

Tom Stieler

Atome Probe Tomography (APT)

... die Welt ist keine Scheibe.

Referat im Rahmen der Vorlesung *Festkörperphysik* bei Prof.in Ellen Hieckmann

Dienstag, 22. Februar 2022

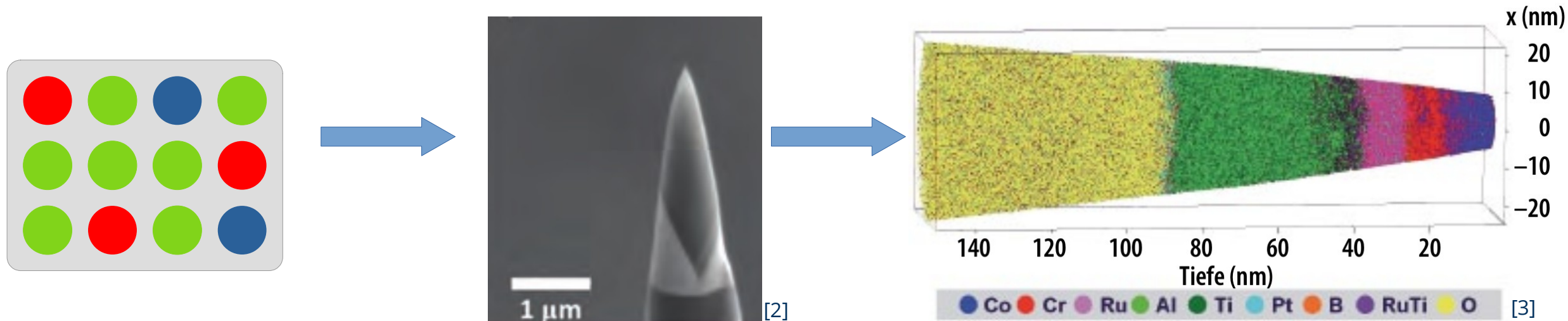
Was wird die nächsten Minuten passieren?

- I. Grundlagen
- II. Aufbau und Probenpräparation
- III. Anwendung und Beispiele
- IV. Fragen / Anmerkungen / Kritiken
- V. Literatur

I. Grundlagen

Atome Probe Tomography (APT)

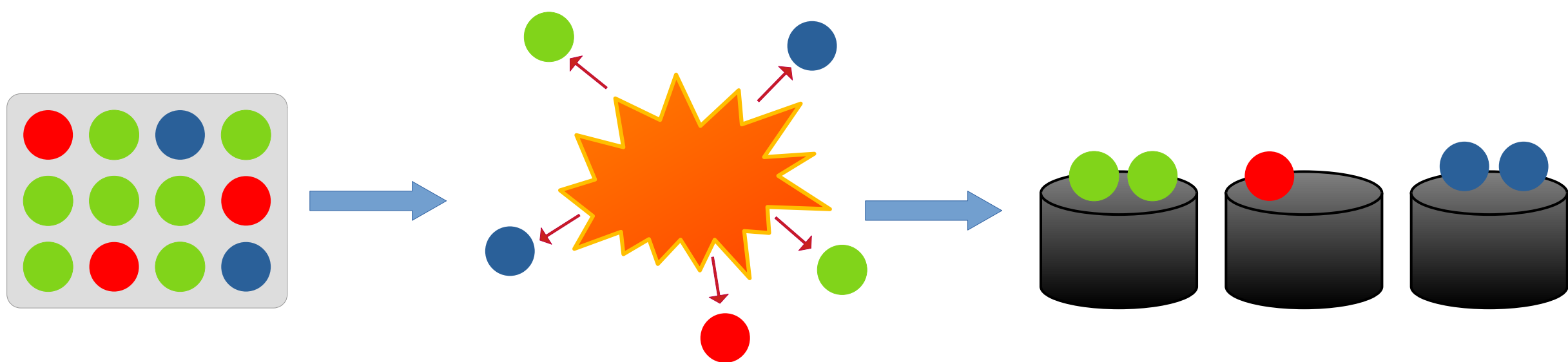
- dt. Atomsondentomografie
- *Prinzip:* 3D-Rekonstruktion einer Probe auf atomaren Level mittels Flugzeit-Massenspektrometer



Zu klärende Begriffe:

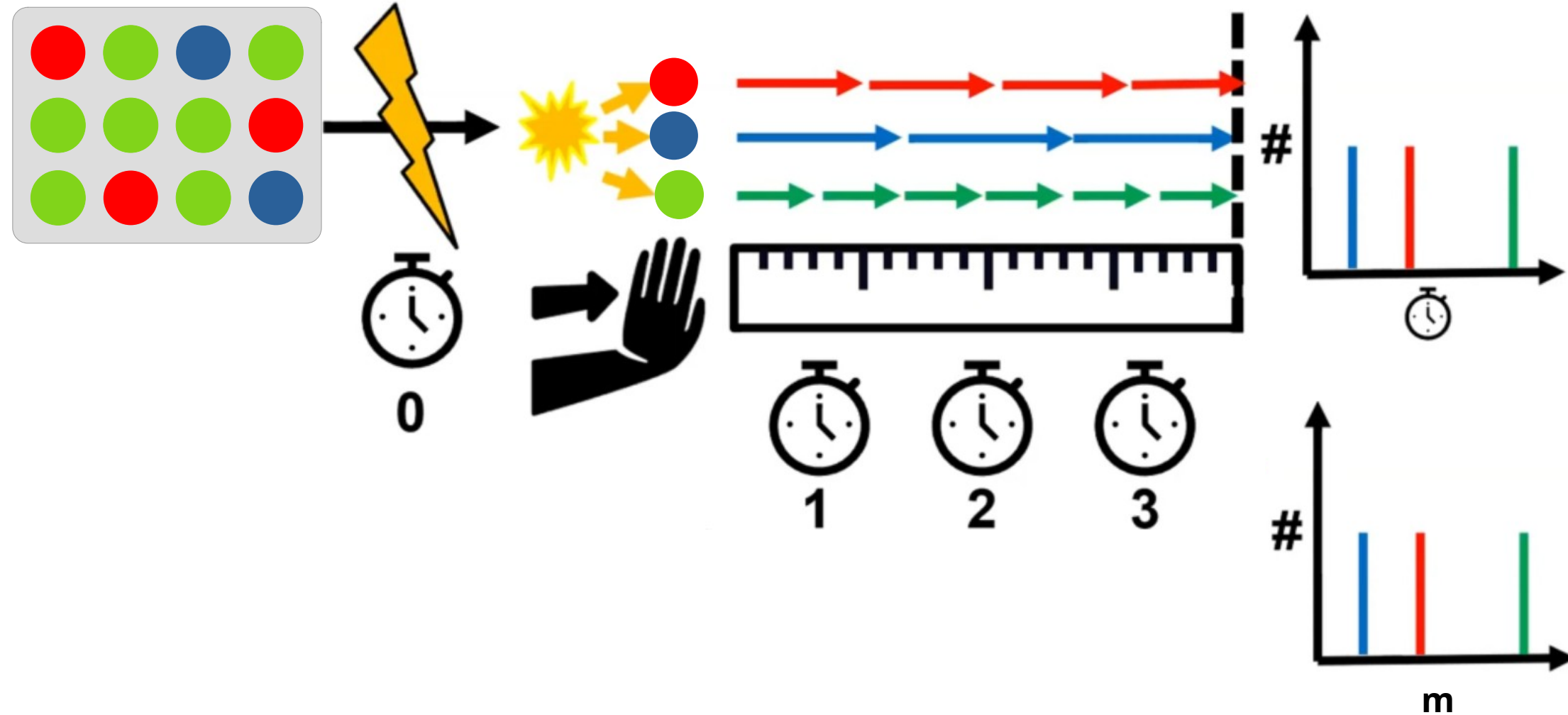
Massenspektroskopie, Flugzeit-Massenspektroskopie, Tomografie, Feldionenmikroskopie

I. Grundlagen – Massenspektroskopie

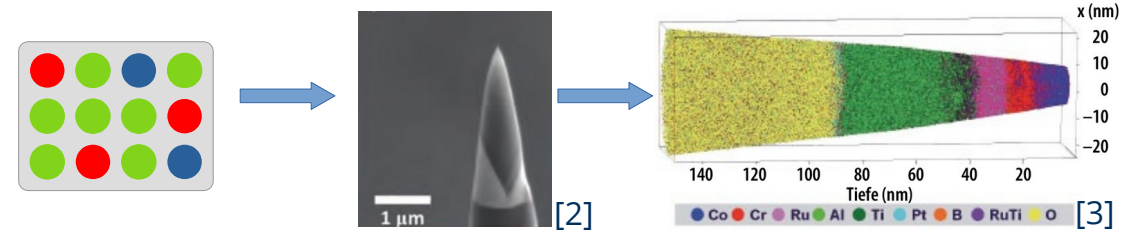


[vgl. 1]

