

The logo of RWTH Aachen University is a circular seal. It features a central shield with two figures, one holding a staff and the other holding a book. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin text 'RWTH AACHEN UNIVERSITÄT' and the Roman numerals 'MCMXXV' at the top.

Ionenstrahl- Analytik Seminar

PIXE - J. Meijer

RBS - A. Stephan

NRA - H.W. Becker

19. Juni 2000

Inhalt

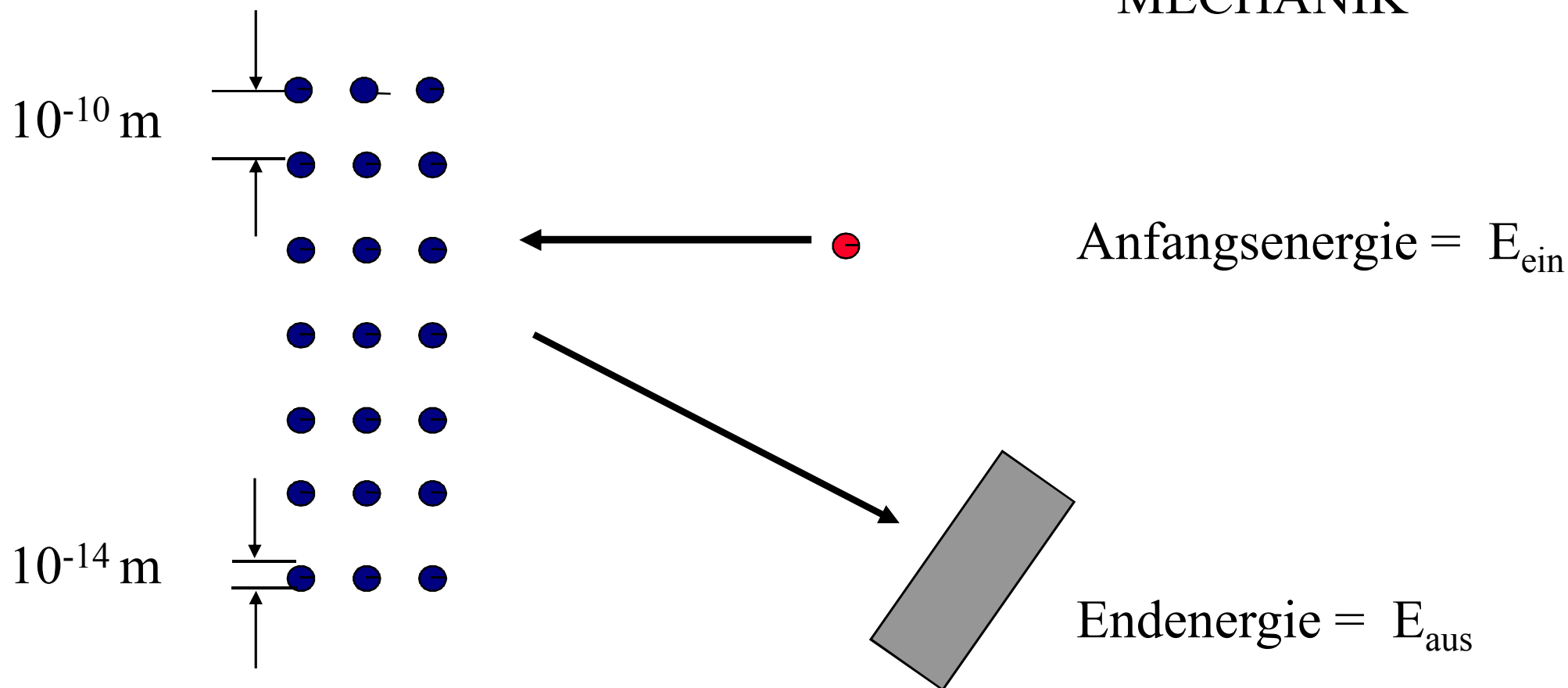
- ◆ Grundlagen des Rutherford Back Scattering (RBS)
- ◆ Experimentelle Beispiele
- ◆ Auswertung mittels Simulation

Teil 1

Grundlagen von Standard-RBS

“Leichtes” Ion ($M_{\text{ion}} < M_{\text{target}}$)

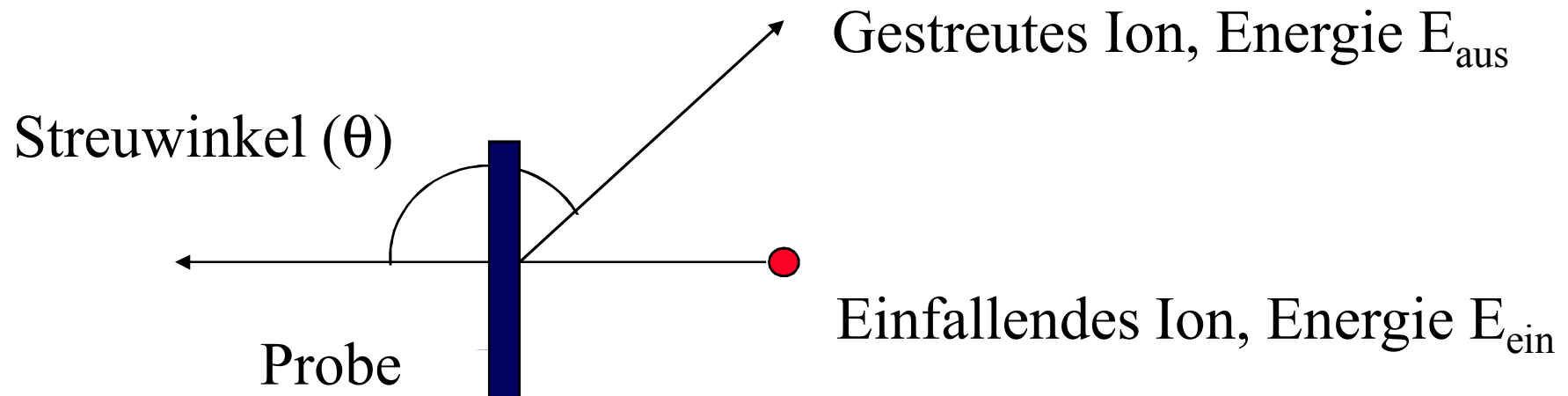
KLASSISCHE
MECHANIK



Für einen festen Streuwinkel θ

Streuung an der ersten Lage

$$E_{ein} = k E_{aus}$$



$$k = \left[\frac{\sqrt{M_{Probe}^2 - M_{Ion}^2 (\sin \theta)^2} + M_{Ion} \cos(\theta)}{M_{Ion} + M_{Probe}} \right]^2$$

