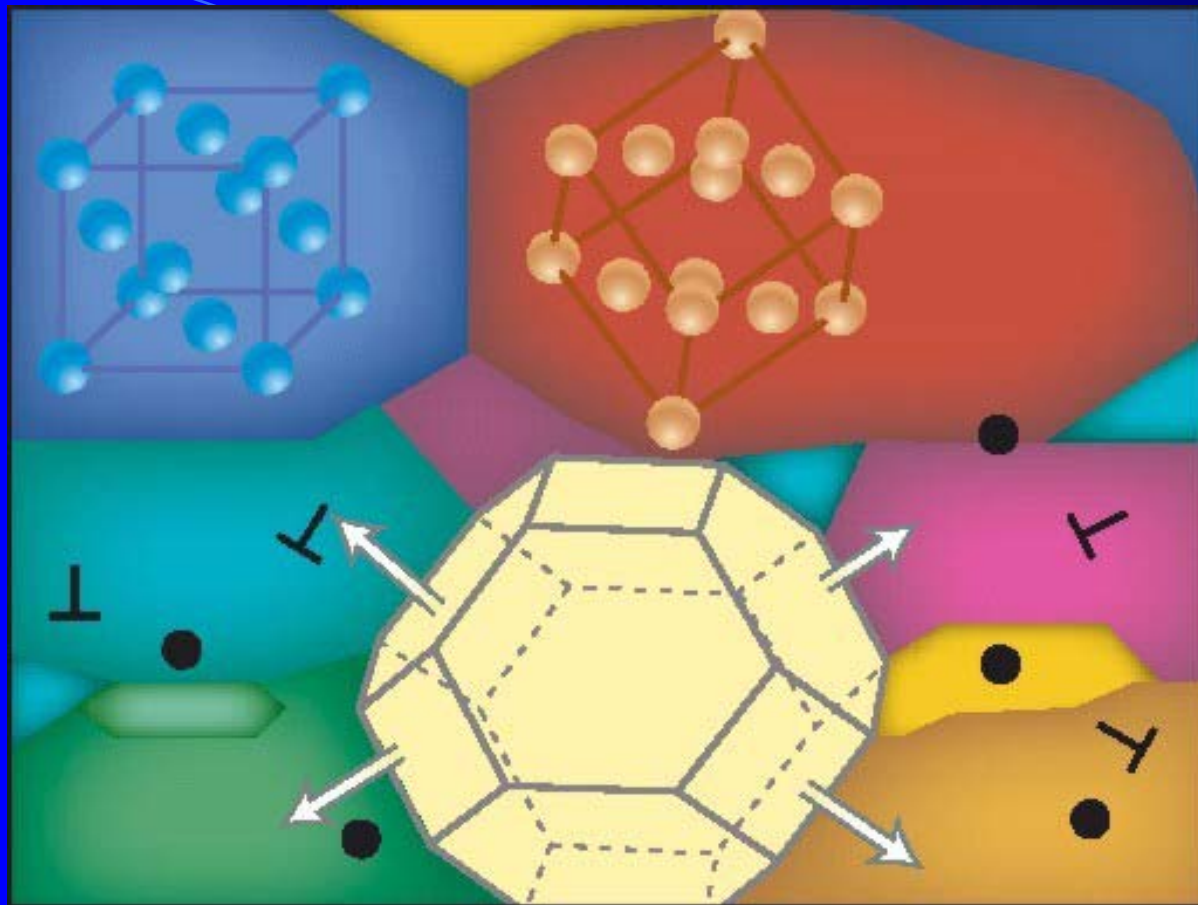


Mikrostrukturen in 4D



Mikrostrukturen in 4D

- Einführung und Motivation
- 3DXRD am ESRF
- Experiment: Wachstum von Kristallkörnern während des Rekristallisierungsprozesses

European Synchrotron Radiation Facility



Motivation

Mikrostrukturen beeinflussen die physikalischen Eigenschaften:

- Streckfestigkeit von Metallen
- Leitfähigkeit von Supraleitern
- Magnetische Domänen

Wie löst man nun
dieses Problem?

ge

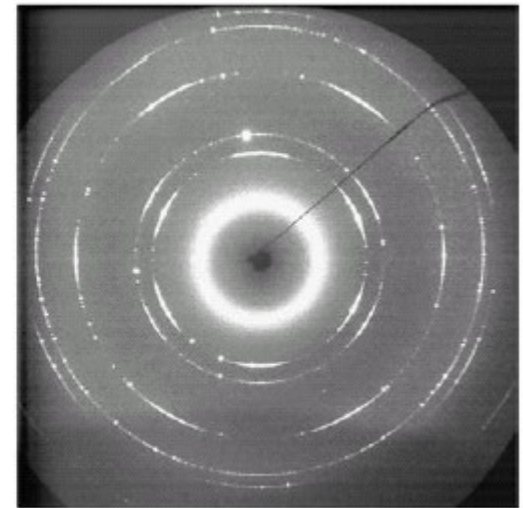
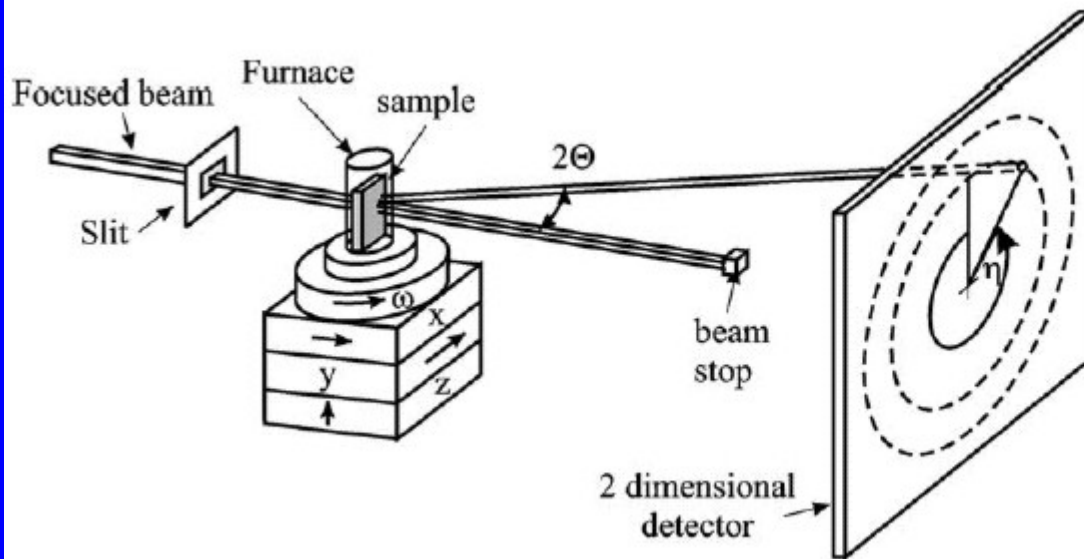
⇒ es

zweifelsfrei... ziehen

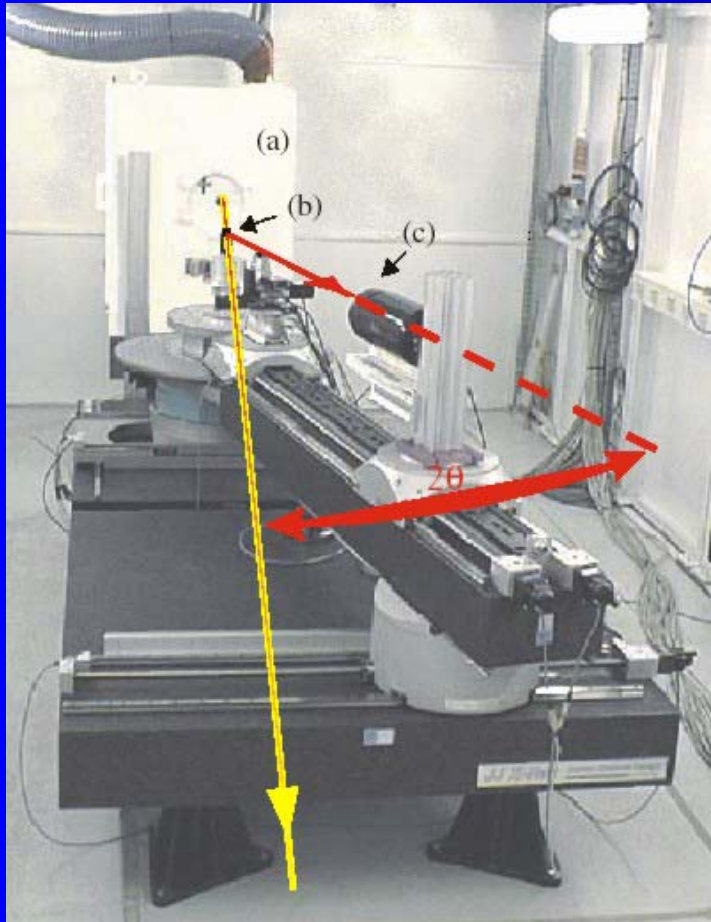
3DXRD Mikroskop

- 3D Aufnahmen ohne Zerstörung der Probe
- hohe Penetrationstiefe (80 keV)
Stahl: 5 mm / Aluminium 4 cm
- grosse Strahlungsleistung
 10^{11} Photonen pro Sekunde
- monochromatische Röntgenstrahlung

3DXRD Mikroskop



3DXRD Mikroskop



a) optische Box
mit Monochromator

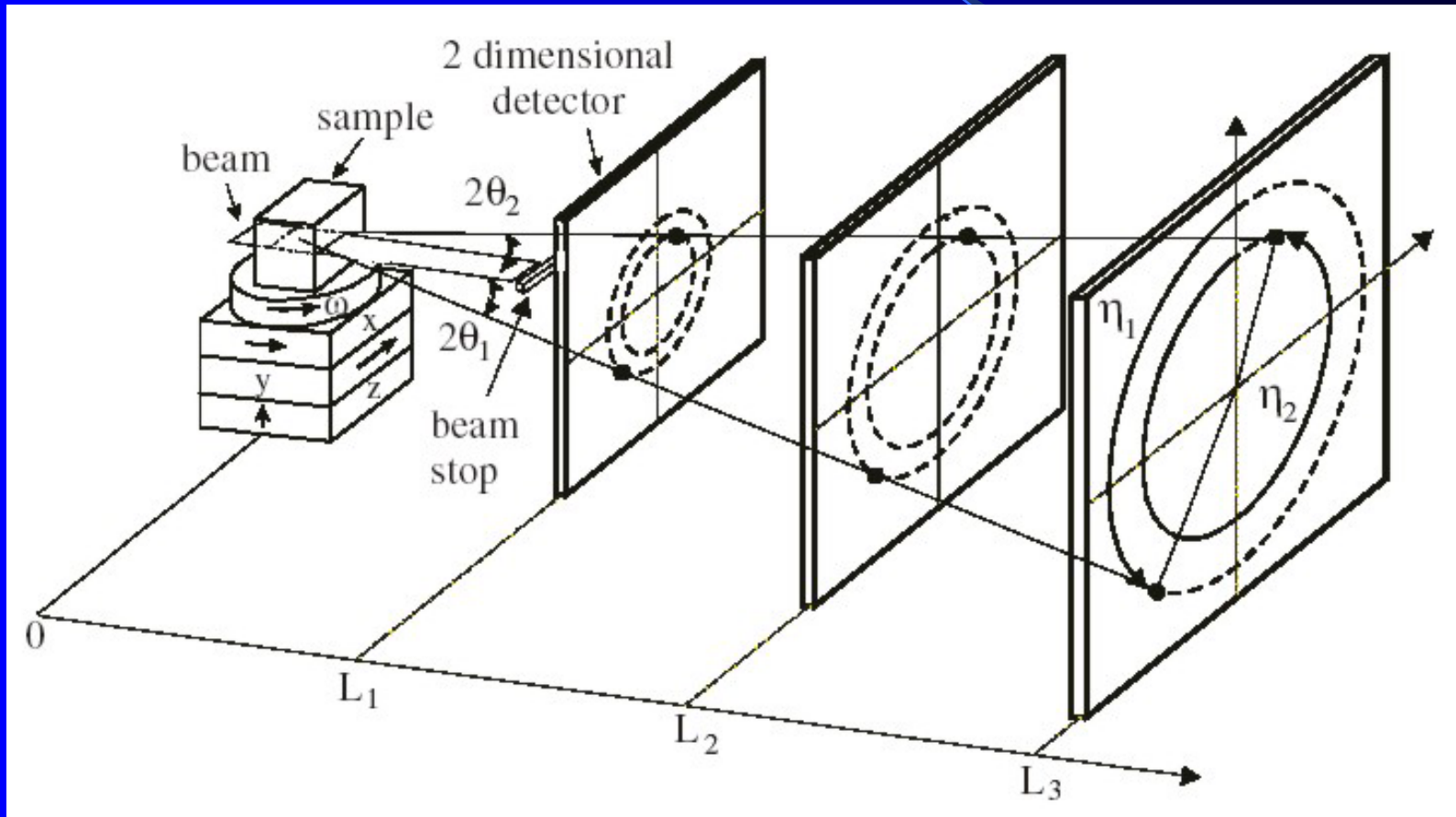
b) Probe

c) Detektor

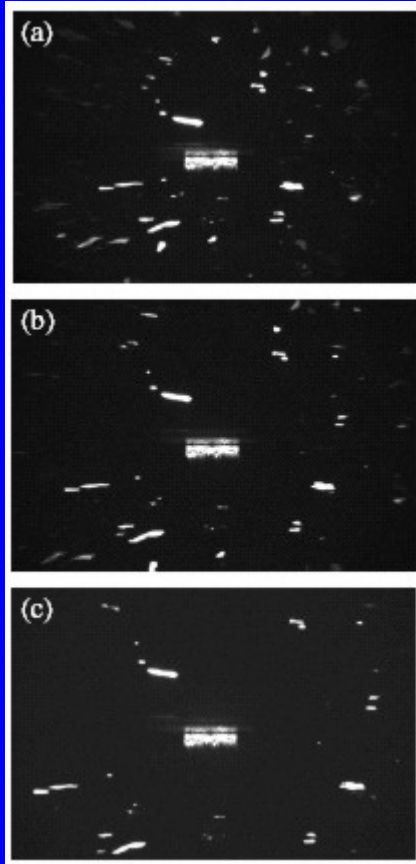
Wie erzeugt man ein 3D Bild?

- Strahl trifft Probe gerade unterhalb der Oberfläche
- ω -Scan
- monochromatische Strahl trifft auf Kristallkorn das Bragg-Bedingung erfüllt
- gebeugter Strahl wird detektiert

Messung von 2Θ und η



Beugungspunkte



a) $L = 7.6 \text{ mm}$

b) $L = 10.3 \text{ mm}$

c) $L = 12.9$

Berechnung des Querschnitts

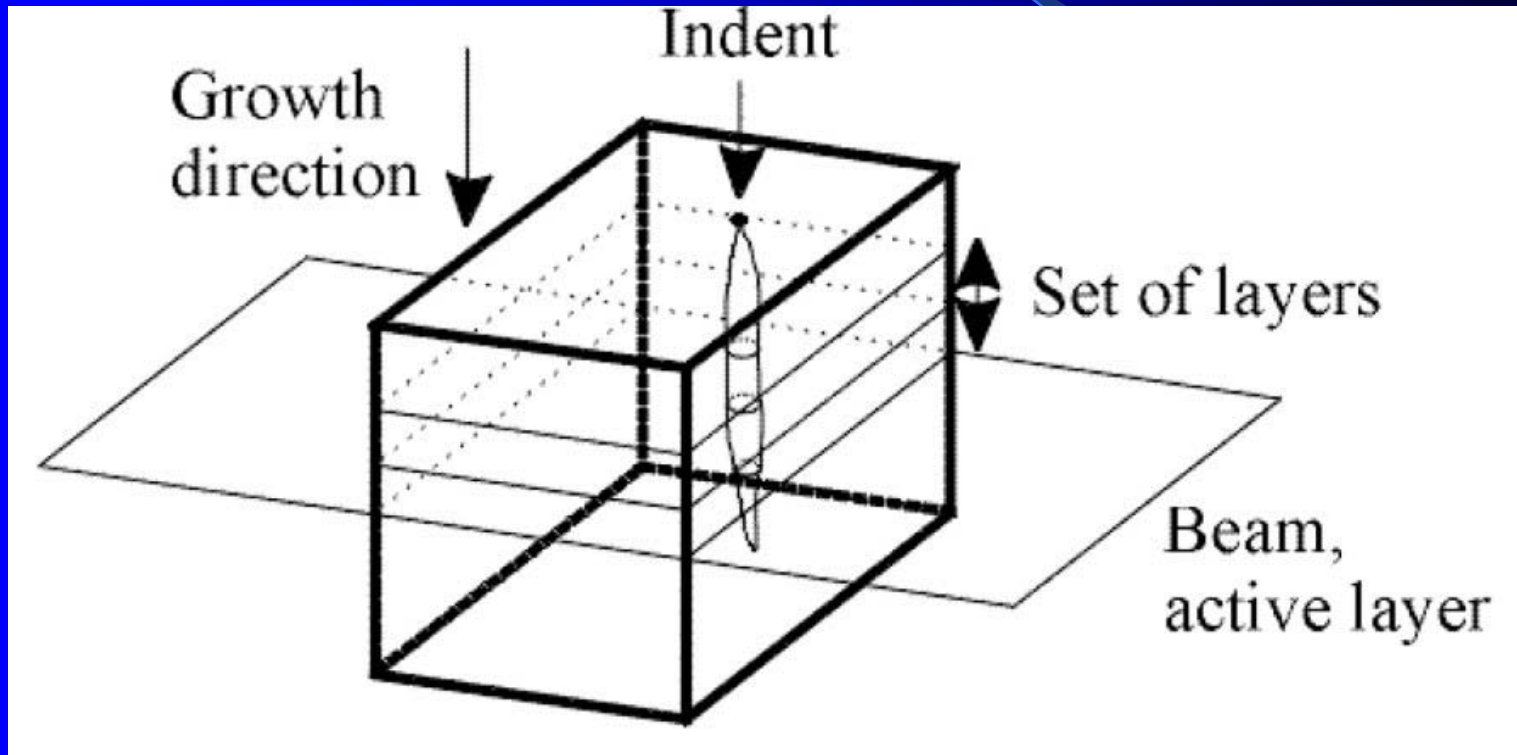
Abbildung $T \equiv \Omega^{-1} A^{-1}$

Detektorebene \rightarrow horizontale Ebene

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \tan(2\Theta)\sin(\eta) & 1 & 0 \\ \tan(2\Theta)\cos(\eta) & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\Omega = \begin{pmatrix} \cos(\omega) & \sin(\omega) & 0 \\ -\sin(\omega) & \cos(\omega) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2D → 3D



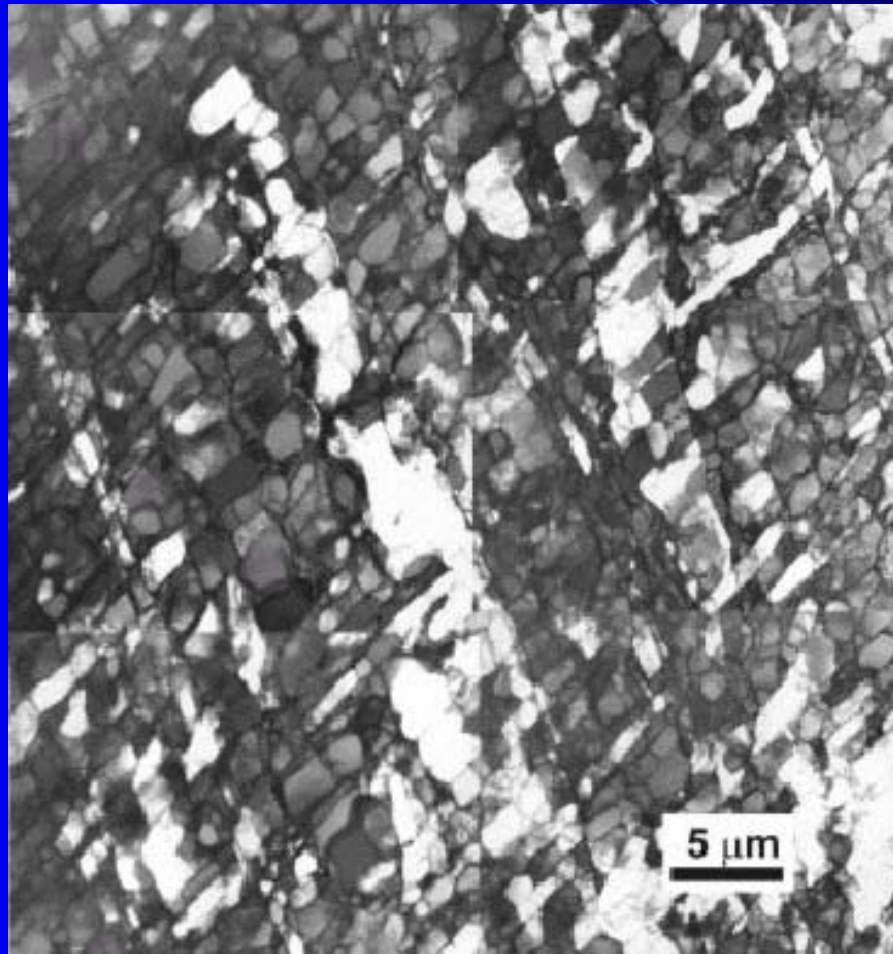
Experiment

- Beobachtung des Wachstums von Kristallkörnern während der Rekristallisierung in deformiertem Metall
- Schmidt, S. et al.; 2004
Science, 305, 229

Präparation der Probe

- Aluminiumkristall AA1050 wurde durch walzen plastisch deformiert
- Dicke wurde um 42 % auf 1 mm reduziert
- Abmessungen nach Zuschneiden:
1 mm × 5 mm × 6 mm

Oberfläche der Probe



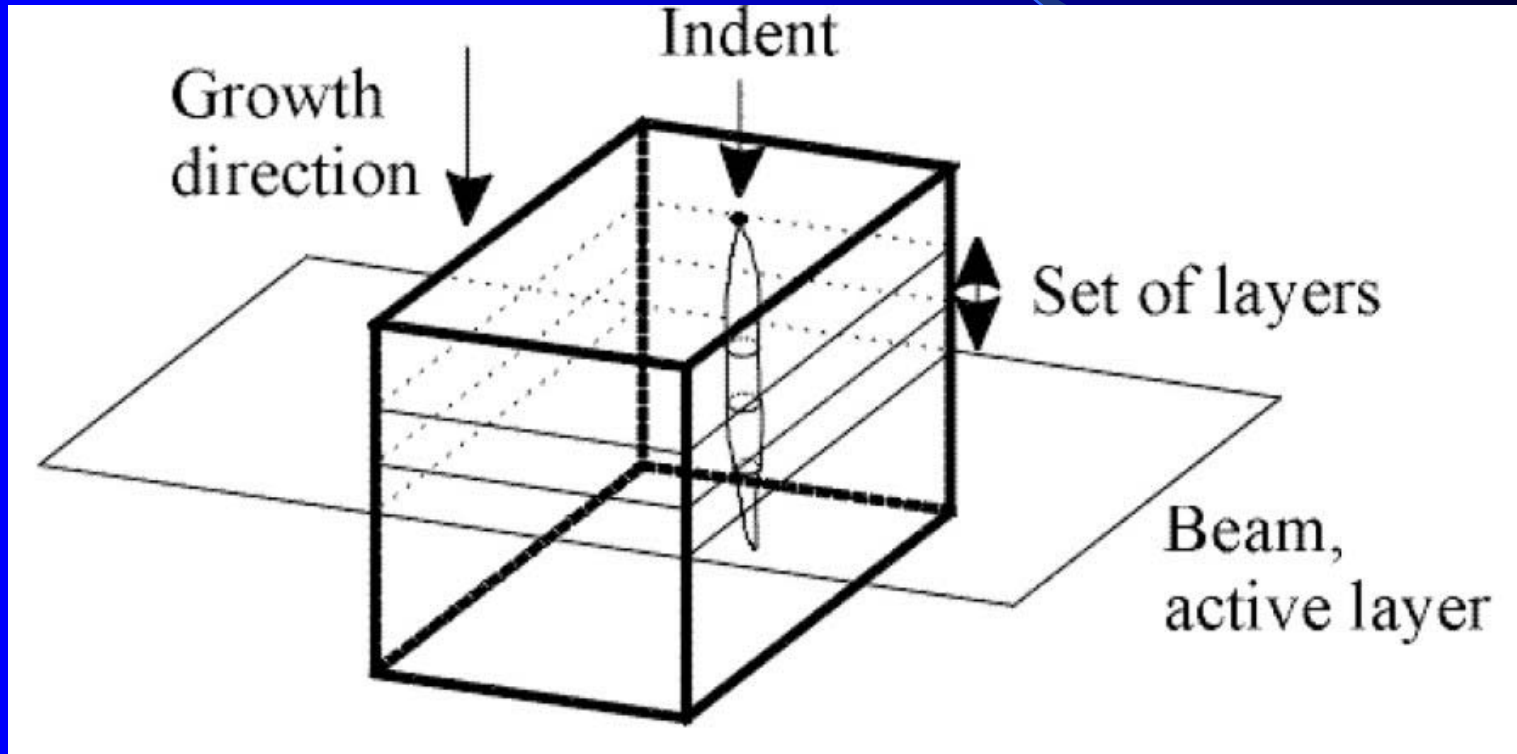
Durchführung

- Vorwärmen der Probe:
1 Stunde bei 260 °C
- Stimulation des Wachstums durch
pyramidförmige Diamantenzacken
Belastung: 2 kg

Durchführung

- monochromatische Röntgenstrahlung mit Energie 52 keV
- Strahl: $600 \mu\text{m} \times 6 \mu\text{m}$
- Auflösung in der Ebene: $5 \mu\text{m}$

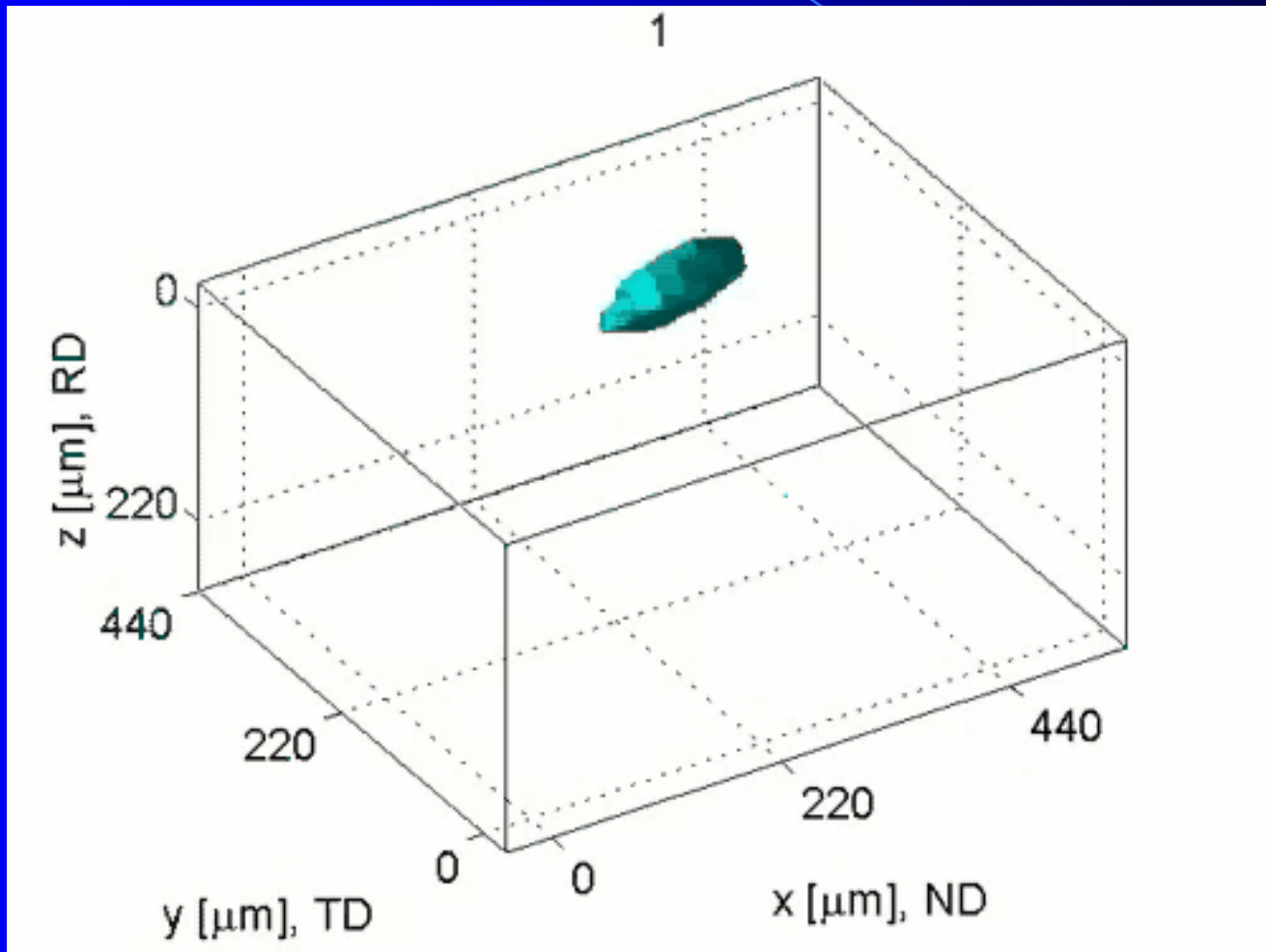
Detaildarstellung



3D → 4D

- Experimentdauer: 30 Stunden
- Temperatur stetig zwischen 280 °C und 290 °C
- 73 Aufnahmen
- 7.5 Minuten pro Aufnahme
- 17 Minuten Pause

Film



Folgerungen

- Wachstum ist sehr heterogen und eher ruckartig!
- Erklärungen hat man im Moment noch keine
- weitere Experiment mit noch höher Auflösung und Computersimulationen sollen Antworten liefern

Weitere Infos

www.metals4d.dk