

We live, I regret to say, in an age of surfaces

Oscar Wilde, The Importance of Being Earnest (1895)

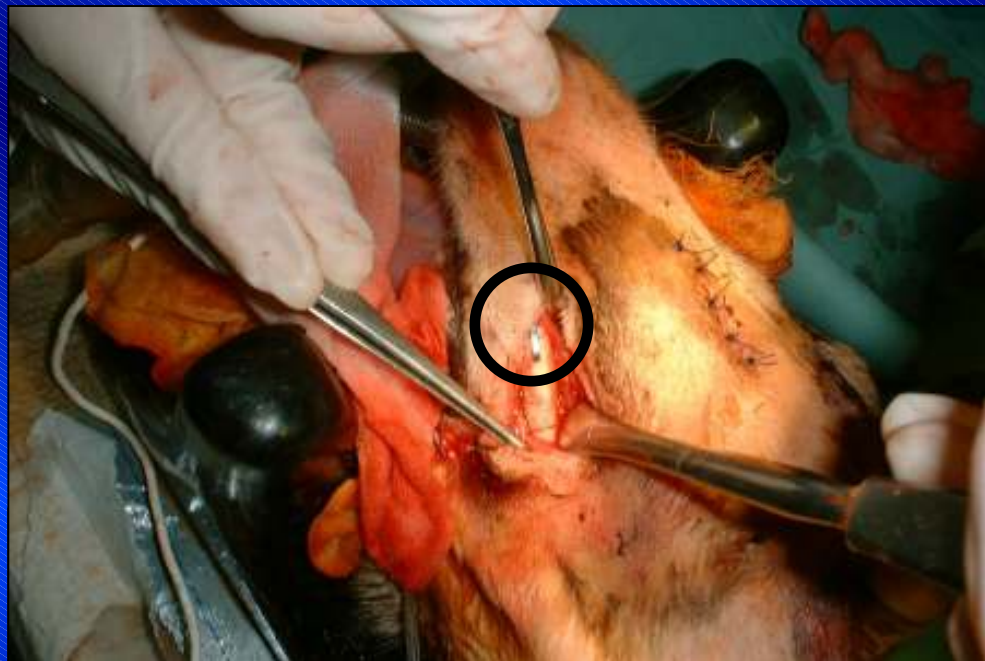


Leibniz
Gemeinschaft

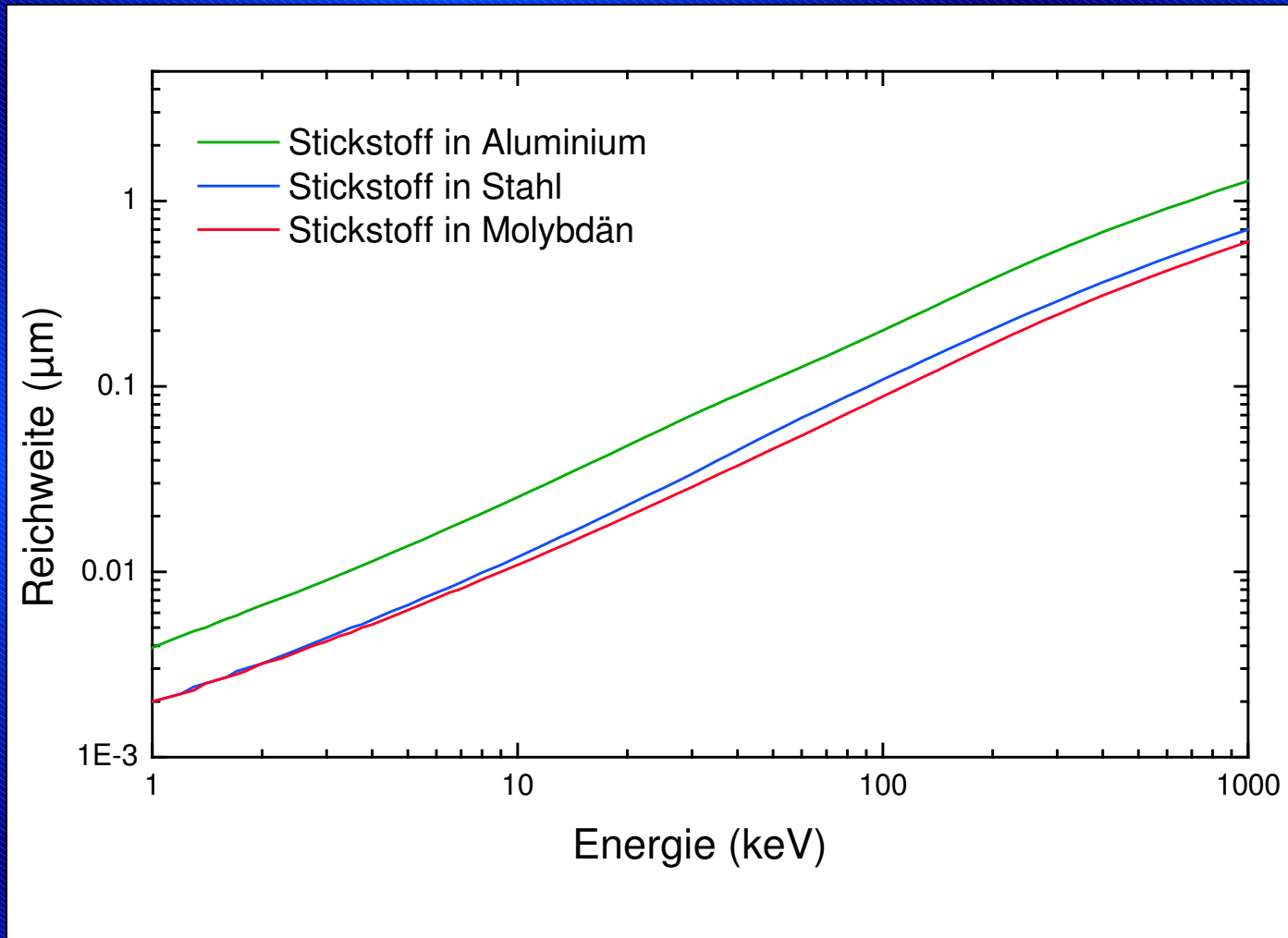
Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung



Oberflächenmodifizierung



Motivation



Ionenreichweite für übliche Ionenenergien deutlich unterhalb 1 μm .
Gewünschte Schichtdicken liegen bei 5 – 500 μm .
Moderne Werkstoffe sind temperaturempfindlich.