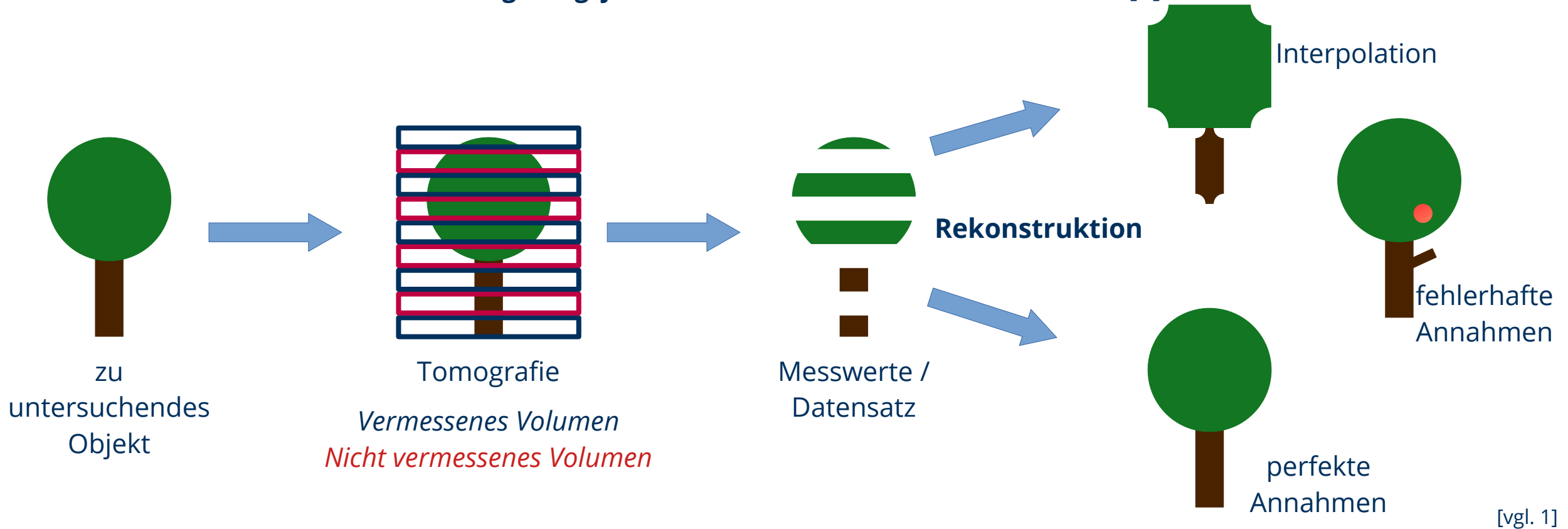
I. Grundlagen – Flugzeit-Massenspektroskopie