Streuwahrscheinlichkeit

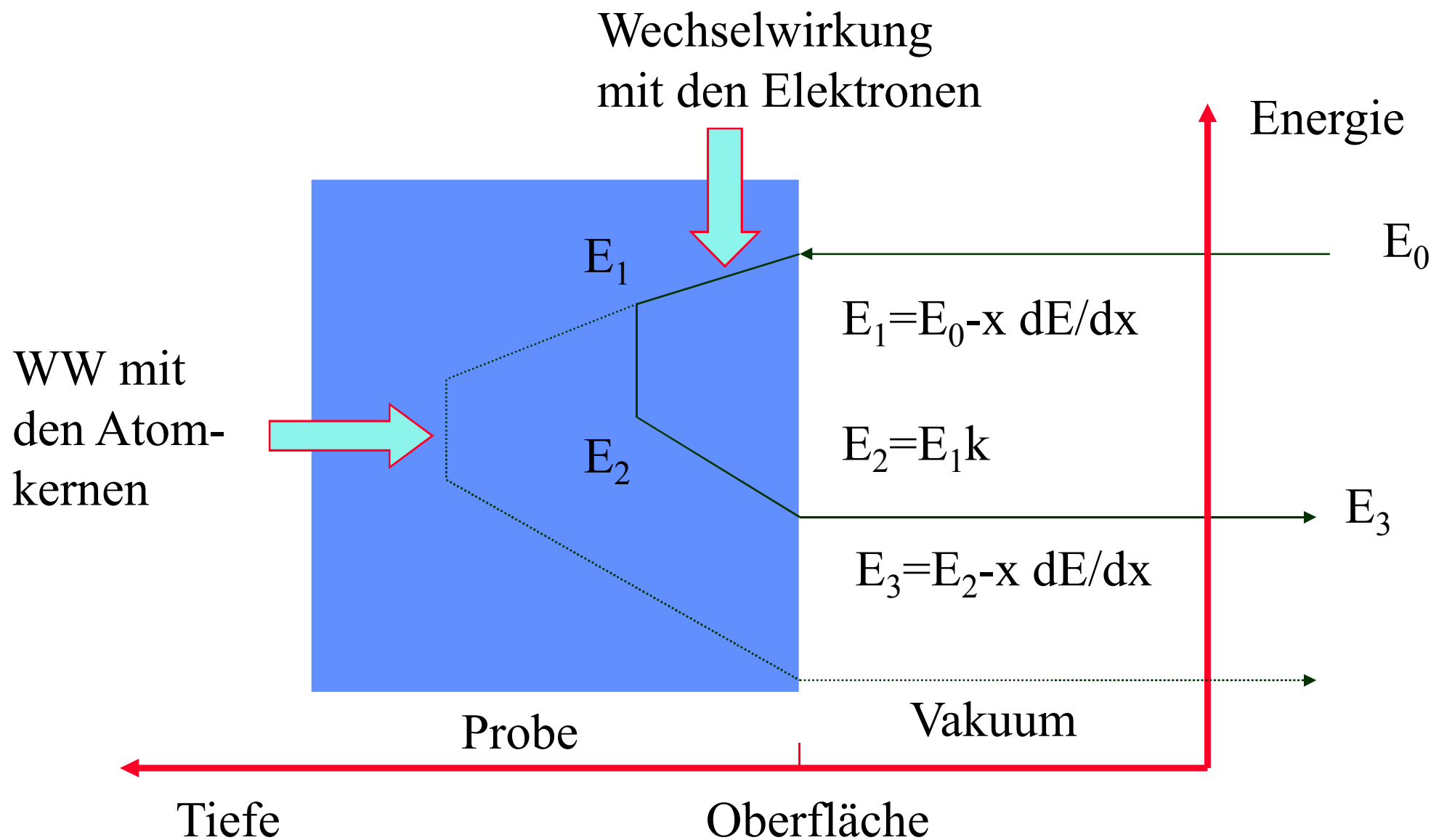
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto \left[\frac{Z_{Ion} Z_{Probe}}{E_{Ion}} \right]^2$$

Bremsvermögen für Ionen

“Stopping Power“ = dE/dx

Hauptsächlich:
WW mit den Elektronen in der Probe

Elektronischer und Nuklearer Beitrag zur Streuung



Die Ausbeute einer unendlich dünnen Schicht

$$Y \propto \frac{d\sigma}{d\Omega} \Omega Q N$$

Y = Anzahl der detektierbaren Ereignisse

$d\sigma/d\Omega$ = Streuwahrscheinlichkeit (Wirkungsquerschnitt)

Ω = Raumwinkel des Detektors

Q = Anzahl der Ionen, die auf die Schicht treffen

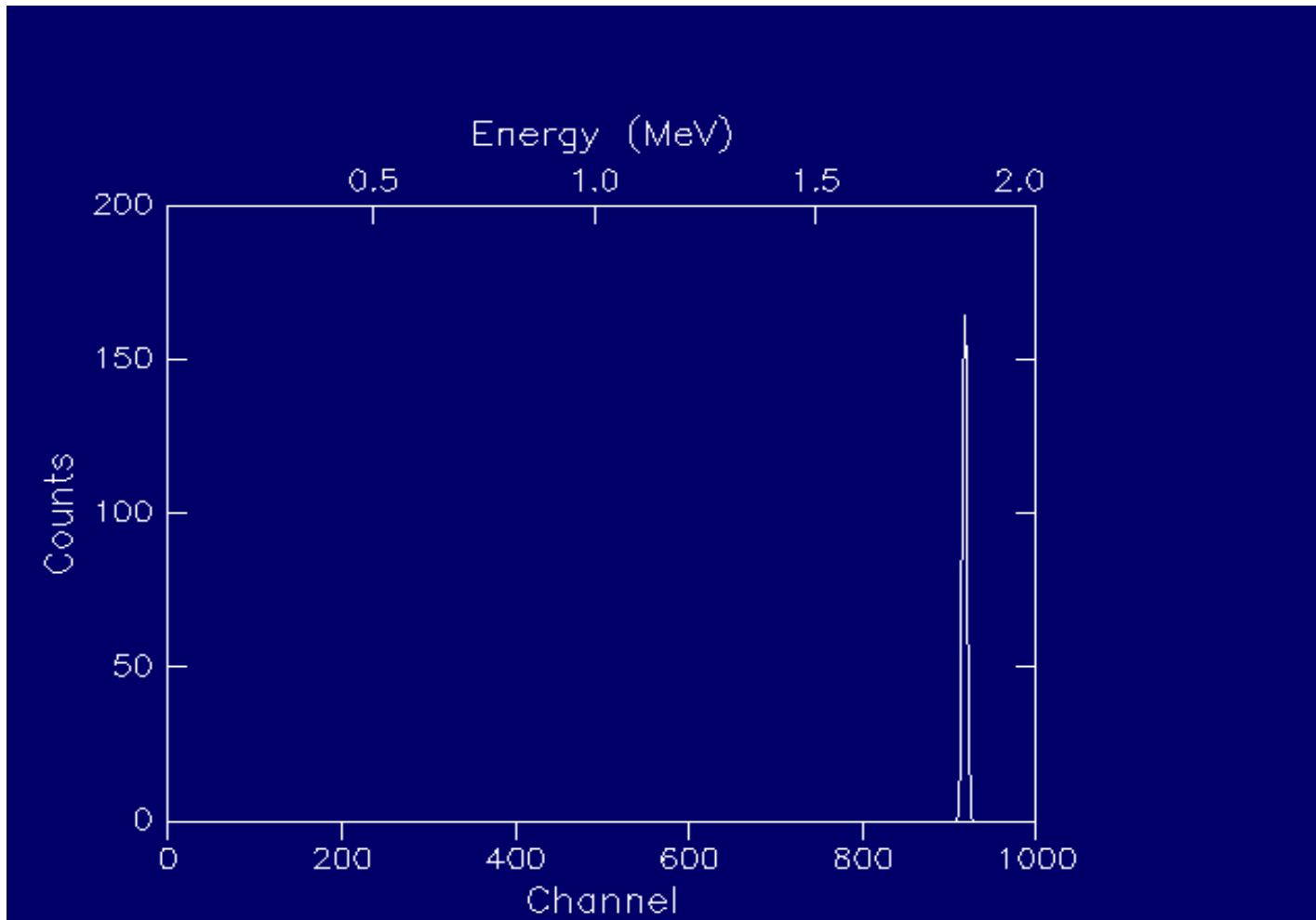
N = Anzahl der (Atome / Fläche) in der Schicht

