

## **Element Imaging mit dem MultiMax**

Frank Eggert, RÖNTEC GmbH,  
D-12489 Berlin, Schwarzschildstraße 12

**Die Signalstärke beim Element Mapping**  
**Ein neuartiger Detektor für Röntgenstrahlung**  
**Das MultiMax-System**  
**Ultraschnelles Mapping / Elementbilder**  
**Applikationsbeispiele**  
**Zusammenfassung**

**Das Zeitalter des Element Imaging am Elektronenmikroskop hat begonnen.**

## Die Signalstärke beim Element Mapping

### Das Problem:

Warum erzeugen alle Signalquellen am Elektronenmikroskop (SE, BSE, Probenstrom, EBIC, ...) Bilder, nur nicht die Röntgenstrahlung, deren Bilder mit MAP's umschrieben werden ?

- ◆ um mehrere Größenordnungen geringere laterale Auflösung  
⇒ *physikalisch begrenzt, bei kleiner Vergrößerung verschwindet der Nachteil*
- ◆ Detektoren, deren maximale Signalstärke verglichen mit Elektronendetektoren sehr schwach ist  
⇒ ***energiedispersive Röntgendetektoren sind 'Quantenzähler'***
  - Halbleiterdetektoren können nur eine begrenzte Röntgenquantenzahl verarbeiten (10.000 ... 50.000 Quanten pro Sekunde maximal)
  - Für ein Elementbild werden nur ein Teil aller Röntgenquanten in einem schmalen Energiefenster genutzt (elementcharakteristische Strahlung)

---

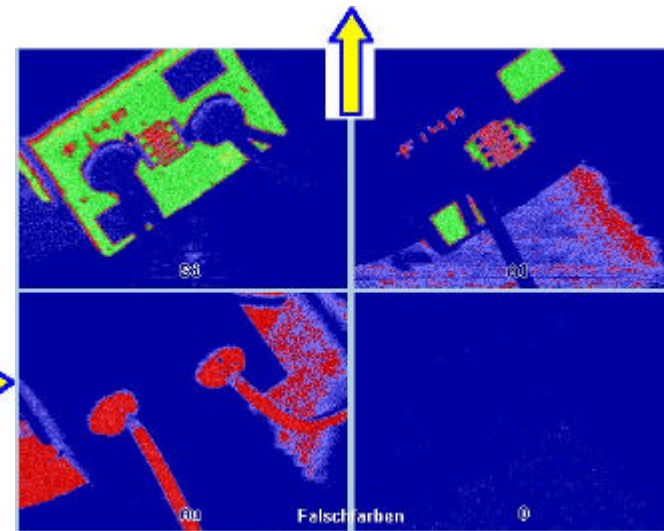
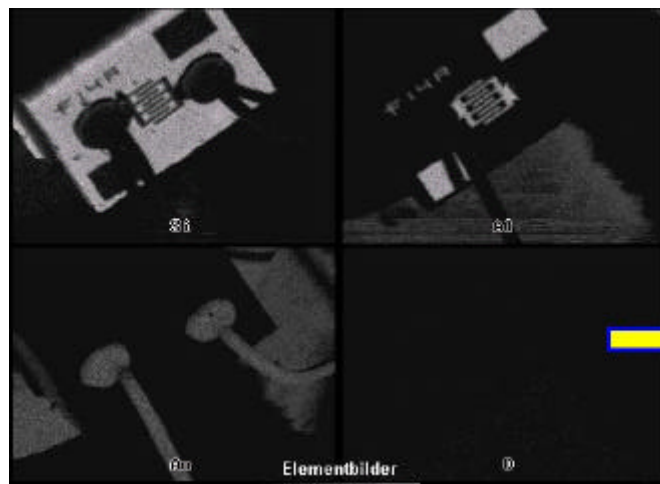
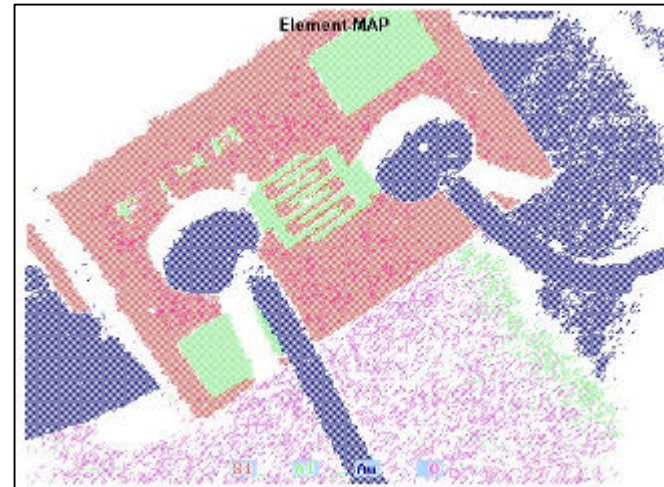
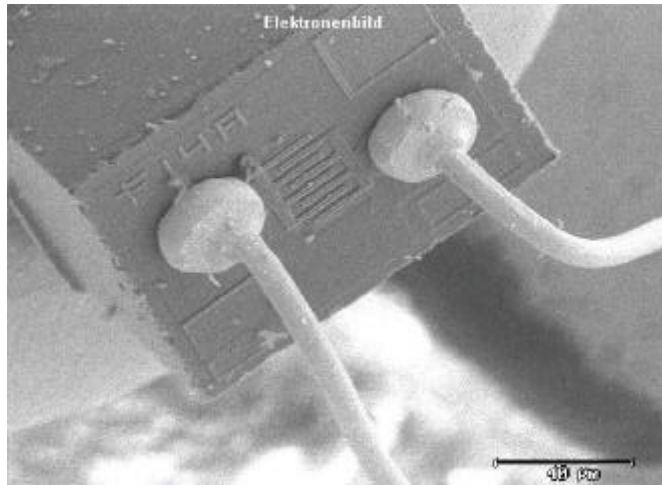
**Beispiel:** Bild mit 250 x 200 Bildpunkten  
⇒ **6 ms/Bildpunkt** bei **5 Minuten** Bildaufnahme

### konventionelles EDX-System:

bei 20.000 Impulse/Sekunde, typisch z.B. 2.000 Impulse/ Sekunde im Nutzsignal  
für ein Element:

⇒ 12 Impulse/Bildpunkt                      ⇒ 12 Graustufen                      ⇒ Statistik von ca. 30% ( $1\sigma$ )  
⇒ ***stark verraushtes Bild, signalschwach (dunkel)***

