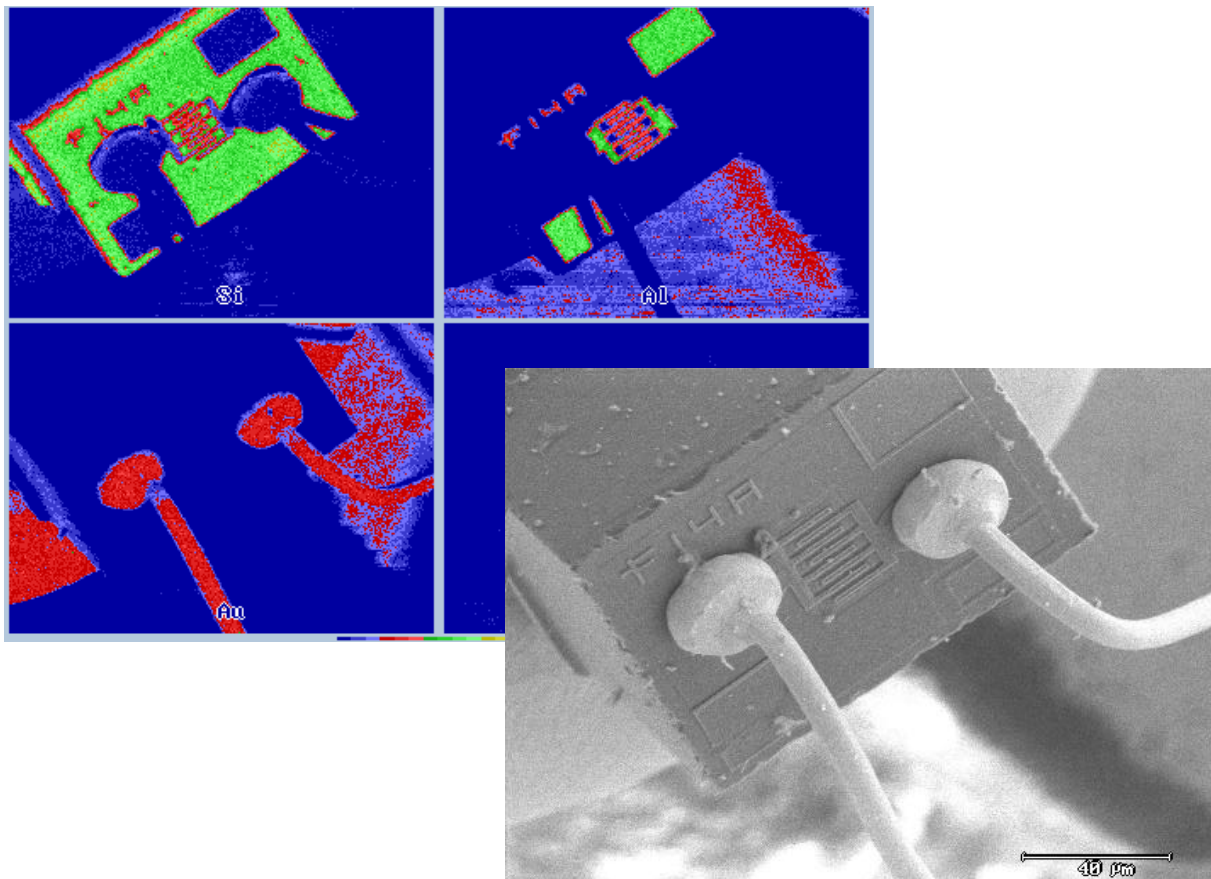


Quantitative Elementbilder

F.Eggert, RÖNTEC GmbH Berlin

Mit einem energiedispersiven Röntgenspektrometer können im REM/TEM Elementverteilungsbilder von mehreren Elementen simultan aufgenommen werden. Die variierende Intensität der elementcharakteristischen Röntgenstrahlung wird repräsentativ für die Konzentration des Elementes in der Probe als Helligkeitssignal in Abhängigkeit von der aktuellen Elektronenstrahlposition übertragen.



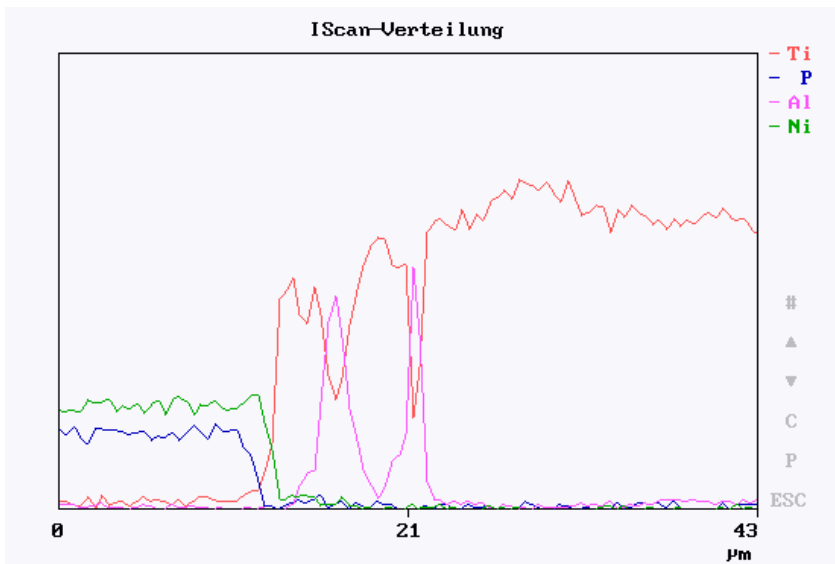
Wenn aus den Elementverteilungsbildern quantitative Aussagen gewonnen werden sollen:

- ⇒ Rohdaten abspeichern mit 256 Graustufen (keine Binarisierung bei der Messung)
- ⇒ Darstellung der Verteilungen in einzelnen Elementbildern (Falschfarben)

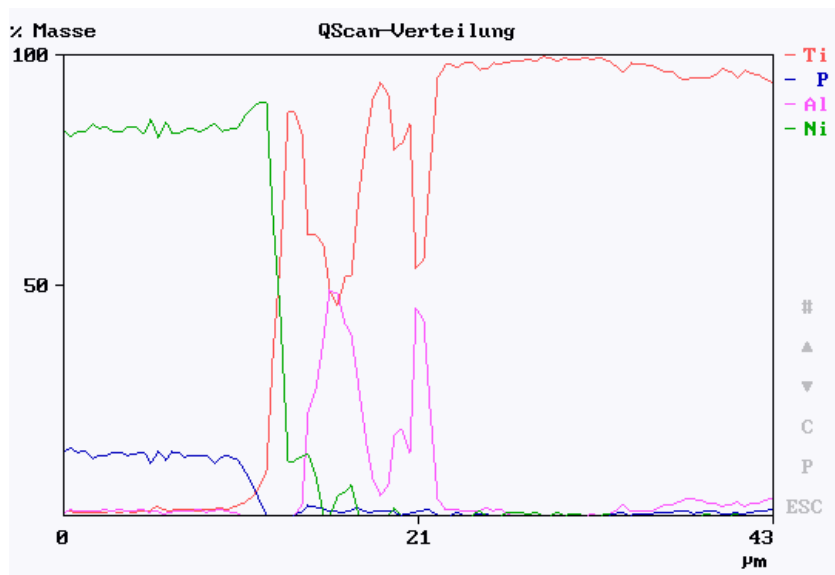
Effekte beim Impuls-Mapping / Scan

Auf Grund der starken Nichtlinearität der Wechselwirkungsprozesse ist die Impulsrate einer charakteristischen Elementstrahlung aber nur ein sehr unzuverlässiges Signal zur quantitativen Beurteilung einer Elementverteilung:

- ⇒ Unterschiede in der Anregung der gemessenen Strahlung
- ⇒ Absorptionseffekte durch anderer Elemente
- ⇒ Topografieeffekte / Schichtdickeneffekte (dünne Proben und TEM)
- ⇒ Strahlstromschwankungen
- ⇒ Abschattungen
- ⇒ Blindsignal durch Bremsstrahlung usw.



Impulszahlen der charakteristischen Strahlung

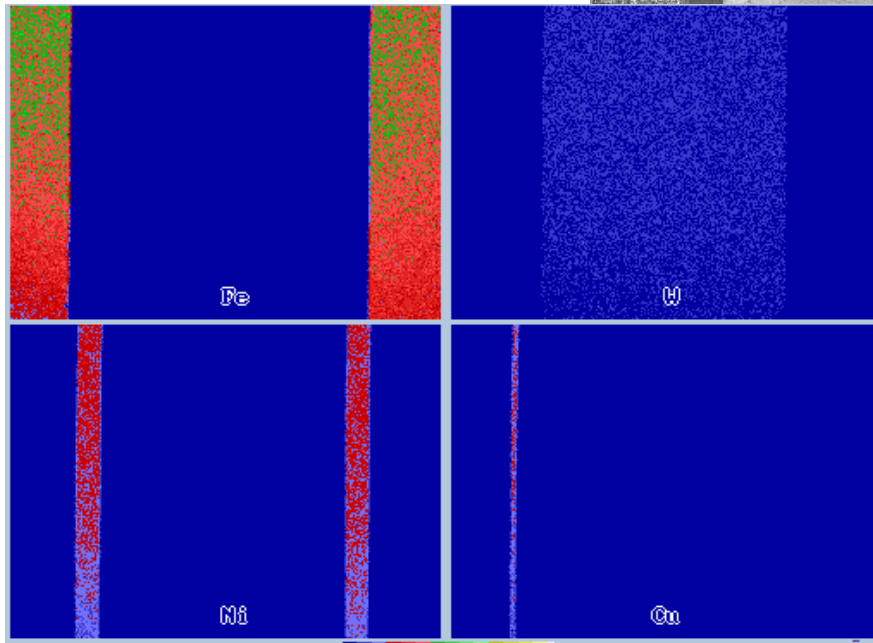
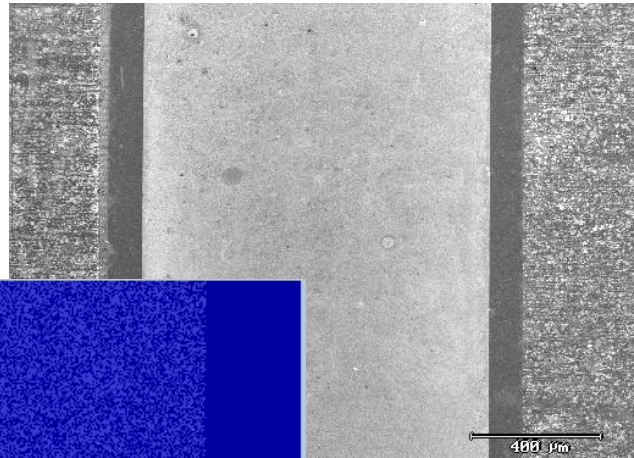