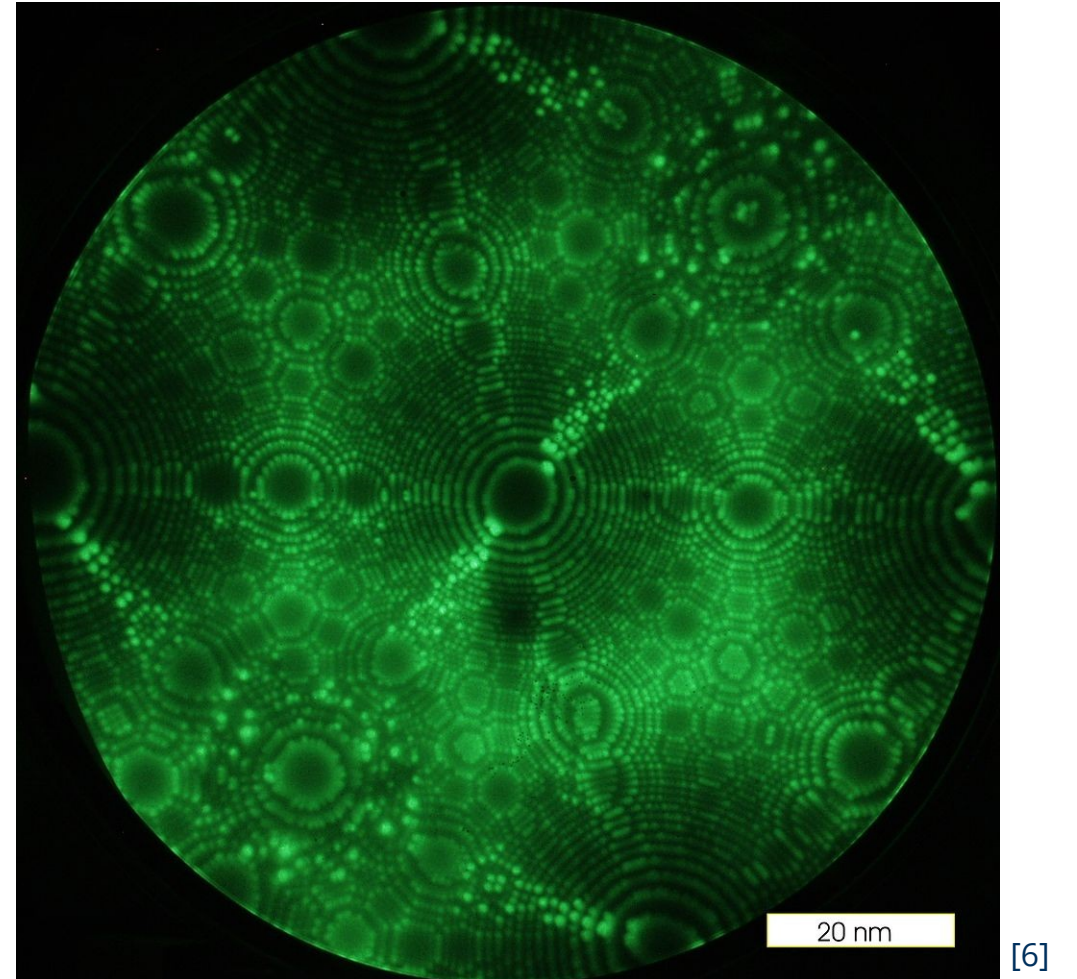
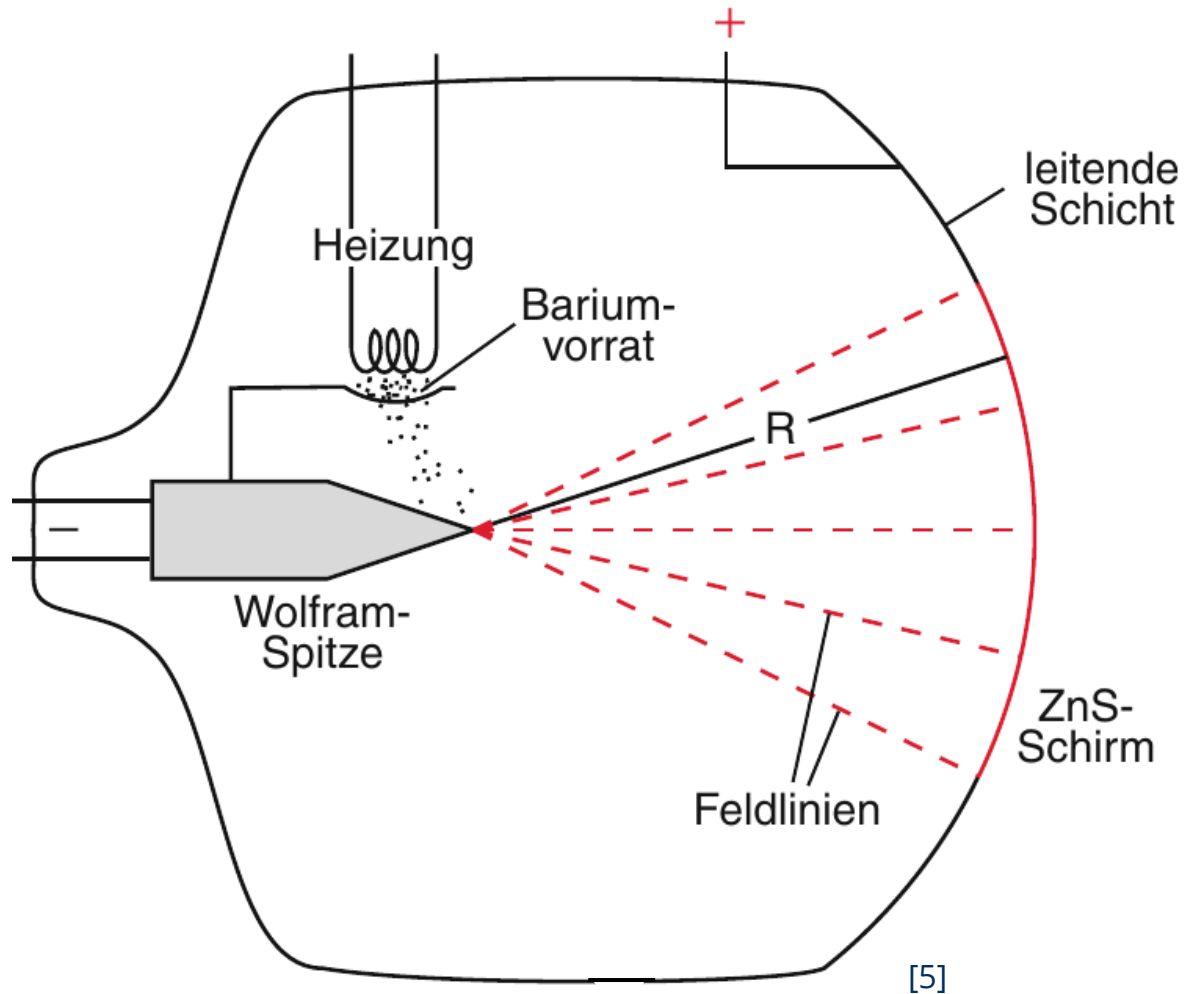
I. Grundlagen - Tomografie



„Gruppe von bildgebenden Verfahren, welche die innere, räumliche Struktur von Objekten in überlagerungsfreien Schichtbildern darstellen können.“ [4]