## Die Signalstärke beim Element Mapping

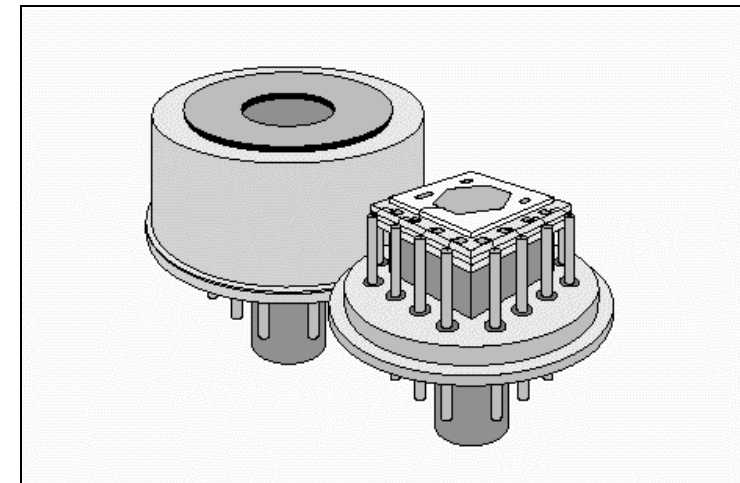
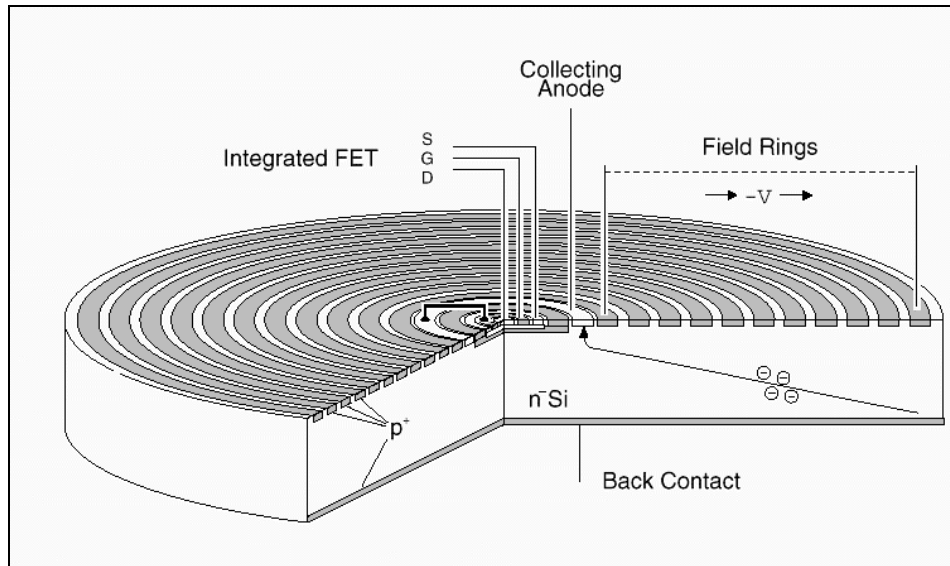


**sehr lange  
Meßzeiten**

Map mit 250 x 186  
Bildpunkten,  
ca. **90 Minuten**  
Bildaufnahme

## Ein neuartiger Detektor für Röntgenstrahlung

© KETEK GmbH  
[www.ketek-gmbh.de](http://www.ketek-gmbh.de)



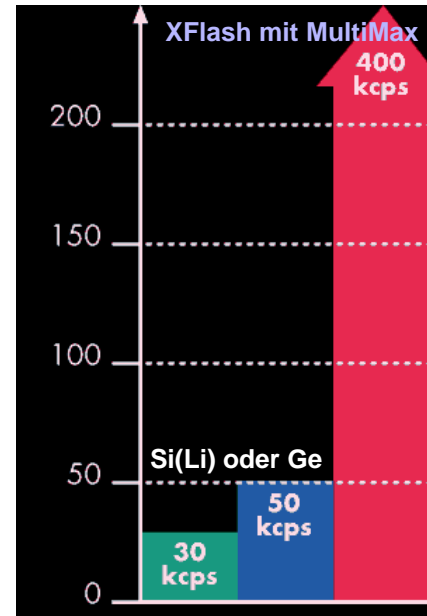
### Das Problem:

- größere Impulsverarbeitung pro Zeiteinheit  
-> kürzere Impulsformung
- kurze Formungszeiten  
-> kleinere Detektor-Kapazität notwendig  
(empfindliche Fläche aber nicht kleiner)

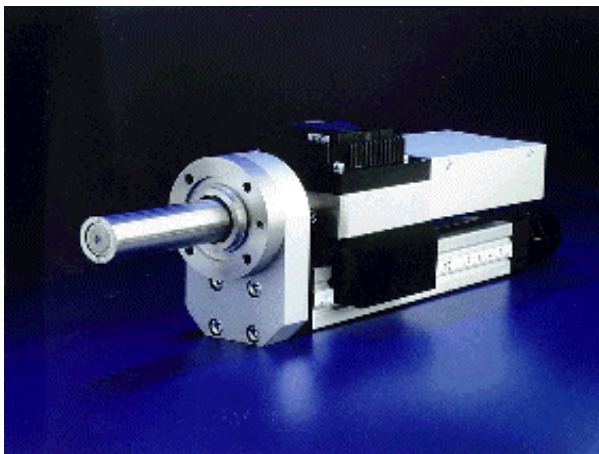
### Die Lösung:

- Si-Driftdioden (**RÖNTEC<sup>®</sup> XFlash**)  
-> große Fläche, kleine effektive Kapazität (Punktanode)

## Das MultiMax-System



Vergleich  
konventioneller Detektor  
-digitaler Prozessor  
-XFlash® mit MultiMax



**XFlash®** Detektor +  
**MultiMax** Elektronik für extrem schnelle Impulsverarbeitung

- ◆ Maximale Impulsverarbeitung: **400.000 cps**
- ◆ Totzeit bei ca. **250.000 cps**: nur ca. **30 %** !

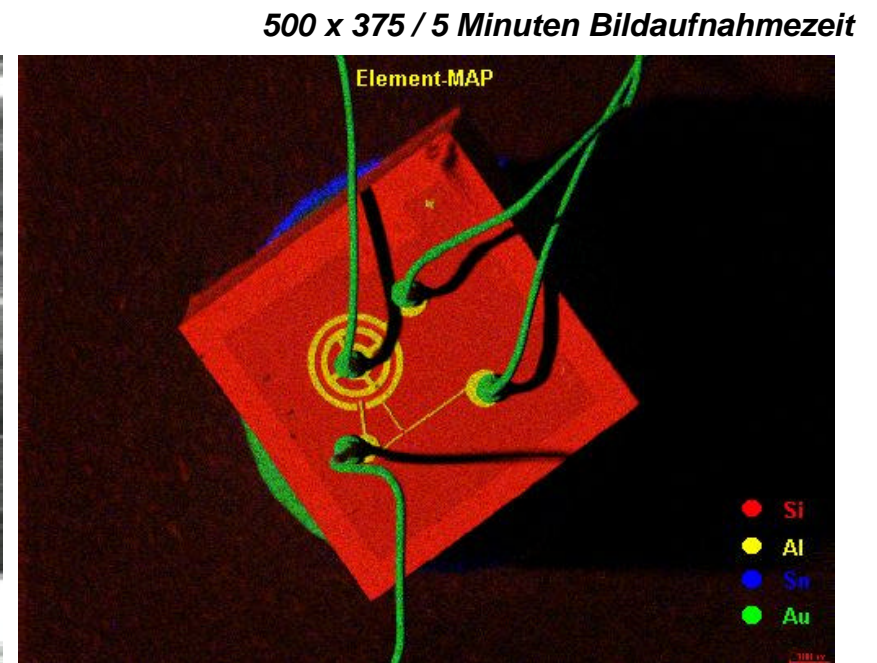
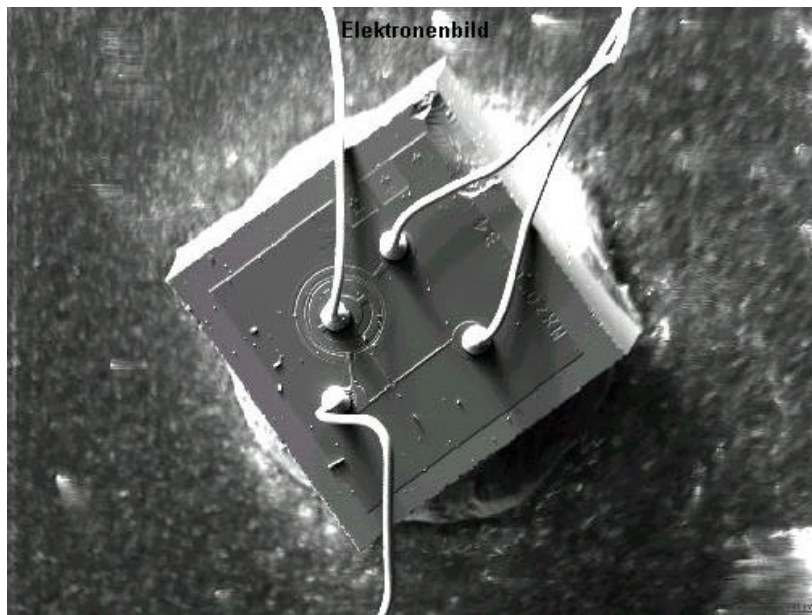
## Ultraschnelles Mapping / Elementbilder