⇒ Nicht-thermische Diffusion?

„Radiation Enhanced Diffusion“ bei der Plasma-Immersions-Ionenimplantation?

Stephan Mändl



Leibniz
Gemeinschaft

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung



Inhaltsverzeichnis

Motivation

„Radiation Enhanced Diffusion“

Plasma-Immersionen-Ionenimplantation

Aluminiumnitrid

Aluminiumoxid

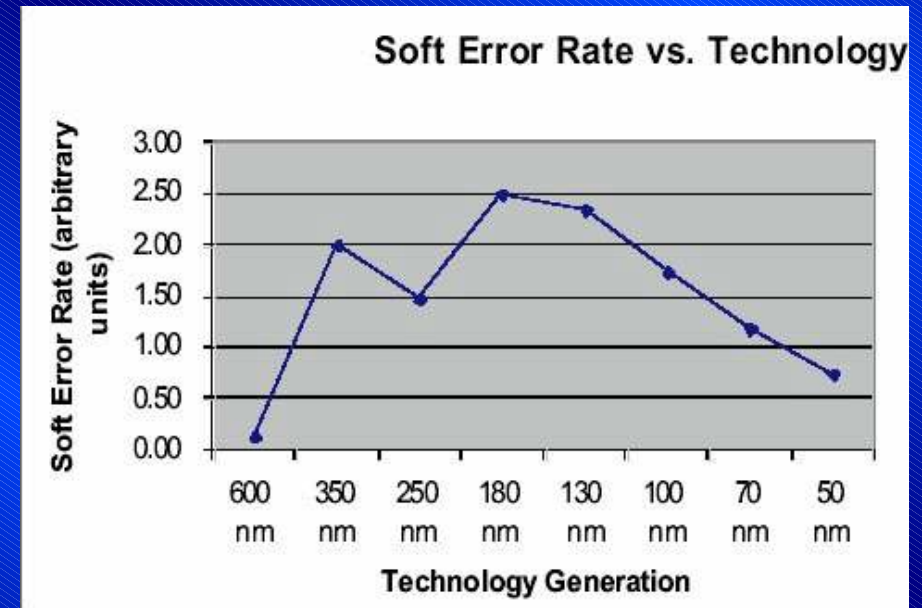
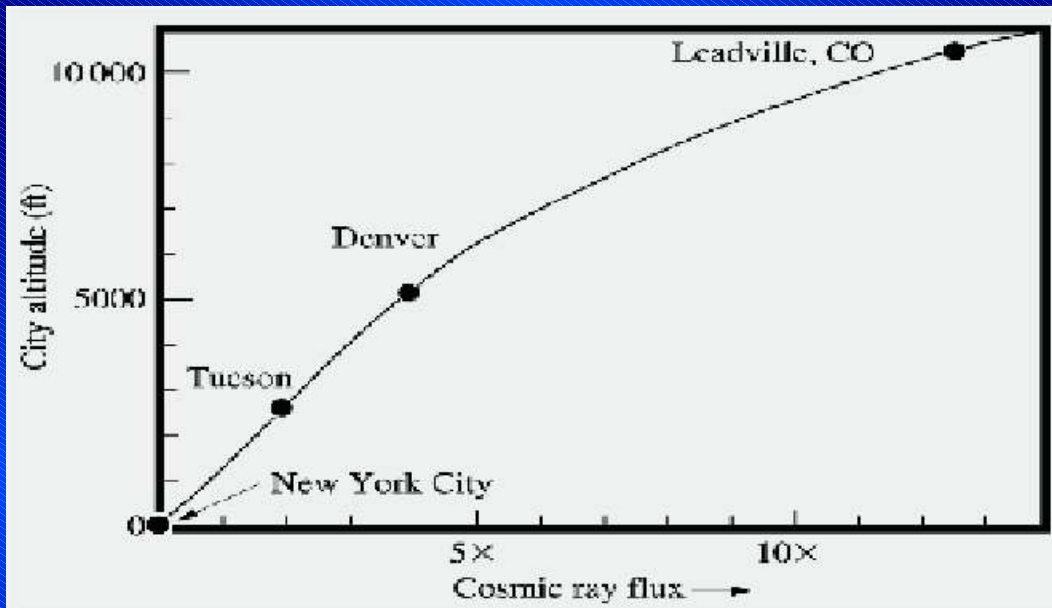
Nitrierter Edelstahl

