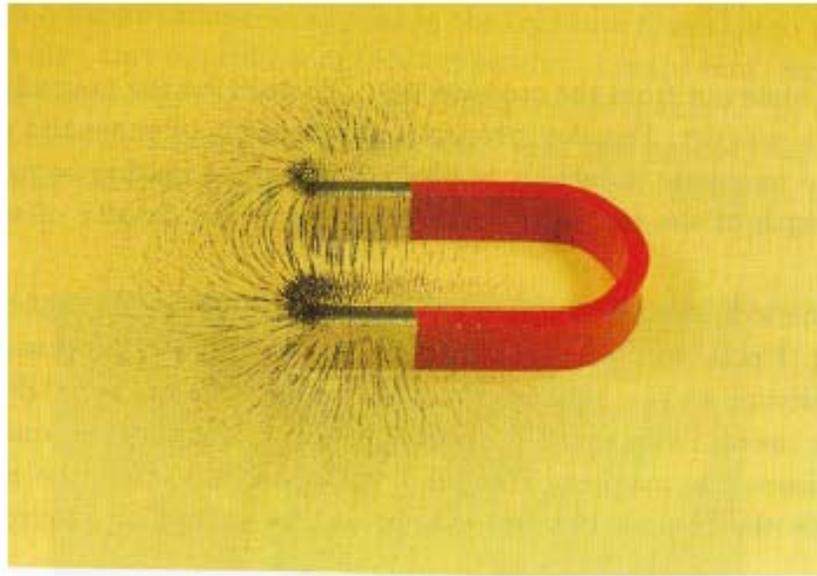


Magneto-Optik

Michael R. Koblichka

FR Experimentalphysik, Universität des Saarlandes

Eisenfeilspäne zeigen den Feldverlauf an einem Hufeisenmagneten



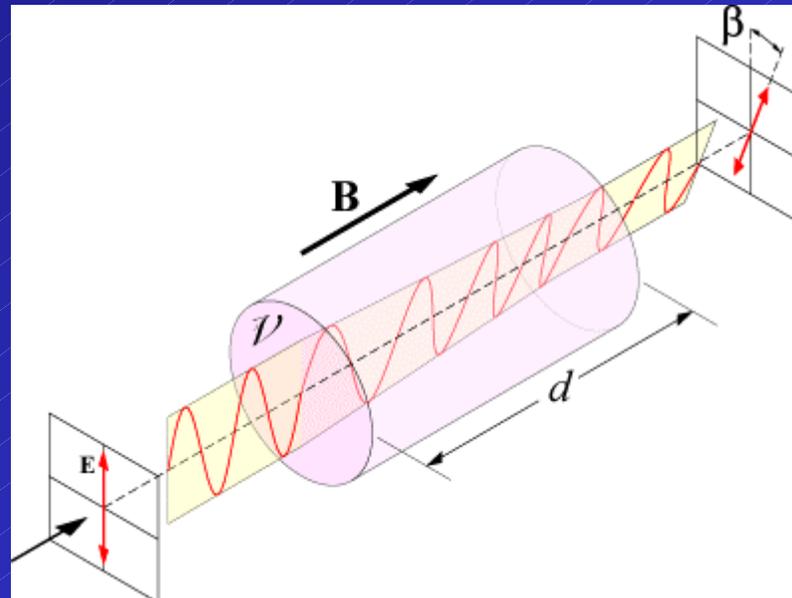
Das Feldlinienkonzept wurde von M. Faraday 1831 eingeführt

Der *Faraday-Effekt* oder die *zirkuläre magnetische Doppelbrechung* (M. Faraday 1846) besteht in der Drehung der Polarisations Ebene des Lichtes auch in nicht optisch aktiven Substanzen unter Einwirkung eines Magnetfeldes parallel zur Lichtausbreitungsrichtung.

Der Drehsinn entspricht der Richtung des das Feld erzeugenden Stromes. Durch das Magnetfeld wird für das Licht im Medium eine zirkuläre Doppelbrechung hervorgerufen, d.h., es entstehen eine rechts und eine links zirkular polarisierte Welle mit den entsprechenden Brechungsindizes n_- und n_+ (optische Aktivität). Der Gyrationvektor \mathbf{G} optisch aktiver Substanzen geht beim Faraday-Effekt in isotropen Medien über in einen Vektor parallel zur magnetischen Feldstärke \mathbf{H} . Dies führt zu einer der Dicke d des durchstrahlten Mediums proportionalen Drehung Θ der Polarisations Ebene des Lichtes

$$\Theta = Vd|\mathbf{H}| = \omega d(n_- - n_+)/2c$$

wobei V die *Verdetsche Konstante*, ω die Kreisfrequenz des Lichtes und c die Lichtgeschwindigkeit bedeuten.



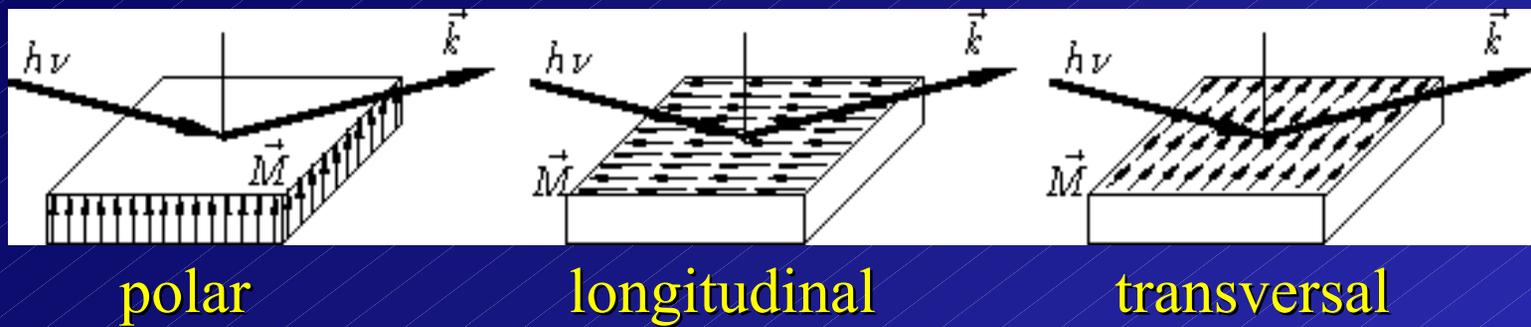
Eine besonders starke Drehung in dünnen ferromagnetischen Substanzen im Magnetfeld wird auch als *Kundt-Effekt* (A. Kundt 1884) bezeichnet.

Unter dem *inversen Faraday-Effekt* versteht man das Auftreten einer Magnetisierung infolge der Einstrahlung zirkular polarisierten Lichtes.

Magnetooptischer Kerr-Effekt (J. Kerr, 1876). Allgemein wird linear polarisiertes Licht nach Reflexion an metallischen Spiegeln entsprechend den Fresnelschen Formeln elliptisch polarisiert. Sind die Spiegel Ferromagnetika, so erfolgen in proportionaler Abhängigkeit von deren Magnetisierung zusätzlich eine Drehung der Schwingungsellipse und eine Änderung ihres Achsenverhältnisses, also eine Verzerrung der Schwingungsellipse.