Teil 2

Experimentelle Beispiele

Freistehende Monolage W

Energie des einfallenden He⁺: 2.00 MeV



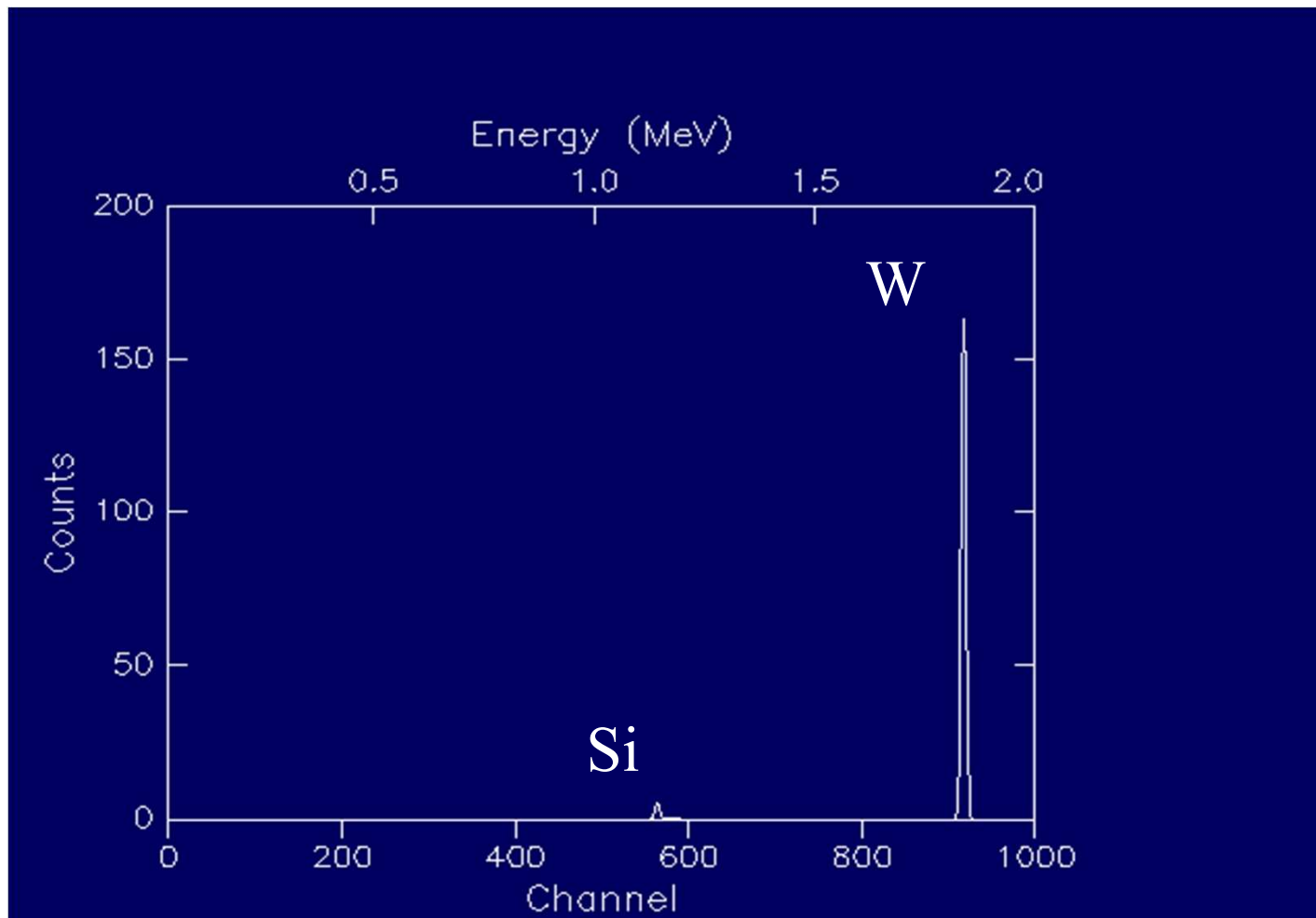
$$W = 10^{15} \text{ Atome/cm}^2$$

$$\text{Dosis} = 10 \mu\text{C}$$

$$\approx 6 \cdot 10^{13} \text{ Teilchen}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto \left[\frac{Z_{\text{Ion}} Z_{\text{Probe}}}{E_{\text{Ion}}} \right]^2$$

Freistehende ML, W & Si



Si und W =
 10^{15} Atome/cm²

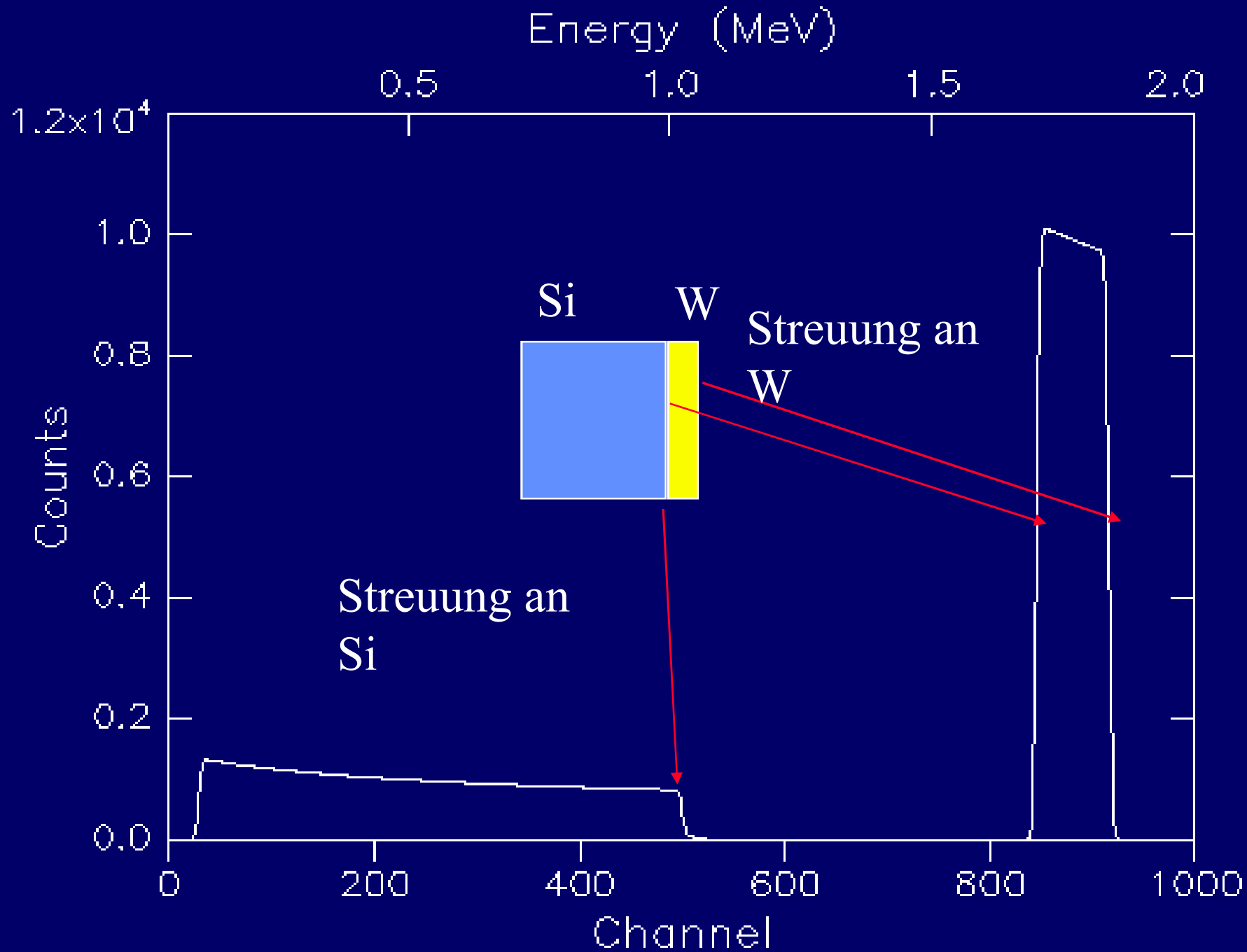
$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto \left[\frac{Z_{Ion} Z_{Probe}}{E_{Ion}} \right]^2$$