Konzentrationen der Elemente (quantitatives Scan)

entlang einer Linie auf der Probe

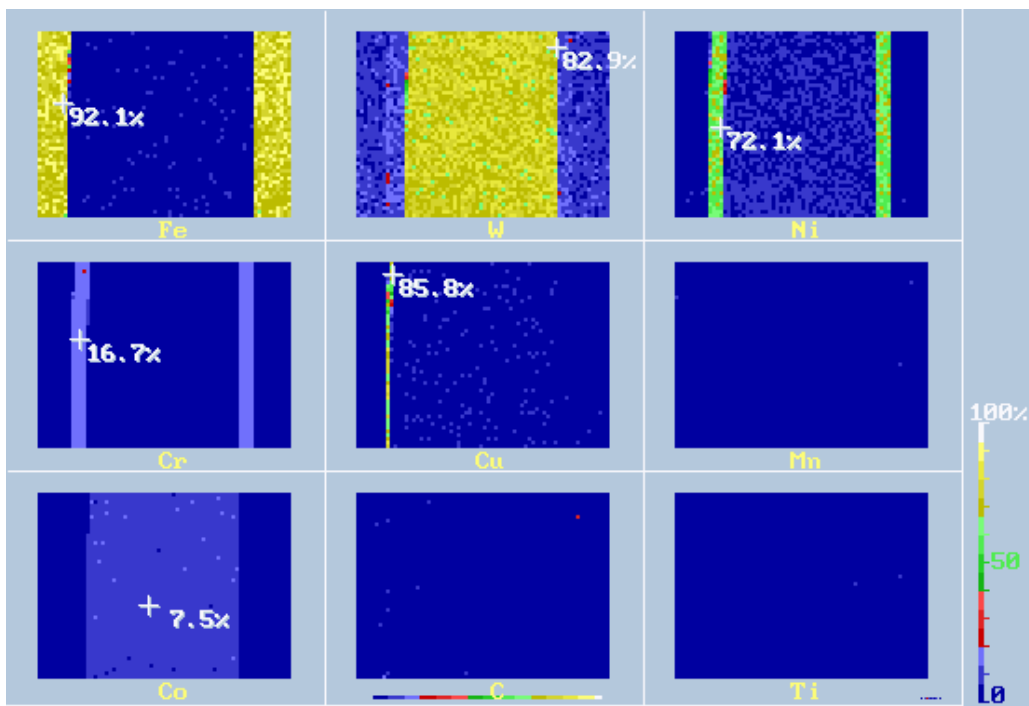
Beispiel: Querschliff

Im konventionellen Impuls-Map sind bei kleiner Vergrößerung Intensitätseffekte durch eine *variierende Detektoreffektivität* zu beobachten. *Strahlstrom-* und *Schichtdickenschwankungen* können ähnliche Effekte bewirken.

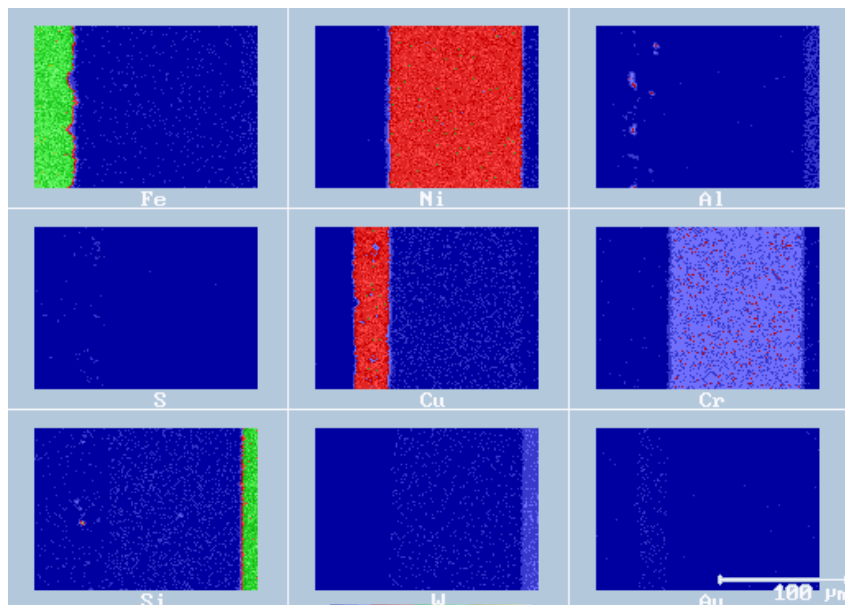
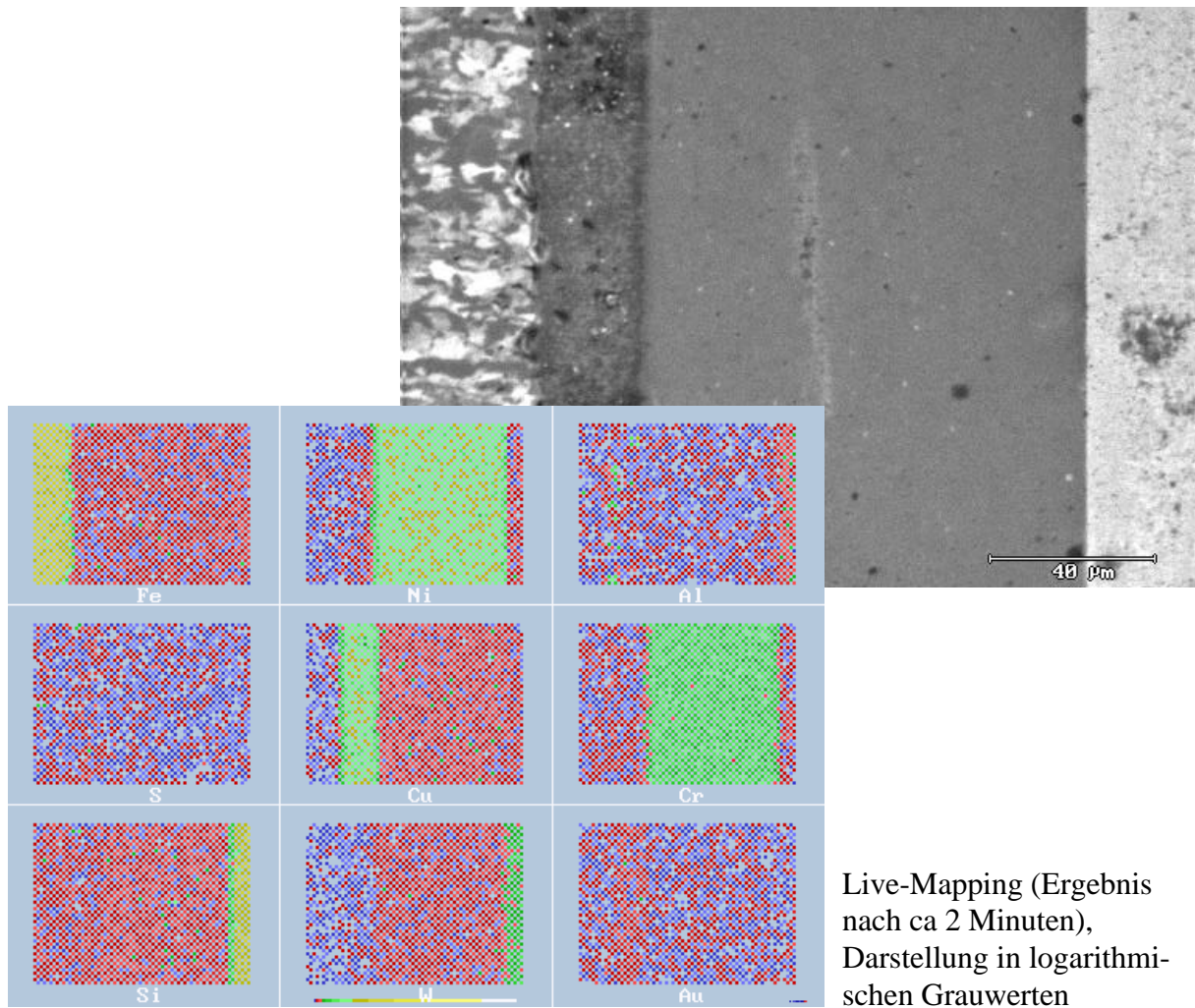


Die *Konzentrationsverhältnisse* der Elemente untereinander sind dem MAP nicht entnehmbar. Nur *zusätzliche Punktanalysen* (quantitativ) können in diesem Fall klären.