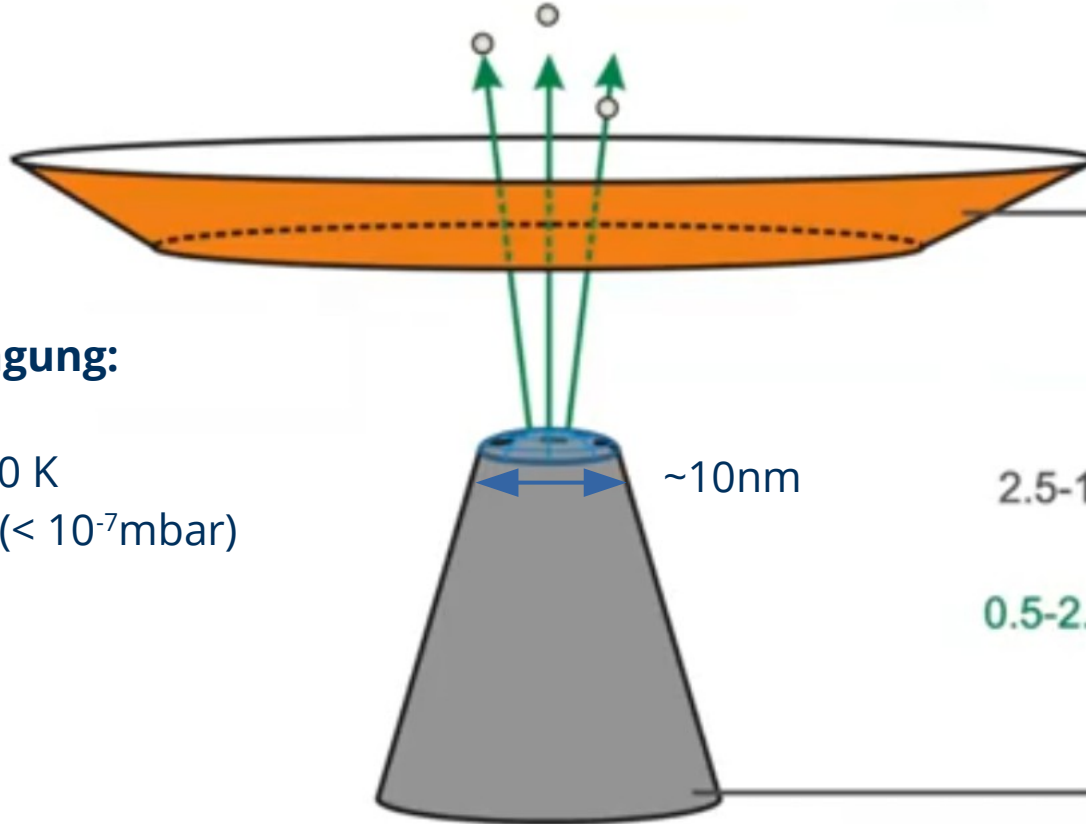
I. Grundlagen – Feldionenmikroskopie



II. Aufbau und Probenpräparation



Detektoreffizienz > 50%

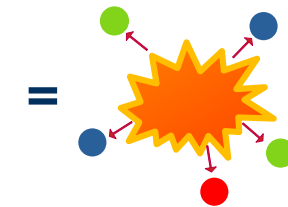


Umgebungsbedingung:

Temperatur 20 – 60 K
Ultrahochvakuum ($< 10^{-7}$ mbar)