Oxidiertes NiTi

Ausblick



Strahlenschäden

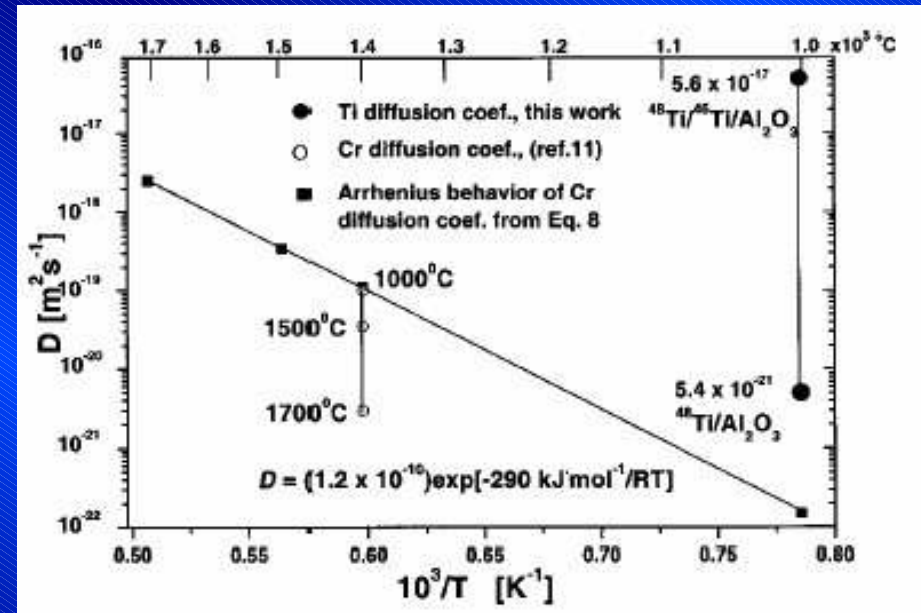
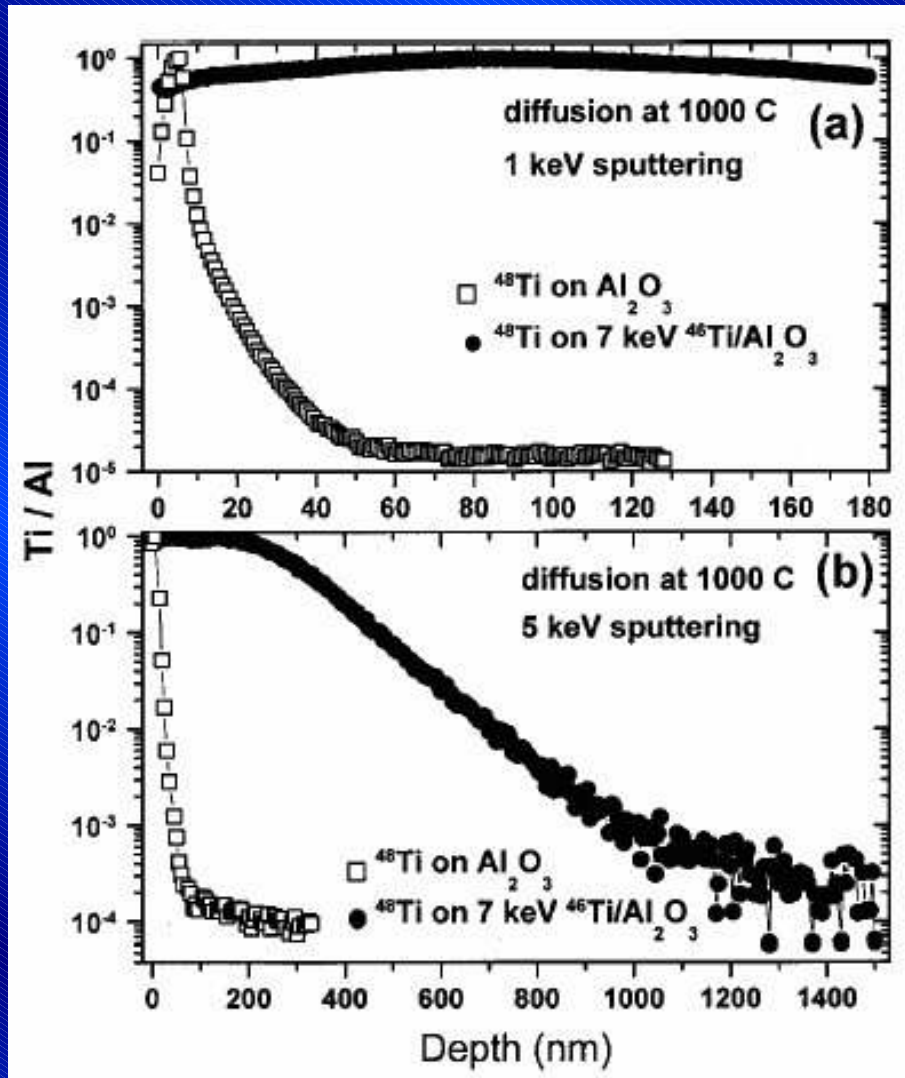


Strahlen = Kosmische Strahlung?

Strahleninduzierte Fehlerrate ist und bleibt wichtiger Faktor für den Schaltungsentwurf!

Notebook beim Transatlantikflug??

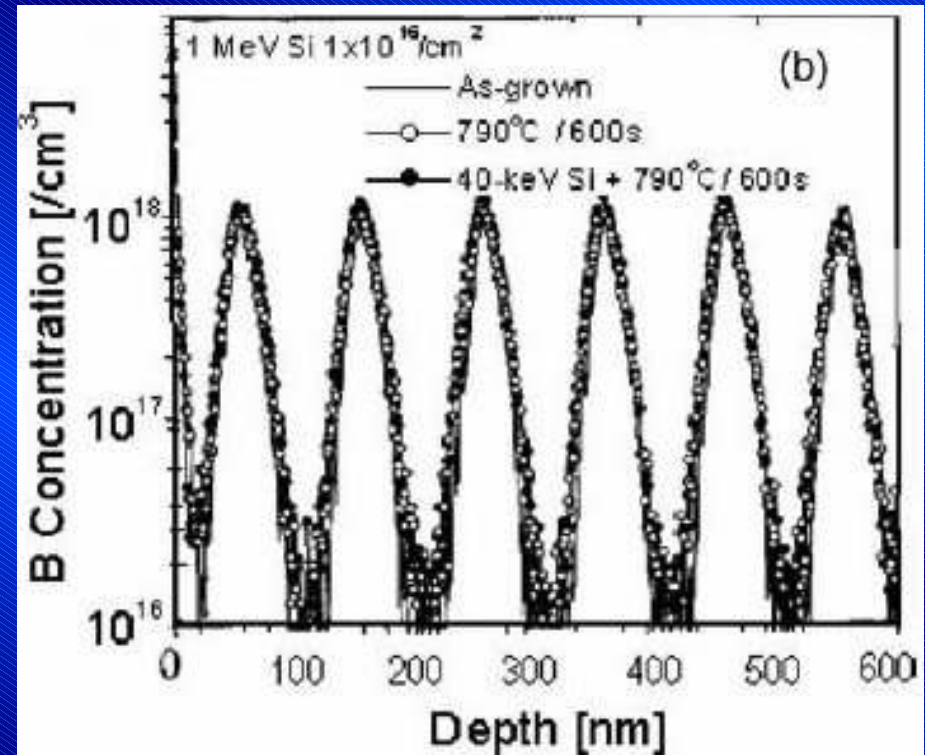
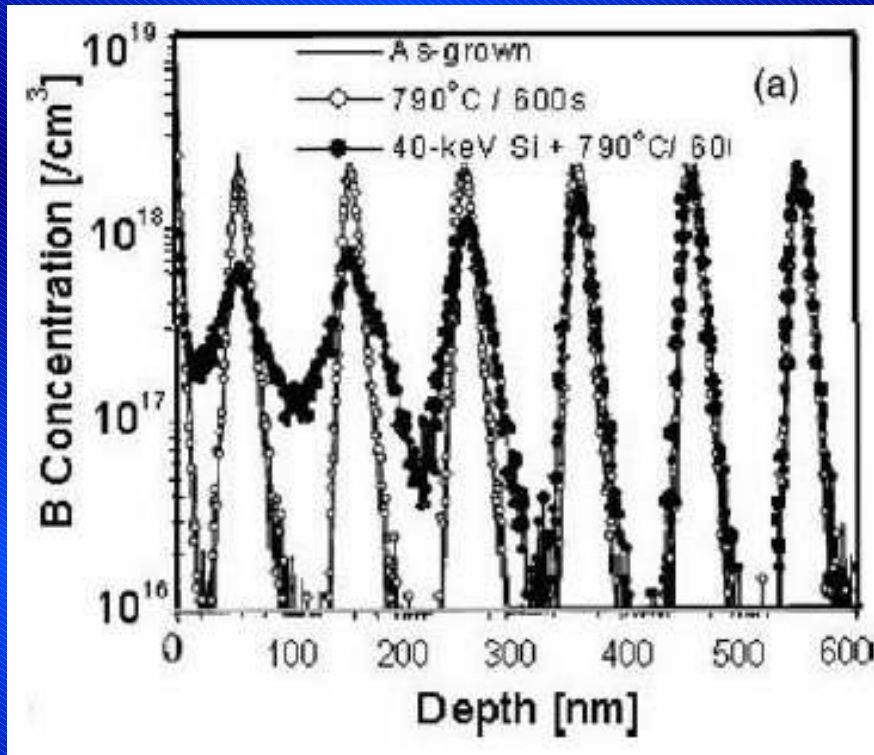
Radiation Enhanced Diffusion