$$Z_{Si} = 14$$

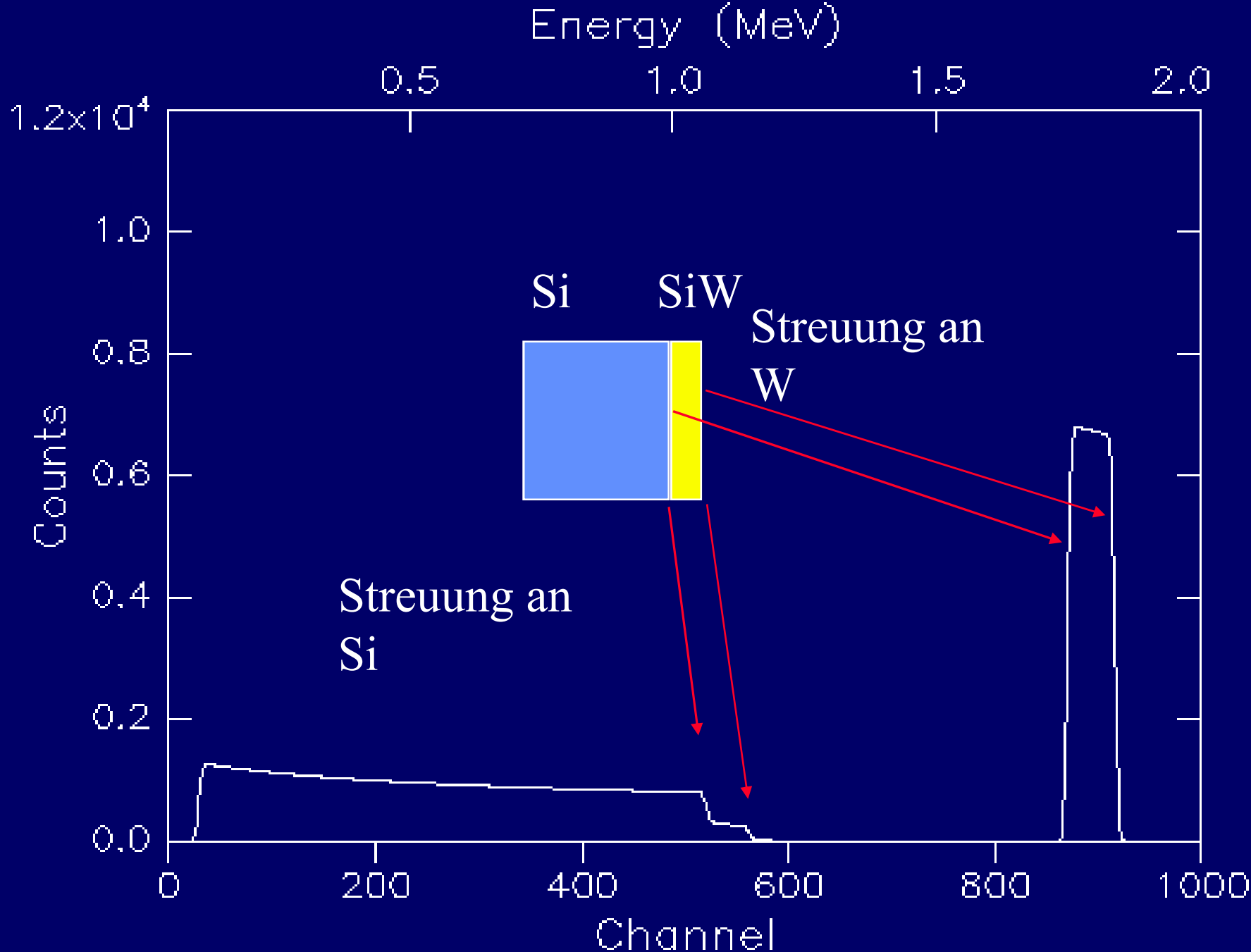
$$Z_W = 74$$

$$\frac{Y_{Si}}{Y_W} = \left(\frac{14}{74} \right)^2 = 0.03$$

Streuung an einem 100 nm W Film auf Si Substrat



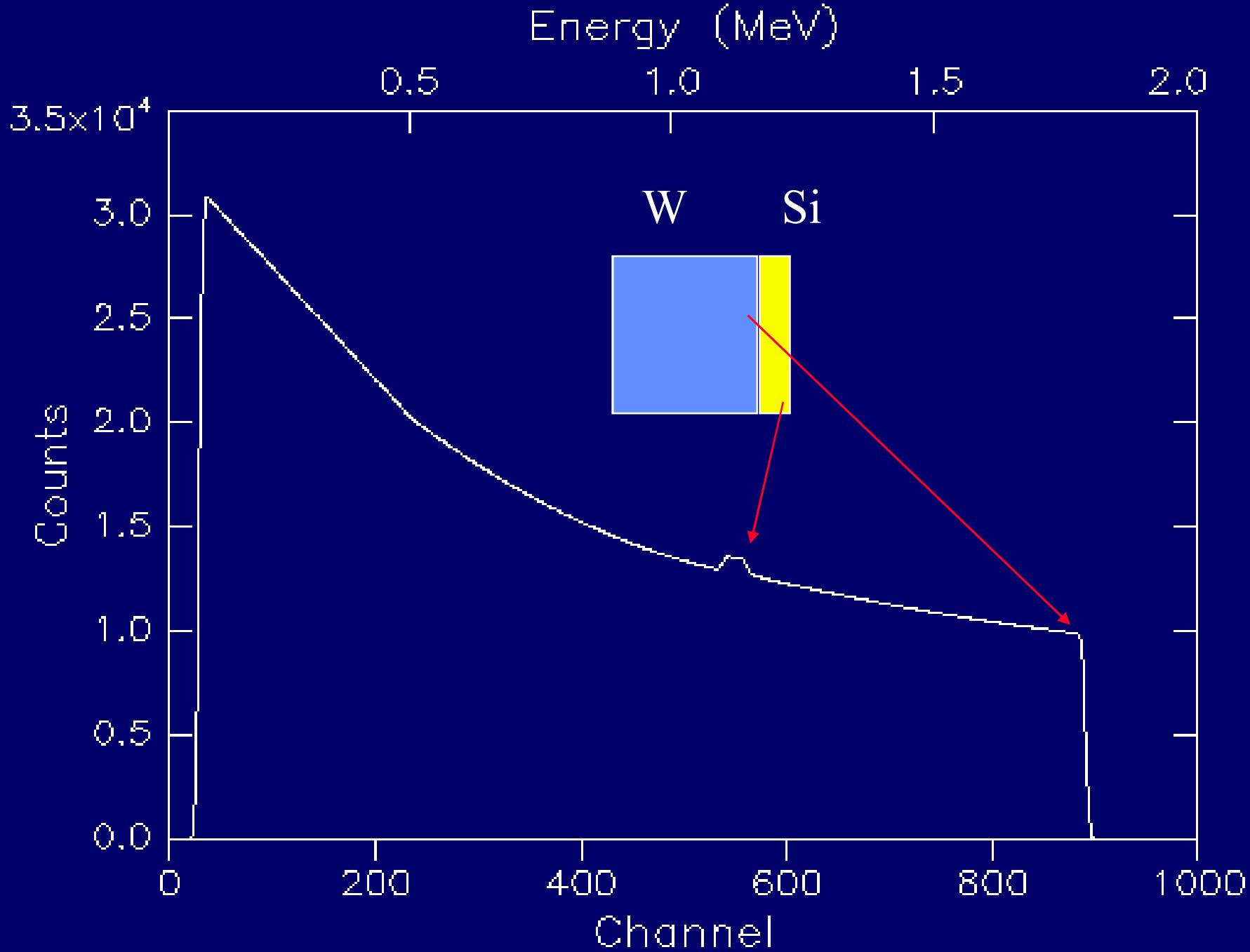
Streuung an einem 100 nm SiW Film auf Si Substrat



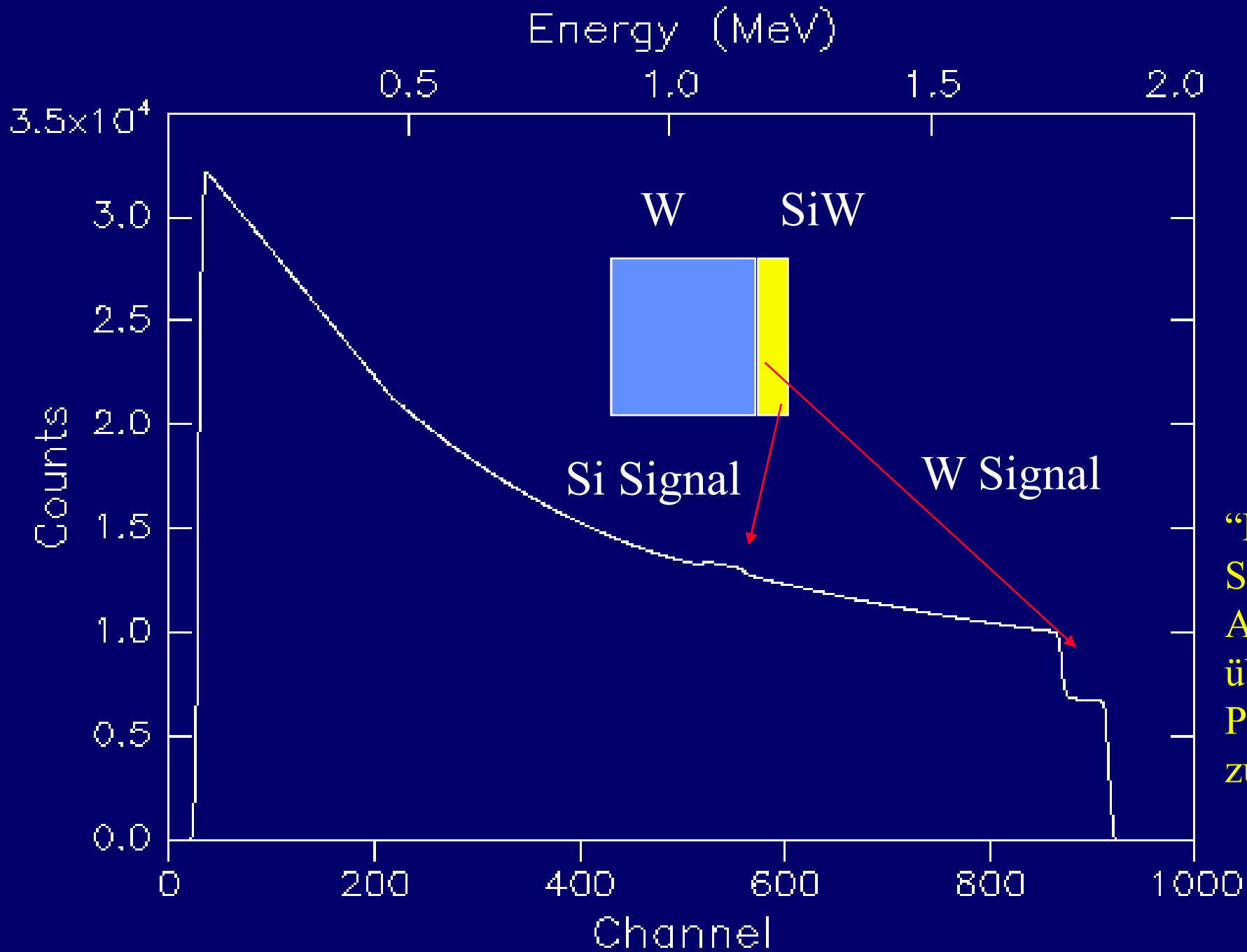
$E=2.0$ MeV
 $\theta=160^\circ$
 $Q=10 \mu\text{C}$

Braggsche
Regel

Streuung an einem 100 nm Si Film auf W Substrat



Streuung an einem 100 nm SiW Film auf W Substrat

 $E=2.0$ MeV $\theta=160^\circ$ $Q=10 \mu\text{C}$

“Fehlendes”
Signal gibt
Aufschluß
über die
Proben-
zusammensetzung

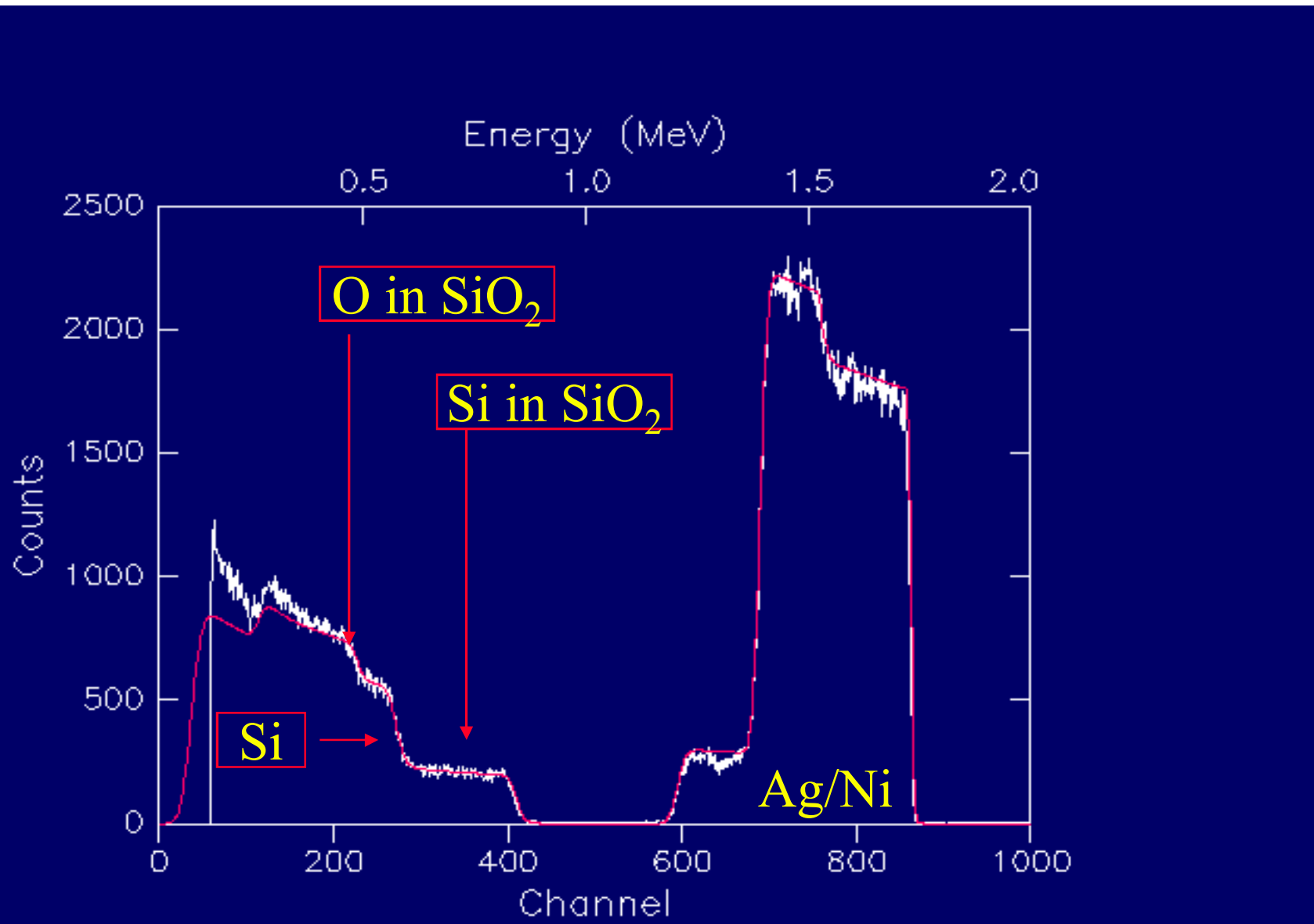
Teil 3

Auswerteverfahren

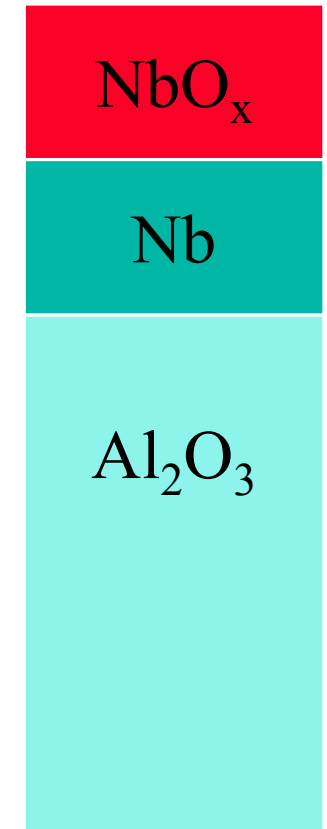
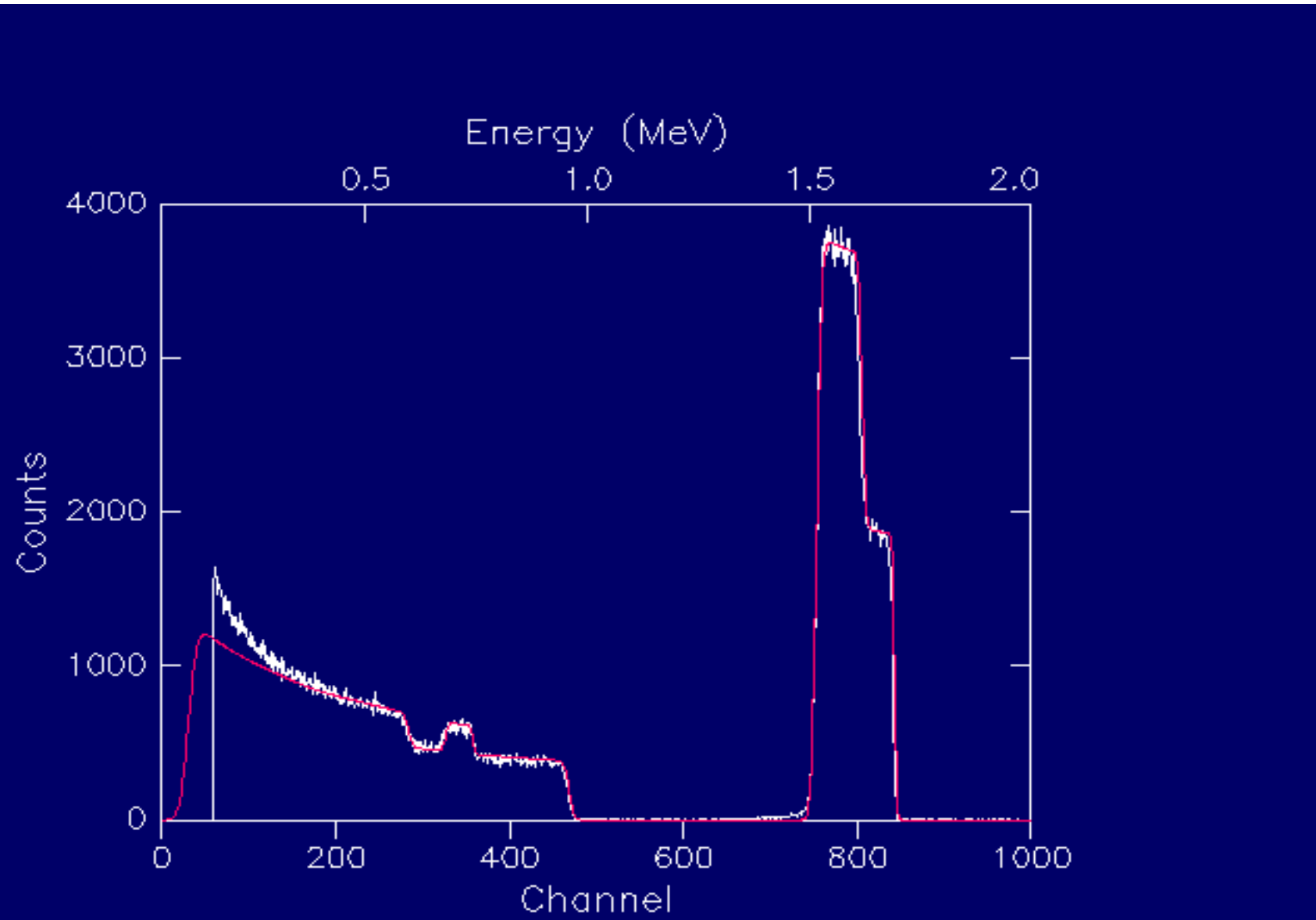
Simulations Programme