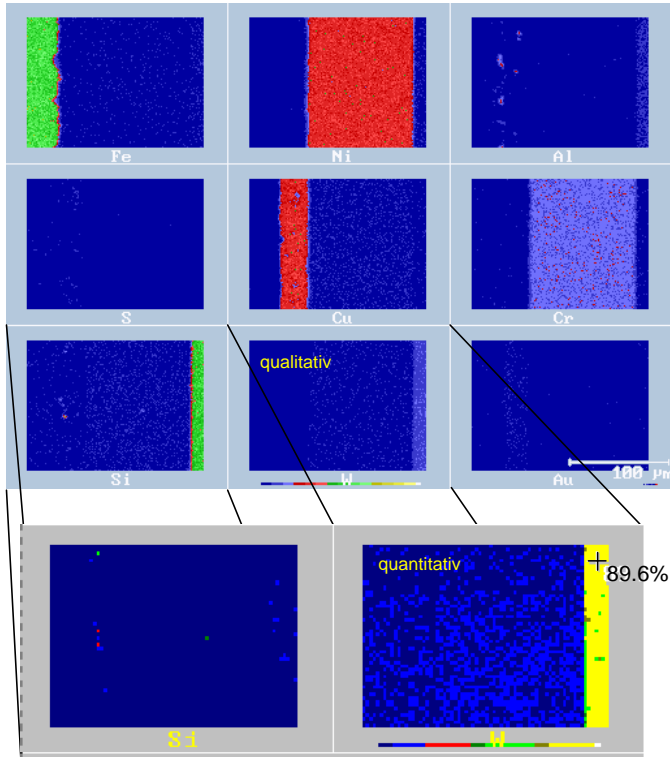
Dem quantitativen **QMap** ist zu entnehmen, daß in den die Fe-, W- und Cu-Schichten jeweils hohe Konzentrationen vorliegen. Es gibt eine Schicht, die aus Cr und Ni besteht. Abschattungseffekte treten nicht auf (Normierung auf Bremsstrahlung!) :



Meßzeiten / Impulsstatistik



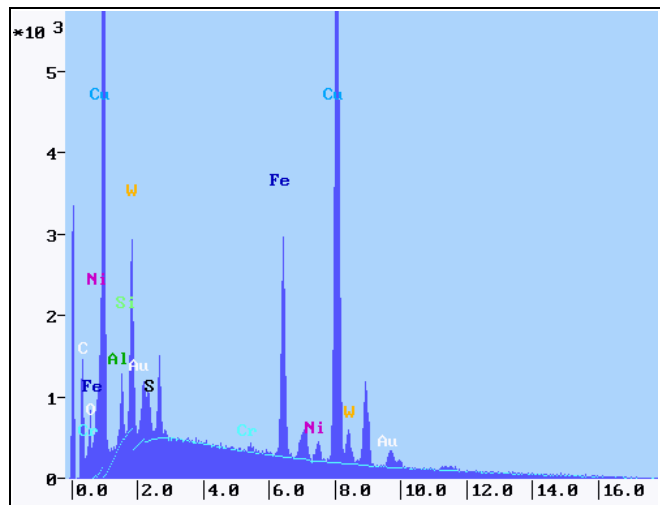
Elementüberlagerungen



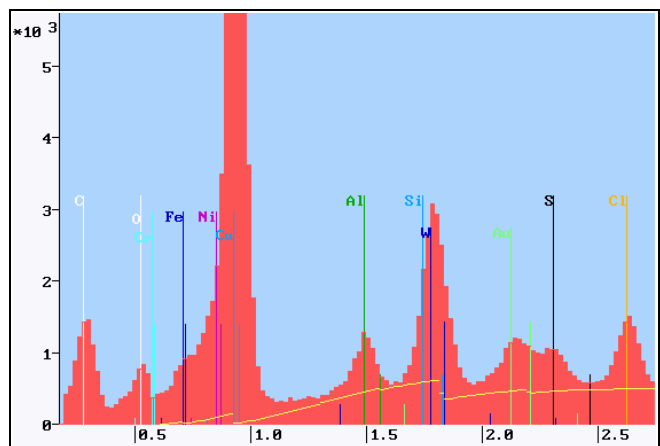
Im Impuls-Map wird eine Si-Schicht vorgetäuscht. Die Impulse von W sind nur andeutungsweise zu sehen.

Im **QMap** ist die Unterscheidung zwischen W und Si deutlich. Echte Bereiche mit Si sind jetzt eindeutig identifizierbar:

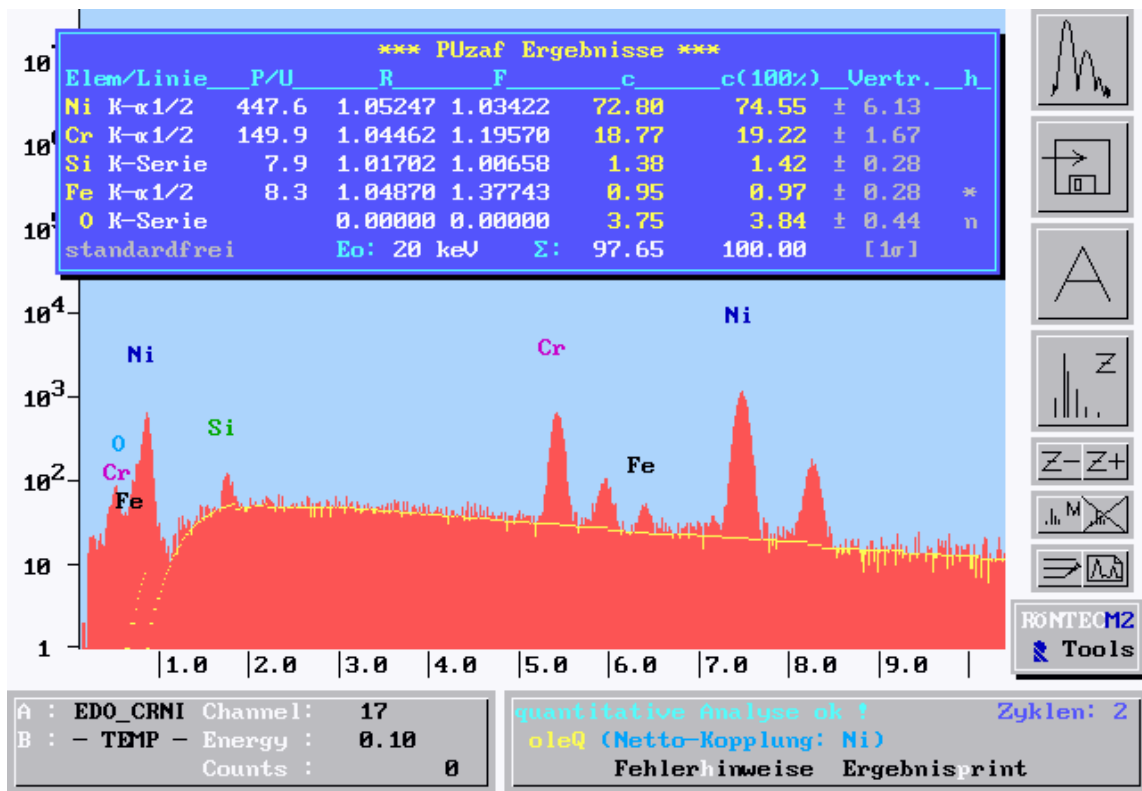
Es liegt eine komplexe Überlagerung von Linien vor. Für das MAP wurde die W-L Strahlung ausgewertet. Da mit 20 keV primärer Elektronenenergie eine vergleichsweise schlechte Anregung des W-L Niveaus erfolgt, ist das W-Signal im MAP nur sehr schwach vorhanden.



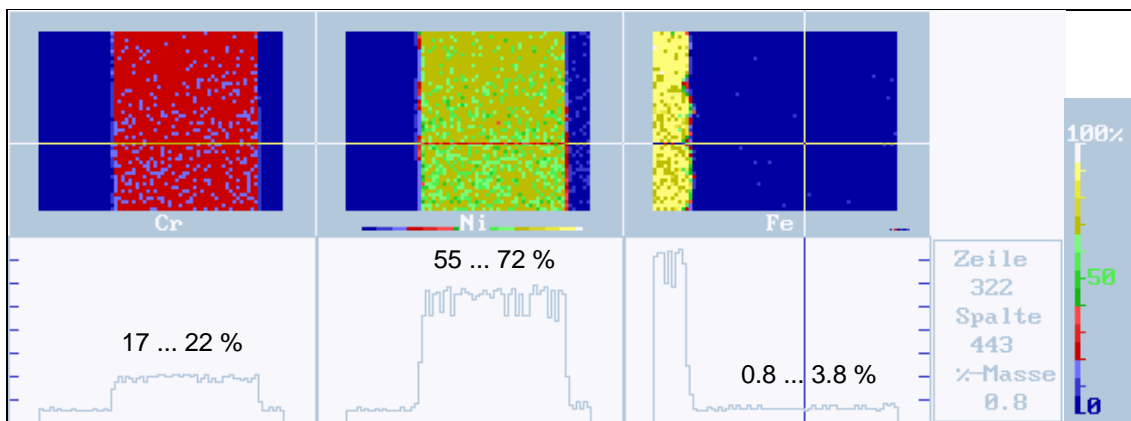
W-M täuscht im MAP das Si vor. Da man bei Si auf keine andere Linienserie ausweichen kann, muß in einem quantitativen MAP die Entfaltung einbezogen werden.