M. Weiss et al., J. Chem. Phys. 113, 5058 (2000)

Erhöhte Kationendiffusivität in Saphir nach Ionenimplantation.
Ursache: Defekterzeugung durch Ionen.
Zusätzliche Artefakte bei Cs-Beschuß.

Si-B: Transient Enhanced Diffusion

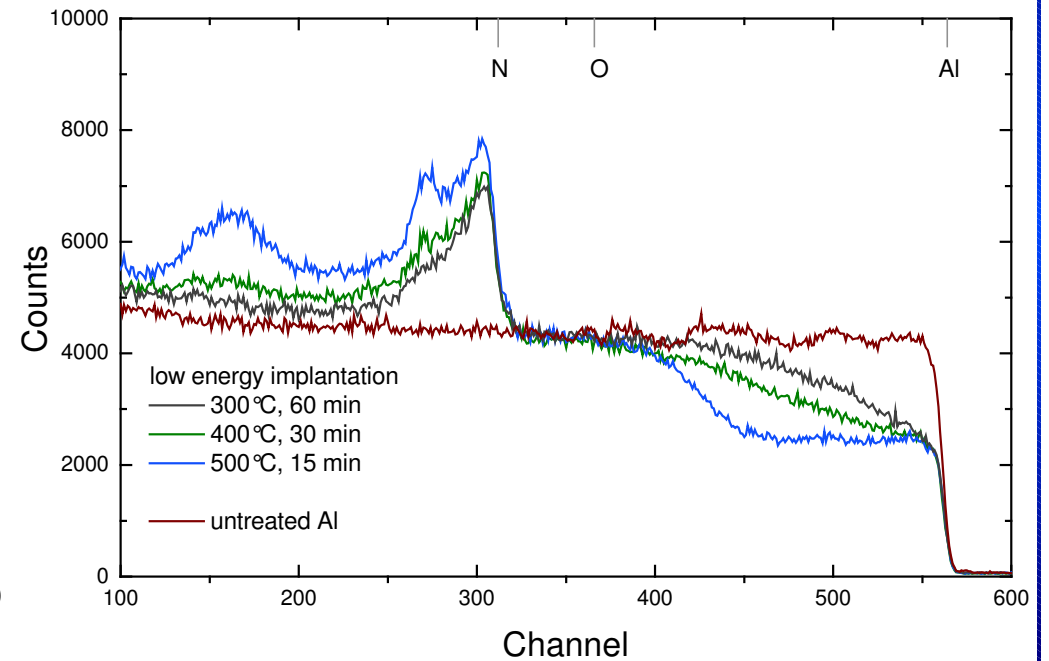
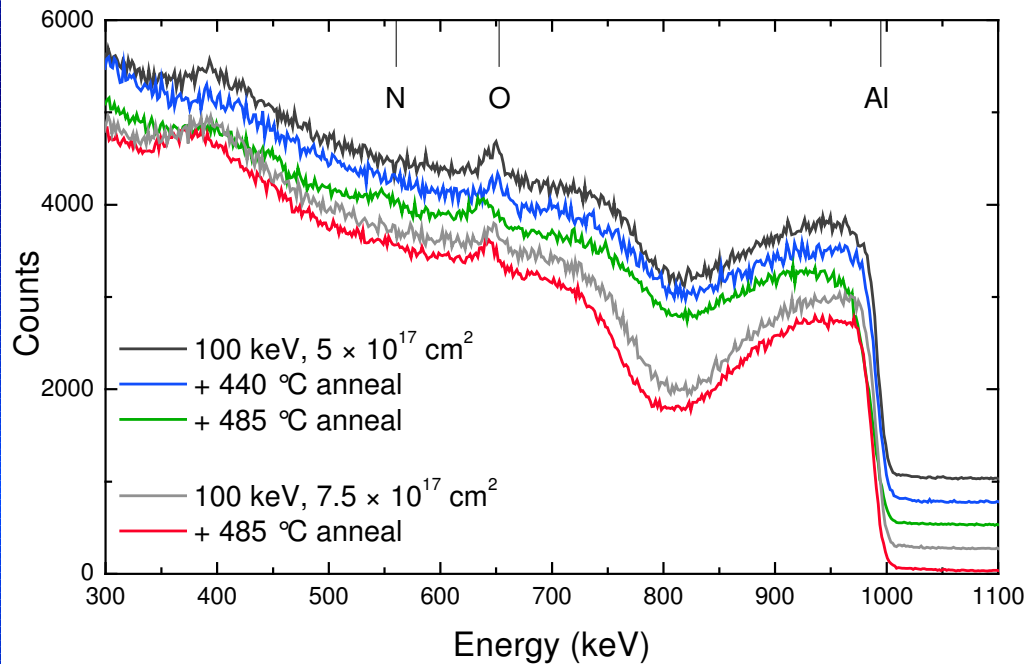


V.C. Venezia et al., Appl. Phys. Lett. **74**, 1299 (1999)

100 × erhöhte Diffusion nach 40 keV Implantation.
6 × erhöhte Diffusion nach 1 MeV Koimplantation.