- ◆ Genauigkeit der benutzten Stopping Power Daten ist typisch 5 % !
- ◆ Wir verwenden RBX
- ◆ folgende Beispiele sind von RUMP

RUMP Analyse von Ag/Ni Multilagen auf SiO_x/Si



RUMP - NbO_x/Nb auf Al₂O₃



Mit RBS erhält man:

- ◆ Die Anzahl der Atome/Fläche (Dicke)
- ◆ Die Zusammensetzung
- ◆ Variationen der Zusammensetzung
- ◆ Dickenvariationen

RBS ist Ideal zur Analyse von
Materialien mit großem Z auf
Substraten mit niedrigem Z

Was man mit RBS NICHT erhält:

- ◆ Die Dicke in nm
- ◆ Morphologie
- ◆ Strukturinformationen
- ◆ Den Anteil leichter Elemente wie z.B. H!

Durch die Kombination von RBS und XRD Analyse
kann man die Dichte bestimmen !!

Typische Eckdaten

- ◆ Tiefenauflösung: 2-10 nm
- ◆ Relative Genauigkeit: besser 1 Atom⁰%
- ◆ Absolute Genauigkeit: bestenfalls 1 Atom %
- ◆ Durchsatz: 1 Probe / 15 Minuten

Teil 4

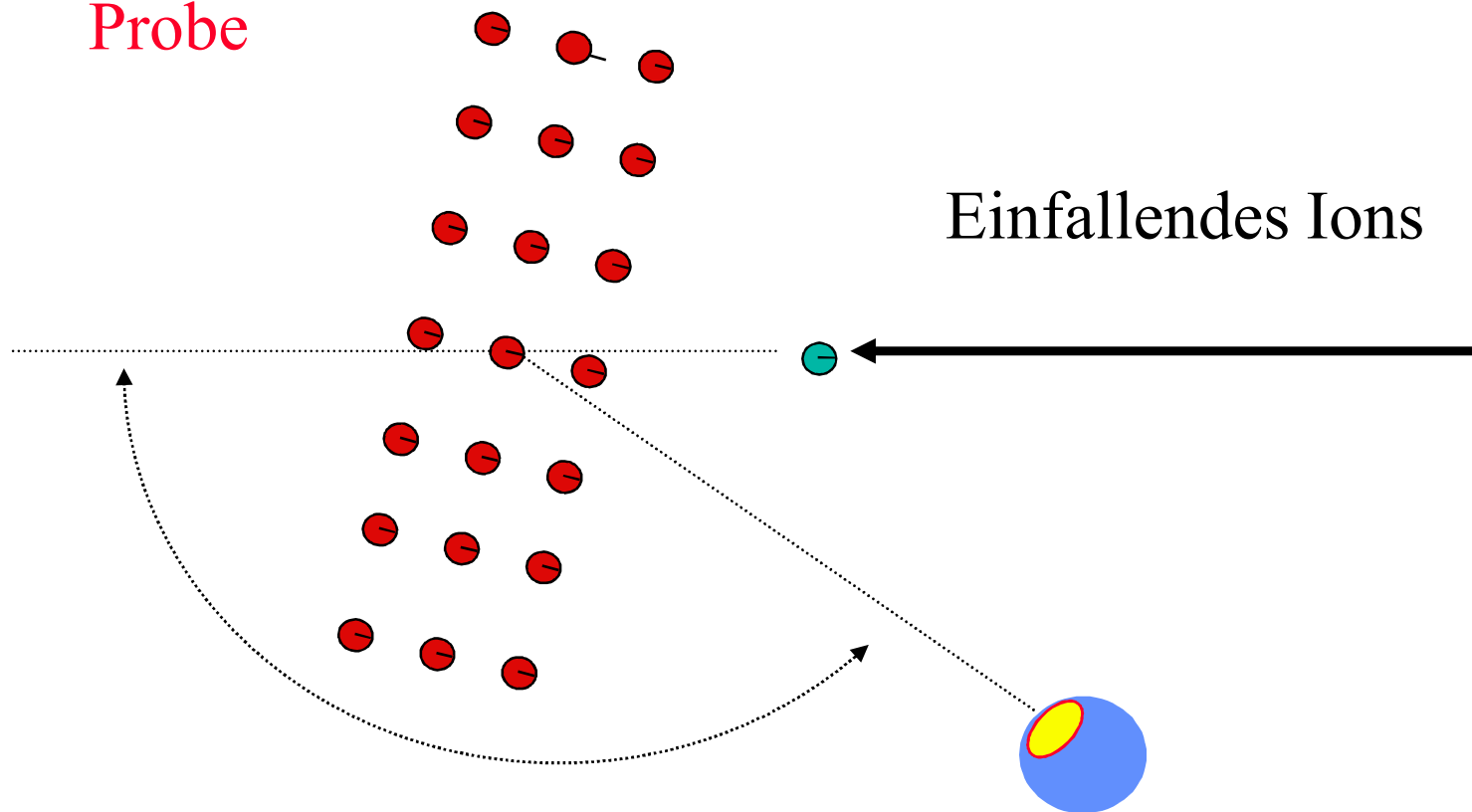
Channeling

Was ist Channeling?



