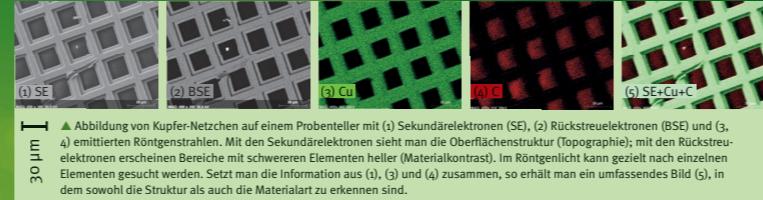
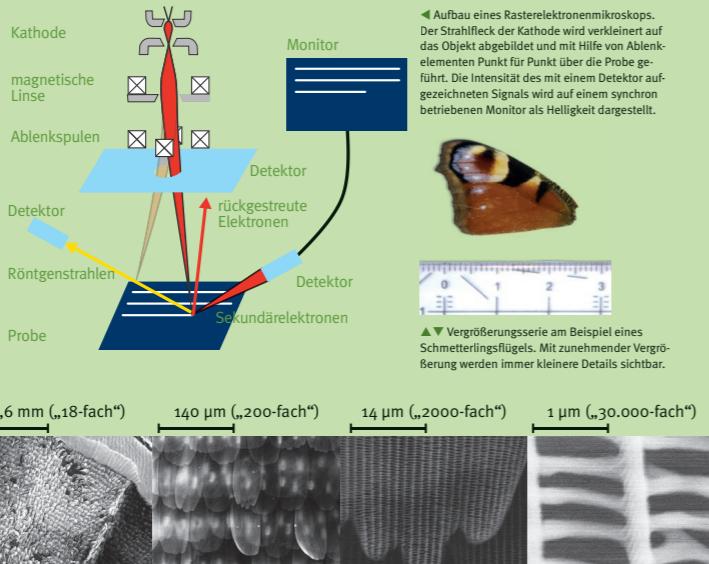


Strukturen mit Elektronen sehen

Rasterelektronenmikroskopie

Mit konventionellen Lichtmikroskopen können Strukturen einer Größe bis hinab zu 200 nm (0,0002 mm) abgebildet werden. Für die Abbildung noch kleinerer Strukturen werden oft Elektronenmikroskope eingesetzt. Ihre Funktion beruht auf der Entdeckung von Johann Wilhelm Hittorf, Professor für Physik und Chemie an der damaligen Akademie Münster, dass Kathodenstrahlen, also Elektronen, im Magnetfeld abgelenkt werden.

Neben konventionellen Transmissionselektronenmikroskopen werden in Forschung und Industrie häufig Rasterelektronenmikroskope verwendet, die einen leicht verständlichen, plastischen Bildeindruck liefern. Zudem können sie sehr kompakt gebaut und einfach bedient werden (siehe Exponat).

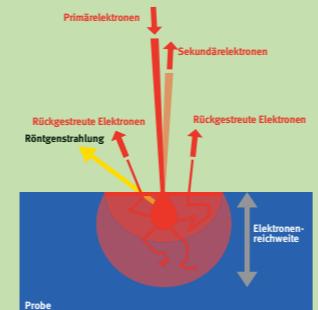


▲ Abbildung von Kupfer-Netzchen auf einem Probenstiel mit (1) Sekundärelektronen (SE), (2) Rückstreu-Elektronen (BSE) und (3, 4) emittierten Röntgenstrahlen. Mit den Sekundärelektronen sieht man die Oberflächenstruktur (Topographie); mit den Rückstreu-Elektronen erscheinen Bereiche mit schwereren Elementen heller (Materialkontrast). Im Röntgenlicht kann gezielt nach einzelnen Elementen gesucht werden. Setzt man die Information aus (1), (3) und (4) zusammen, so erhält man ein umfassendes Bild (5), in dem sowohl die Struktur als auch die Materialart zu erkennen sind.