2.5-11 kV

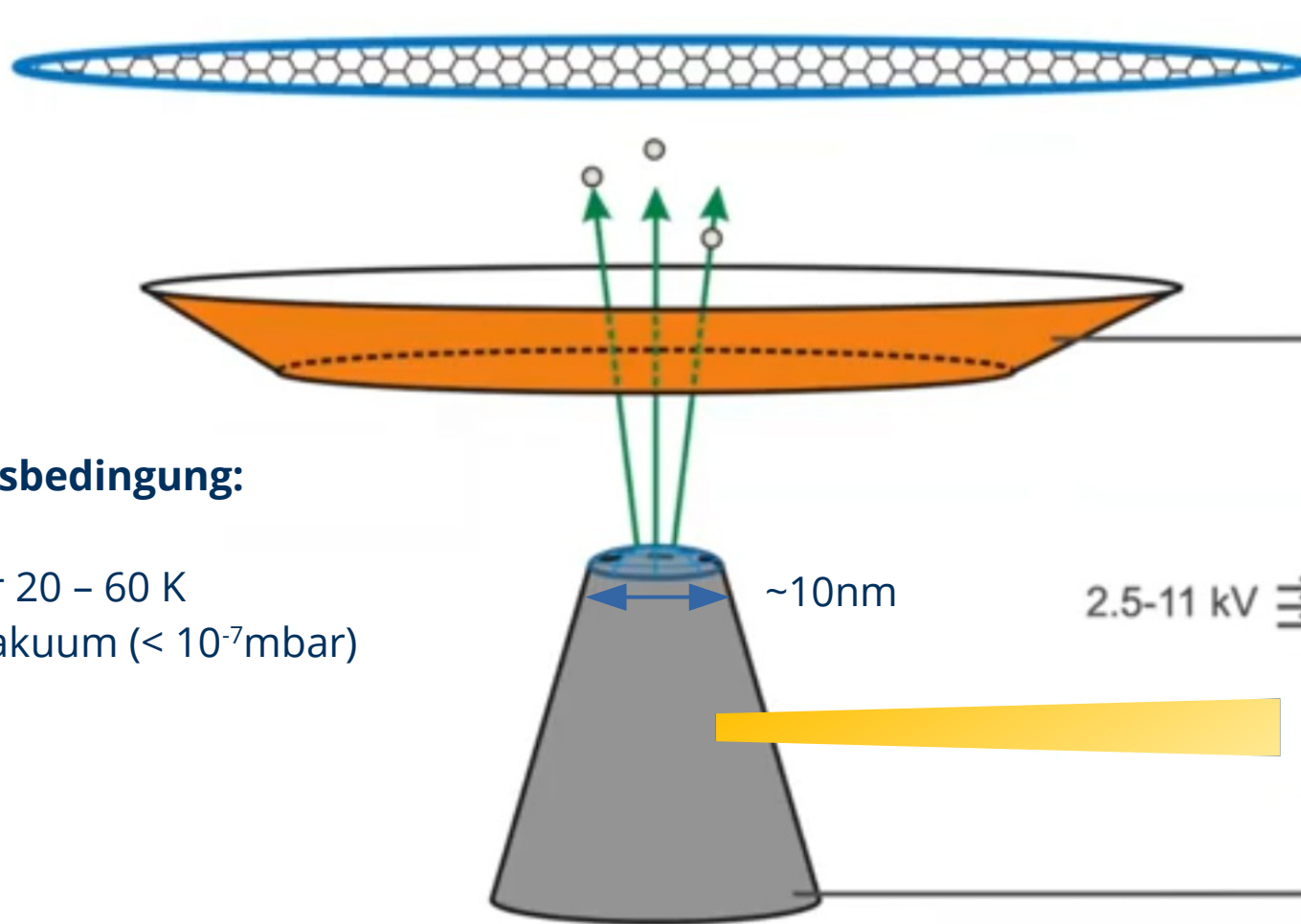
0.5-2.2 kV



Geeignet für Metalle
und hochdotierte
Halbleiter

[1, 2]

II. Aufbau und Probenpräparation



Umgebungsbedingung:

Temperatur 20 – 60 K
Ultrahochvakuum ($< 10^{-7}$ mbar)