Diffusion von B an Zwischengitteratome und nicht an Leerstellen gekoppelt.

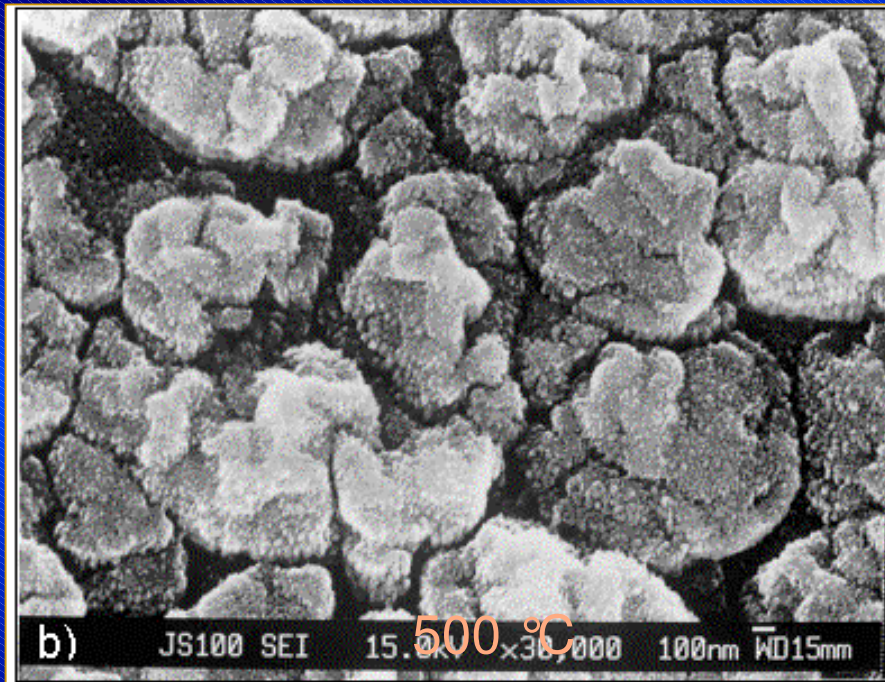
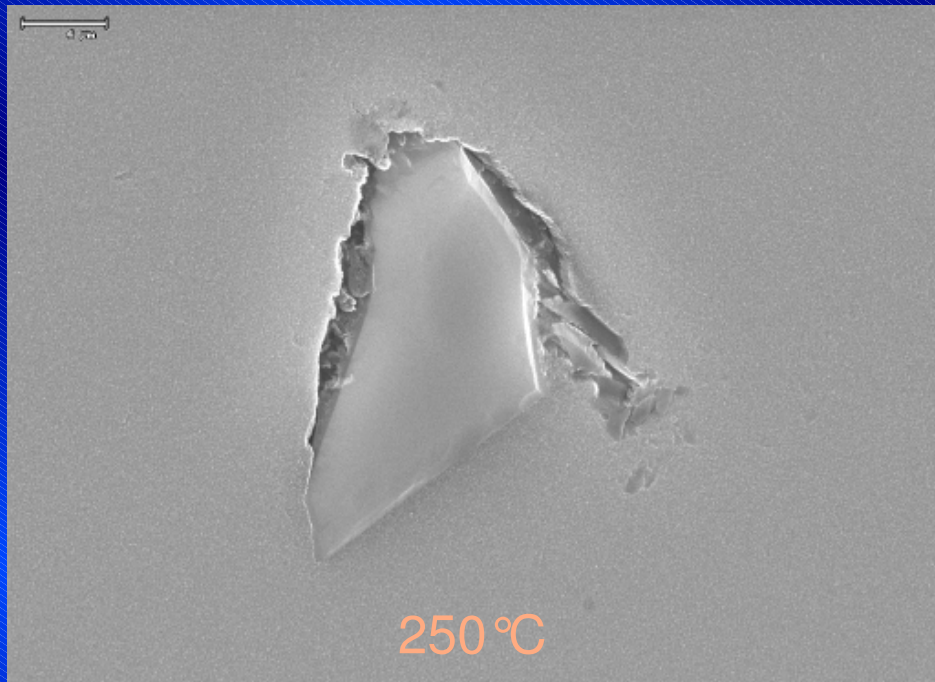
Al + N



Keine Diffusion nach Stickstoffimplantation in Aluminium bei anschließender Temperung bei erhöhter Temperatur.
Schichtdicken bis zu $1.5 \mu\text{m}$ bei Implantation bei erhöhter Temperatur.

Klares Indiz für strahlungsinduzierte Diffusion?