Quantitative Ergebnisse (Vergleich mit Punktanalysen)



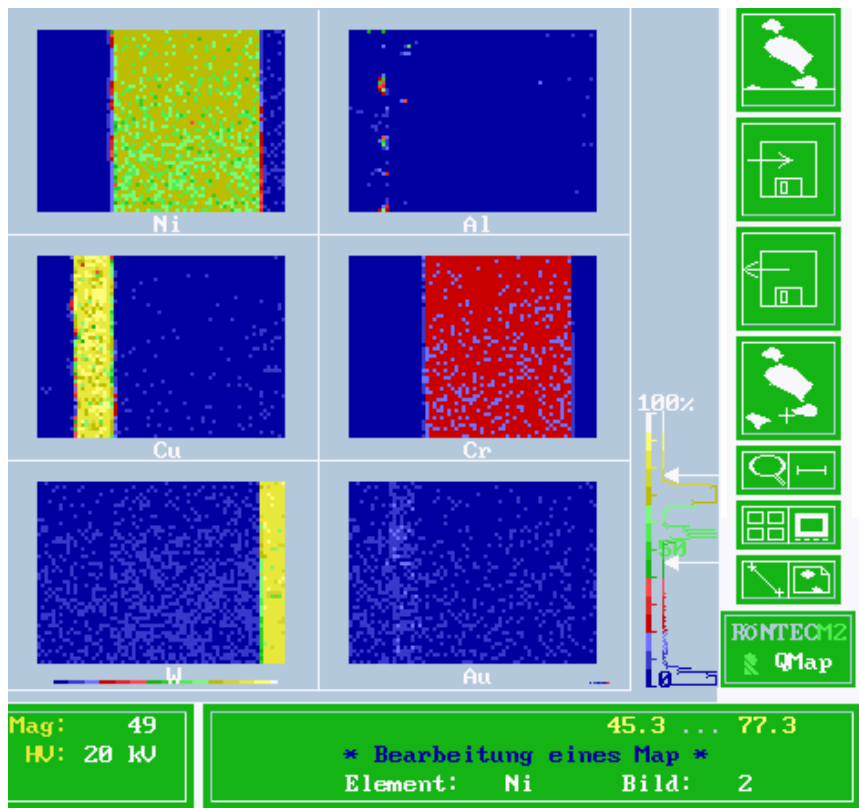
Die quantitative Auswertung eines Punktspektrums vom Probenbereich der Cr, Ni-Schicht ergibt Konzentrationswerte, die mit denen des **QMap** vergleichbar sind.



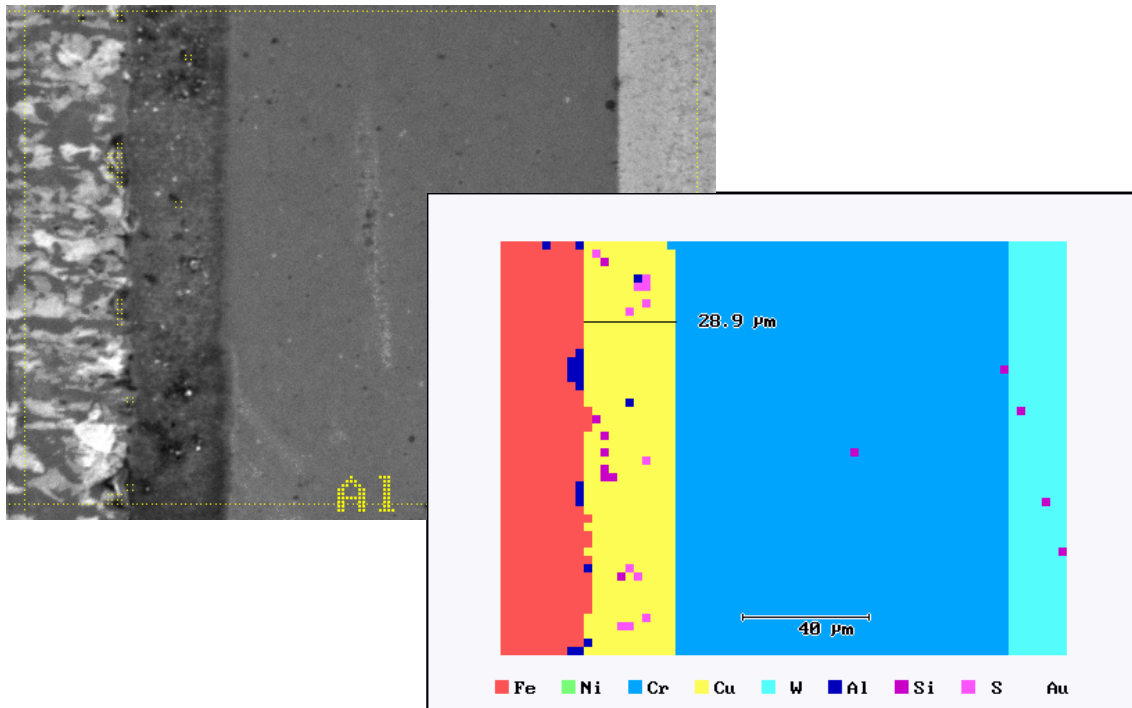
Die Bremsstrahlung kann typisch bis zu 5% Masseanteil eines Elementes vortäuschen. Sie muß korrigiert werden, wenn quantitative Aussagen im Bereich $< 10\%$ Elementgehalt durchgeführt werden sollen!