Detektoreffizienz $> 50\%$

Geeignet für nichtleitende
Materialien
(Oxide, Halbleiter),
aber auch Metalle



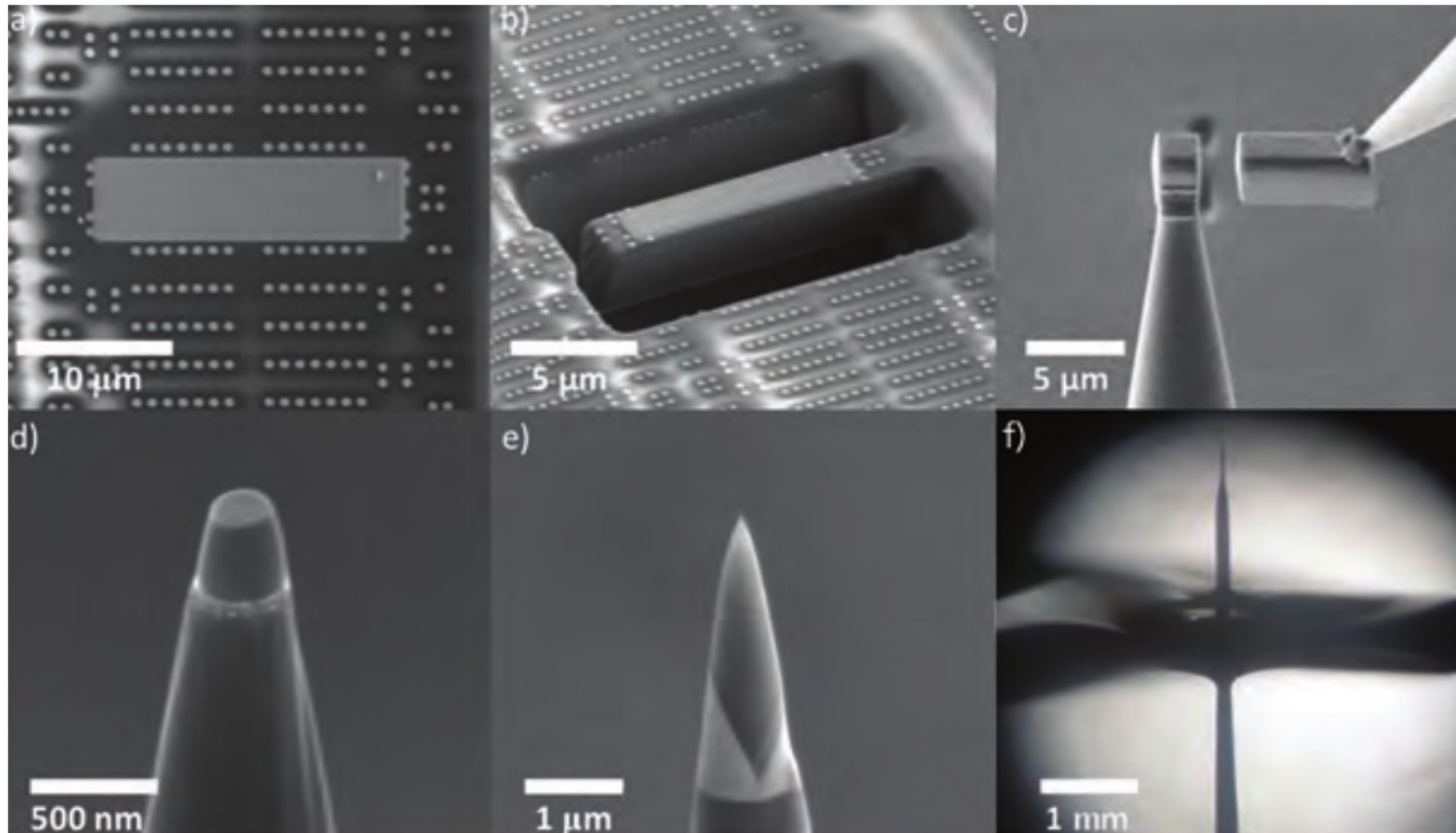
=

Laserpulse < 1 ns

Datenrate ~ 1 Mio. Ionen pro Stunde

[1, 2]

II. Aufbau und Probenpräparation



[3]

III. Anwendung und Beispiele



Grundsätzlich geeignet, wenn...

- Festkörper
- Stabil unter Vakuumbedingungen
- Manipulierbar mit Elektron- oder Ionenstrahl
- „Einigermaßen“ homogen
- Genug Material für mehrere Durchläufe

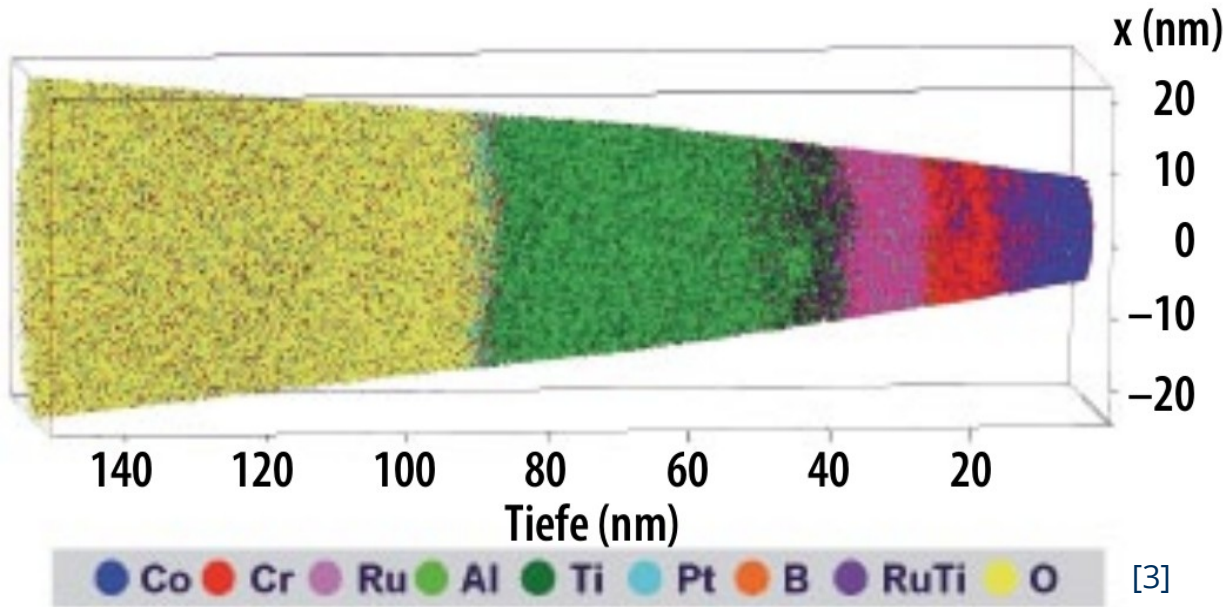


Nicht geeignet, wenn...

