

# Einführung in die Rasterelektronenmikroskopie

A. Danilewsky

- Prinzip des Rasterelektronenmikroskops
- Orientierungsbestimmung mittels  
"Electron **B**ack **S**catter **D**iffraction, EBSD"
- Texturuntersuchungen



# Literatur

- L. Reimer, G. Pfefferkorn: "Rasterelektronenmikroskopie", Springer 1977
- H. R. Wenk (Ed.): "Electron Microscopy in Mineralogy", Springer Verlag 1976
- L. Reimer: "Scanning Electron Microscopy", Springer 1983
- L. Reimer: "Elektronenmikroskopische Untersuchungs- und Präparationsmethoden", Springer 1967
- Schmidt, Peter Fritz  
Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse / Peter Fritz Schmidt - Renningen-Malmsheim : Expert-Verlag, 1994 (Kontakt & Studium ; 444 : Meßtechnik)
- Joy et al.: "Electron Channeling Pattern in the Scanning Electron Microscope", J. Appl. Phys. Vol 53, No 8 (1982) 439 - 461
- U. Holzhäuser: "Charakterisierung von Einkristallen mittels Electron Channeling Pattern", Diplomarbeit Universität Freiburg 1992
- **Flegler, Heckmann, Klomparens, Elektronenmikroskopie, Spektrum Akademischer Verlag Berlin und Heidelberg, 1993**
- Humphreys, "Reviw: Grain and subgrain characterisation by electron backscatter diffraction, J. of Mat. Sci. 36 (2001), 3833 – 3854

# Nützliche Links

**Alexander Fels:**

"Grundlagen der Raster-Elektronenmikroskopie"

<http://www.reclot.de>

**Dr Geoff Lloyd:** "SEM Electron Backscattered Diffraction"

[http://earth.leeds.ac.uk/people/lloyd/rms\\_ebsd/](http://earth.leeds.ac.uk/people/lloyd/rms_ebsd/)

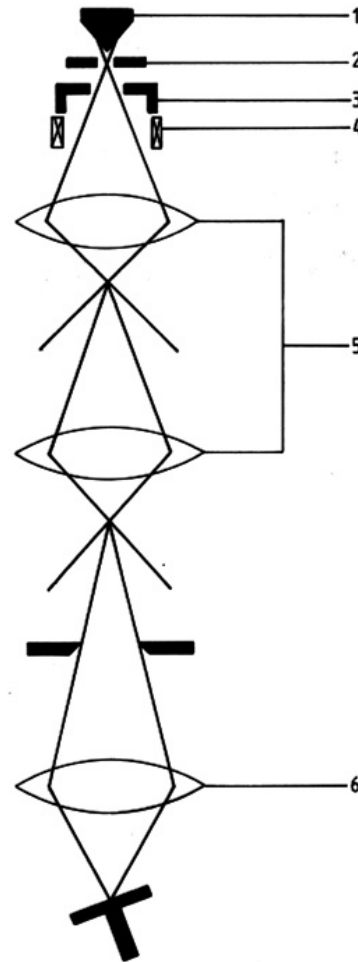
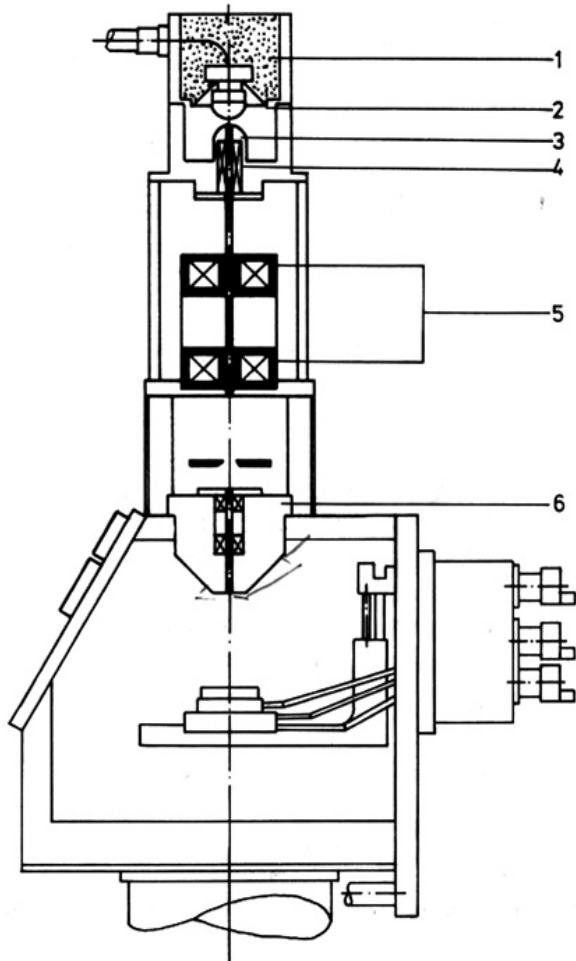
**Kurt Helming:** "Crash Kurs Textur"

<http://www.texture.de/Multex-Dateien/crash.htm>

**D. Katrakova, F. Mücklich:** "Orientierungsabbildende Mikroskopie"

<http://www.uni-saarland.de/fak8/fuwe/oim/>

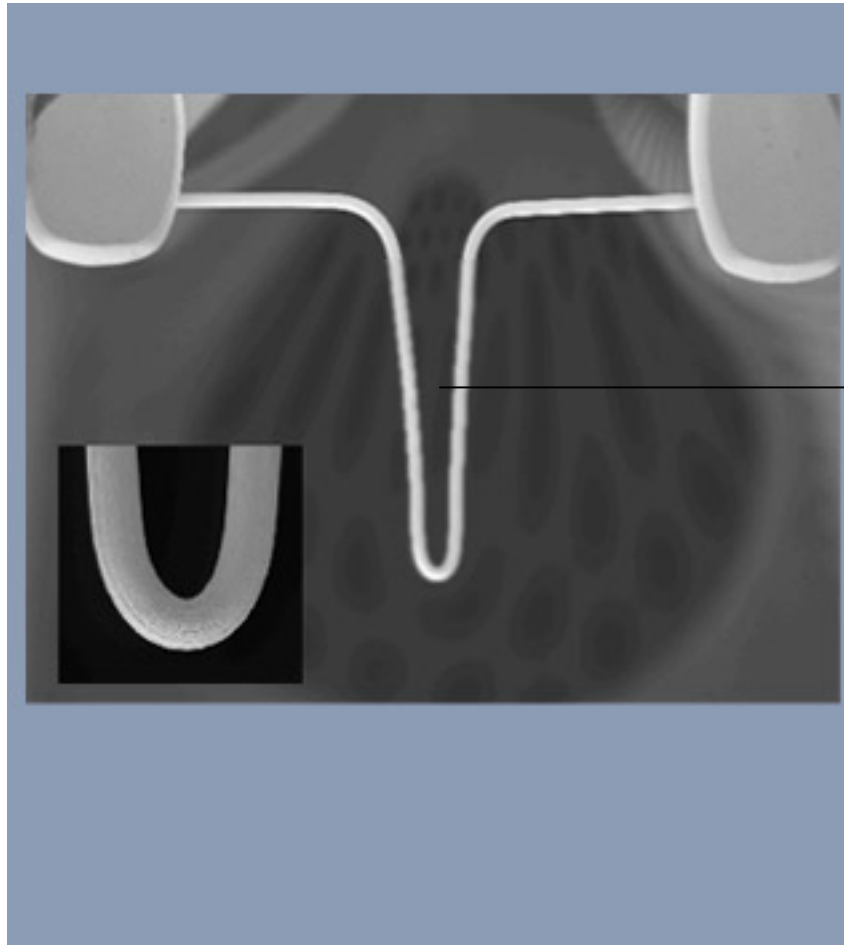
# Aufbau des Rasterelektronenmikroskops und Strahlengang



- (1) Kathodenkopf,
- (2) Wehnelt-Zylinder
- (3) Anode
- (4) Strahljustierspulen
- (5) Kondensorenlinse
- (6) Objektivlinse