Je nach Orientierung der Magnetisierung zur Einfallsebene des Lichtes unterscheidet man den *polaren Kerr-Effekt* (Magnetisierung senkrecht zur Oberfläche), den *meridionalen Kerr-Effekt* (Magnetisierung in der Einfallsebene und parallel zur Oberfläche) und den *äquatorialen Kerr-Effekt* (Magnetisierung senkrecht zur Einfallsebene und parallel zur Oberfläche).

Insbesondere bei senkrechtem Einfall, wo die Metallreflexion keine Änderung des Zustandes der linearen Polarisation bewirkt, führt der magnetooptische Kerr-Effekt zu einer Drehung der Polarisationsebene des reflektierten Lichtes verbunden mit einer sehr schwachen elliptischen Polarisation. Anwendung findet der Effekt bei der Sichtbarmachung magnetischer Bereichsstrukturen und bei der optischen Speicherung.



Polarer magnetooptischer Kerr-Effekt

Beim polaren magnetooptischen Kerr-Effekt (PMOKE) liegt die Richtung des Magnetfelds senkrecht zur Oberfläche. Er bewirkt eine Drehung der Polarisationssebene des reflektierten Strahls.

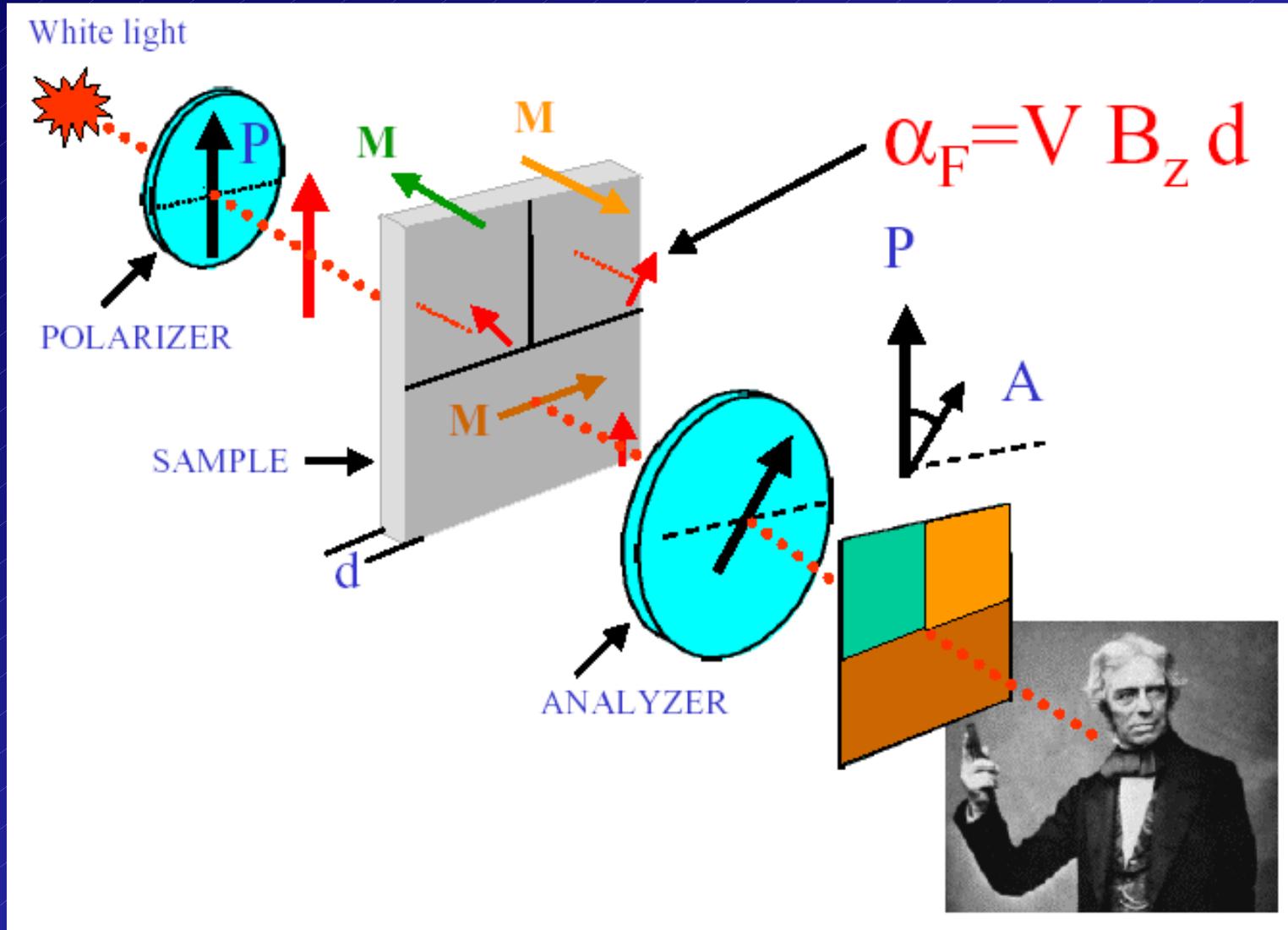
Longitudinaler magnetooptischer Kerr-Effekt

Beim longitudinalen magnetooptischen Kerr-Effekt (LMOKE) liegt die Richtung des Magnetfelds parallel zur Oberfläche und in der Einfallsebene des Lichts. Er bewirkt wie der PMOKE eine Drehung der Polarisationssebene des reflektierten Strahls.