- Poröse, instabiles Material mit Phasenübergang bei niedrigen Temperaturen
- Heterogen im Mikrometerbereich (schwer, repräsentative Probe auszuwählen)
- Zu untersuchendes Element unter ppm-Niveau
- Material einzigartig und nur in winzigen Mengen vorhanden (destruktive Untersuchungsmethode)

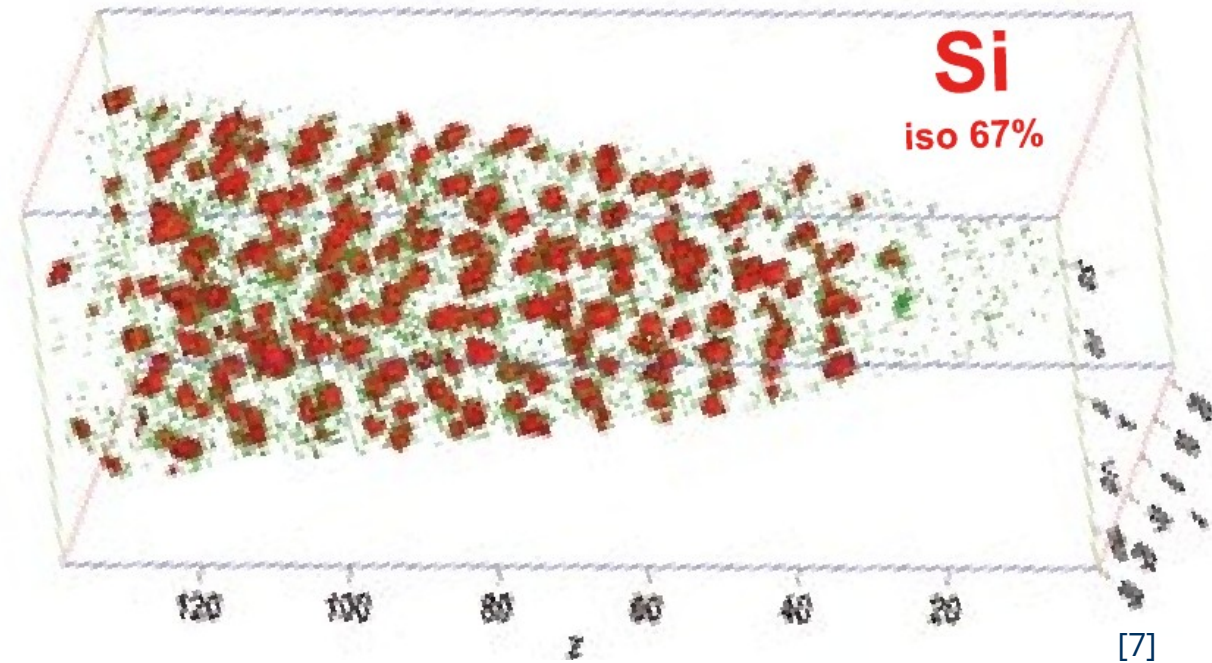
[1, 2]

III. Anwendung und Beispiele



Metallisches Dünnschichtsystem einer Magnetspeicherplatte.
Jeder Farbpunkt repräsentiert ein Atom oder Molekül der Probenspitze.

P-dotiertes Übergitter mit 5 nm Si-Nanokristallen.
Si-Nanokristalle sind als Si-Isoflächen (rot) mit Si Konzentrationen >67% und P-Atome (grün) dargestellt.



IV. Fragen / Anmerkungen / Kritiken?



V. Literatur

- [1] CNS Harvard: Masterclass: Introduction to Atom Probe Tomography, Dr. Austin Akey. 2020.
URL: <https://www.youtube.com/watch?v=K4AQQZP06C8> - Download vom: 13.02.2022.
- [2] Wahl, Michael; Gnaser, Hubert; Kopnarski, Michael: Die Welt ist keine Scheibe: Vom Feldionenmikroskop zur Atomsonden Tomografie. In: Vakuum in Forschung und Praxis Jg. 25 / 2013, Heft 5, S. 24–30.
- [3] CAMECA: Atom Probe Tomography. West Sussex: Essential Knowledge Briefings: 2017.
URL: <https://www.cameca.com/learning-zone/tutorials/apt-tuto> - Download vom: 13.02.2022.
- [4] „Tomografie“, bereitgestellt durch das Digitale Wörterbuch der deutschen Sprache.
URL: <https://www.dwds.de/wb/Tomografie> - Download vom: 16.02.2022.
- [5] Demtröder, Wolfgang: Experimentalphysik 3 / Atome, Moleküle und Festkörper. 5. Auflage., Berlin ; Heidelberg: Springer: 2016.
- [6] „Feldionenmikroskop“. In: Wikipedia – Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 14. August 2017, 14:51 UTC.
URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Feldionenmikroskop> - Download vom: 16.02.2022.
- [7] Wahl, Michael; Gnaser, Hubert; Kopnarski, Michael: Ein Bild sagt mehr als tausend Worte:: Anwendungen der 3D-Atomsonden-Tomografie in der Dünnschicht- und Nanoanalytik. In: Vakuum in Forschung und Praxis Jg. 25 / 2013, Heft 6, S. 29–36.