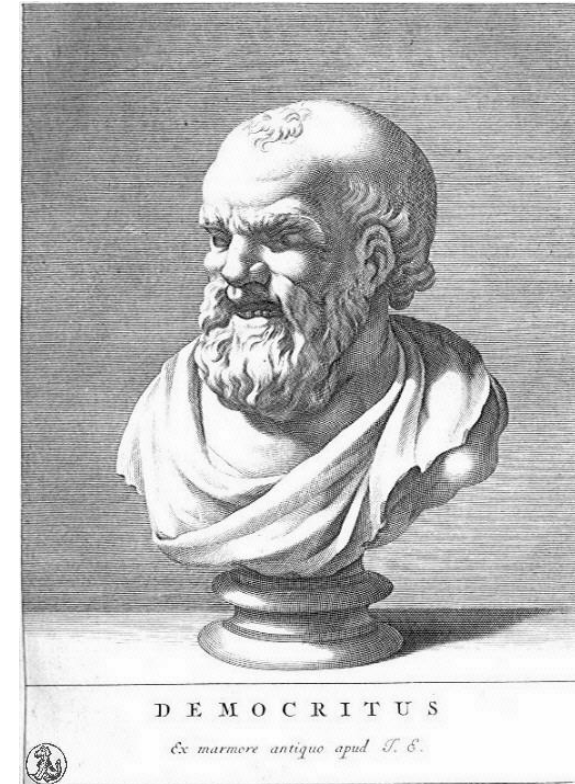
"Of course the elements are earth, water, fire and air. But what about chromium? Surely you can't ignore chromium."

Griechische Philosophen

- Empedokles (ca. 490-430 v. Chr.):
Elemente Luft, Wasser, Erde, Feuer
- Demokrit (ca. 460-370 v. Chr.):
Naturkörper bestehen aus unendlich kleinen, unteilbaren Partikeln: „Atomen“, dazwischen leerer Raum
- Platon (427-347 v. Chr.):
Elemente auf mathematische Raumformen abstrahiert: „Platonische Körper“



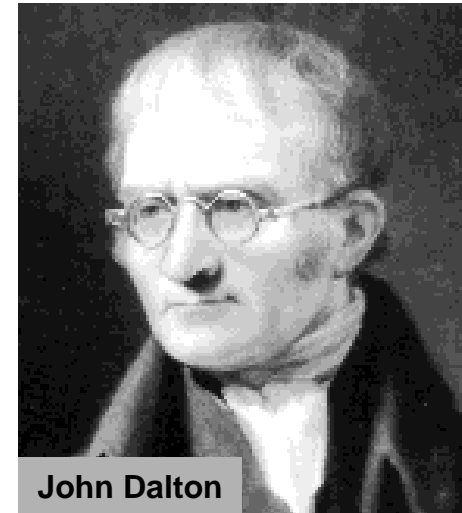
- Aristoteles (384-322 v. Chr.):
Ablehnung des Atomismus; kontinuierlicher, materiefüllter Raum



<http://www.phil-fak.uni-duesseldorf.de/philo/galerie/antike/demokrit.html>

18. Jahrhundert:

- Atomistik der Materie (Proust, 1799; Dalton, 1803; Gay-Lussac, 1805):
 - *Alle chem. Elemente bestehen aus Atomen.*
 - *Atome eines Elements haben gleiche Masse, Größe, Qualität und bestimmen dessen Eigenschaften.*
 - *Verbindungen sind Vereinigungen von Atomen in bestimmtem (ganzzahligem) Verhältnis*

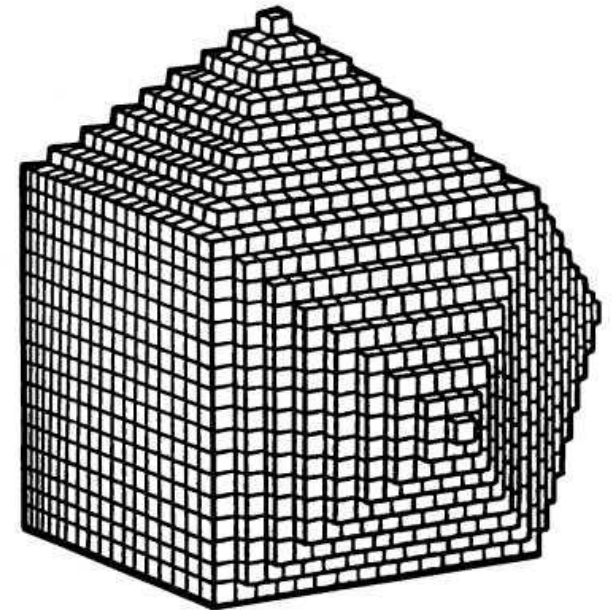
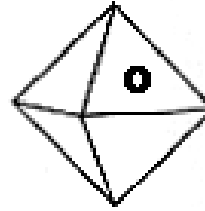
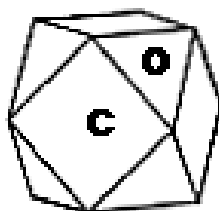
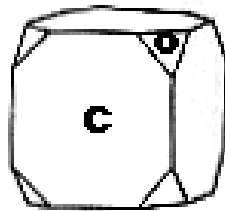
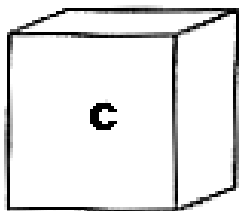


John Dalton

http://chimie.scola.ac-paris.fr/sitedechimie/PHOT_SCI/Personnages/Dalton.GIF

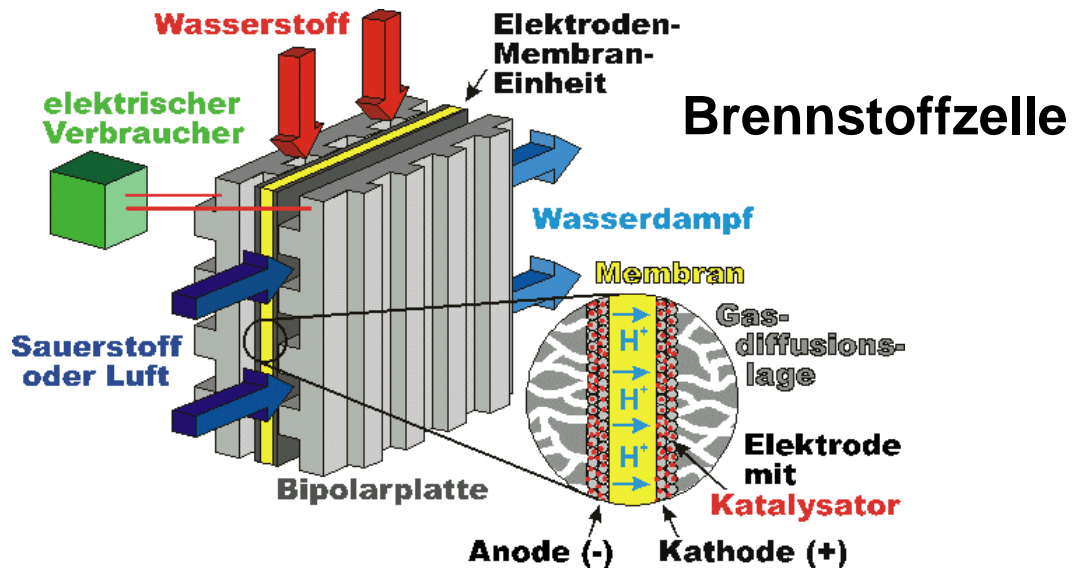
Kristalle

- Kristallflächen lassen sich durch ganzzahlige Indizes beschreiben:
periodische Anordnung gleicher Bausteine (Haüy, 1801)
→ regelmäßiger Aufbau aus identischen Bausteinen



19. Jahrhundert:

- Atomistik der Wärme (Clausius, Boltzmann, 1870):
kinetische Gastheorie
- Atomistik der Elektrizität (Faraday, 1833):
Elektrolyse: Es gibt „Atome“ der Elektrizität, die mit den Atomen der Materie gekoppelt sind

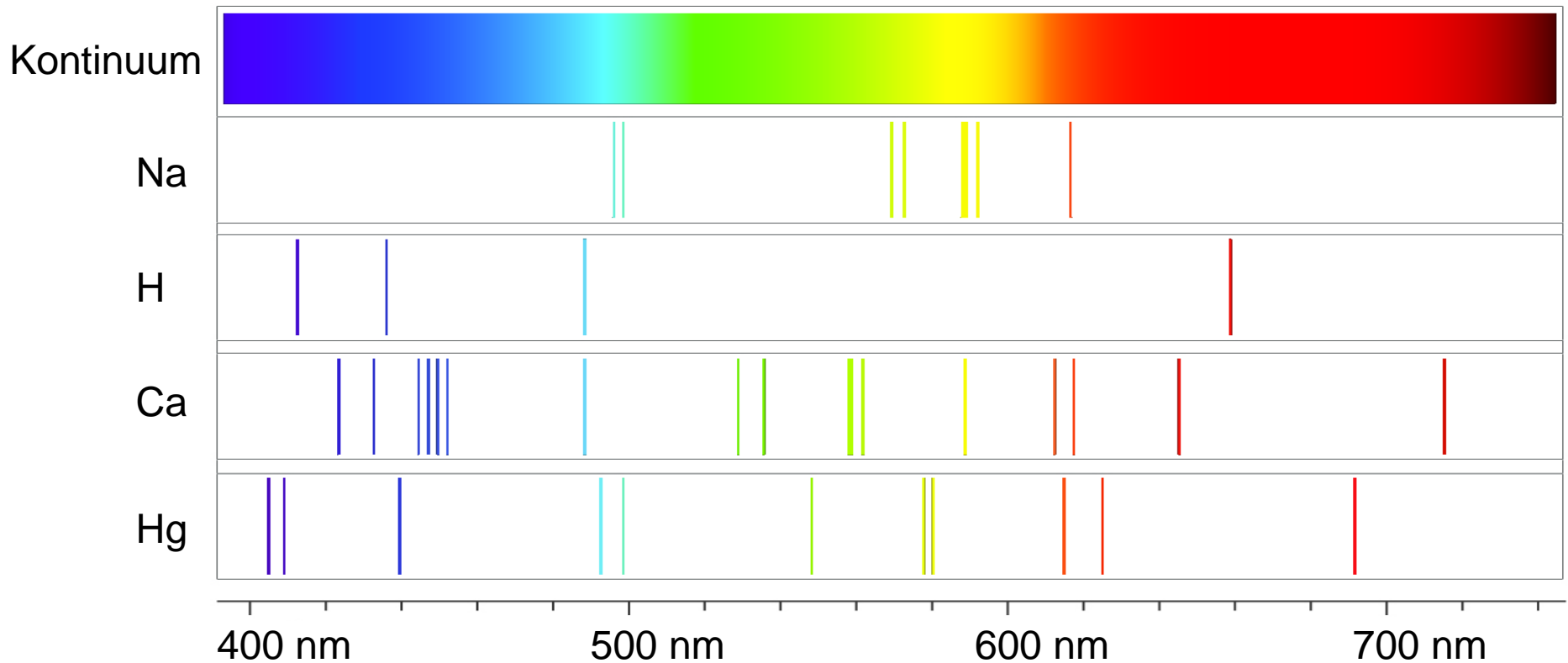


Michael Faraday

<http://academic.brooklyn.cuny.edu/history/virtual/portrait.htm>

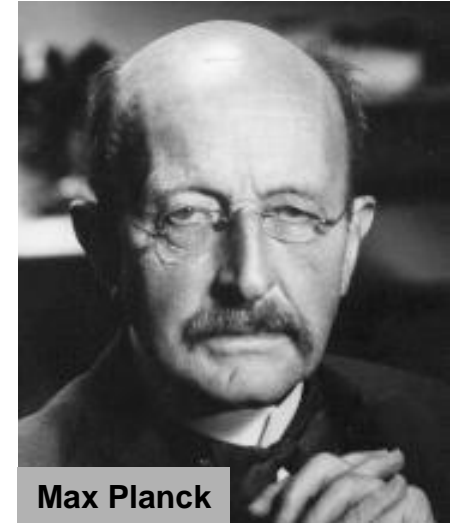
19. Jahrhundert:

- Atomspektren (Kirchhoff/Bunsen, 1860; Balmer, 1885):
Gesetzmäßige Ordnung für Spektrallinien



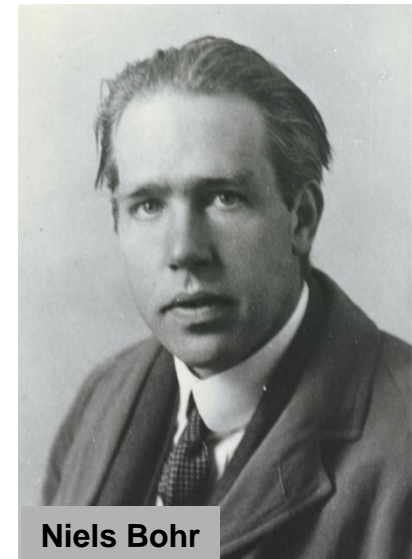
20. Jahrhundert:

- Atomistik der Energie (Planck, 1900):
Strahlungsgesetz unter Annahme strahlender Oszillatoren, die nur diskrete Energiewerte annehmen können
- Atommodelle (Rutherford 1911, Bohr 1913):
Atomkern mit diskreten Elektronenbahnen
- Materiewellen (De Broglie)
- Quantenmechanik (Born, Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac, etc.)



Max Planck

<http://academic.brooklyn.cuny.edu/history/virtual/portrait.htm>



Niels Bohr

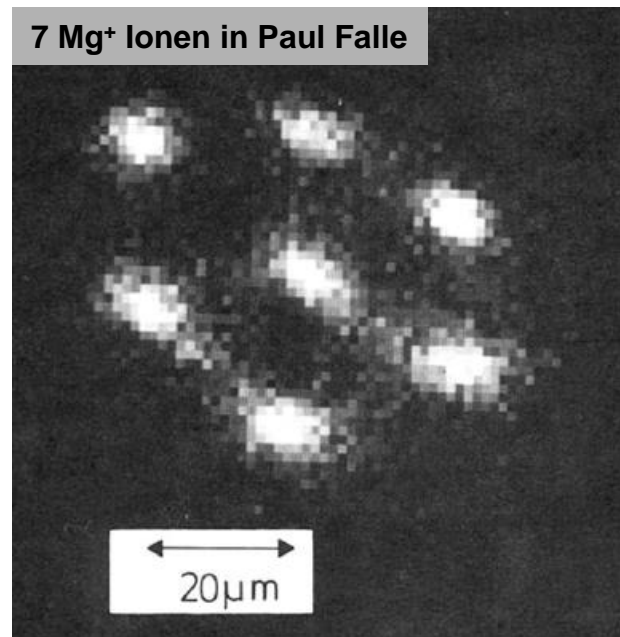
<http://web.gc.cuny.edu/ashp/nml/copenhagen/Bohr.jpg>

Direkte mikroskopische Beobachtung

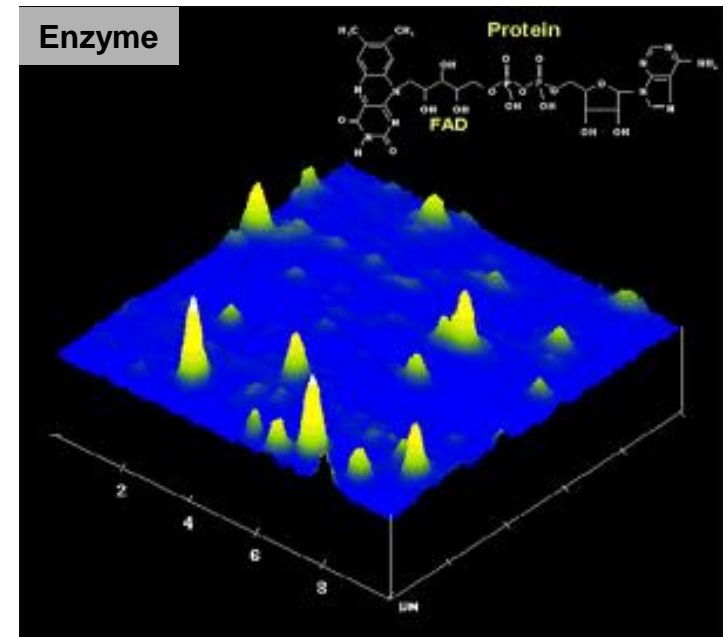
Nur für Abstände $>$ Auflösung = λ/NA

Optische Methoden

- Streuung an einzelnen Atomen
- Einzelmolekülspektroskopie



F. Diedrich et al., Phys.Rev.Lett, 59 (1987) 2931

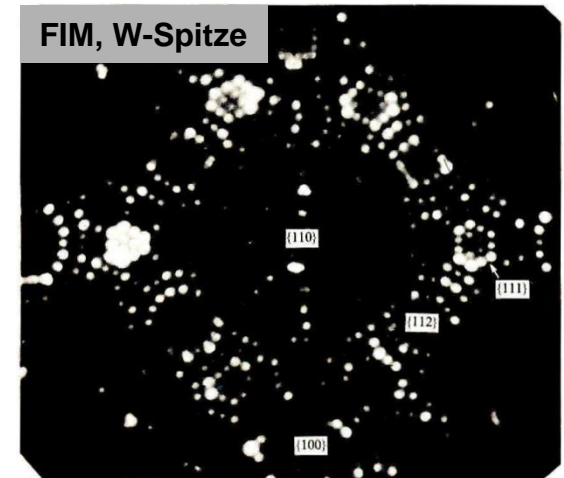


www.emsl.pnl.gov/new/highlights/0108.shtml

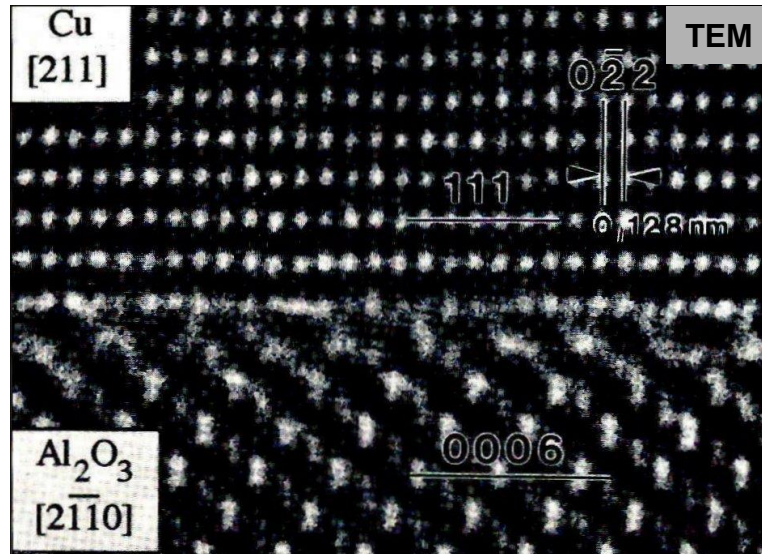
Feldemissions- und Feldionenmikroskopie

Elektronenmikroskopie

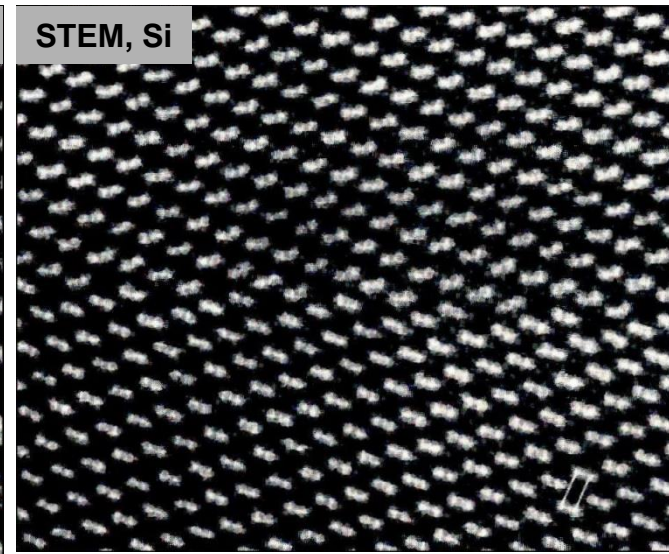
- Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)
- Rasterelektronenmikroskopie (REM, SEM)



T.T. Tsong, J. Sweeney,
Sol.Stat.Comm. 30, 767 (1979)



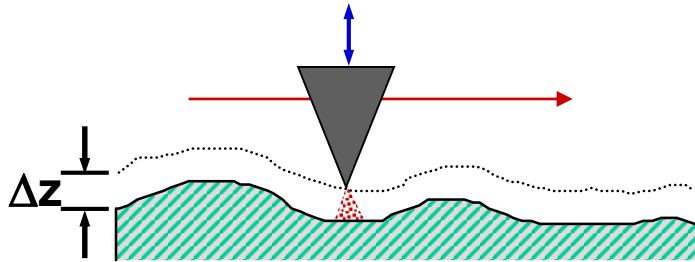
M. Wagner, et al., *MRS Bull.* 22(8), 42 (1997)



M.F. Chisholm, S.J. Pennycook, *MRS Bull.* 22(8), 53 (1997)

Rastersondenmikroskopie

- Rastertunnelmikroskopie (STM)
- Rasterkraftmikroskopie (AFM)



S Atome auf Cu-Oberfläche

T. Tansel, O.M. Magnussen,
Phys.Rev.Lett. 96 (2006) 026101