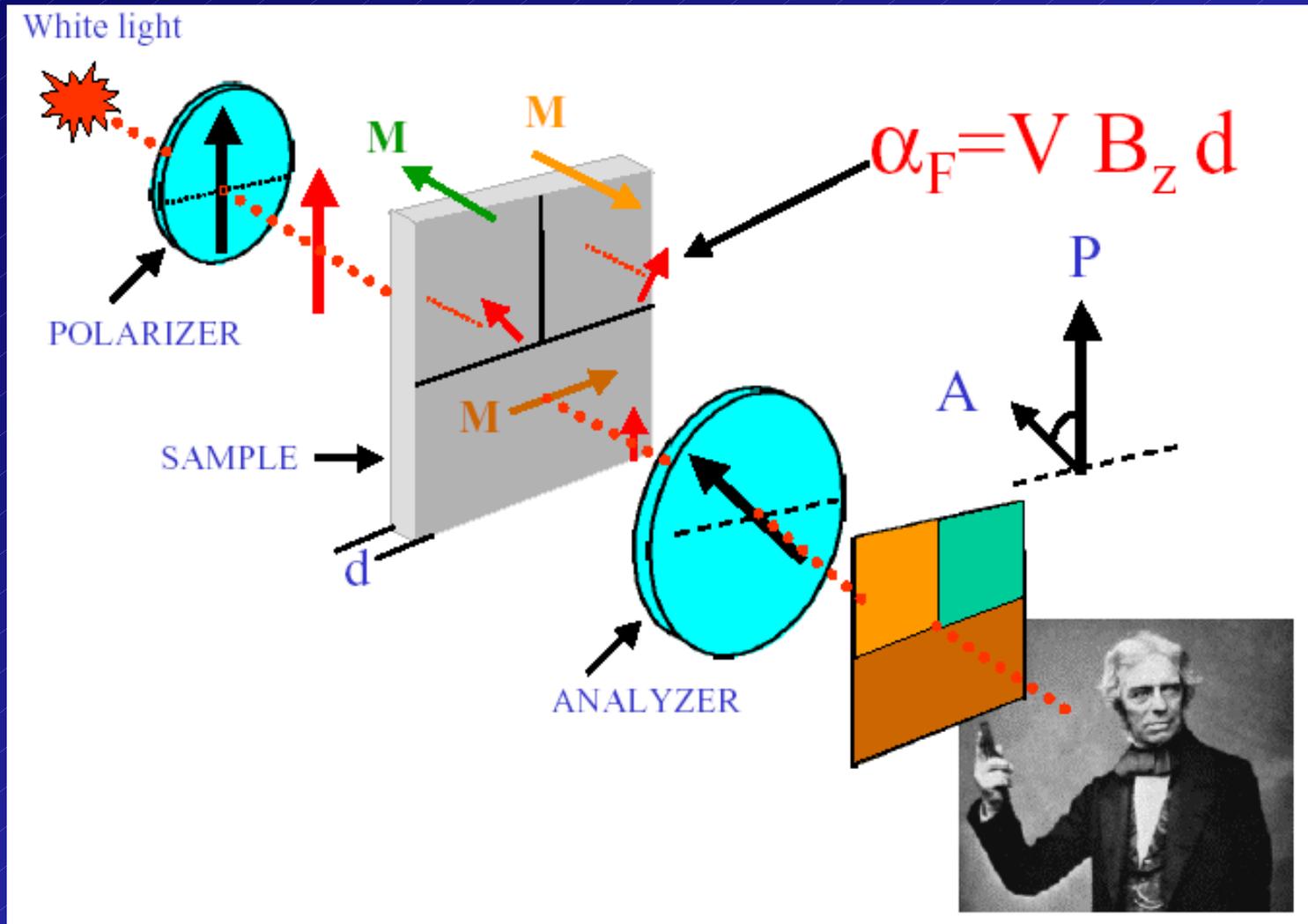
Transversaler magnetooptischer Kerr-Effekt

Beim transversalen magnetooptischen Kerr-Effekt (TMOKE) liegt die Richtung des Magnetfelds parallel zur Oberfläche und senkrecht zur Einfallsebene des Lichts. Dieser Effekt tritt nur auf, wenn das einfallende Licht in der Einfallsebene polarisiert ist (p-Polarisation). Er bewirkt eine Änderung in der Intensität des reflektierten Strahls und keine Drehung der Polarisationssebene wie der PMOKE und der LMOKE.

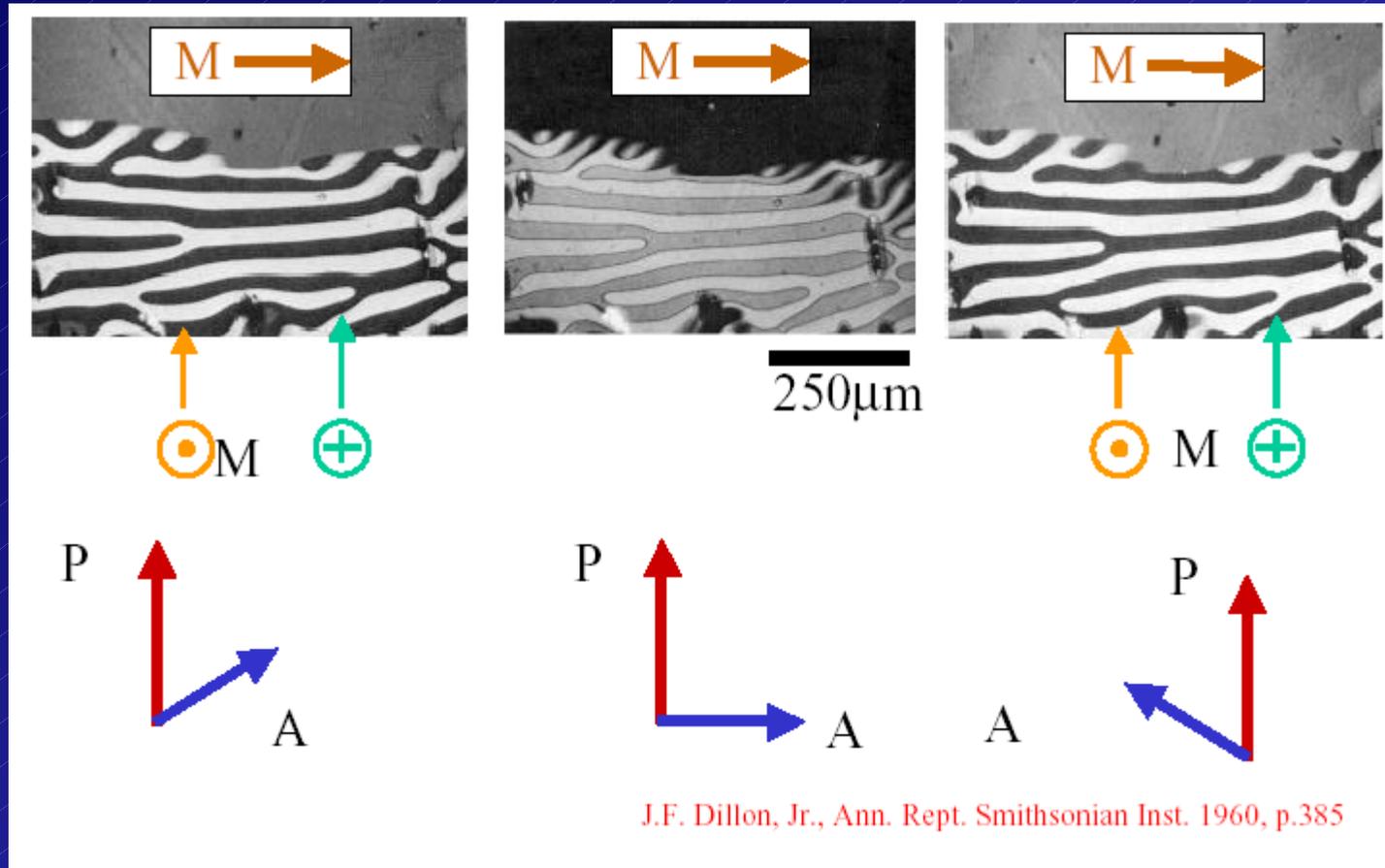
Schemazeichnung Faraday-Effekt mit Winkel zwischen A und P = 45°



Schemazeichnung Faraday-Effekt mit Winkel zwischen A und P = -45°

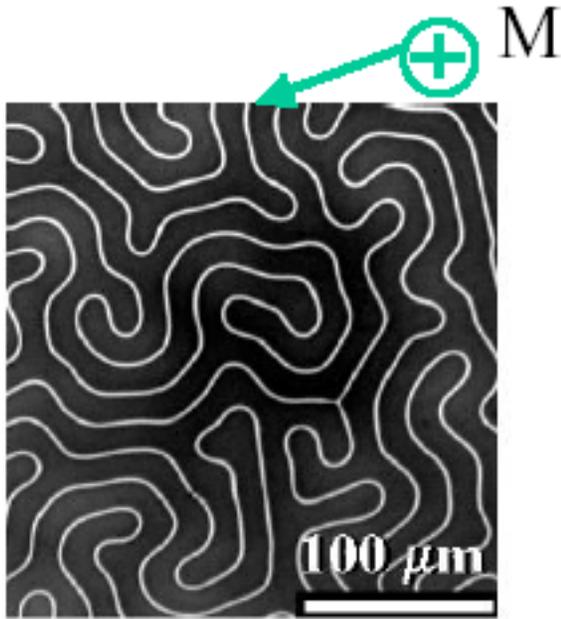


Domänenstrukturen beobachtet mit Faradayeffekt in Transmission



3 verschiedene Stellungen von Polarisator und Analysator
YIG-Einkristall

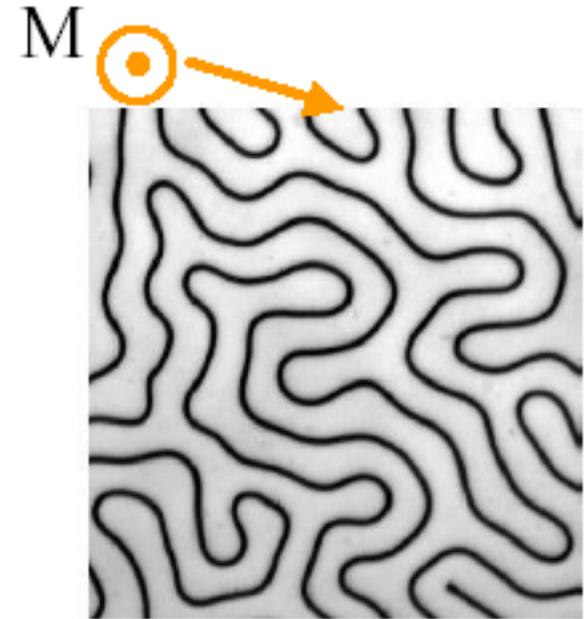
Domänenstrukturen beobachtet mit Faradayeffekt in Transmission



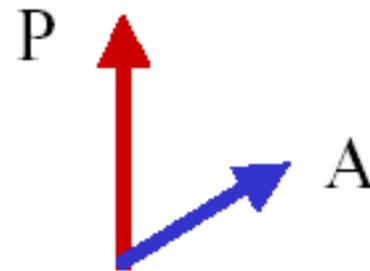
\oplus $B_a = -50 \text{ mT}$



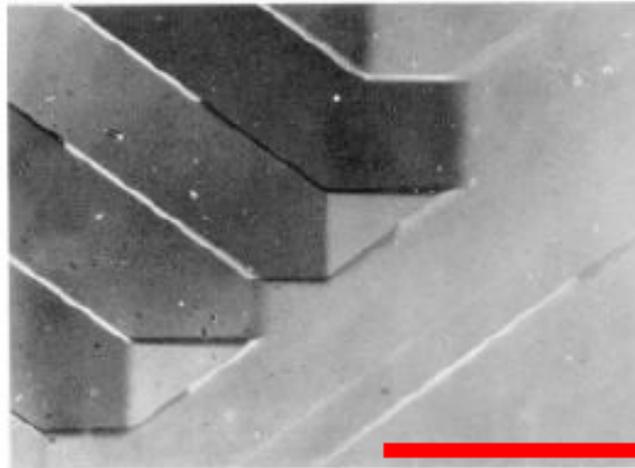
$B_a = 0 \text{ mT}$



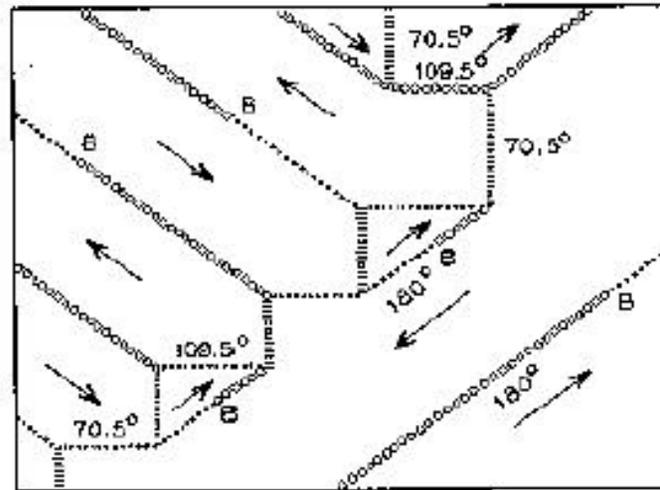
\odot $B_a = 50 \text{ mT}$



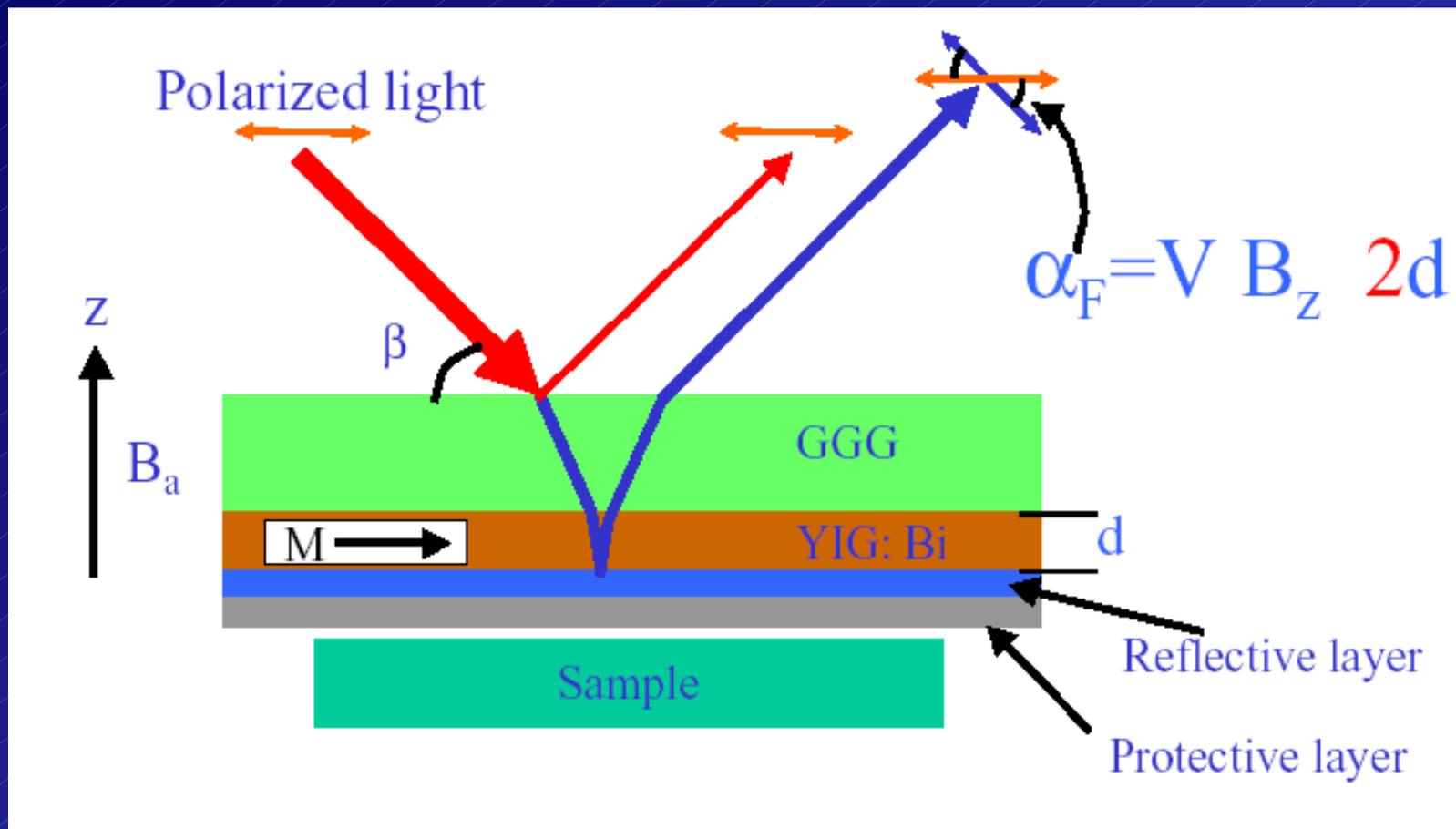
Details der Domänenstruktur eines spannungsfreien YIG-Einkristalls



250 μ m

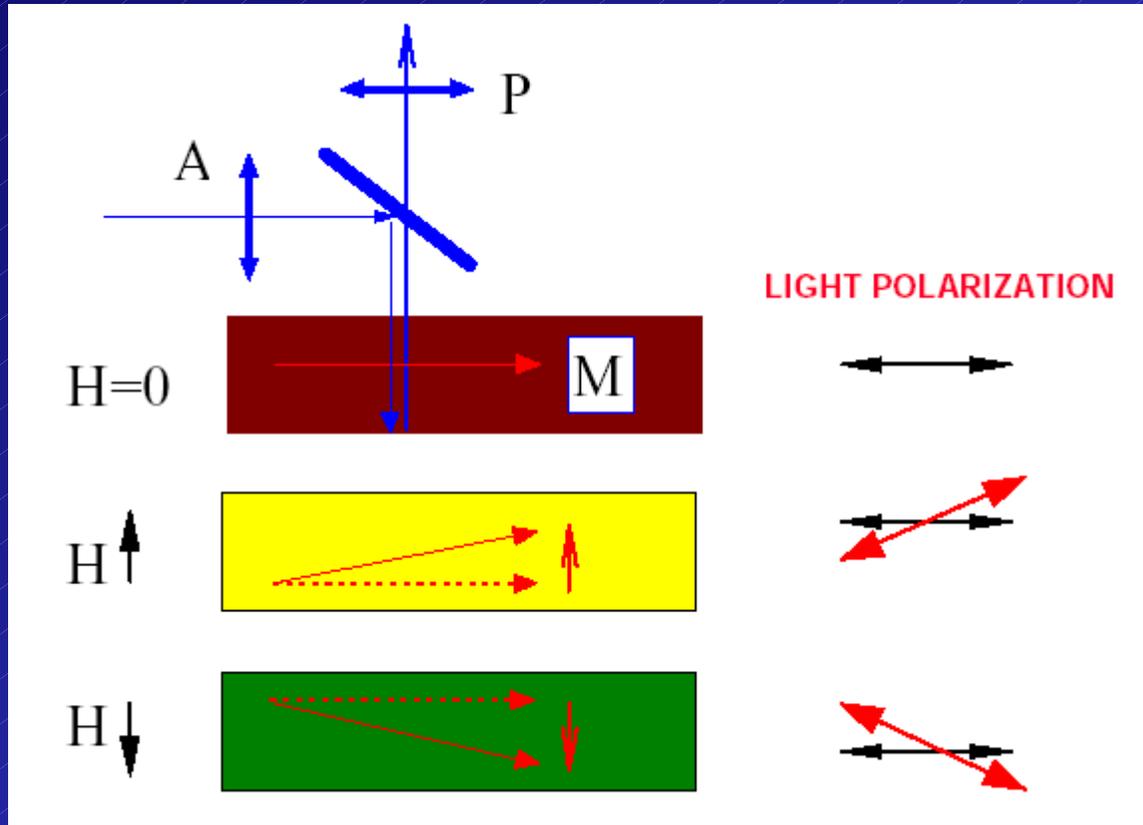


Schemazeichnung: Faraday-Effekt in YIG-Film



Beobachtung in Reflexion

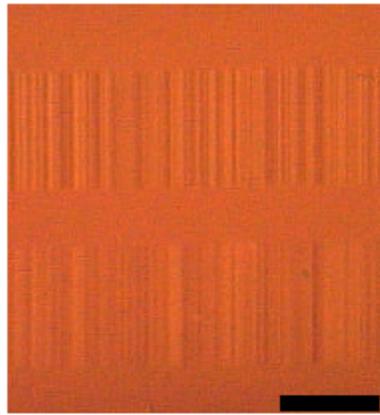
THE FARADAY ROTATION IN A FERRIMAGNETIC BI-DOPED IRON GARNET INDICATOR FILMS WITH IN-PLANE MAGNETIZATION





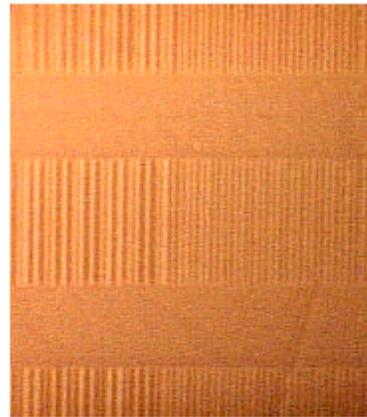
2

Geowissenschaften • Materialwissenschaften • Industrie



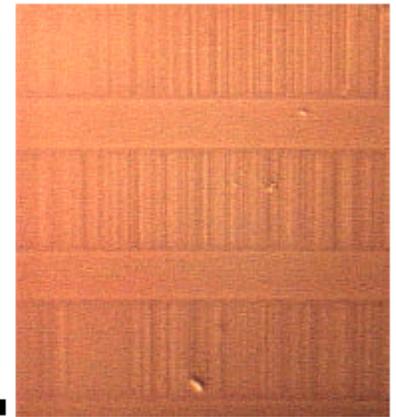
500µm

Audio tape



100µm

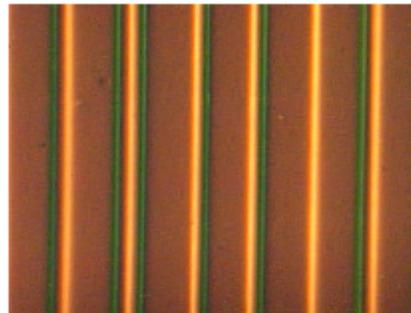
5.25 inch disc



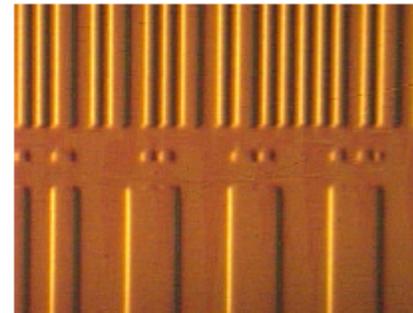
3.5 inch disc



(AAA)