Probe

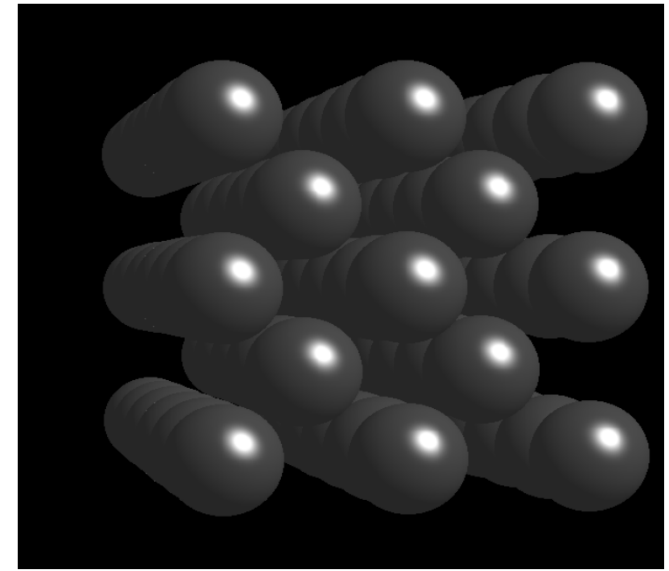
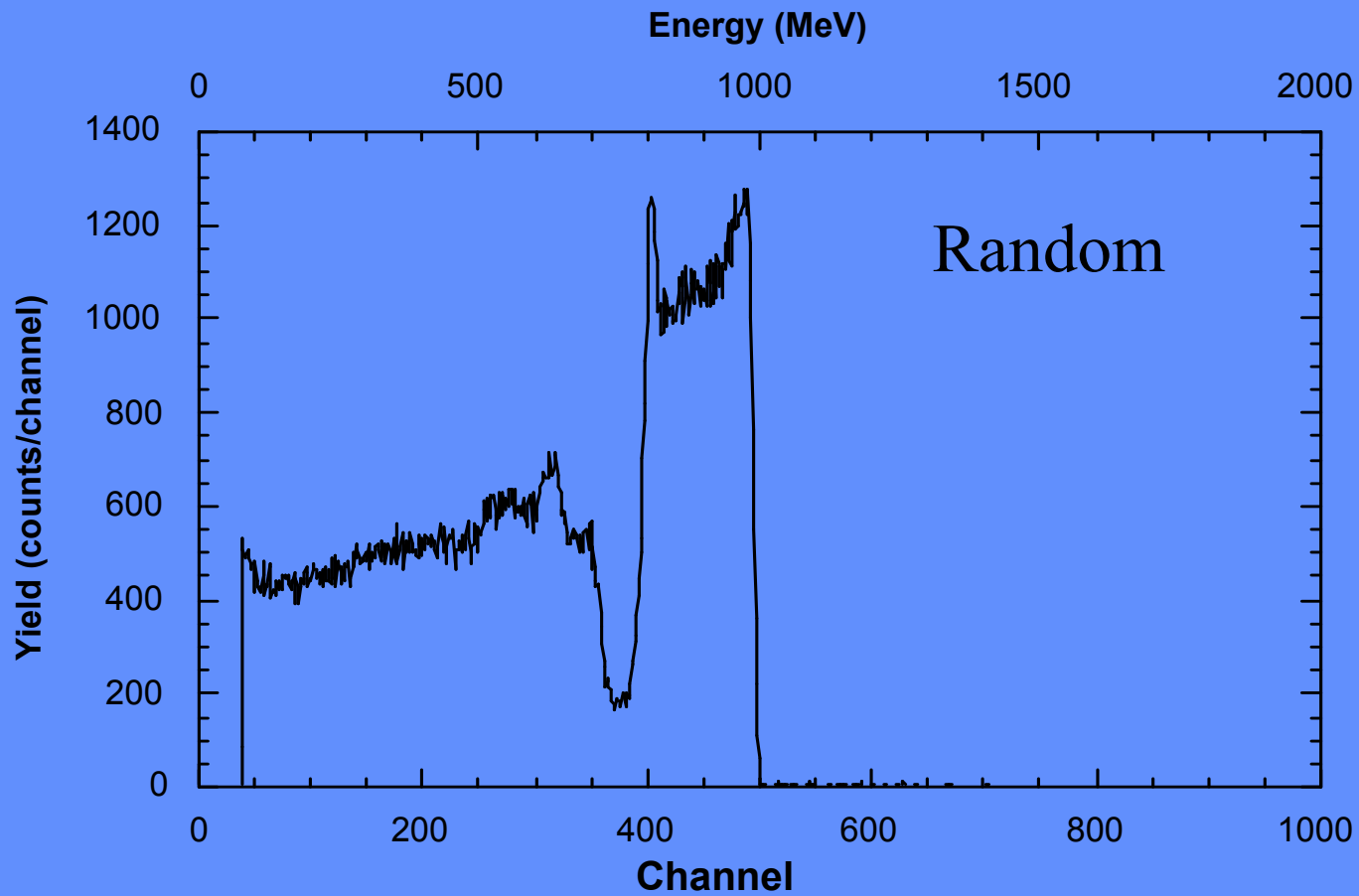
Einfallendes Ions



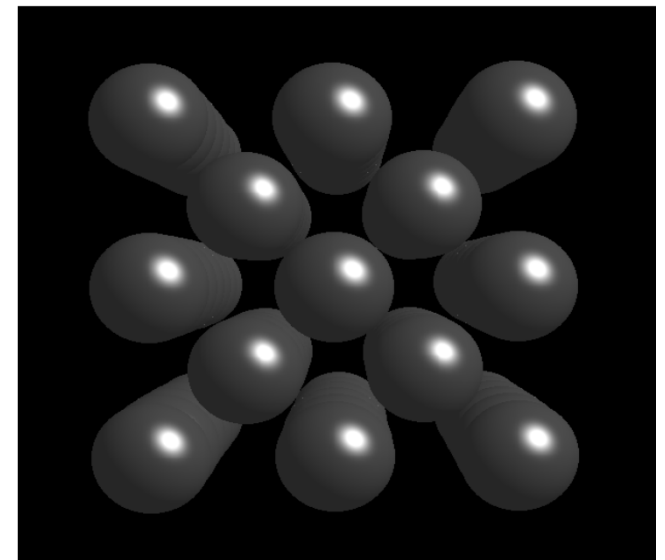
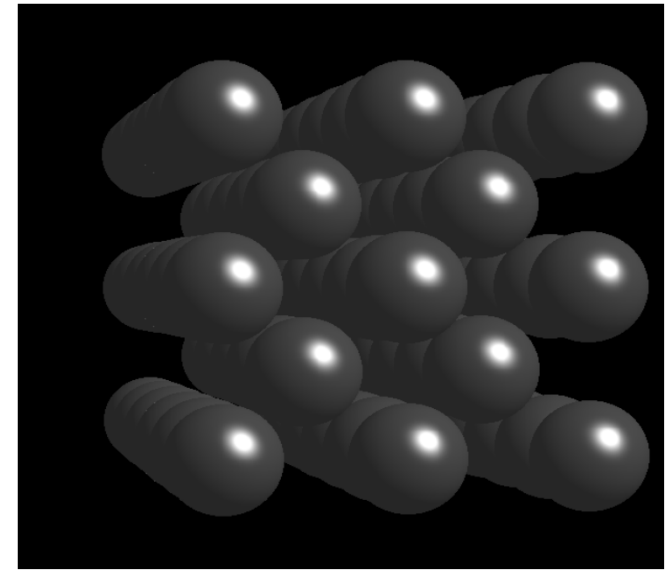
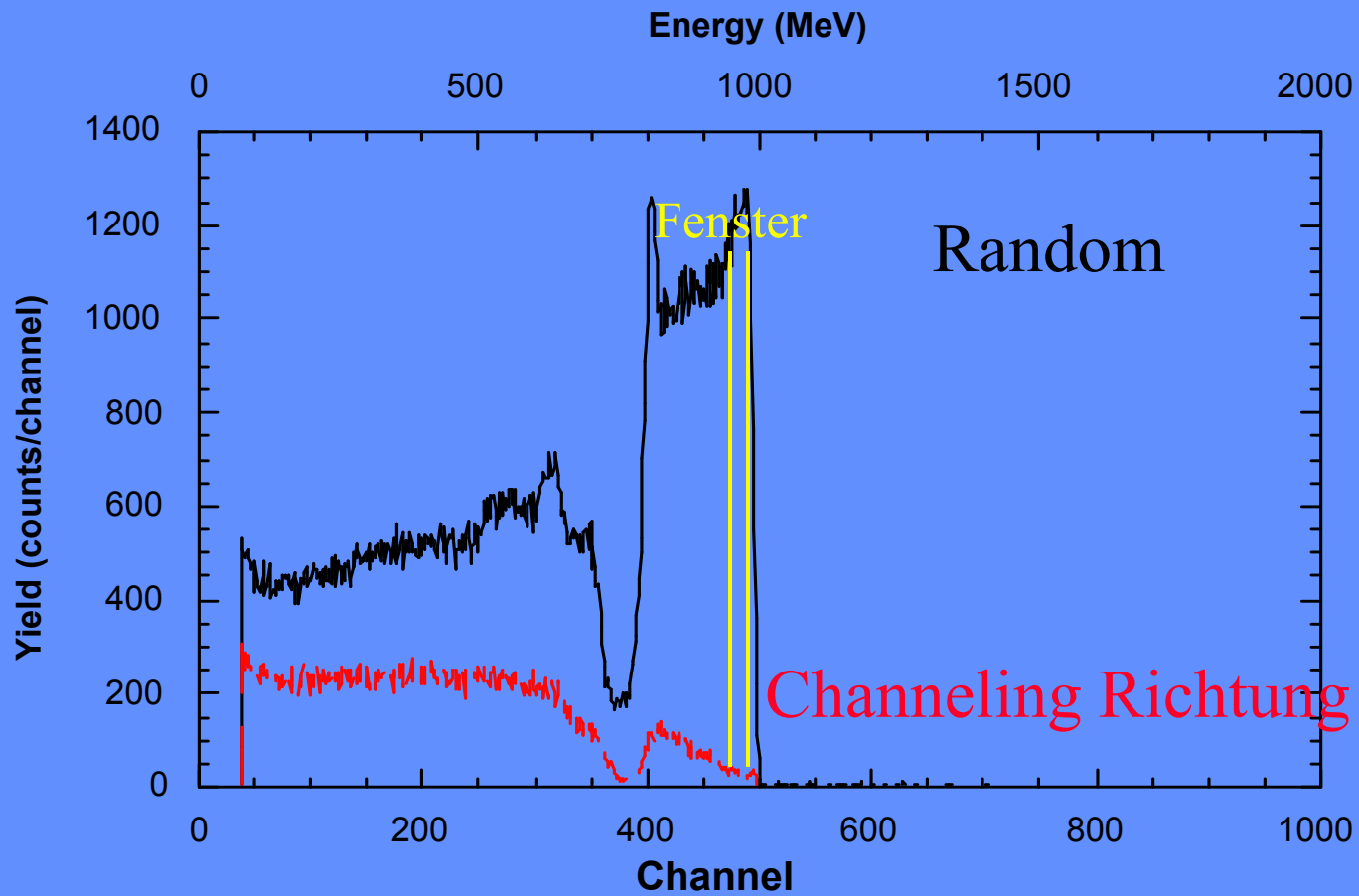
Streuwinkel