Sogar die geringe Konzentration von Fe innerhalb der Cr, Ni-Schicht ist im **QMap** nachweisbar.

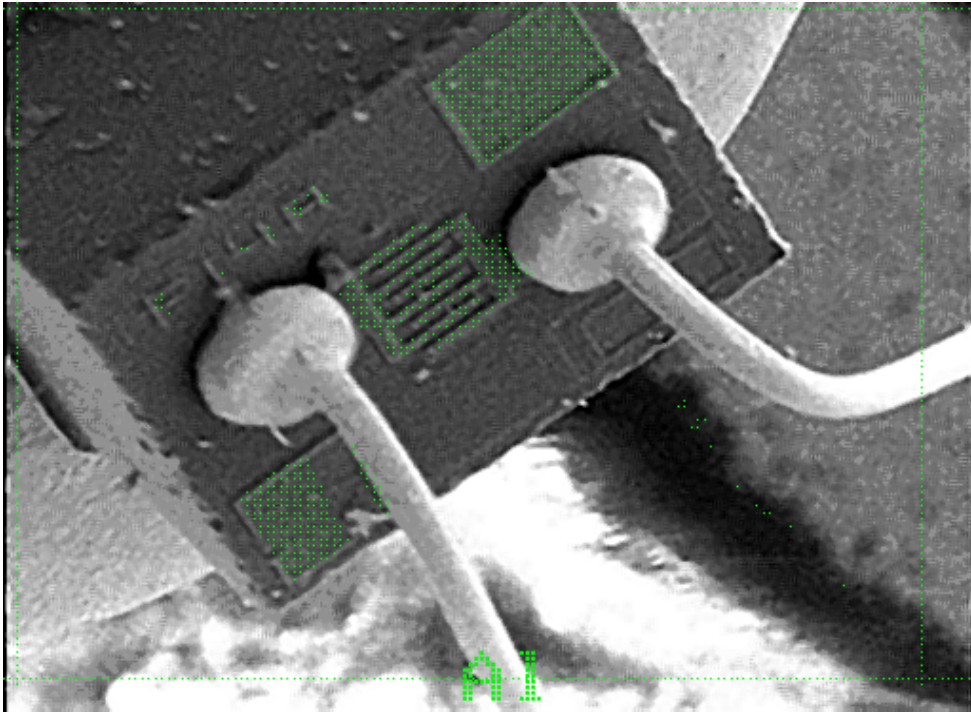
Nachbereitung / Auswertung / Präsentation der Elementverteilungen



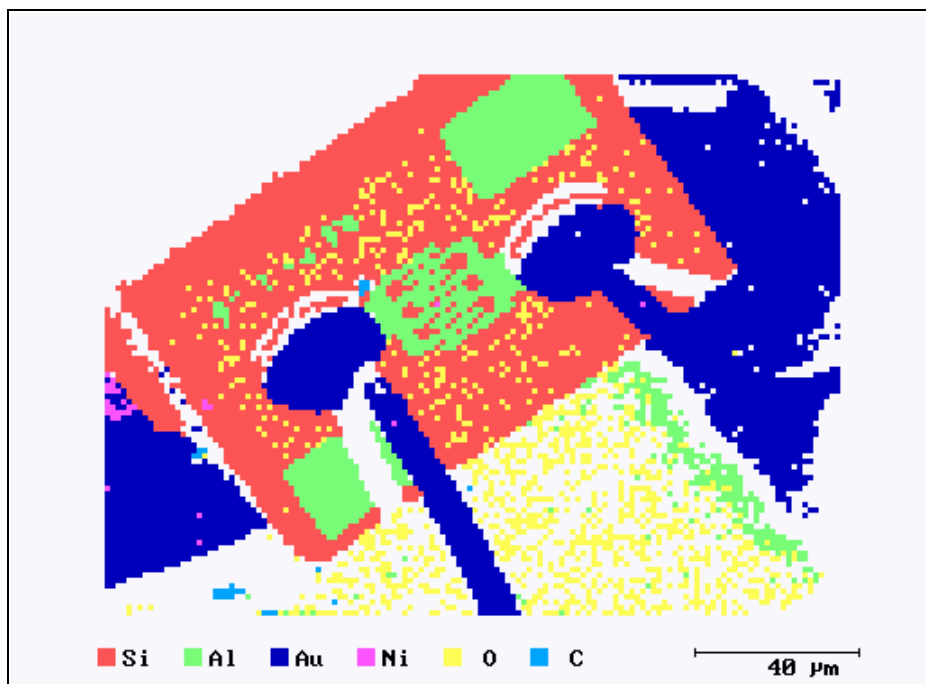
Eine Binarisierung des QMap-Bildes (jedes Element mit frei wählbaren Konzentrationsbereichen) gestattet vielfältige Varianten der Auswertung und Ergebnispräsentation.



Zwei Arten der Ergebnispräsentation



Verteilung von Aluminium nach einer Binarisierung in das SE-Bild eingeblendet



Überlagerung der Binär-Elementverteilungen (jedes Element eine Farbe)