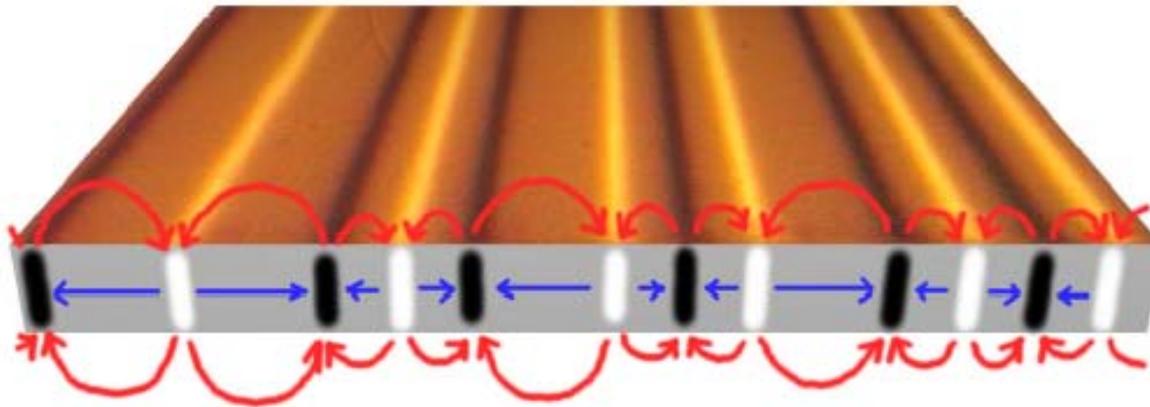


500µm

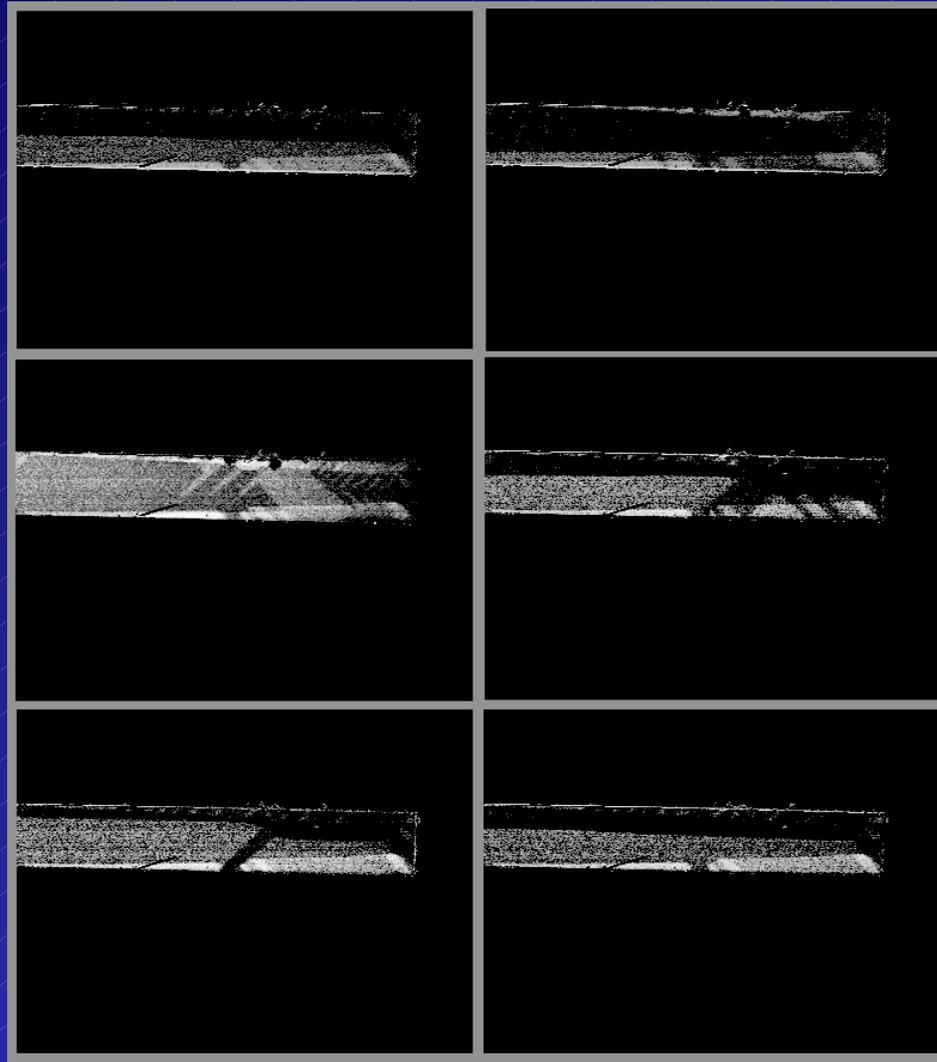


Streifeldverteilung an einer Chip-Karte

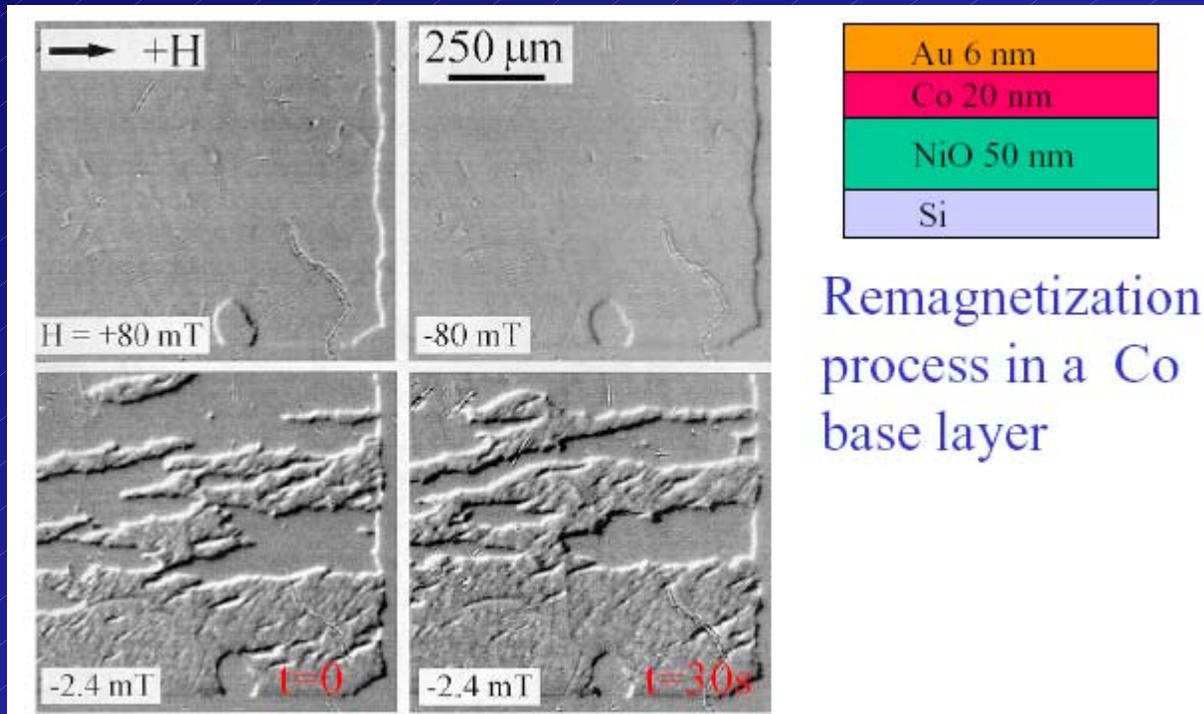
An example of the stray field distribution around an in-plane magnetic code in a AAA card



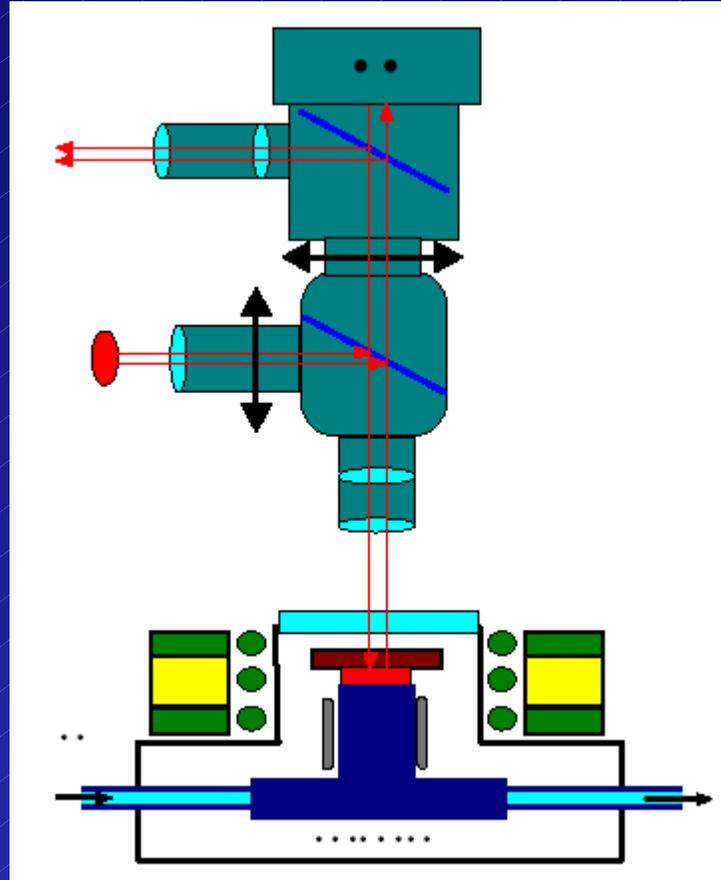
Domänenstrukturen an einem Fe-Whisker



Experimental study of magnetization reversal processes in nonsymmetric spin valve