**Beispiel:** Bild mit 250 x 200 Bildpunkten  
⇒ 6 ms/Bildpunkt bei 5 Minuten Bildaufnahme

### MultiMax mit XFlash<sup>®</sup> Detektor:

bei 400.000 Impulse/Sekunde, typisch z.B. 40.000 Impulse/ Sekunde im Nutzsignal für ein Element:

⇒ 240 Impulse/Bildpunkt ⇒ 240 Graustufen ⇒ Statistik von ca. 6% ( $1\sigma$ )  
⇒ **Bilder in der Nähe der Rauschfreiheit** (Auge ca. 2% Graustufenauflösung)  
**helle, deutliche Bilder**

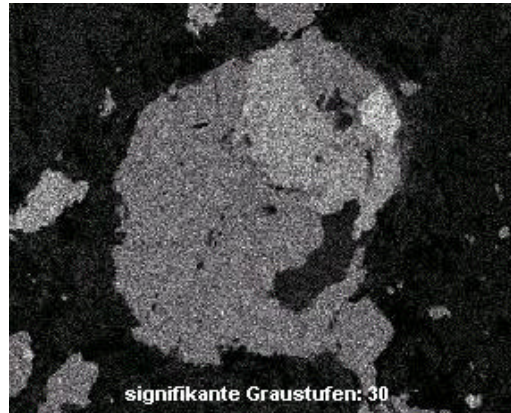
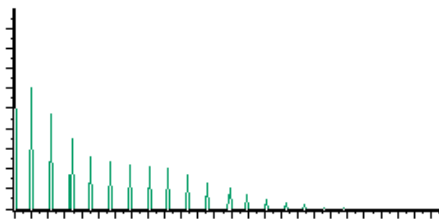


## Ultraschnelles Mapping / Elementbilder

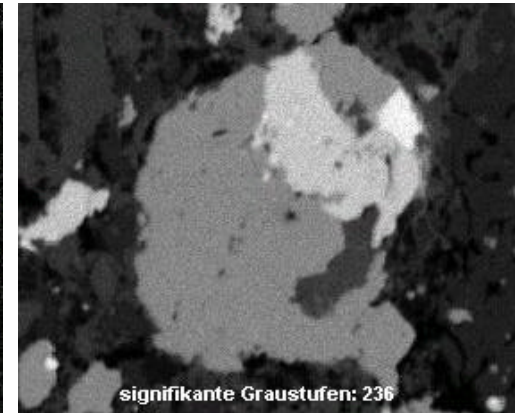
Fe-Elementverteilung (5 Minuten Bildaufnahme)



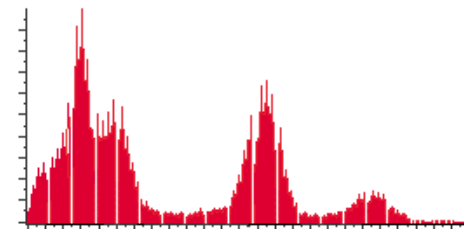
konventionelles EDX  
30 kcps



digitaler Prozessor  
50 kcps

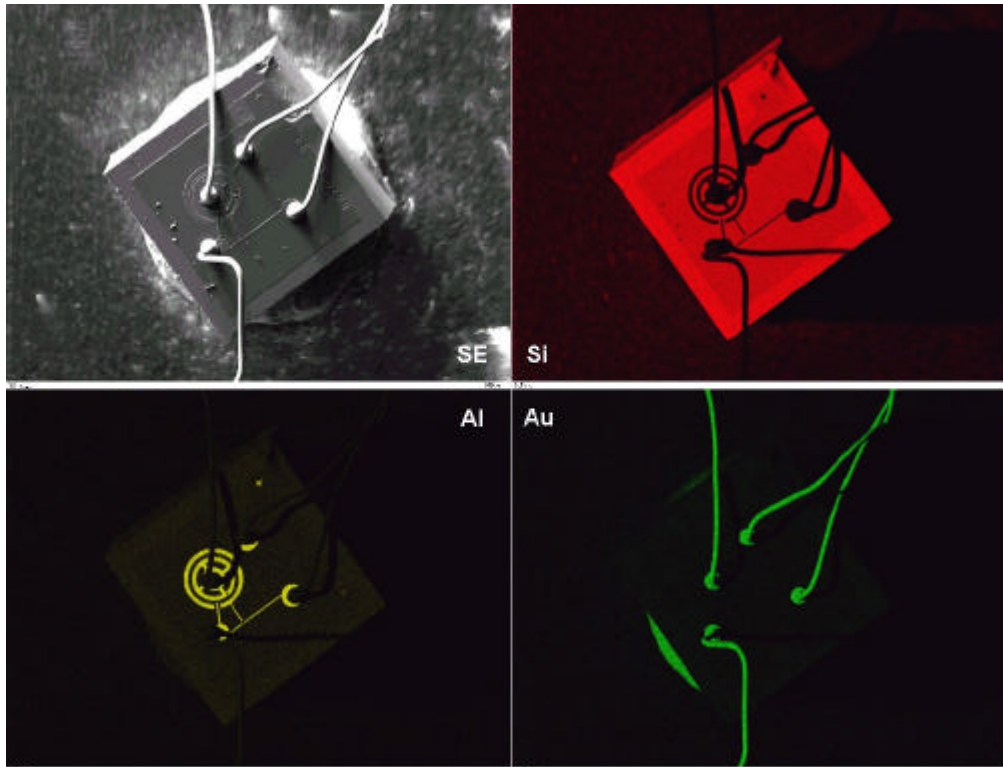


MultiMax  
400 kcps



Es sind vier Eisenphasen  
deutlich unterscheidbar!