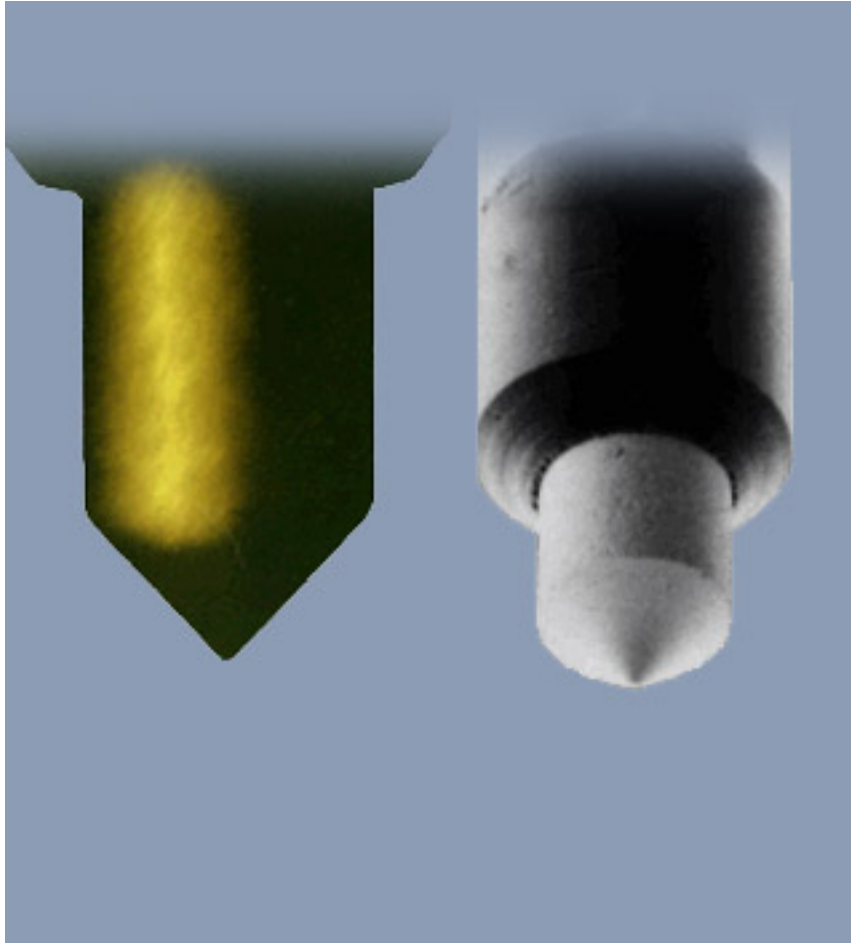
# Erzeugung von Elektronen: Glühkathode



Kathode



## Erzeugung von Elektronen: $\text{LaB}_6$

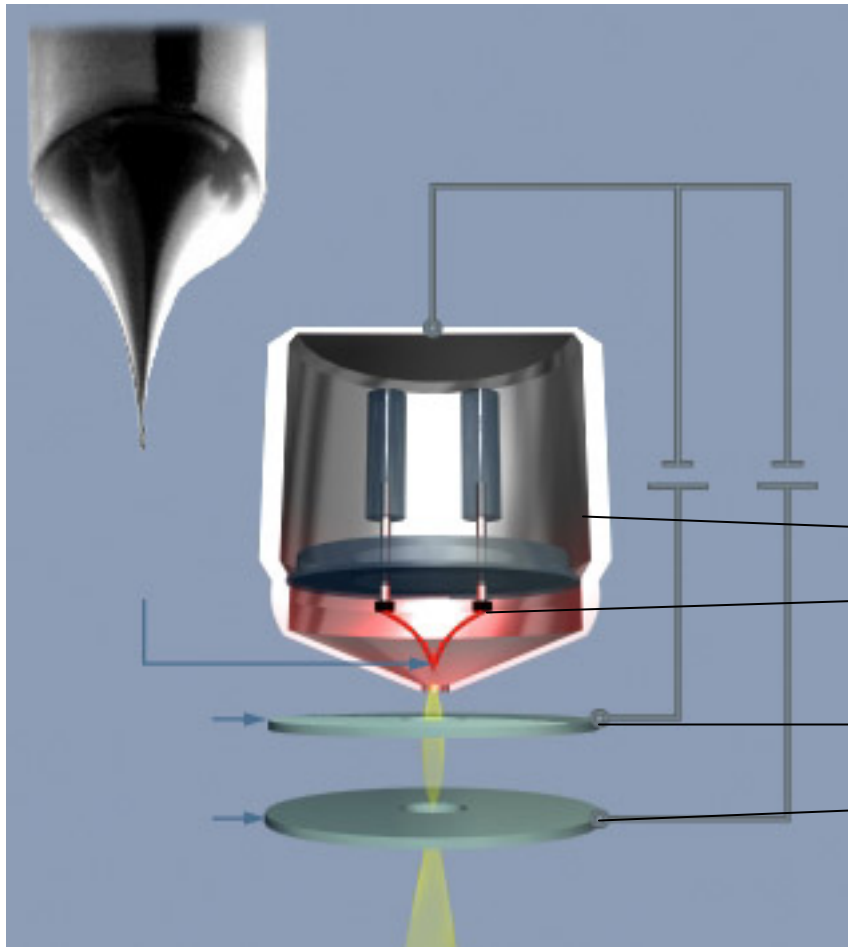


hoher Strahlstrom

=> Analytik



# Erzeugung von Elektronen: Feldemission



"heiße Feldemission",

Schottky-Kathode

=> hohe Auflösung

=> hohe Strahldichte "Brillanz"

Wehnelt-Zylinder

Kathode

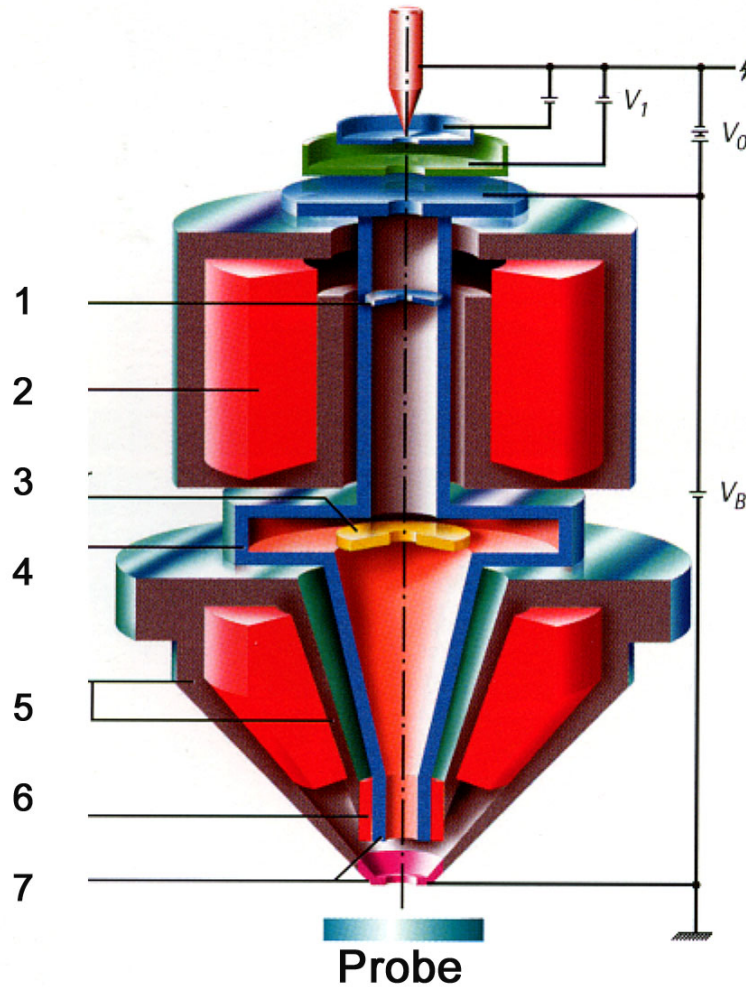
Anode 1 "Extraktor"

Anode 2



# Feldemissionsrasterelektronenmikroskop LEO 1525

mit Schottky Feldemitter:

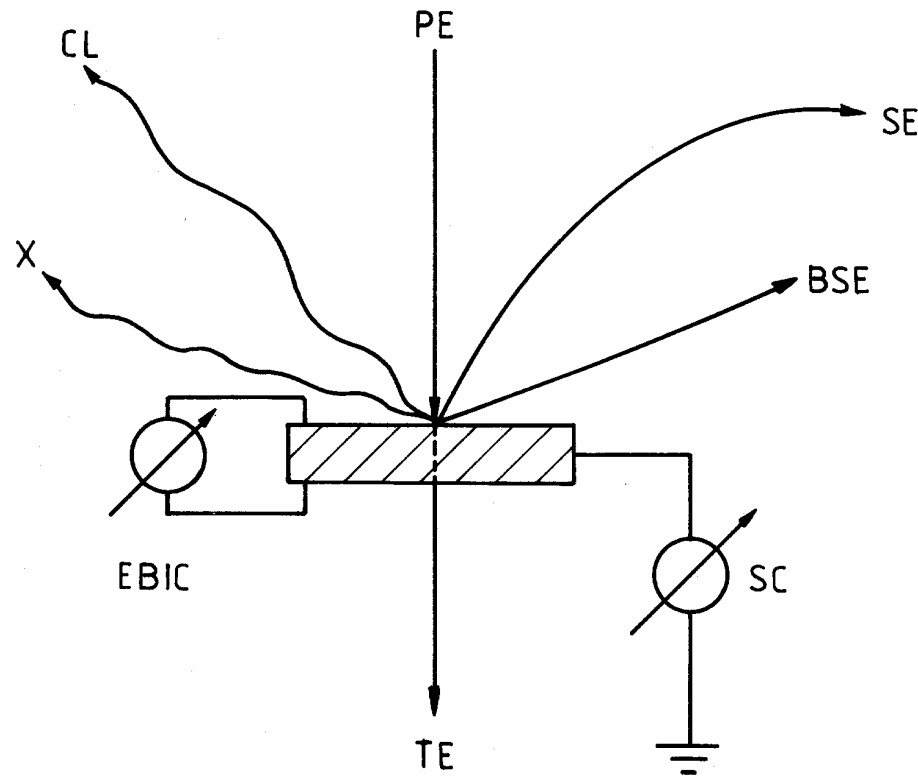


- (1) Aperturblenden
- (2) Feld Linsen
- (3) Inlense SE-Detektor
- (4) Strahl-Booster (blau)
- (5) Magnetische Linsen
- (6) Ablenklinsen
- (7) Elektrostatische Linsen

$v_1$  = Extraktorspannung Anode 1  
 $v_0$  = Beschleunigungsspannung Anode 2  
 $v_B$  = Booster Spannung



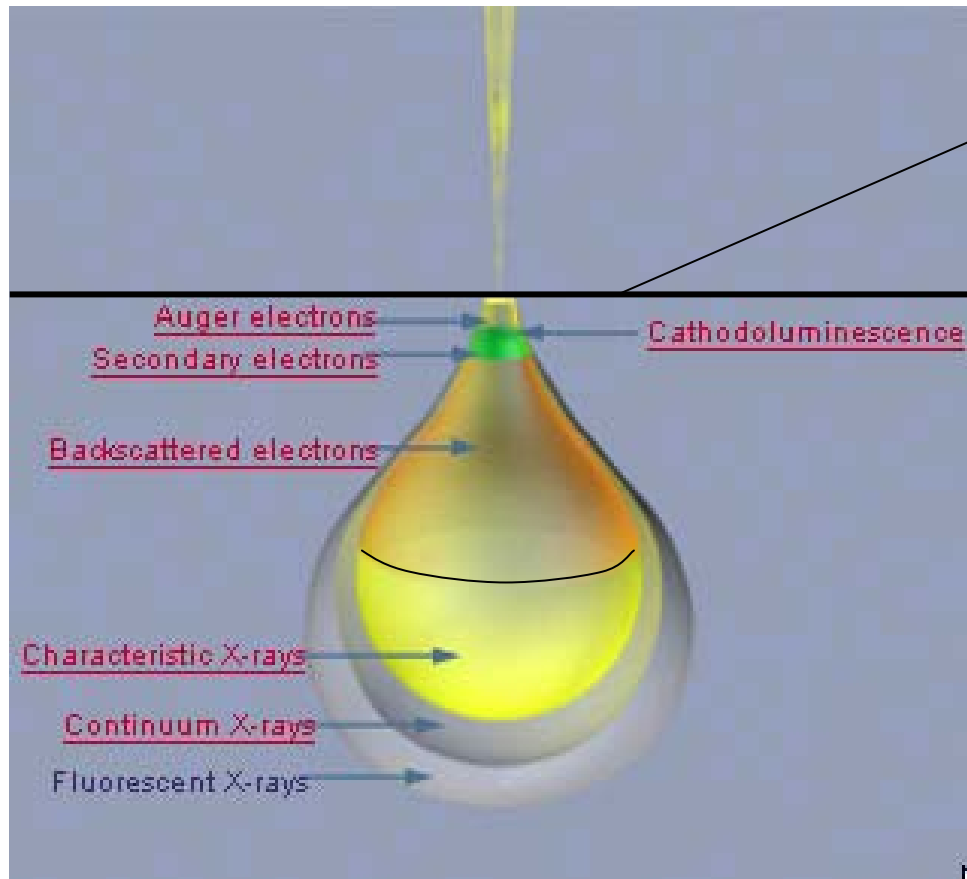
# Wechselwirkung Elektronenstrahl - Materie



SE	Sekundärelektronen
BSE	Back Scatter-bzw. Rückstreuelektronen
X	Röntgenstrahlung
CL	Kathodolumineszenz
EBIC	Electron Beam Induced Current
TE	Transmission
SC	Probenstrom
+ Wärme !	



# Unterschiedliche Signaltiefen



**Probenoberfläche**

Auger - Elektronen

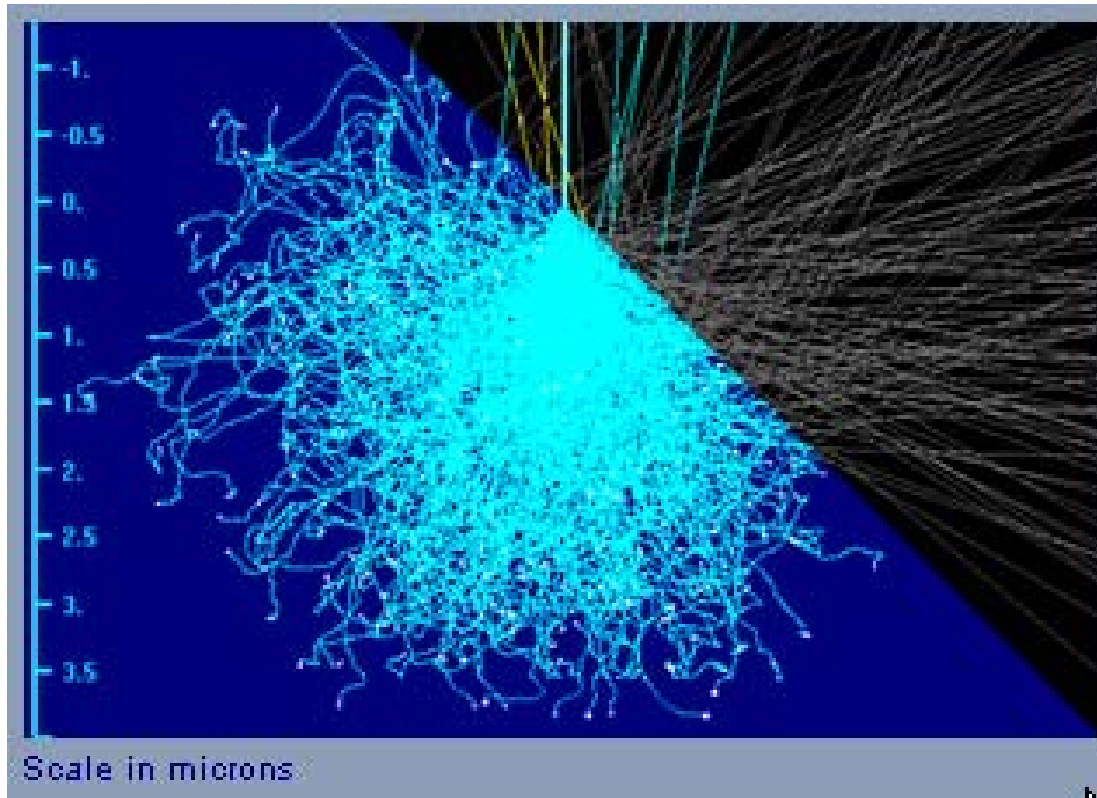
Sekundärelektronen

Rückstreuelektronen

Röntgenstrahlung



# Wechselwirkungsvolumen: "Ausbreitungsbirne"



(1) Si bei 5 kV, 0° Tilt

(2) Si bei 20 kV, 0° Tilt:  
mehr SE Elektronen

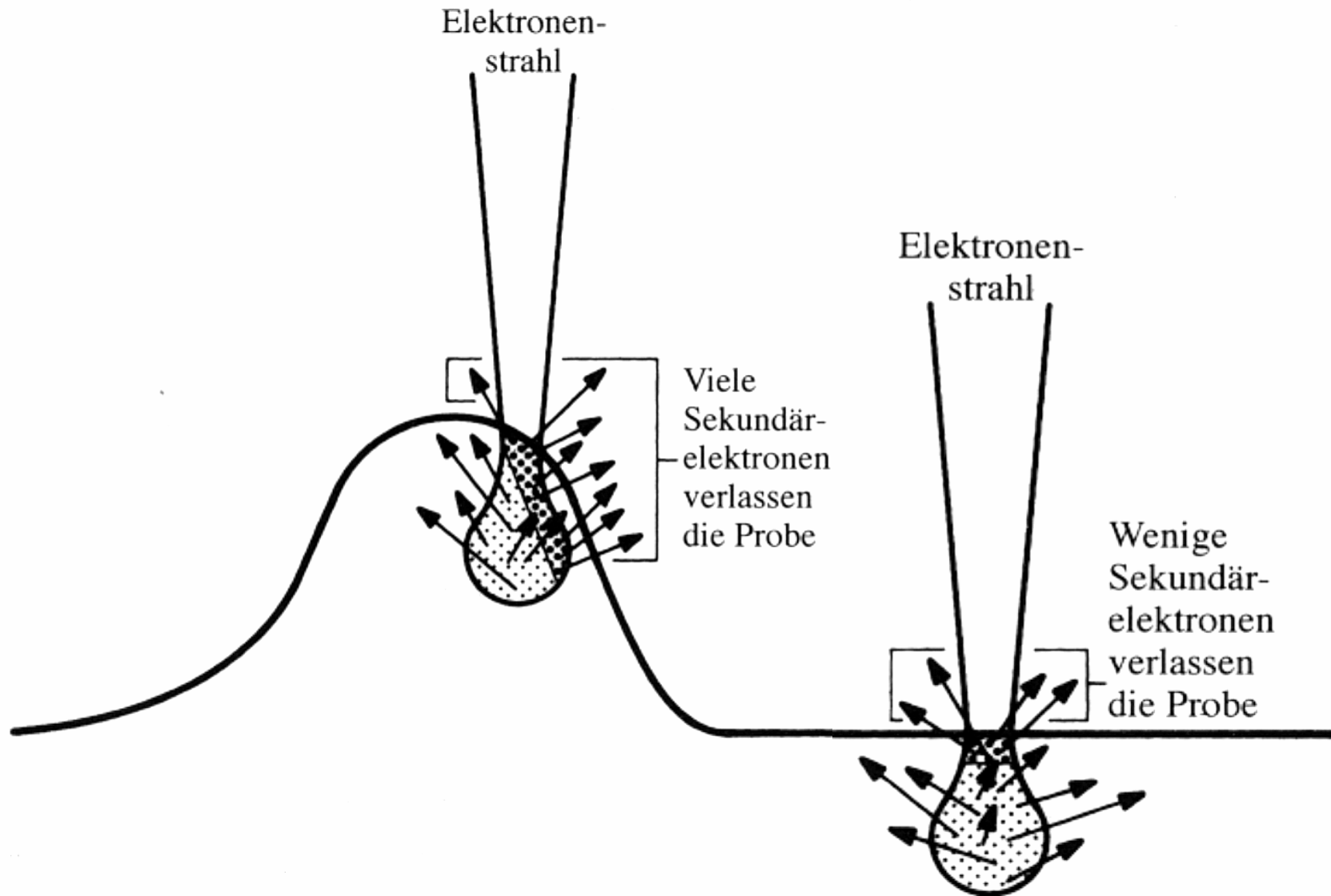
(3) Si bei 20 kV, 45° Tilt:  
viel mehr SE Elektronen

**"Flächeneigungskontrast"**

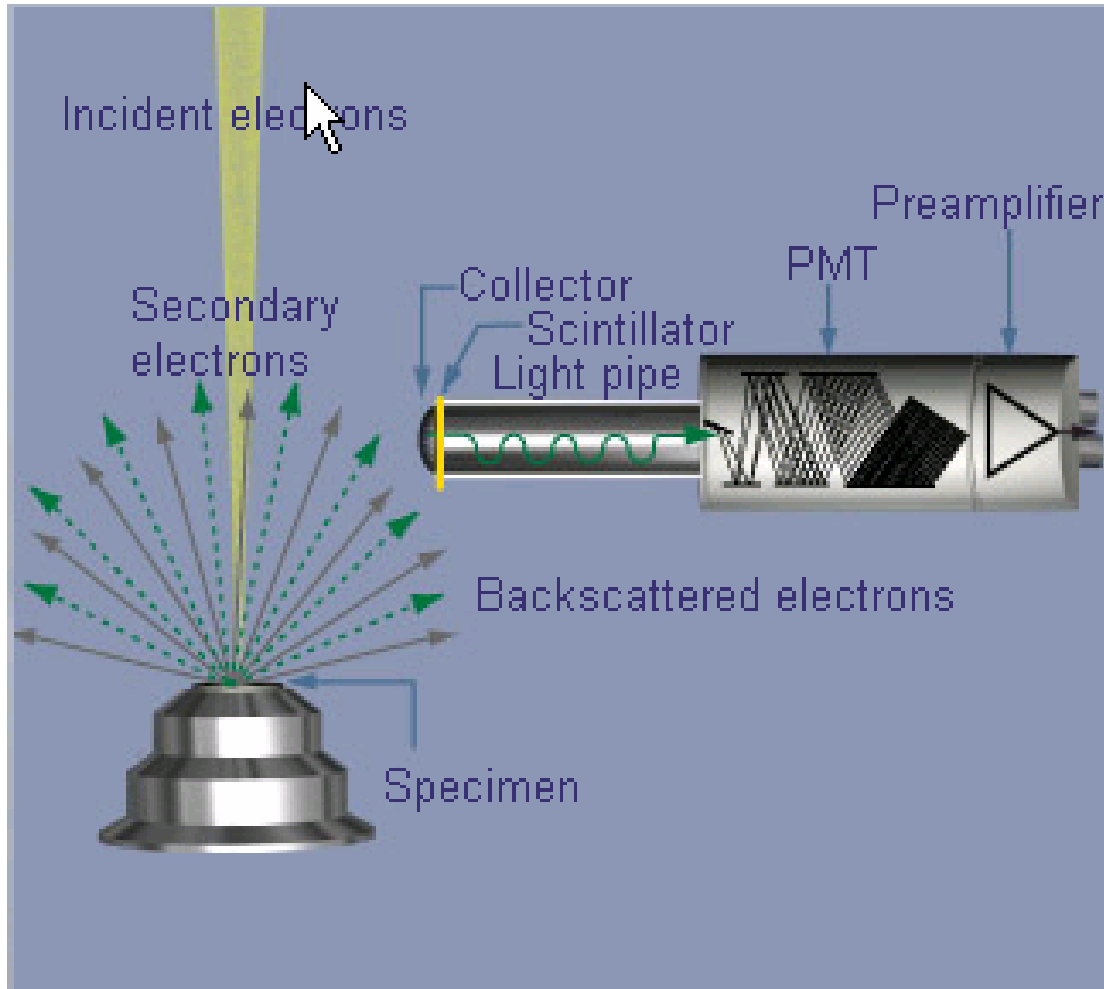
**"Kantenkontrast"**



# Topographiekontrast



# SE - Detektion



Sekundärelektronendetektor

nach

Everhart - Thornley

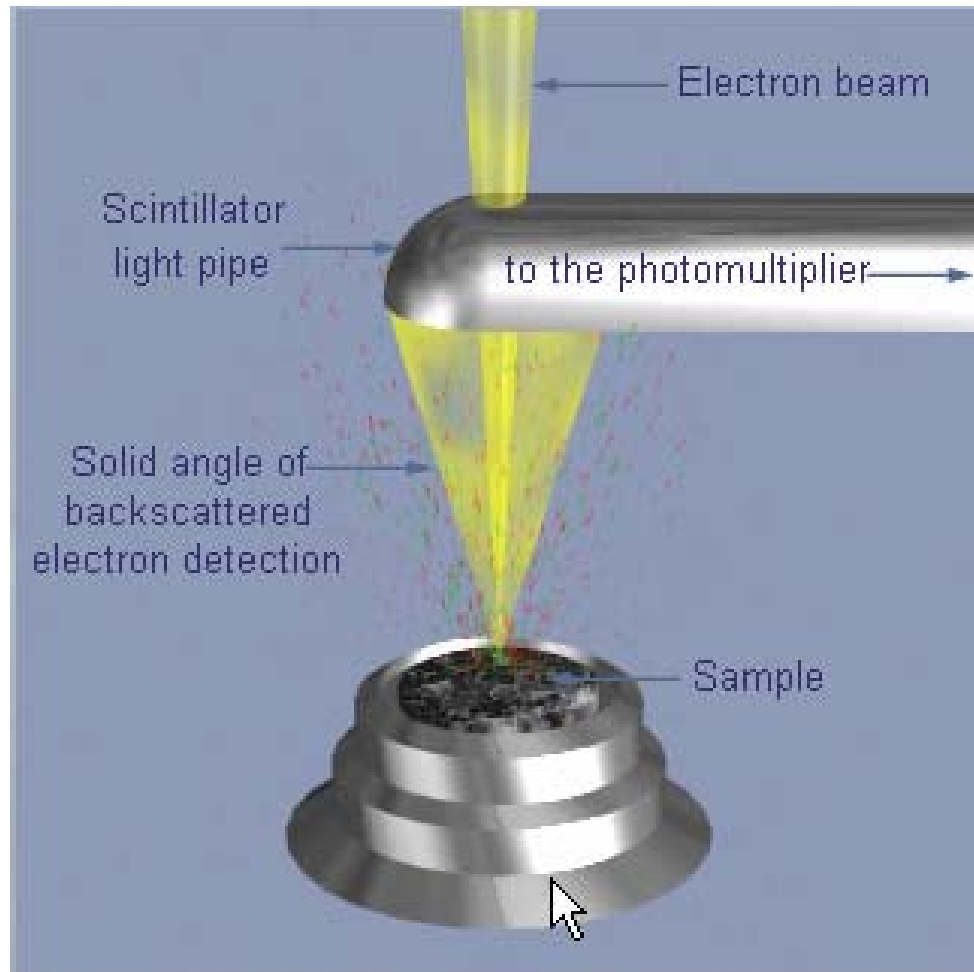
negative Spannung:

SE werden abgestoßen,

nur wenige BSE gelangen  
in den Detektor



# BSE - Detektion



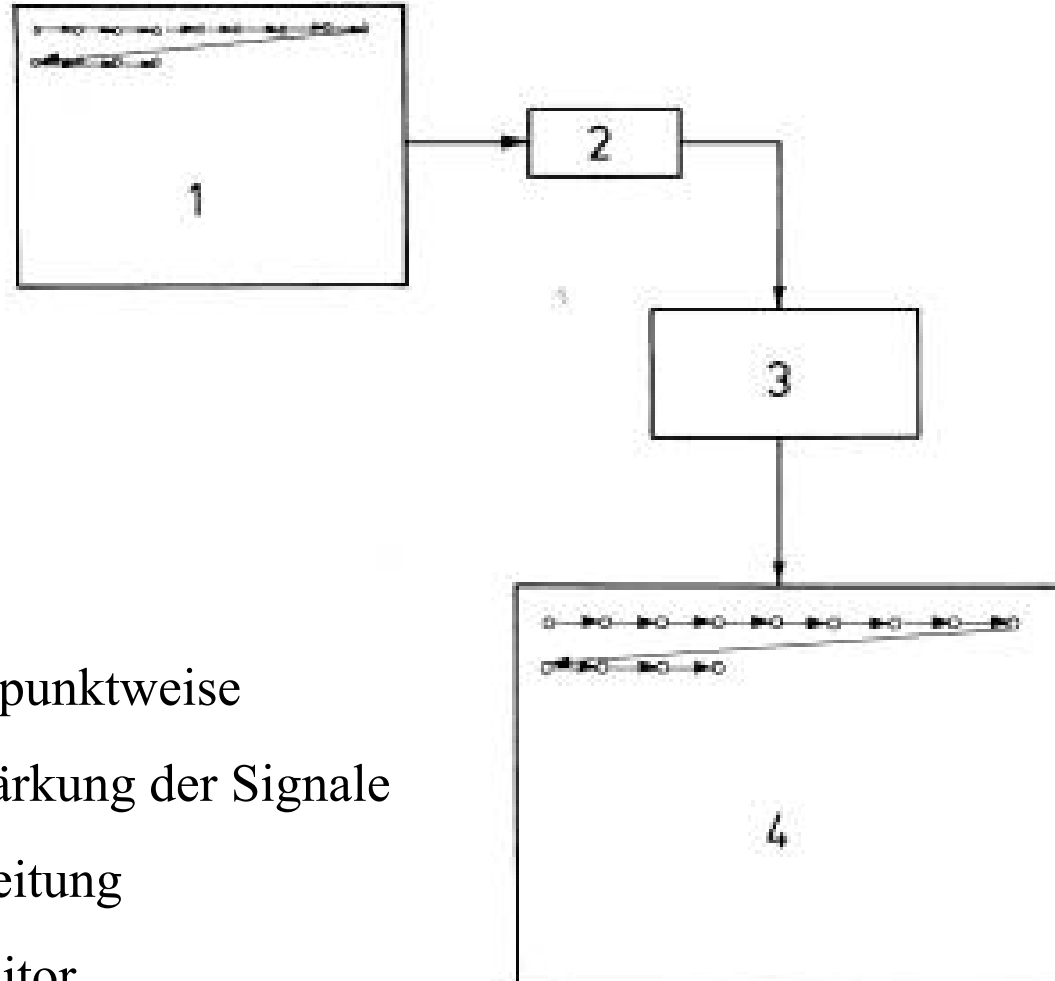
Rückstreuelektronendetektor

meist Flächendetektor über  
der Probe, z. B. "YAG"

(Y-Al-Granat)



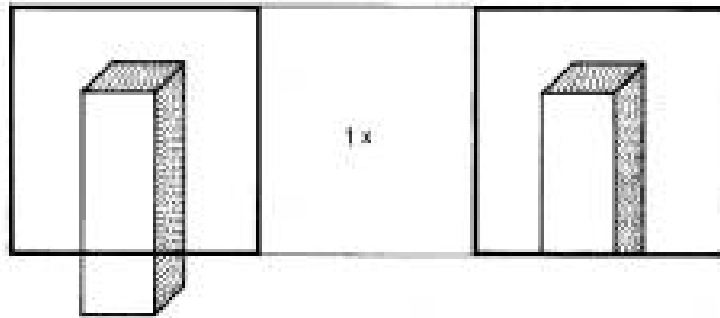
# Bildentstehung: Prinzip



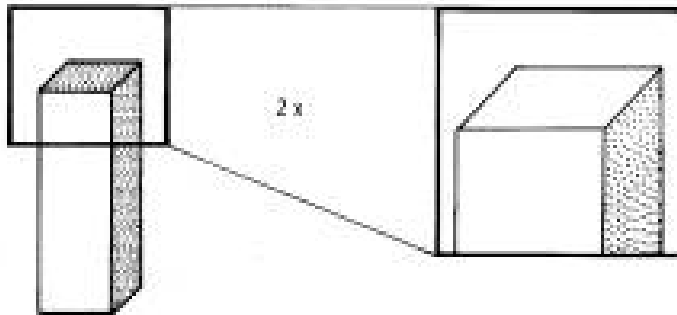
- (1) Abrastern der Probe punktweise
- (2) Detektion und Verstärkung der Signale
- (3) Digitale Videobearbeitung
- (4) Daratellung auf Monitor



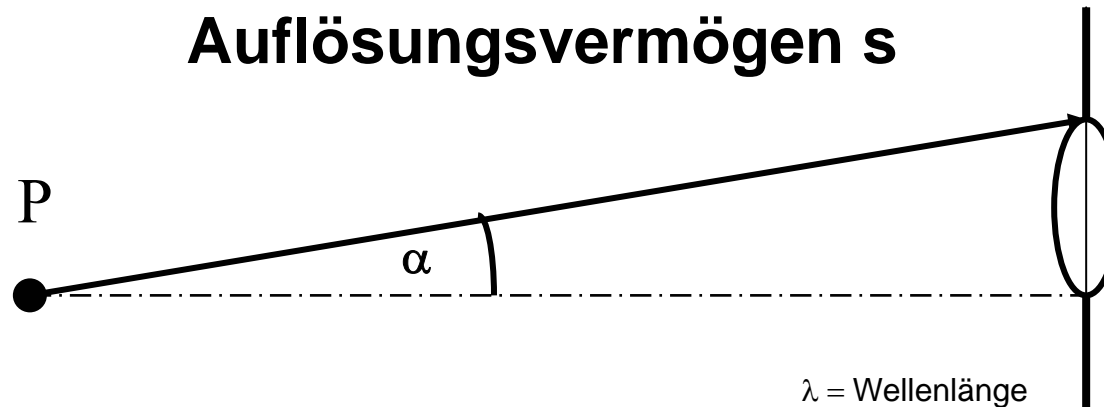
# Bildentstehung: Vergrößerung



Verringerung der abgerasterten Fläche bei **konstanter Anzahl** der Meßpunkte und konstanter Bildschirmgröße



# Auflösungsvermögen s



$$s = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha} \quad \lambda = \frac{h \cdot c}{E}$$

$\lambda$  = Wellenlänge

$n$  = Brechungsindex

$\alpha$  = halber Öffnungswinkel Objektiv

$n \times \sin \alpha = A$  = numerische Apertur

$E$  = kinetische Energie

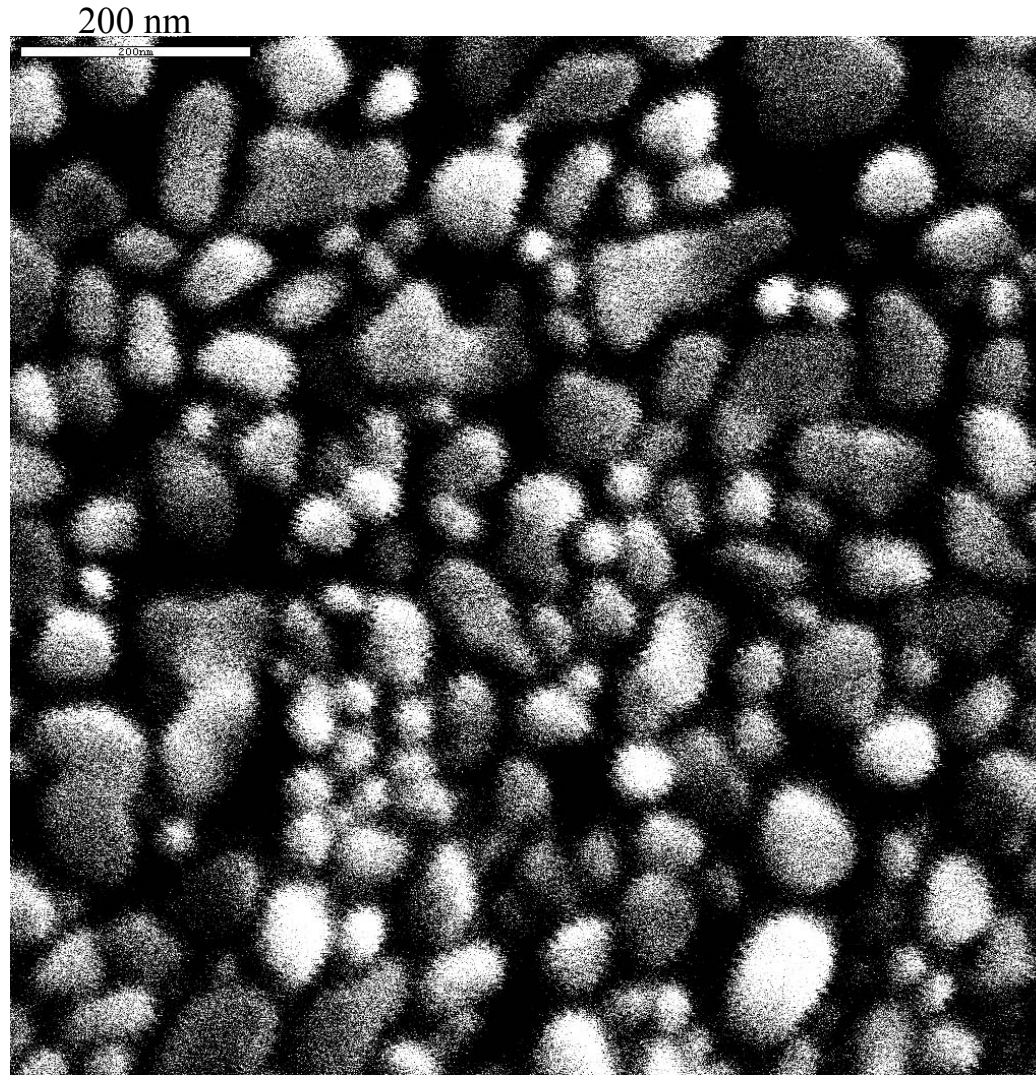
$h$  = Plancksches Wirkumsquantum

$c$  = Lichtgeschwindigkeit

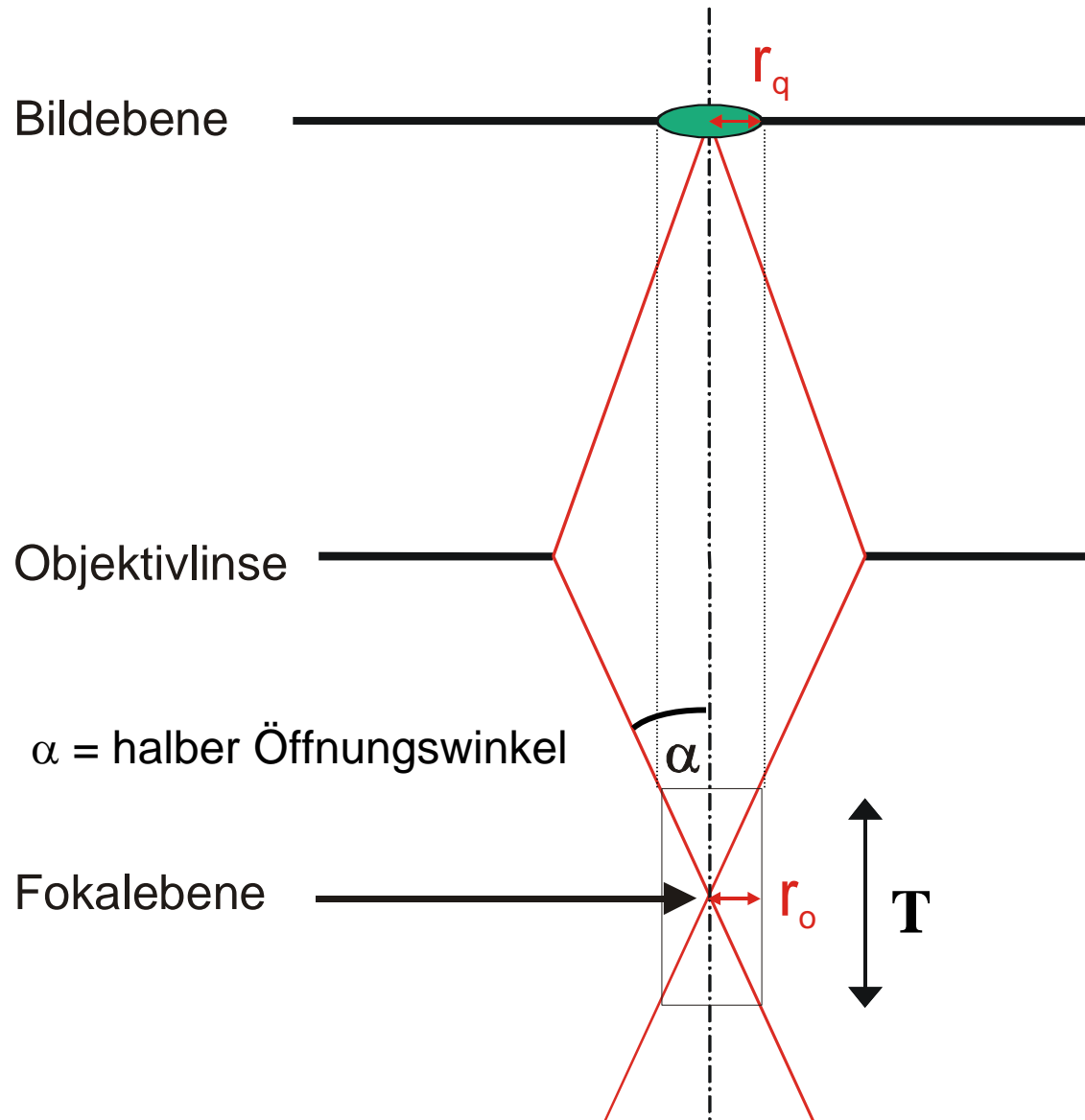
	sichtbares Licht	Elektronenstrahl (30 KeV)
$\lambda$ [nm]	500 nm	0,007 nm
A	0,90	0,002
$s_{\min}$ [nm]	400 nm	3,5 nm



# Hochauflösung: Au - Standard



# Schärfentiefe T



scharfes Bild für  $r_o < r_q$

$$T = \frac{2 \cdot r_o}{\alpha}$$

Vergrößerung 1000-fach:

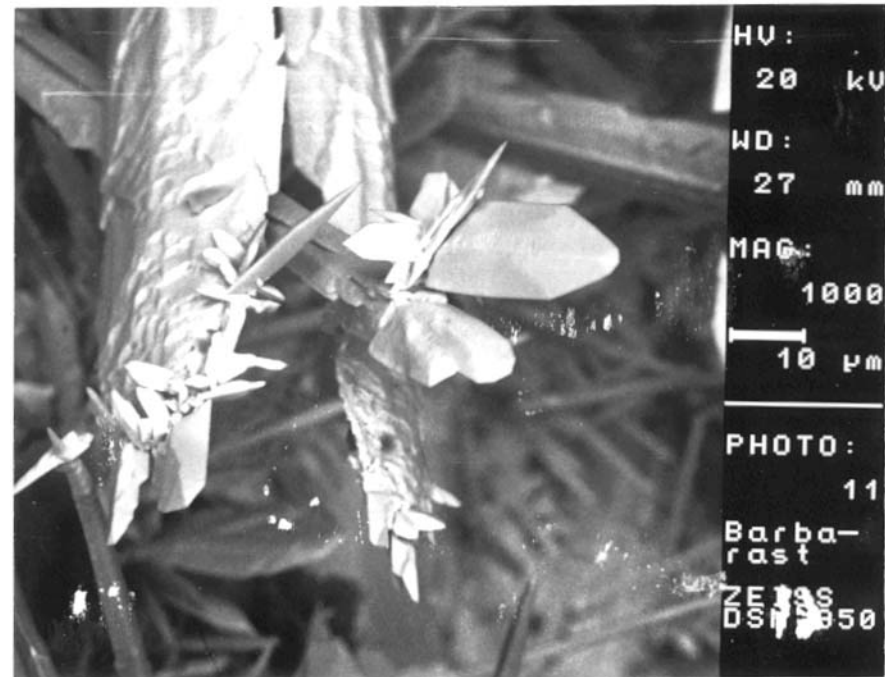
Lichtmikroskop:  $T = 0,8 \mu\text{m}$

REM:  $T = 50 \mu\text{m}$



# Beispiel für SE Bild mit großer Schärfentiefe

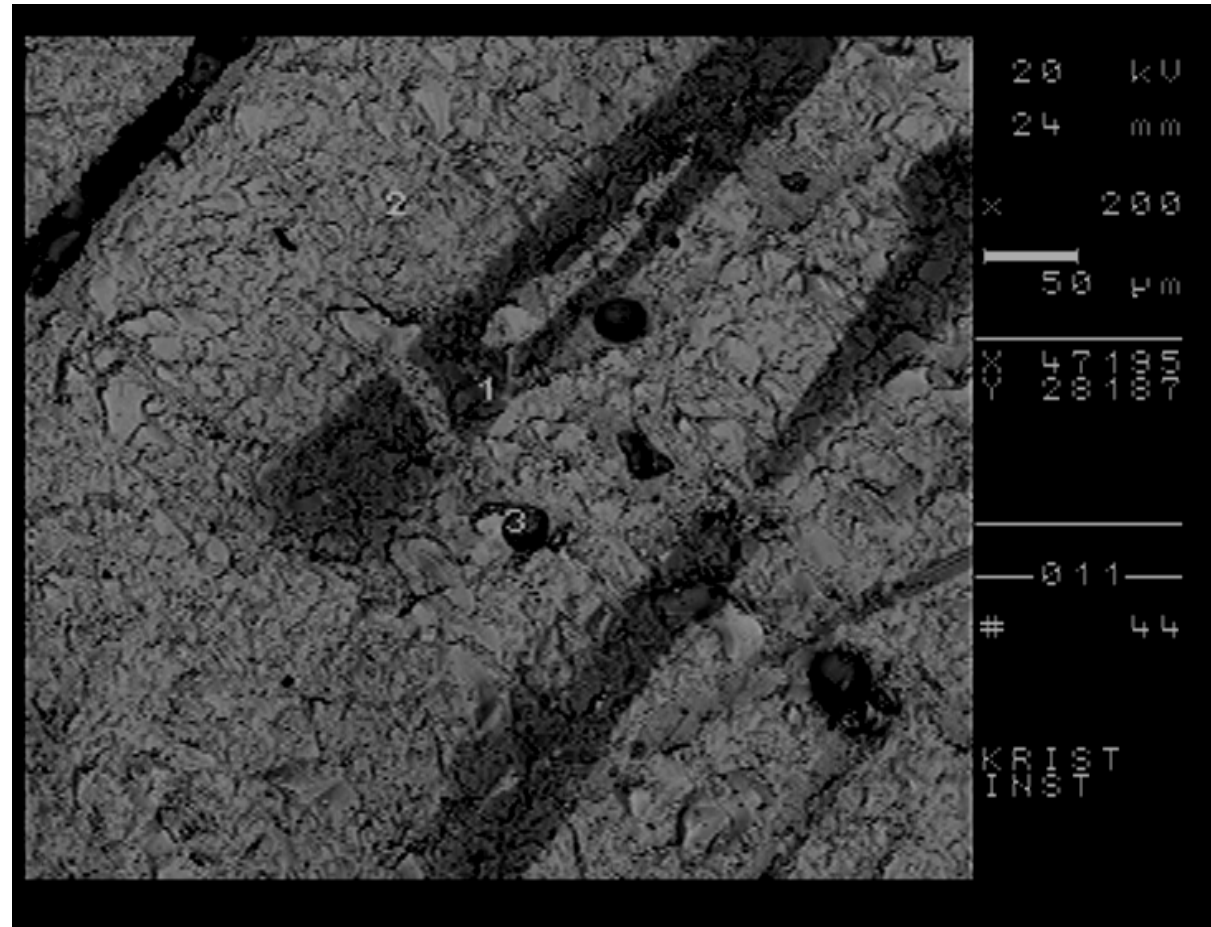
$C_{2h} - 2/m$  , monoklin - prismatisch  
Akanthit,  $Ag_2S$ , Barbarast



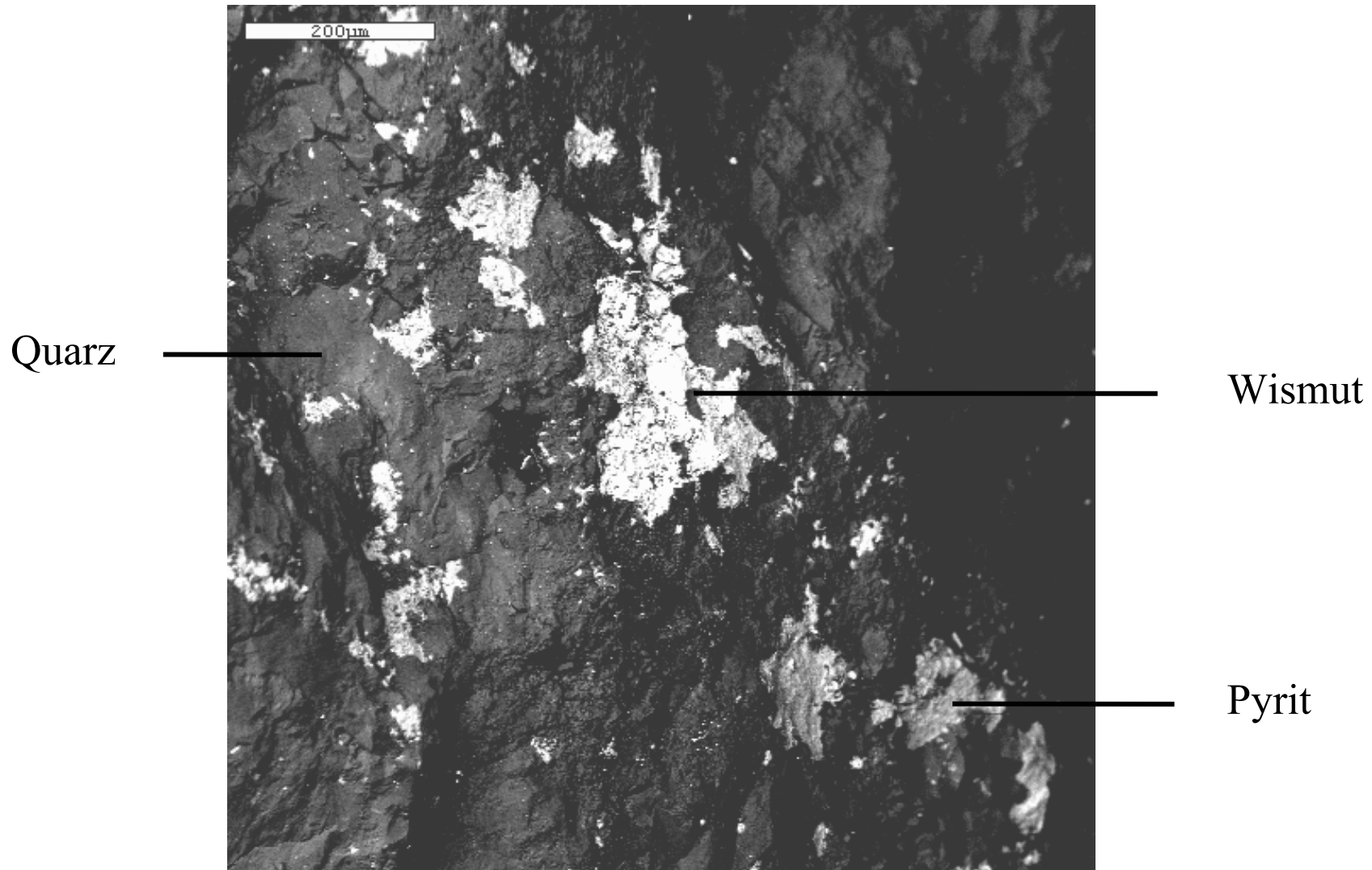
Tieftemperaturmodifikation von  $Ag_2S$  (<179 °C)



# Beispiel für BSE - Bild mit Materialkontrast (Al,Ga)Sb - Kristalle in (Ga,Al)Sb - Matrix

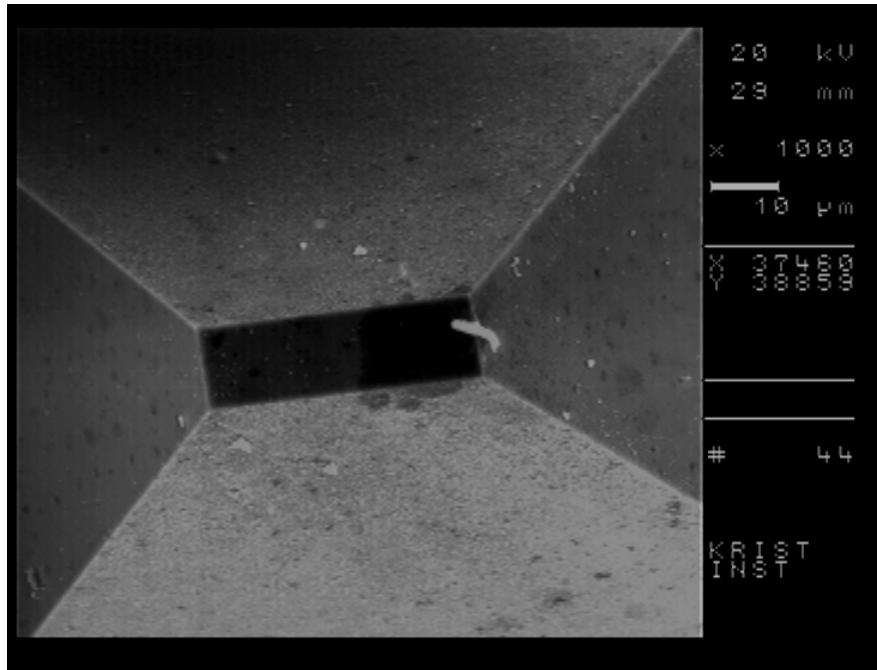


# Beispiel für BSE Bild mit Materialkontrast ged. Wismut und Pyrit in Quarz

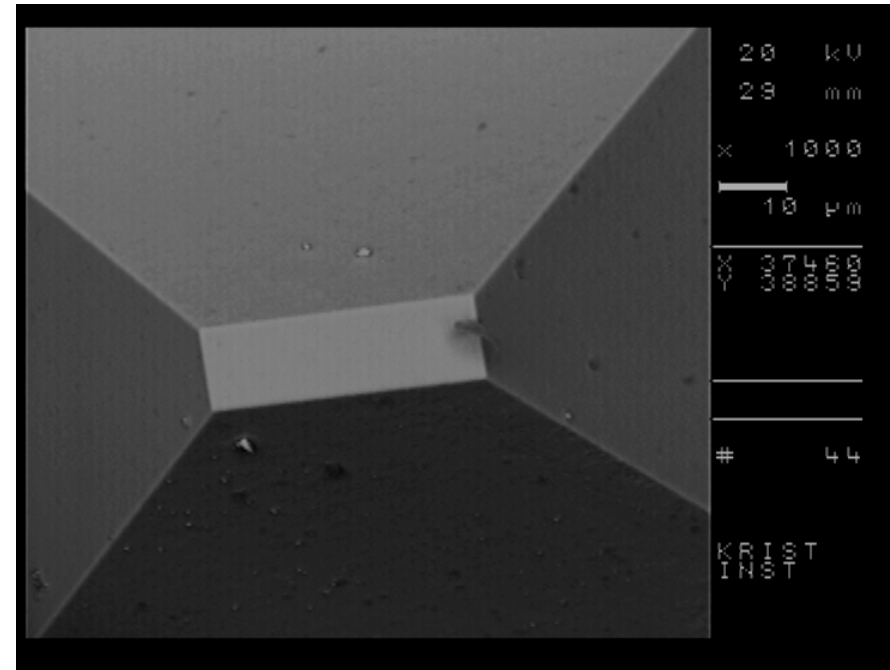


# Vergleich von SE und BSE Bild

SE



BSE



GaAs: kubisch,  $F - \bar{4}3m$ , Zinkblende - Struktur,  
Kombination von  $(001)$ ,  $\{111\}$  und  $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$