Al + N



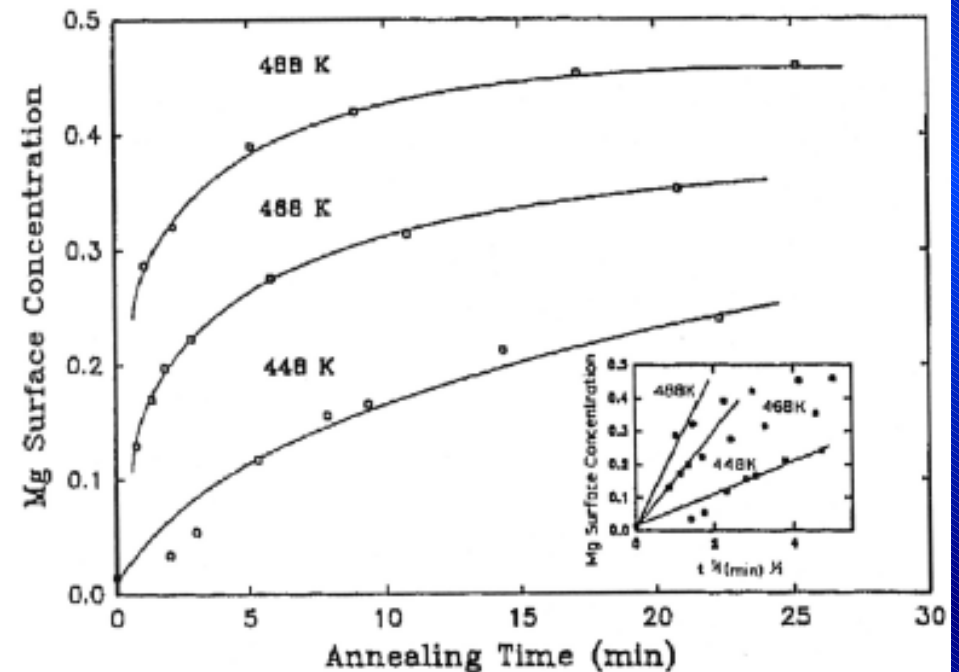
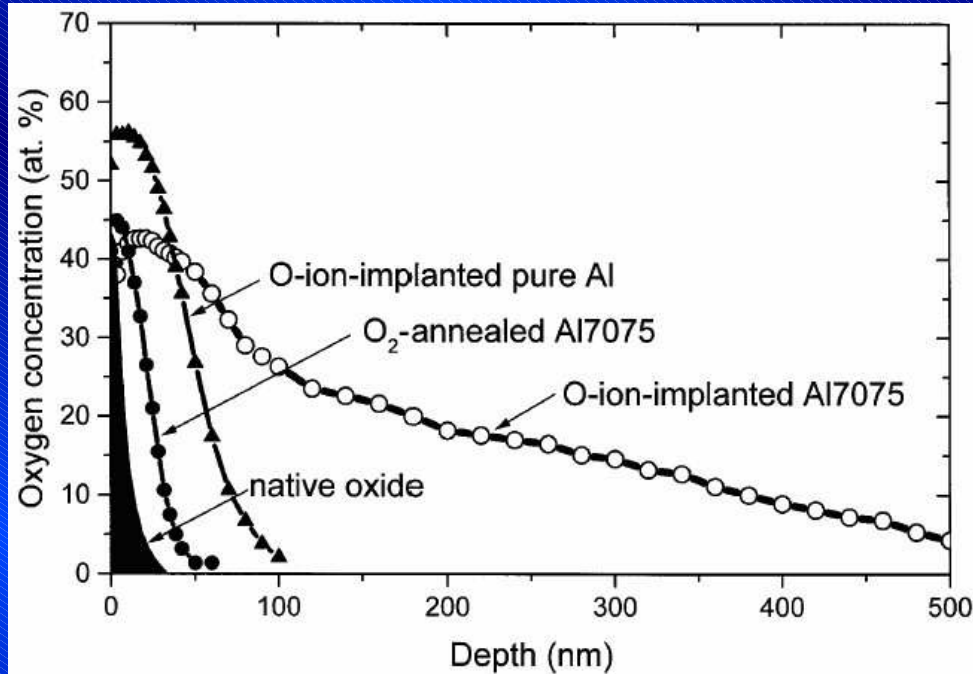
Oberflächenstruktur stark temperaturabhängig: glatt → rauh mit steigender Temperatur.

Diffusion von Al entlang AlN-Korngrenzen zur Oberfläche mit freiem Stickstoff.

Kein freier Stickstoff bei 100 keV, $\leq 10^{18} \text{ cm}^{-2}$.

Keine strahlungsinduzierte Diffusion bei AlN!

Al(Mg) + O



M. Bolduc et al., Surf. Coat. Technol. **138**, 125 (2001)

F.J. Esposito et al., Surf. Sci. **302**, 109 (1994)

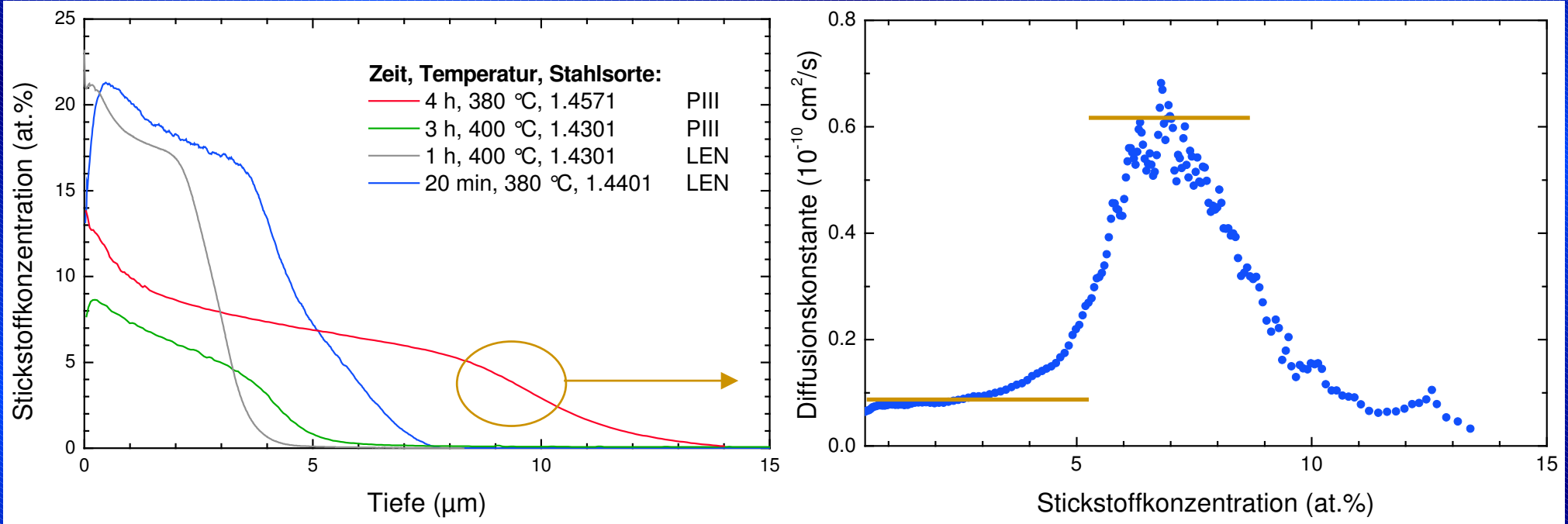
Dicke Oxidschicht in Al7075 (6 Zn, 2 Mg, 2 Cu wt.%) nach PIII-Behandlung.

Oberfläche besteht aus MgO.