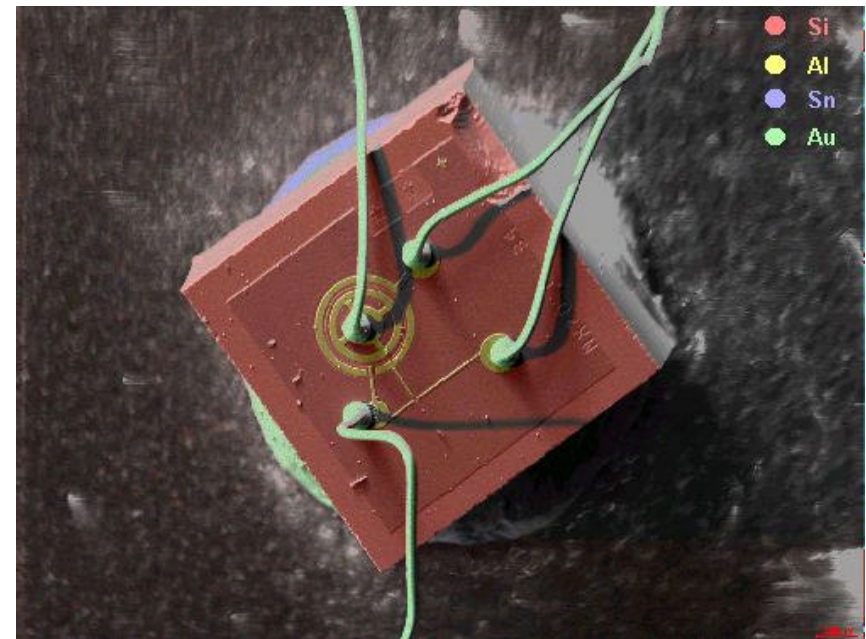
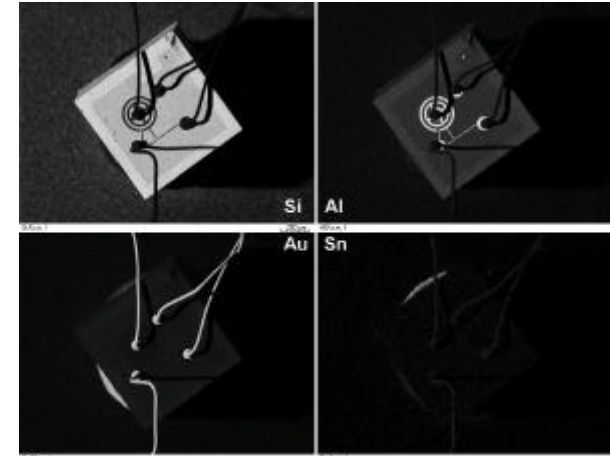
## Ultraschnelles Mapping / Elementbilder



hochaufgelöste Elementbilder (farbig)

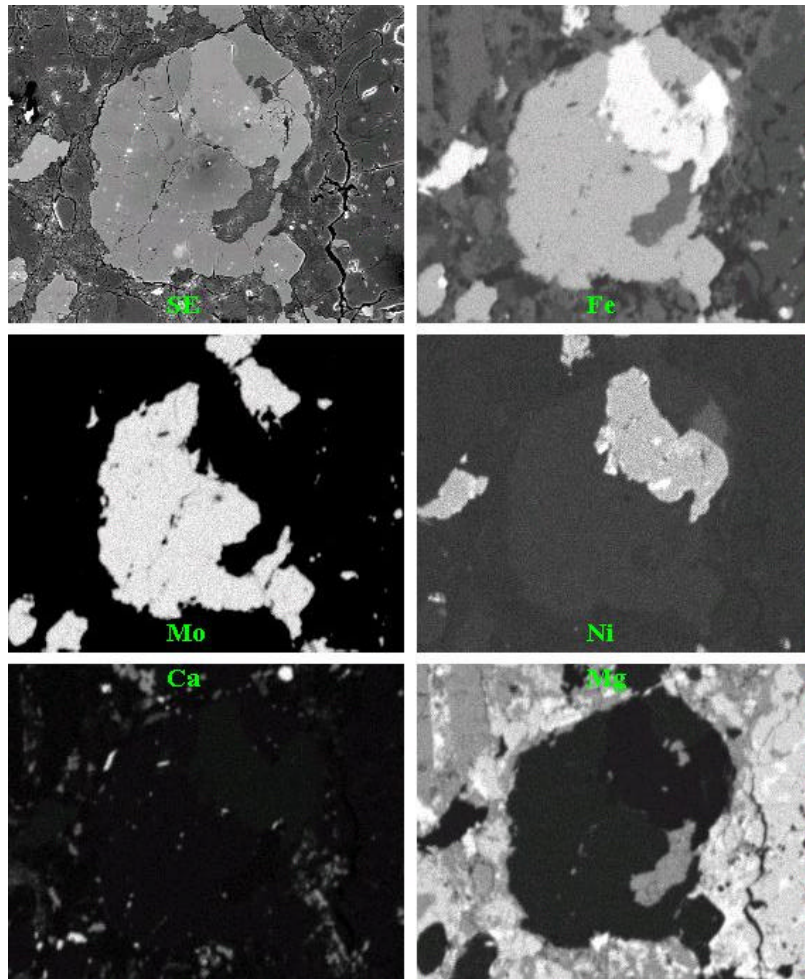
Mischbild  
-> farbiges SE-Bild

Elementbilder (5 Minuten)

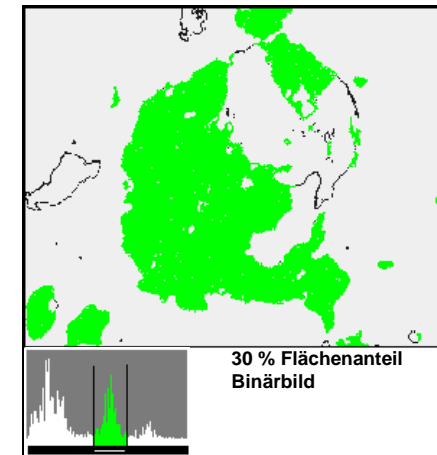


## Applikationsbeispiele

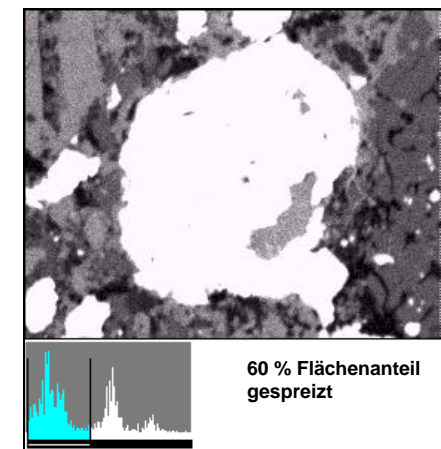
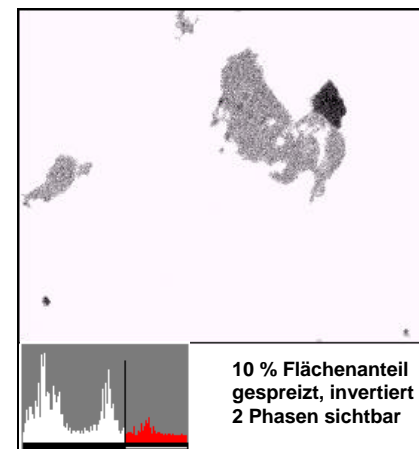
Materialanalyse bei variabler Elementzusammensetzung:



Gesteinsschliff

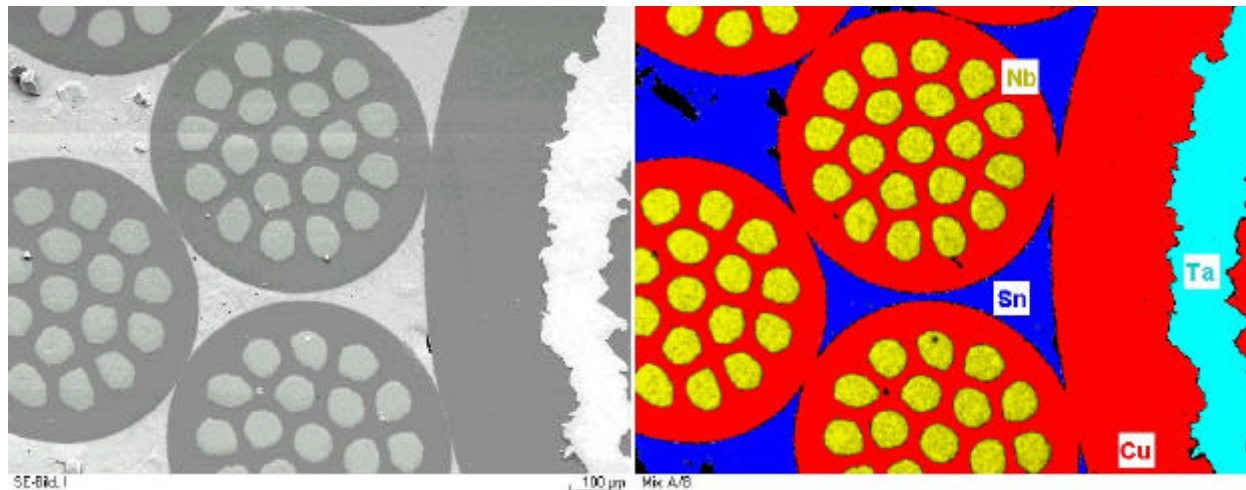


Das Eisen-Bild, mit dem XFlash aufgenommen (ca. 5 Minuten) zeigt 4 Konzentrationshäufungen. Die übliche Bildauswertung ist durchführbar und auf Grund der vorliegenden Datentiefe auch angemessen.



## Applikationsbeispiele

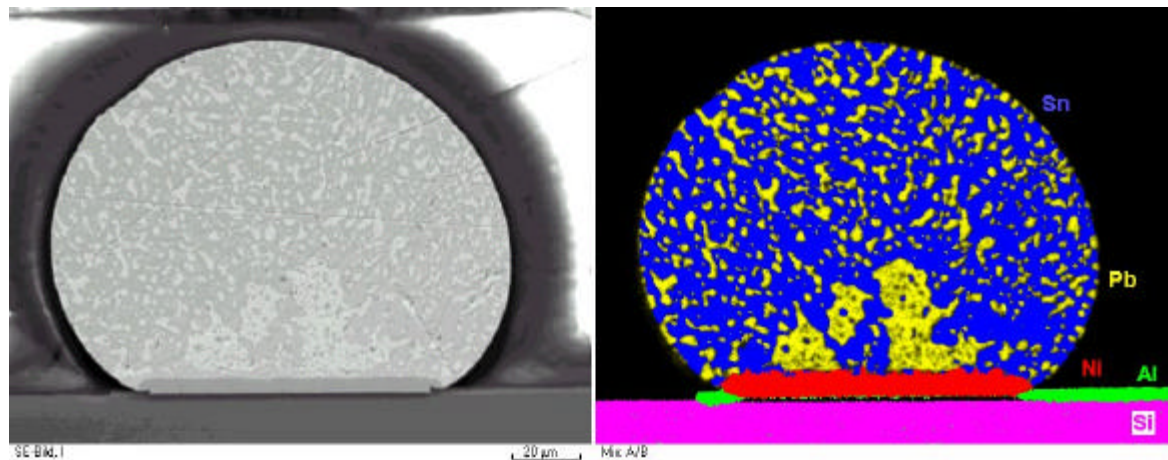
Materialanalyse bei variabler Elementzusammensetzung:



*Schliff am Lot*  
(BAM Dr. Procop)

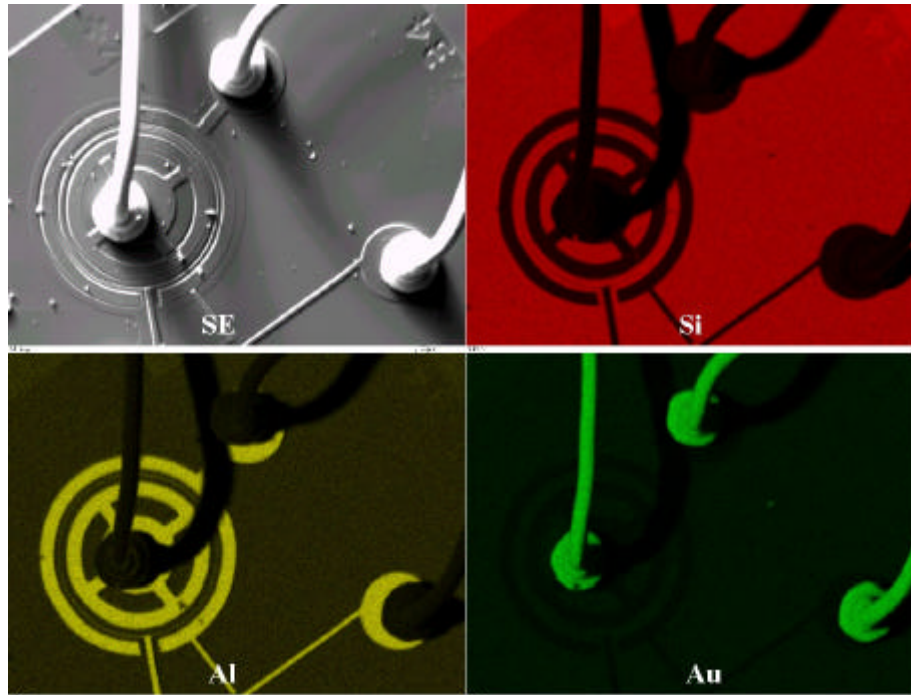
*Supraleiter*  
(BAM Dr. Procop)