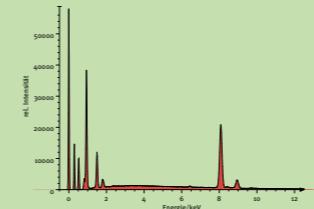
Mit verschiedenen Detektoren können zahlreiche Signale zur Bildzeugung verwendet werden. Die wichtigsten sind

- Die Intensität der Sekundärelektronen ist stark von der Einfallsrichtung auf die Probe abhängig. Daher kann man mit Sekundärelektronen gut die lokale Struktur bzw. Topographie der Probe bestimmen.
- Das Signal der Rückstreu-Elektronen ist umso größer, je schwerer das beobachtete chemische Element ist. Dadurch entsteht ein Materialkontrast.
- Die energiedispersive Röntgenmikroanalyse nutzt die charakteristische Röntgenstrahlung eines Elements für die Abbildung, sodass die Verteilung der Elemente in der Probe dargestellt werden kann.

► Röntgenspektrum der Probe mit dem Kupfergitter. Bei welchen Energien die Probe Röntgenstrahlung aussendet, wenn sie mit Elektronen beschossen wird, ist vom Material abhängig. Bei 8 keV ist beispielsweise die Emissionslinie von Kupfer gut zu sehen.

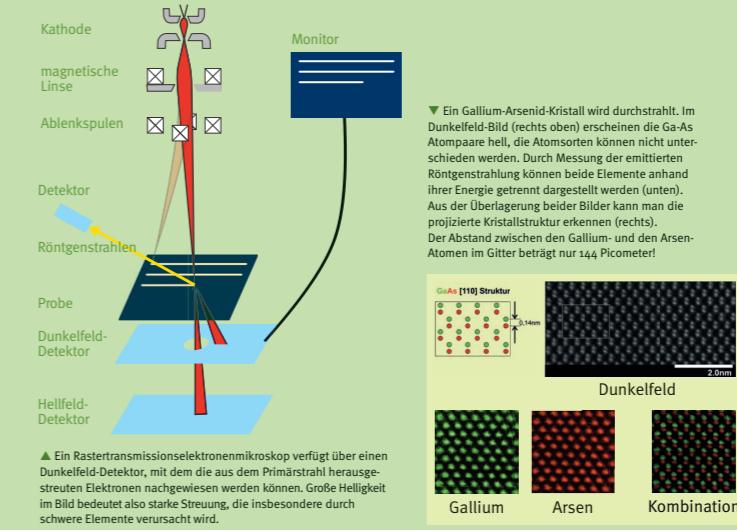


▲ Streuung der einfallenden Elektronen (Primärstrahl) in der Probe und Entstehungsbereich der verschiedenen Signale. Sekundärelektronen (SE) entstehen nur in einer dünnen Schicht an der Oberfläche, während Rückstreu-Elektronen (BSE), ebenso wie die erzeugten Röntgenstrahlen, auch aus tiefen Schichten stammen können.



In dicken Proben werden die einfallenden Elektronen vielfach gestreut, sodass sich eine Streubirne ausbildet, deren Ausdehnung die Auflösung begrenzt.

Eine besonders hohe Auflösung erzielt man, wenn man sehr dünne Proben durchstrahlt. Auch dann werden beim Abrastern der Probe mehrere Signale gleichzeitig aufgezeichnet. Mit dieser Technik, die letztlich die Vorteile der Raster- und der Transmissionselektronenmikroskopie kombiniert und als Rastertransmissionselektronenmikroskopie bezeichnet wird, kann beispielsweise die Verteilung der Elemente in einer dünnen Folie so abgebildet werden, dass einzelne Atome zu erkennen sind.



▲ Ein Rastertransmissionselektronenmikroskop verfügt über einen Dunkelfeld-Detektor, mit dem die aus dem Primärstrahl herausgestreuten Elektronen nachgewiesen werden können. Große Helligkeit im Bild bedeutet also starke Streuung, die insbesondere durch schwere Elemente verursacht wird.

WWU
MÜNSTER

Westfälische Wilhelms-
Universität Münster
Physikalisches Institut

HITACHI
Inspire the Next
Hitachi High-Technologies
Europe GmbH, Krefeld

FH MÜNSTER
University of Applied Sciences
FB Physikalische Technik