Detektor

Protonen Sprektrum



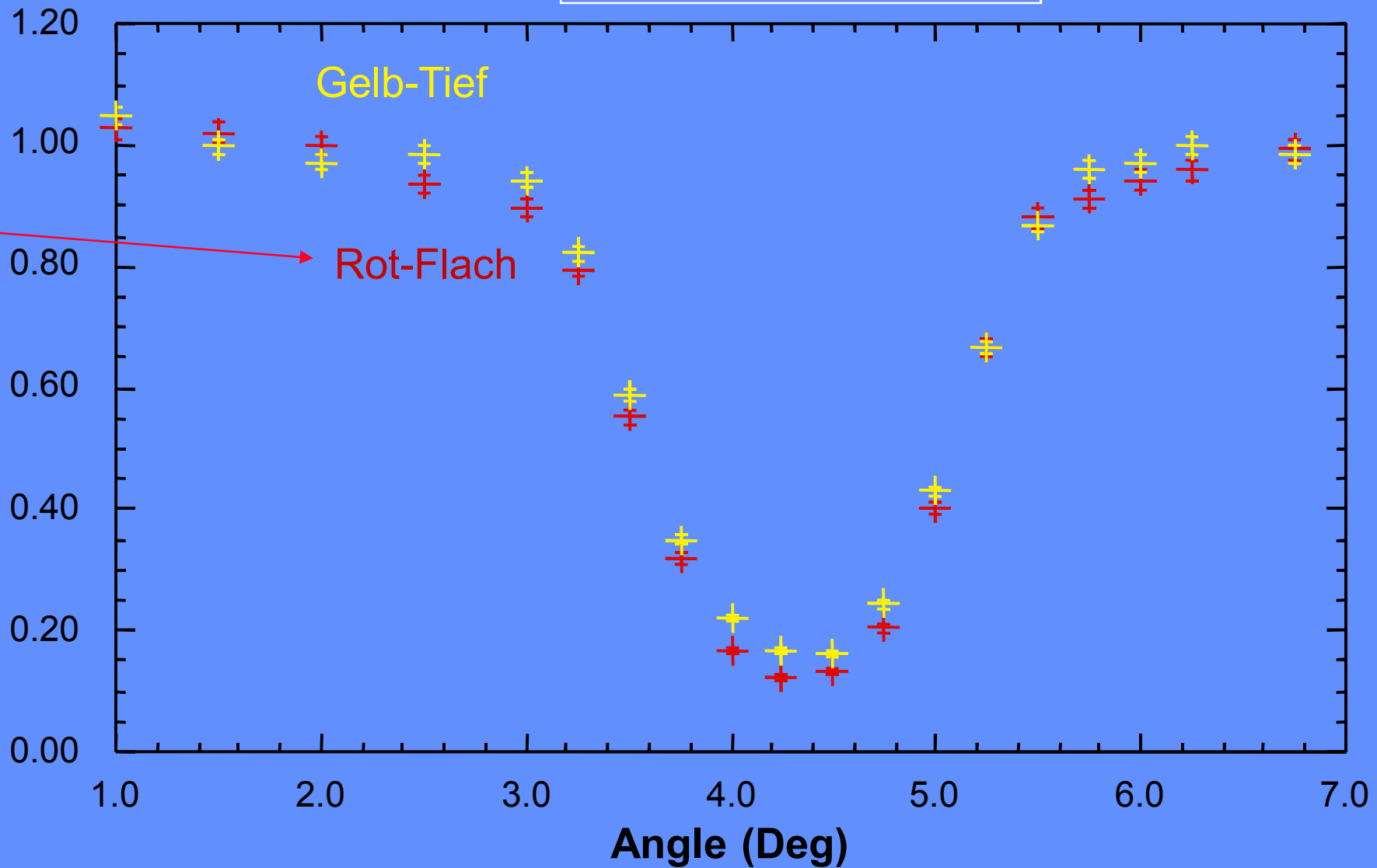
Vergleich



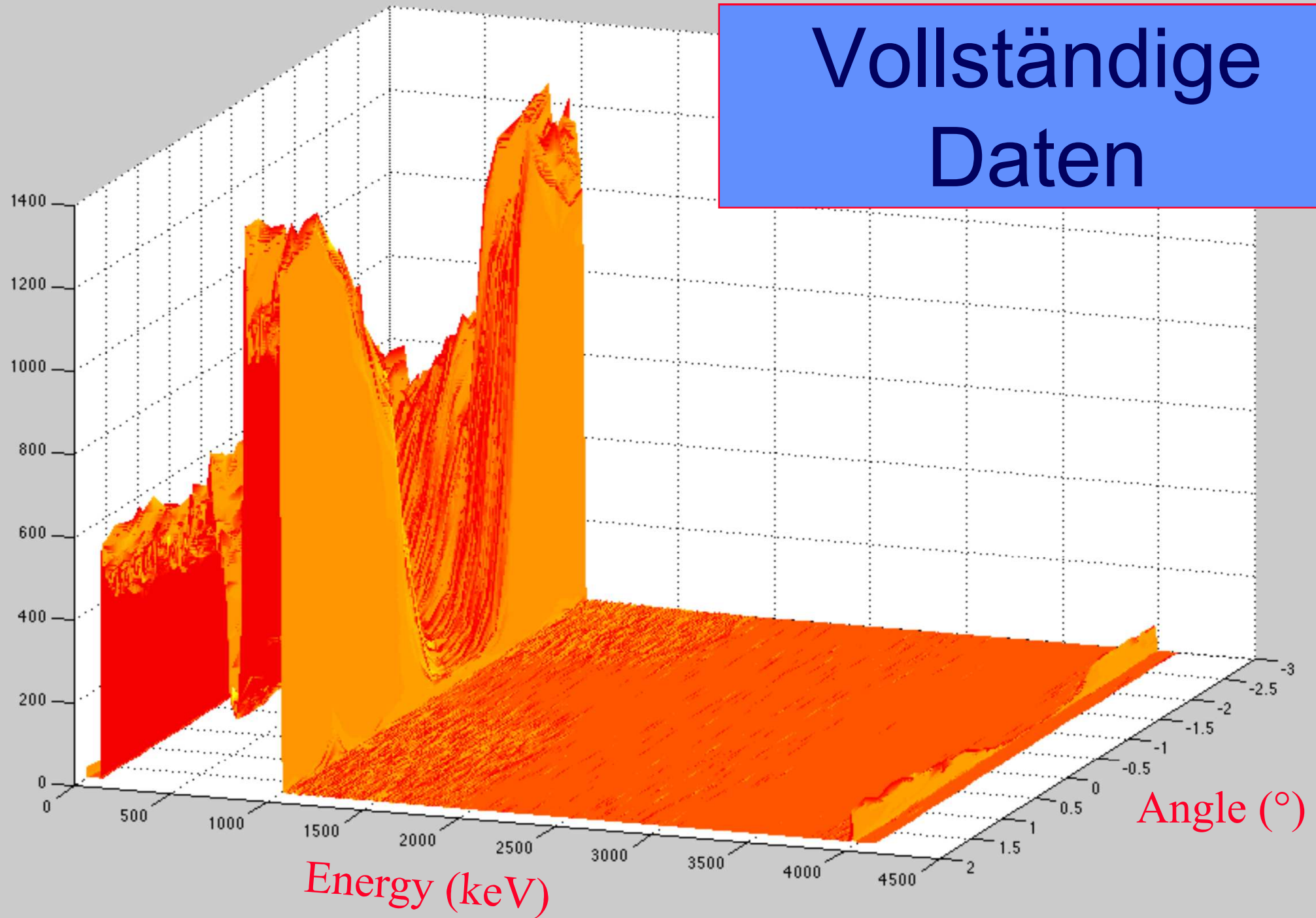
Channeling Winkel

Kanal Bereich

S
U
B
S
T
R
A
T



Vollständige Daten



The End