superschnelles Mapping  
Bildaufnahme ca. 5 Minuten

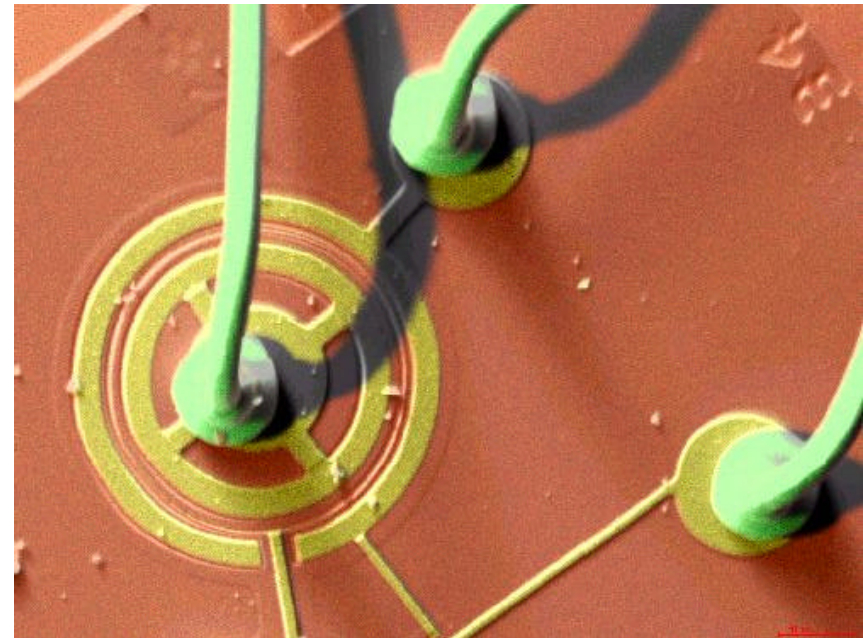
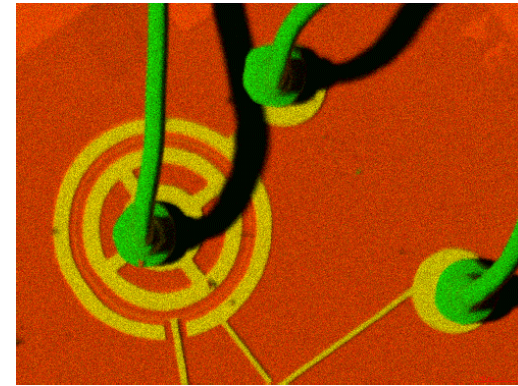


## Applikationsbeispiele

Visualisierung von Mikrostrukturen:

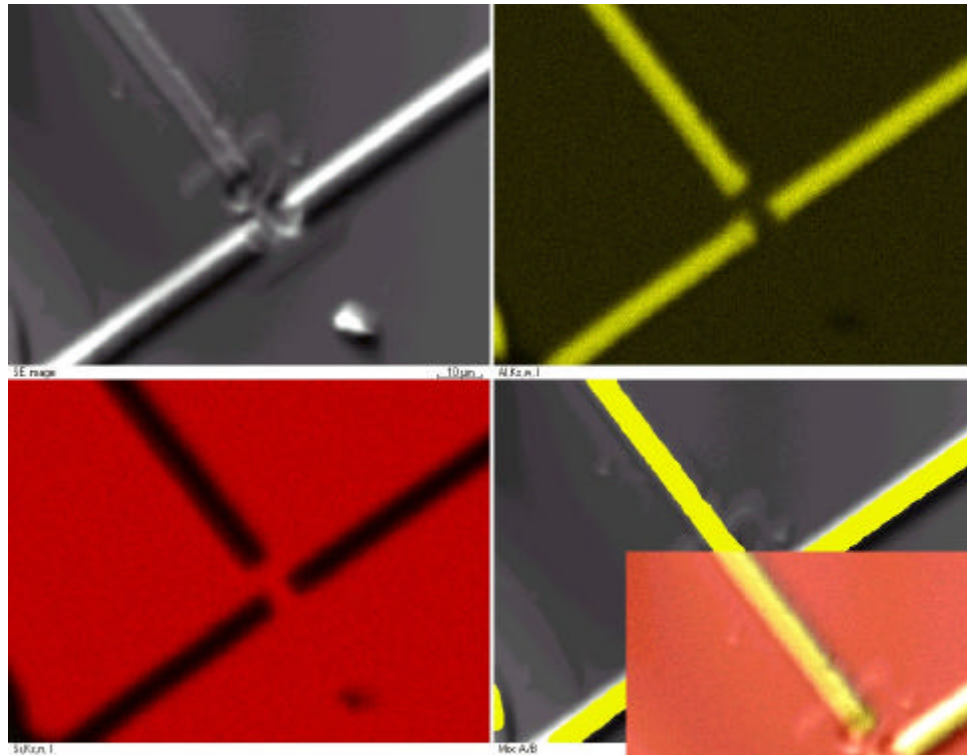


Transistor

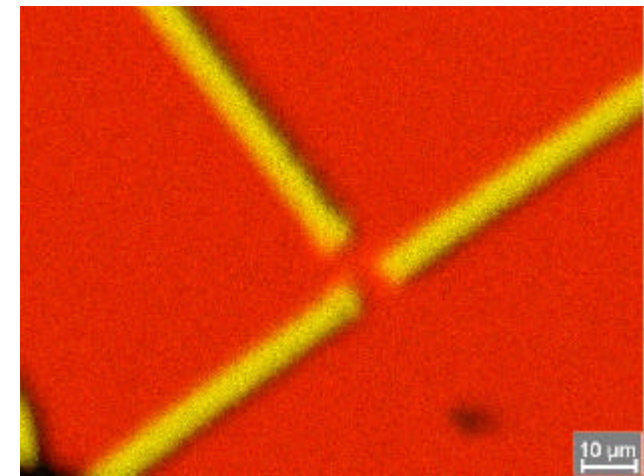
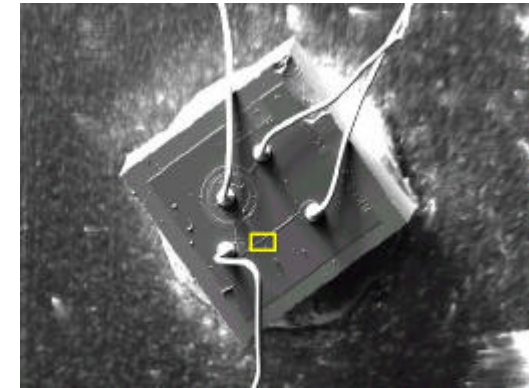


## Applikationsbeispiele

Visualisierung von Mikrostrukturen:



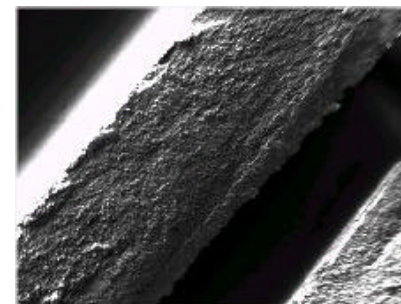
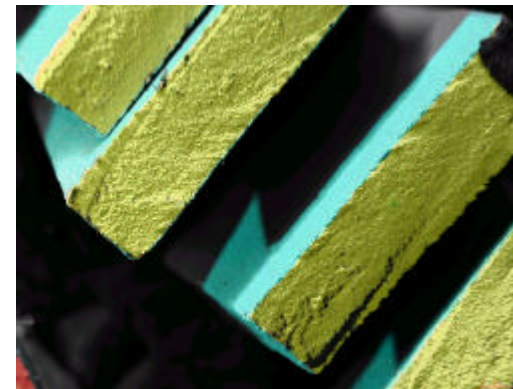
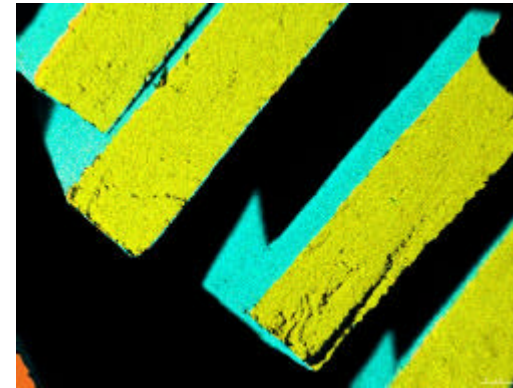
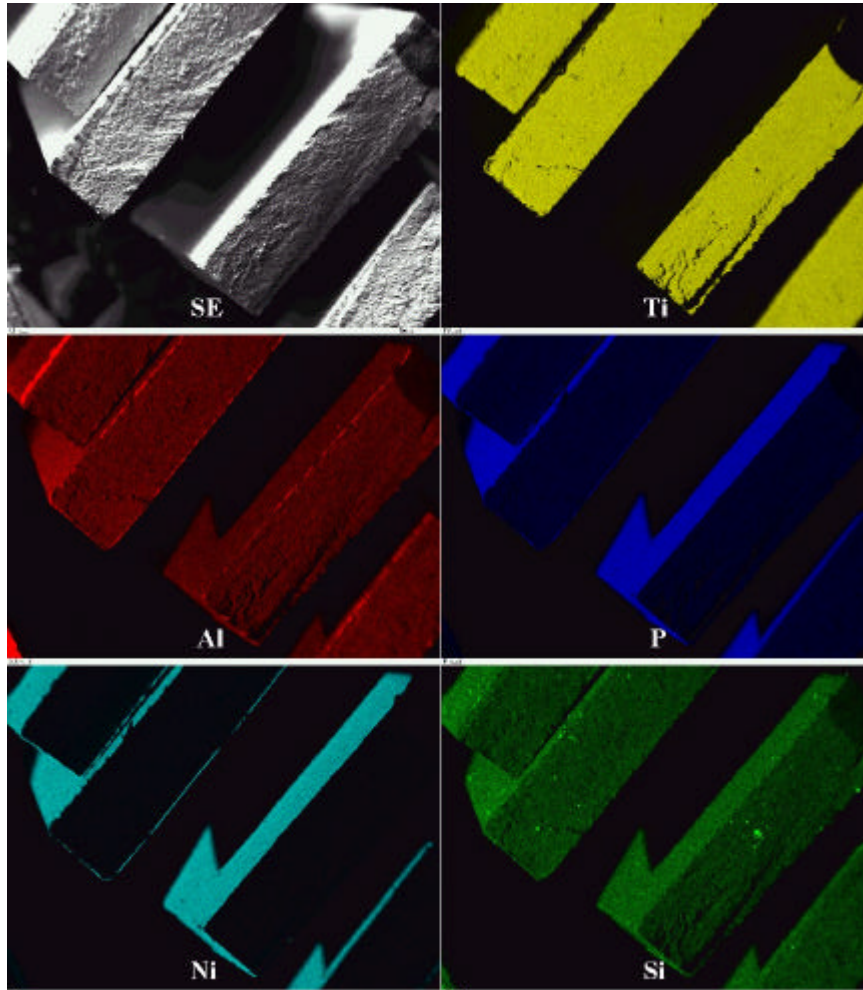
Leiterbahn auf einem Chip



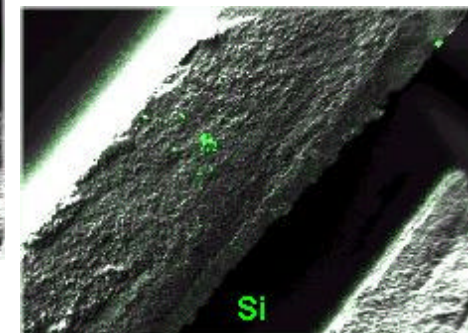
... an der Grenze der Röntgenbildauflösung

## Applikationsbeispiele

Schadens- und Qualitätskontrolle:

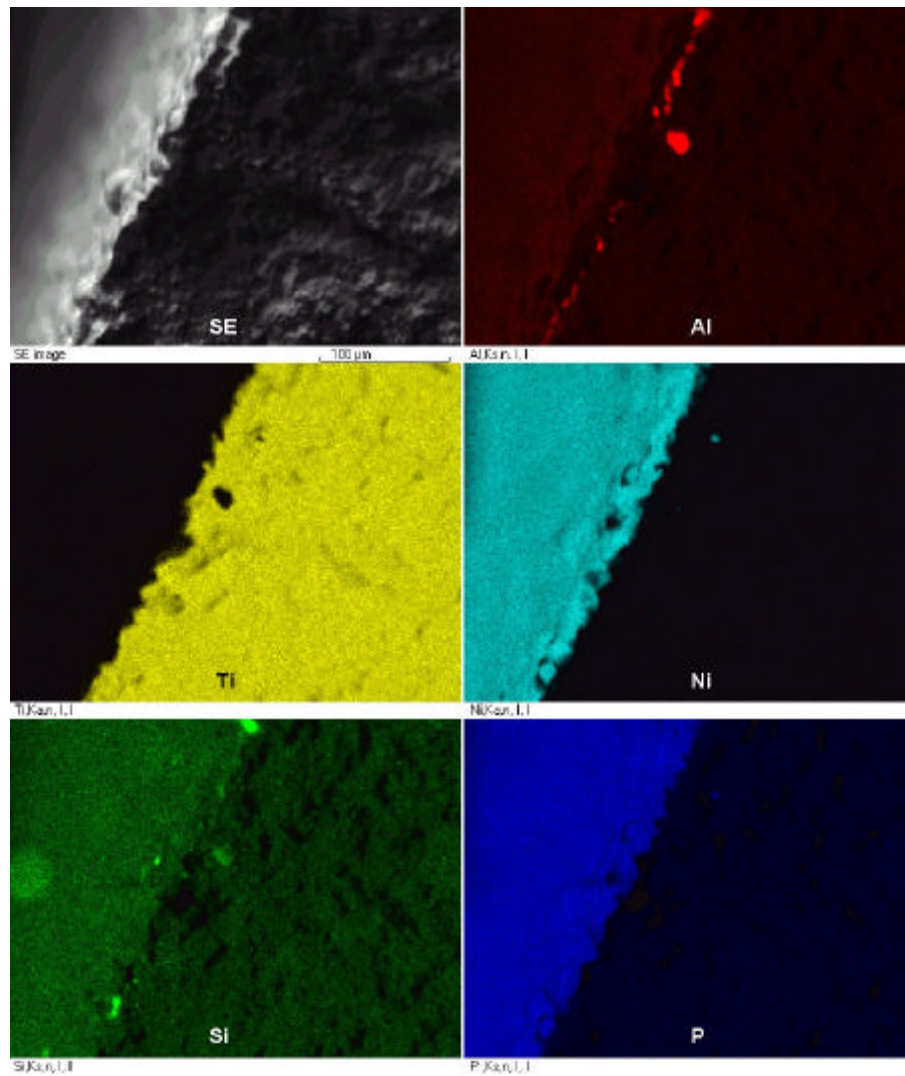


Turbinenschaufeln

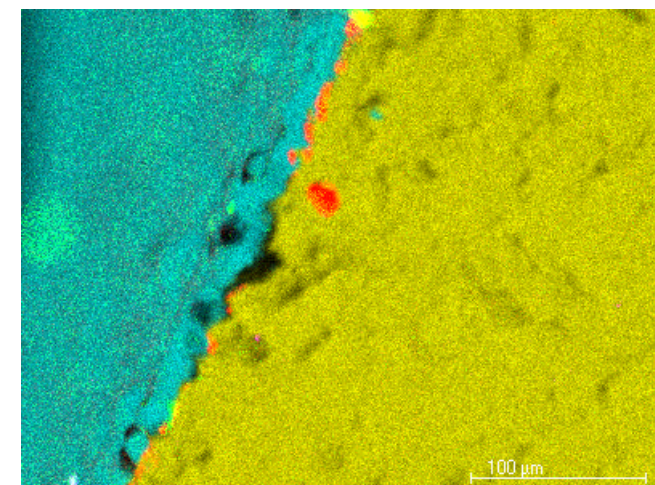
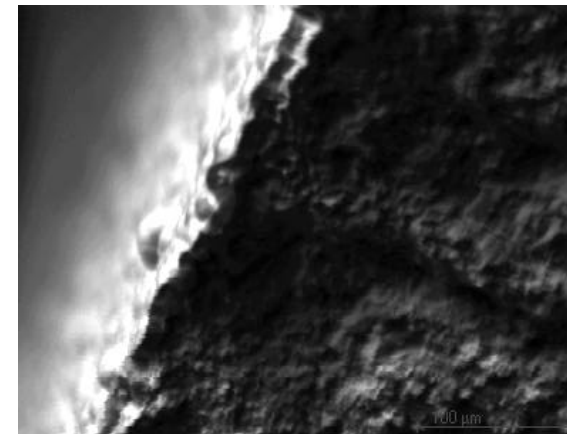


## Applikationsbeispiele

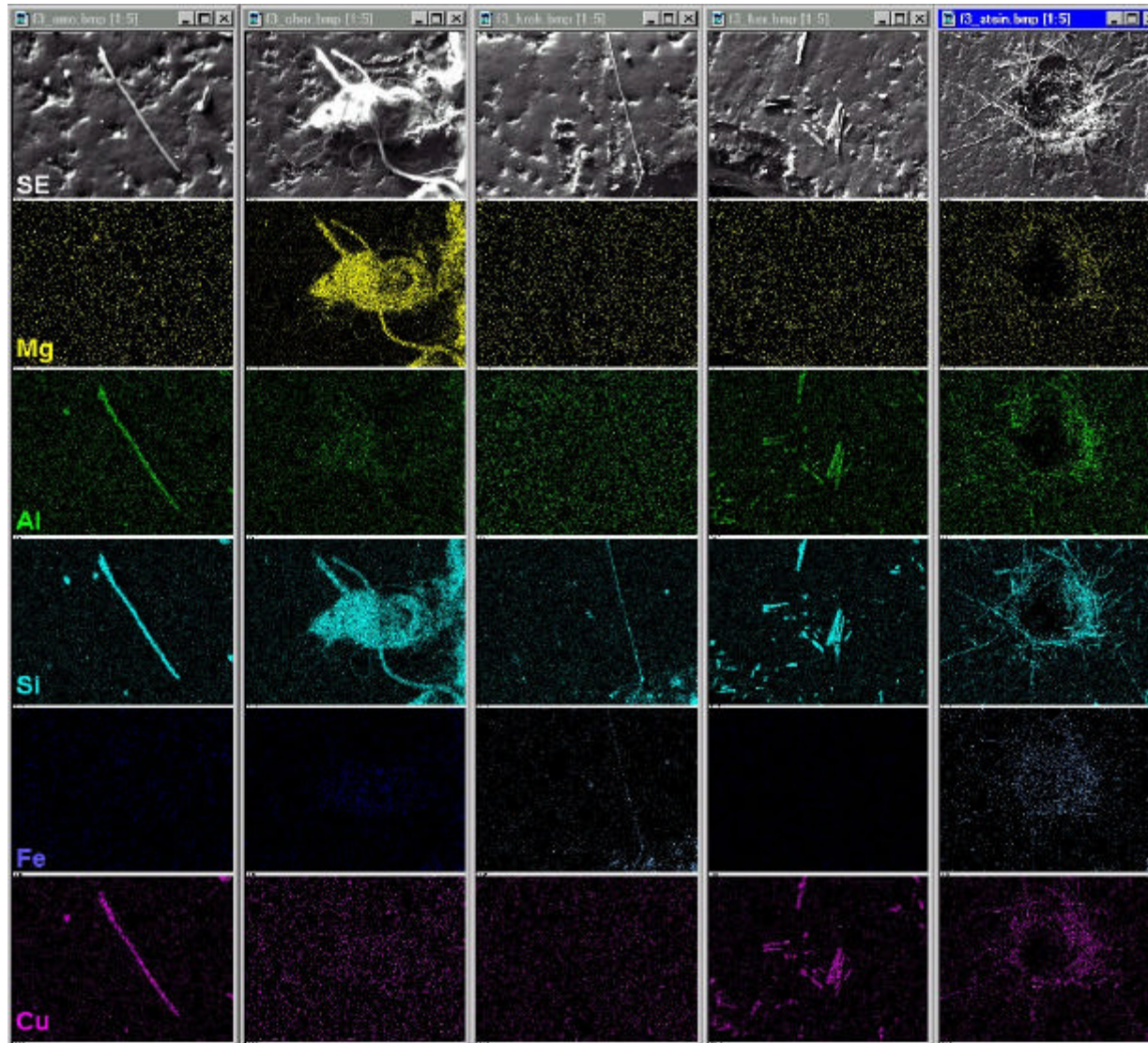
Schadens- und Qualitätskontrolle:



beschichtete Turbinenschaufeln



## Applikationsbeispiele



Asbestfasern?

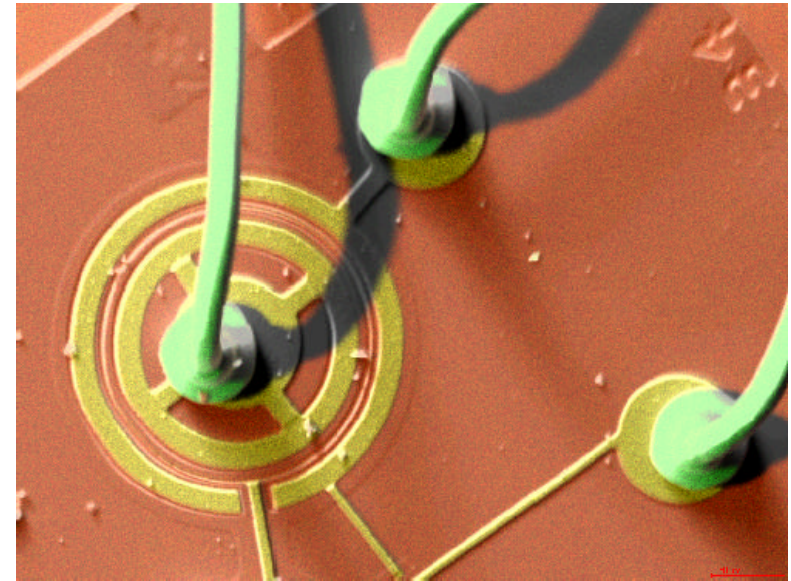
Identifizierung von  
Fasern und Partikeln

Pixelzahl 1024 x 768 für jedes  
Elementbild

Meßzeit ca. 150 s !  
(ein Bilddurchlauf)

## Element Imaging am Elektronenmikroskop

Die Signalstärke beim Element Mapping  
Ein neuartiger Detektor für Röntgenstrahlung  
Das MultiMax-System  
Ultraschnelles Mapping / Elementbilder  
Applikationsbeispiele  
**Zusammenfassung**



**Das Zeitalter des Element Imaging am Elektronenmikroskop hat begonnen.**



© Frank Eggert

<http://www.mikroanalytik.de/>