Chemische Segregation ist bekannt.

RED möglich, aber Änderung im Sauerstoff-Haftkoeffizienten von 0.12 auf 1 bei Steigerung der Mg-Konzentration (Zeiteffekt?)

Stahl + N



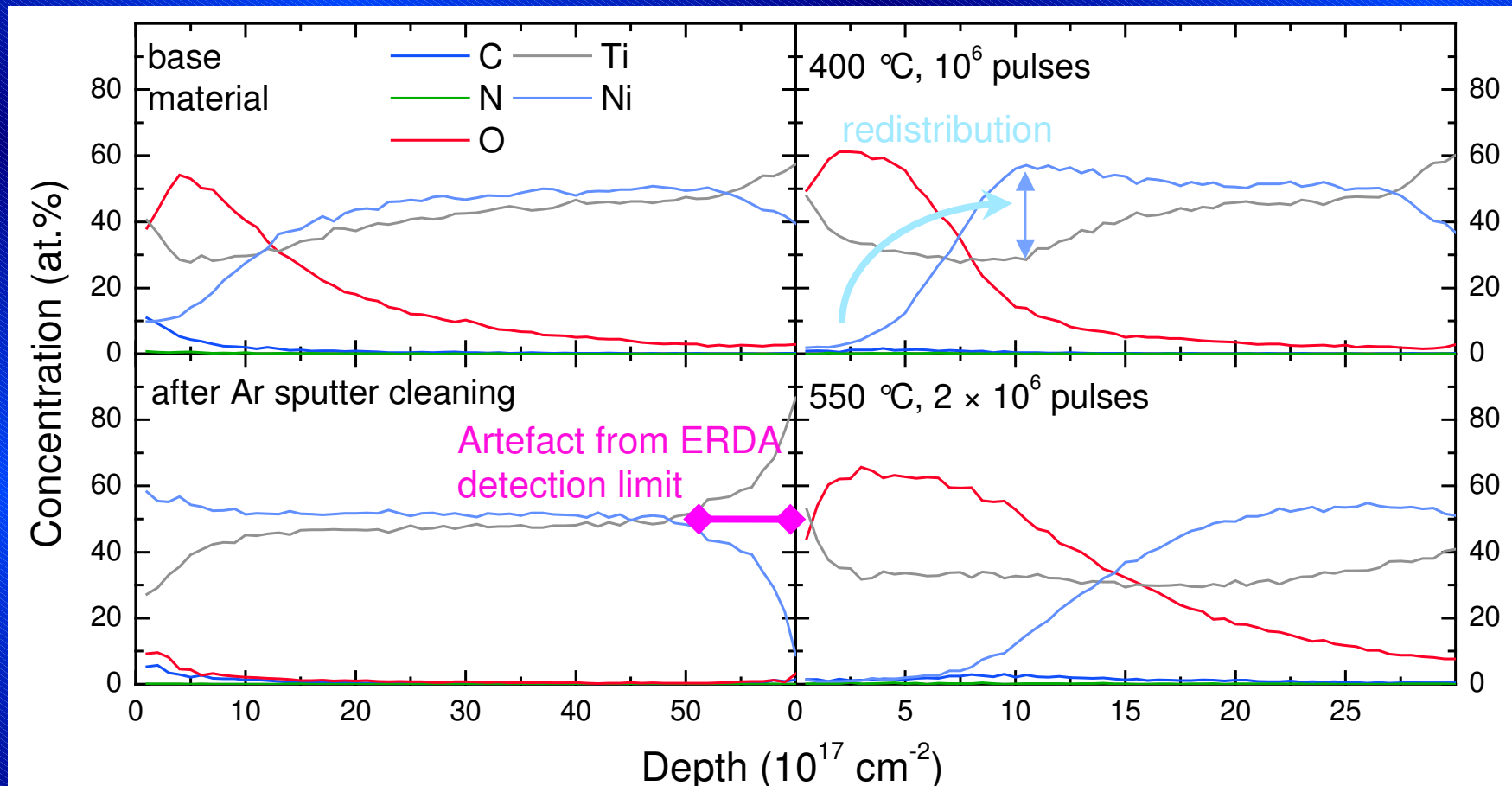
Massive Erhöhung der Stickstoff-Diffusivität bei Implantation in austenitischen Edelstahl.

Bei 10 keV Erzeugung von 165 Leerstellen/Ion: ca. 10^{23} Leerstellen/cm³ über gesamtes Profil ohne Rekombination.

1 keV + Zusatzheizung = 10^{22} Leerstellen/cm³ + schnellere Diffusion.

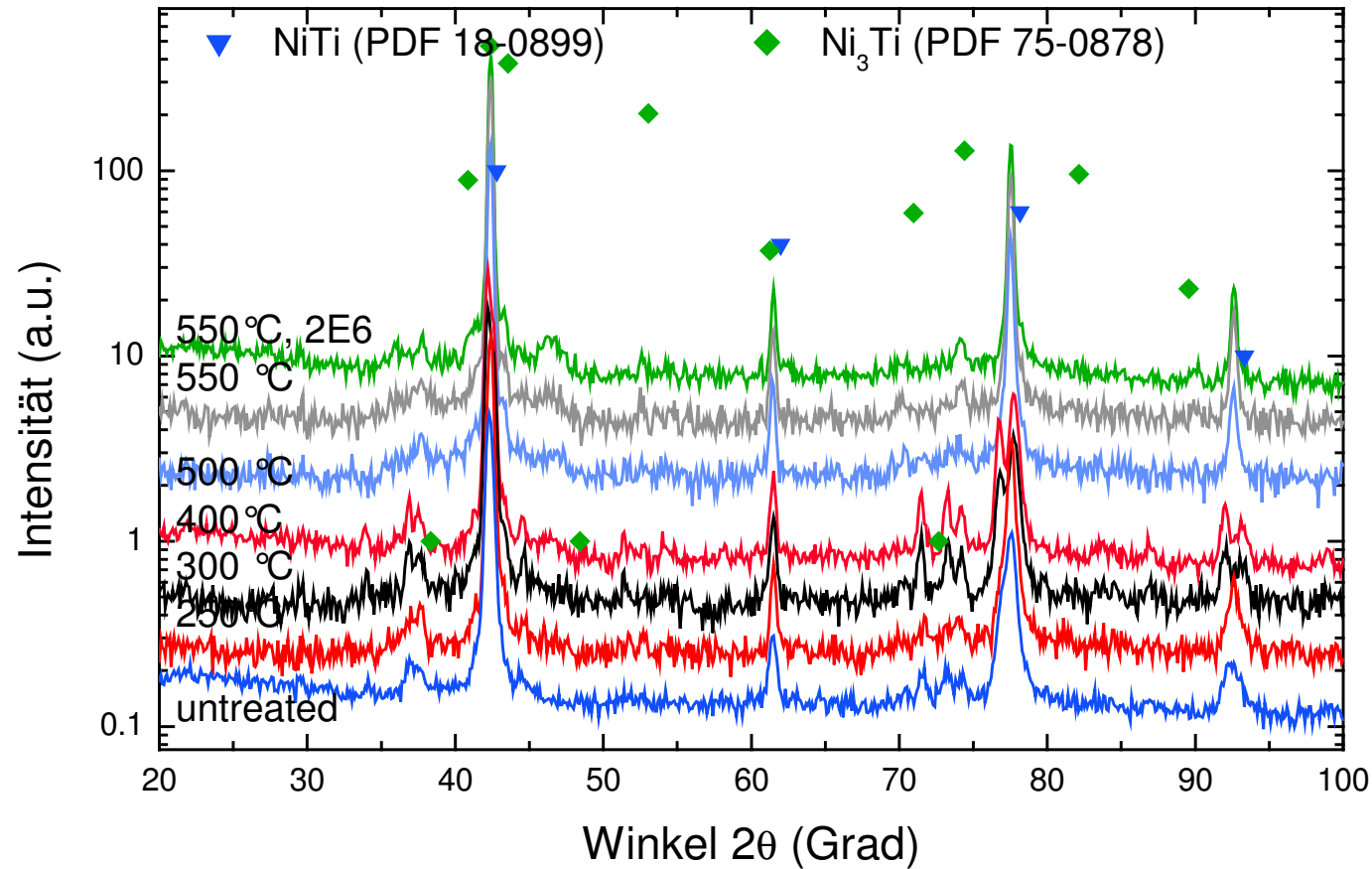
Sprung in Diffusionskonstante schwer erklärbar über RED.

ERDA Depth Profiles



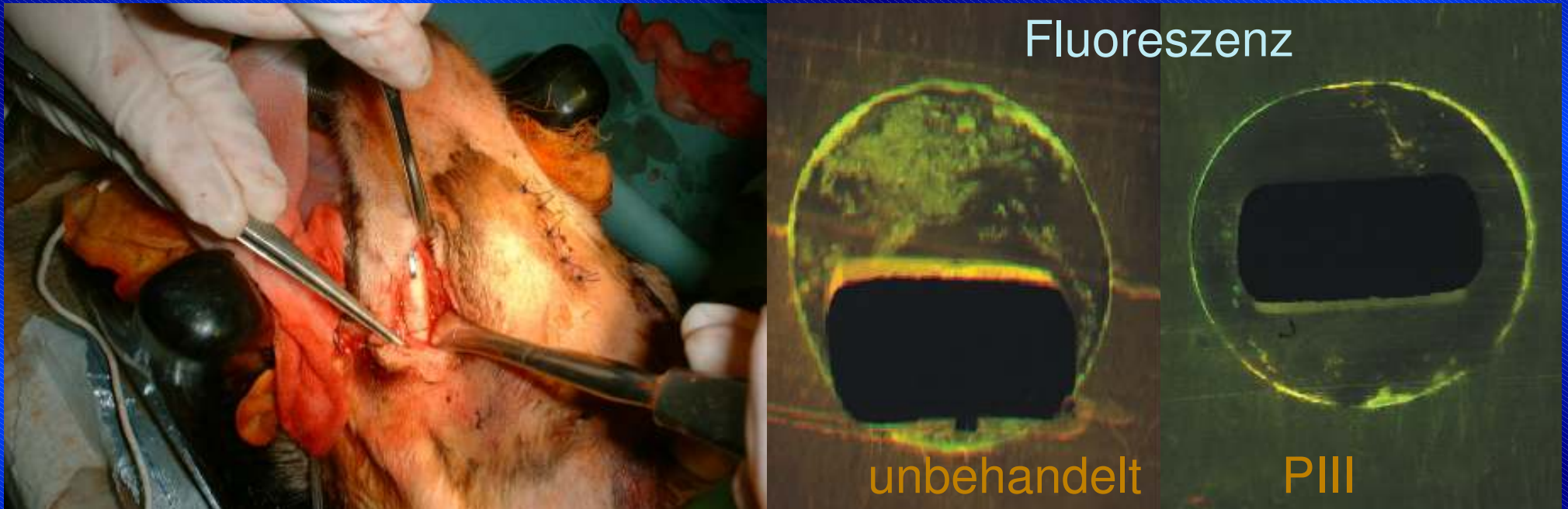
Reine TiO_2 -Oberfläche nach PIII, Umverteilung von Ni.
Verbreiterung der Grenzfläche mit steigender Temperatur.
Zwei Diffusionsprozesse: thermisch aktiviert + RED.

NiTi + O



Bildung von Ni₃Ti
hinter der Oberfläche.
Intensitätsmaximum
bei 400 °C.
Unterhalb 400 °C:
ungeordnete Struktur
+ kleine Kristallite.
Oberhalb 400 °C:
Ni/Ti-Verhältnis
kleiner 3:1 wegen
erhöhter Ni-Diffusion
zur Oberfläche.

NiTi + O



NiTi-Klammern im Tierversuch

Fluoreszenz ist Maß für Gewebe/Knochen-Reaktion.

Signifikante Verbesserung nach Sauerstoff-PIII bei 400 °C.

TiO₂-Schicht als sehr effektive Diffusionsbarriere.



Zusammenfassung

Es ist nicht alles Gold was glänzt.

Marketing \Leftrightarrow Labor?

Wo ist der Wald zwischen den ganzen Bäumen?

Materialwissenschaftliche Grundlagen notwendig für
Plasma- und Oberflächenphysik!

Danksagung

Darina Manova (IOM)

Frank Scholze (IOM)

Jürgen W. Gerlach (IOM)

Walter Assmann (Maier-Leibniz-Labor, Garching)

Robert Sader (Kantonsspital Basel)