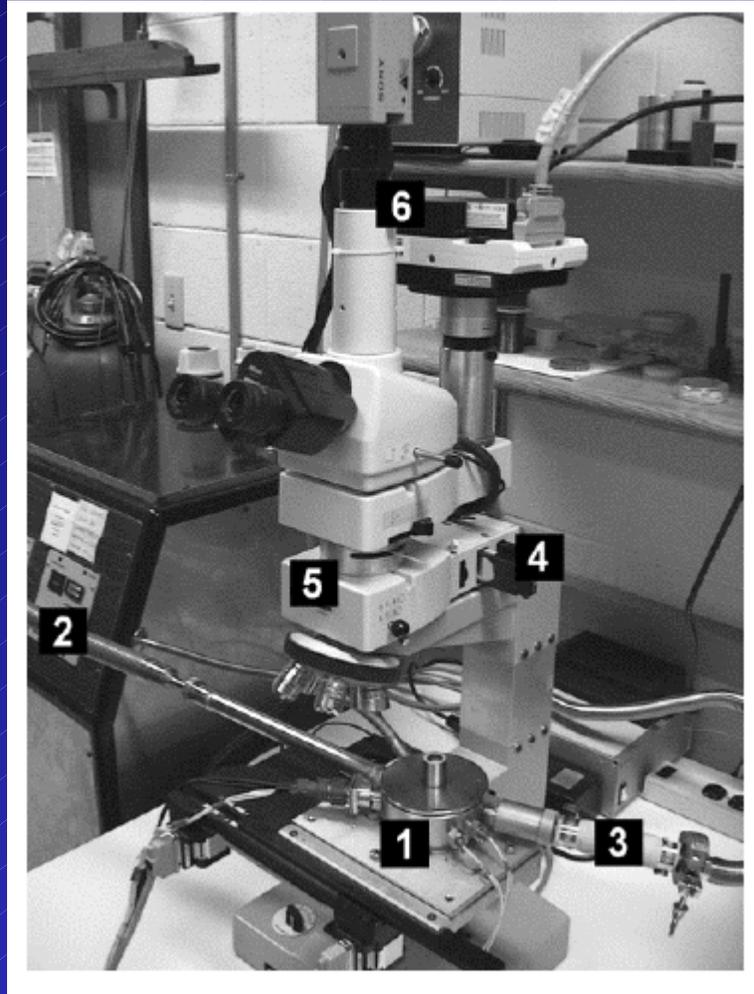


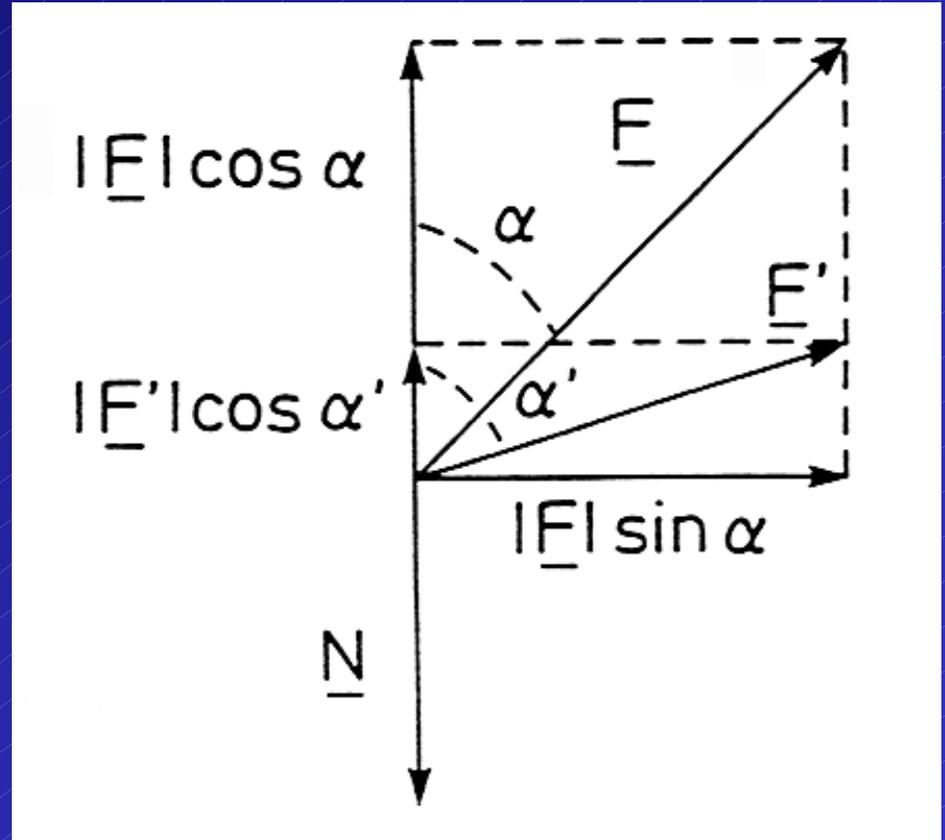
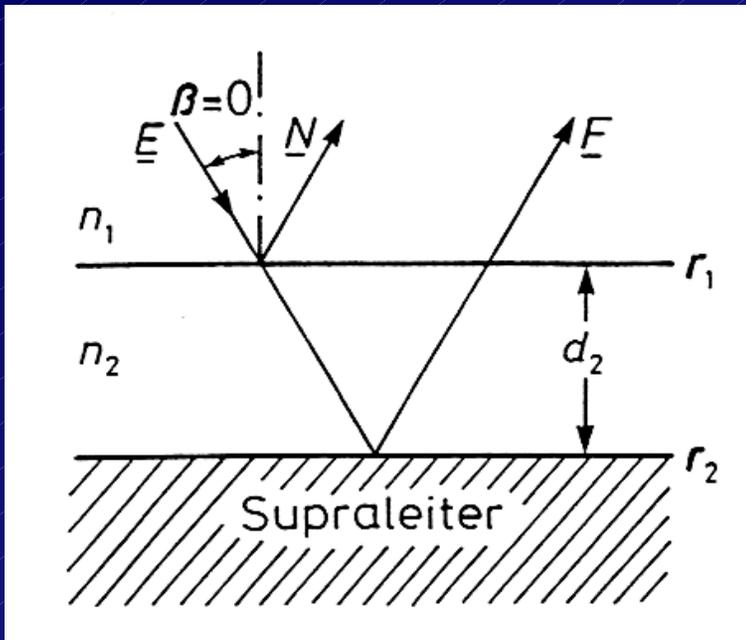
Schematische Zeichnung eines Faraday-Tieftemperatur-Mikroskops



Faraday-Mikroskop mit Kryostat für LHe- Kühlung

min. Temperatur:
ca. 18 K

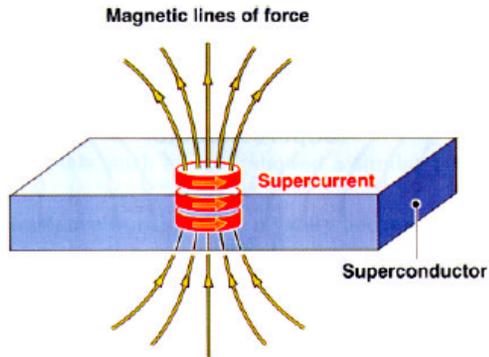




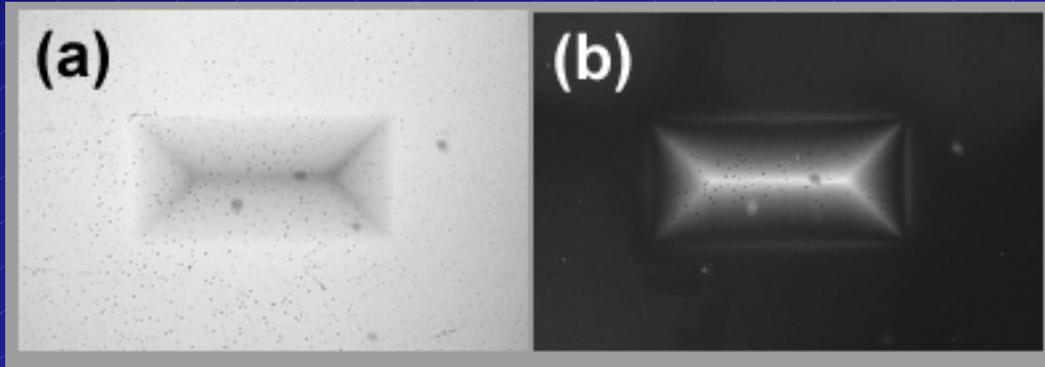
Drehwinkelvergrößerung
 durch geschickte Wahl der
 Schichtdicke
 “Entspiegelung”

destruktive Interferenz zwischen Lichtstrahlen, die keine
 Information tragen

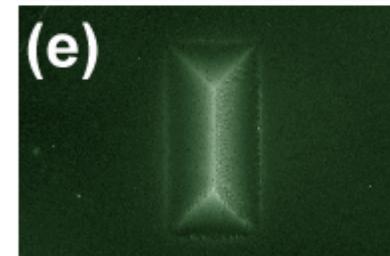
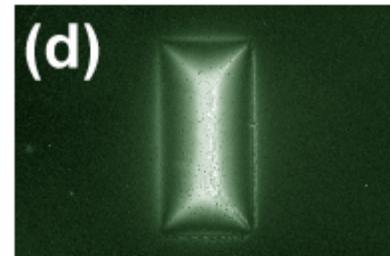
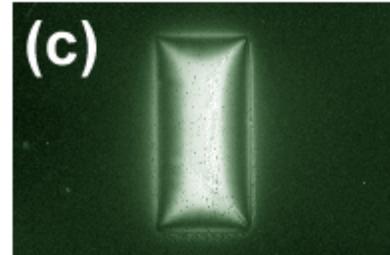
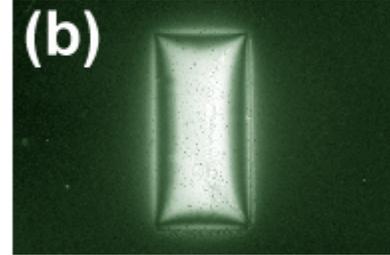
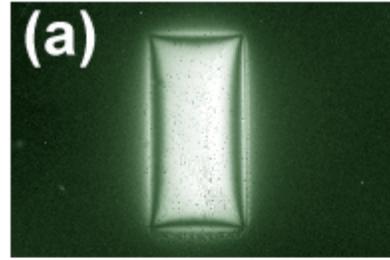
A vortex in a superconductor



The concept of vortices was devised in 1957 by A.A. Abrikosov. Sov. Phys. JETP 1957 v.32 p.1442



YBCO Dünnsfilm, $T = 5 \text{ K}$



YBCO Thin Films (NKT) T = 15K



MO LAB OSLO Apr.98 MB