

Was ist ein Raster-Elektronenmikroskop ?

Als **Rasterelektronenmikroskop** (REM) (englisch „Scanning Electron Microscope“ (SEM)) bezeichnet man ein Elektronenmikroskop, bei dem ein Elektronenstrahl über das vergrößert abzubildende Objekt geführt (gerastert) wird und Wechselwirkungen der Elektronen mit dem Objekt zur Erzeugung eines Bildes genutzt werden. Die mit einem Rasterelektronenmikroskop erzeugten Bilder sind Abbildungen der Objektoberflächen und weisen eine gegenüber dem Lichtmikroskop ca. tausendfach größere Schärfentiefe auf. Die maximale Vergrößerung liegt bei einigen 1.000.000x bei inzwischen ca. 0,1 Nanometer Auflösung (Helium-Ionen-Mikroskop). Das erste Rasterelektronenmikroskop für kompakte Proben wurde von u. a. von Zwoykin 1942 entwickelt, es besaß eine Auflösung von 50nm. 1965 folgte das erste kommerzielle Rasterelektronenmikroskop von Cambridge Scientific Instruments.



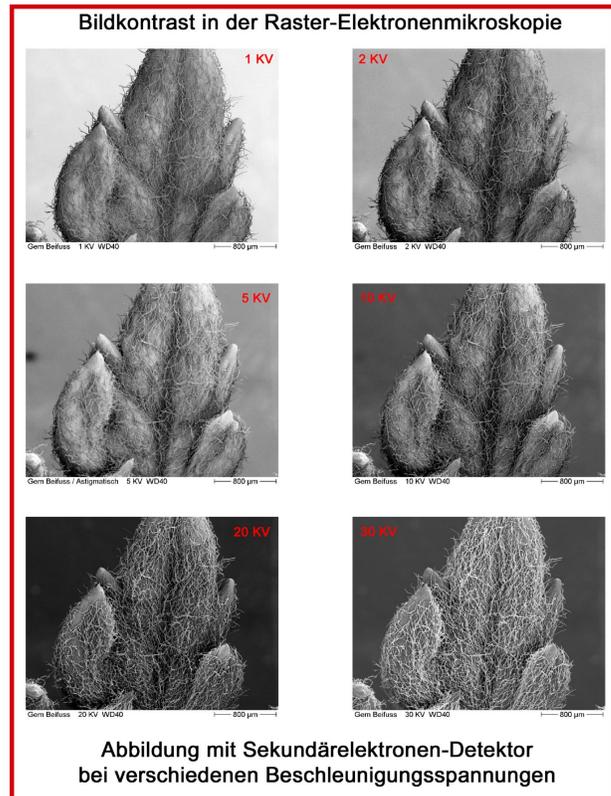
Elektronenstrahlerzeugung:

Der Elektronenstrahl wird meist (Ausnahme: Feldemission) aus einem haarnadel-förmig gebogenen Draht aus Wolfram oder einem Lanthanhexaborid-Kristall durch Erwärmen erzeugt (Glühkathode). Die Elektronen werden dann in einem elektrischen Feld mit einer Spannung von typischerweise 5 - 30 kV beschleunigt.

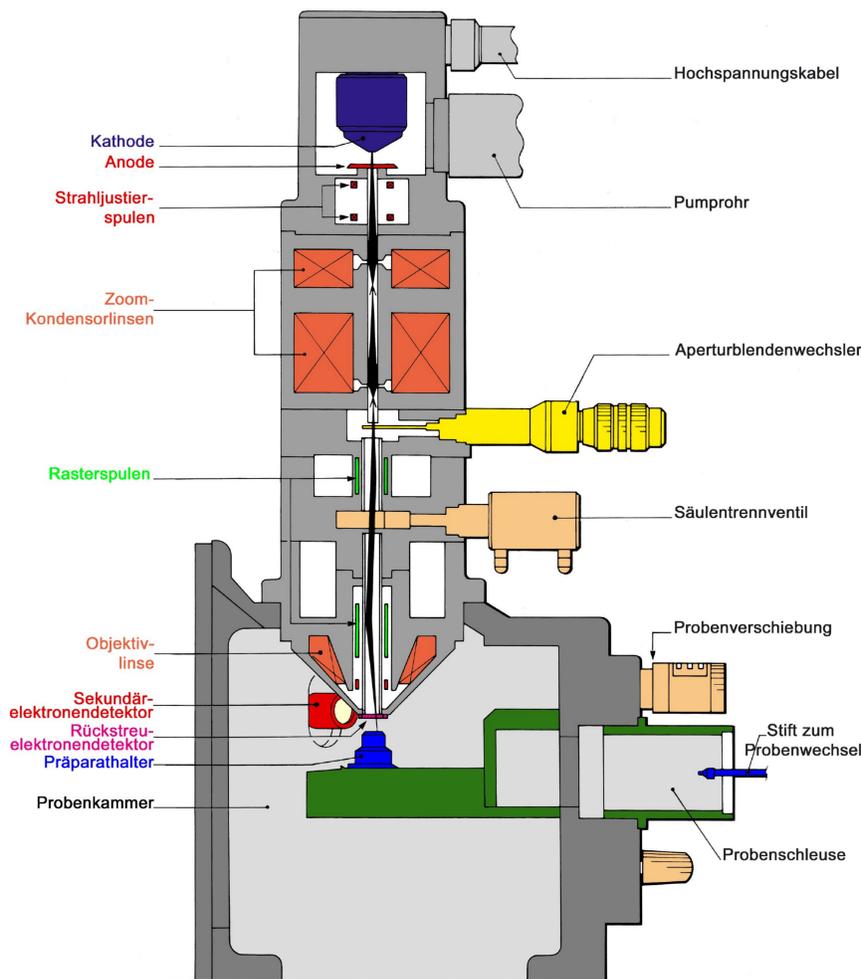
Sekundärelektronenkontrast:

Als meistgenutzte Informationsquelle dienen die von den Elektronen des Strahls (Primärelektronen) in Wechselwirkung mit den Atomen des zu untersuchendem Objekts erzeugten Sekundärelektronen (SE). Sie haben eine Energie von einigen eV und können von einem Everhart-Thornley-Detektor erfasst werden. Aufgrund ihrer niedrigen Energie stammen sie aus den obersten Nanometern der Oberfläche und bilden somit die Topografie des Objektes ab.

Flächen, die zum Detektor geneigt sind, erscheinen heller als Flächen, die vom Detektor abgewandt sind (Flächenneigungskontrast). Daneben gibt es weitere Kontrastmechanismen, wie Kantenkontrast, Aufladungskontrast, Abschattungskontrast, usw.



Rasterelektronenmikroskop JEOL 840 Schnitt durch die elektronenoptische Säule



Rasterprozess:

Das Rasterelektronenmikroskop basiert auf der Abrasterung der Objektoberfläche mittels eines feingebündelten Elektronenstrahls. Der komplette Vorgang findet normalerweise im Hochvakuum statt, um Wechselwirkungen mit Atomen und Molekülen in der Luft zu vermeiden.

Mit Hilfe von Magnetspulen wird der Elektronenstrahl auf einen Punkt auf dem Objekt fokussiert. Trifft der Elektronenstrahl auf das Objekt, sind verschiedene Wechselwirkungen möglich, deren Detektion Informationen über die Beschaffenheit des Objekts geben. Die Intensität des Signals wird ausgewertet.

Der Primärelektronenstrahl wird nun wie bei einem Fernseher zeilenweise über die Oberfläche des Objekts geführt (gerastert), während das Detektorsignal in Grauwertinformationen umgewandelt und synchron auf dem Bildschirm dargestellt wird. Sind



alle Zeilen des Bildes abgetastet, fängt das Rastern wieder am oberen Bildrand an und ein neues Bild wird erzeugt.

Die Vergrößerung ist nichts anderes als das Verhältnis zwischen abgerasterter Probenfläche und der Monitorgröße. Die Vergrößerung kann bei den meisten Geräten nahezu stufenlos eingestellt werden.

Rückstreuelektronenkontrast:

Ein weiteres häufig genutztes Abbildungsverfahren ist die Detektion von zurückgestreuten Elektronen (engl. Backscattered Electrons (BSE)). Diese vom Objekt reflektierten Primärelektronen haben eine typische Energie von einigen keV. Die Intensität des Signals ist in erster Linie von der mittleren Ordnungszahl des Materials abhängig. Schwere Elemente sorgen für eine starke Rückstreuung, so dass entsprechende Bereiche hell erscheinen. Bereiche mit leichteren Elementen erscheinen hingegen dunkler. Das BSE-Bild wird daher auch als Materialkontrastbild bezeichnet und ermöglicht Rückschlüsse auf die chemische Natur des Objektmaterials.

Wie kommt die Farbe in das Bild?

Elektronen haben ja keine Farbe, deswegen sind die wissenschaftlich korrekten REM-Bilder immer nur schwarzweiß.

Die Farbgebung wird in den Ausstellungsbildern durch zwei bis drei das Objekt gleichzeitig „sehenden“ SE - / BSE - Detektoren erreicht. Jeder Detektor kanal erhält direkt während der Aufnahme oder auch später eine Farbe „zugewiesen“; wo sich Detektorsignale überschneiden, entstehen entsprechende Mischfarben. Man kann sich auch vorstellen, daß das Objekt aus der jeweiligen Detektorrichtung mit „farbigem Licht beleuchtet“ wird, die Mischfarben entstehen dann durch die Überschneidung der Lichtkegel, zum Beispiel:

