

Das Rasterelektronenmikroskop (REM)

Mit dem Rasterelektronenmikroskop ist es möglich eine Oberfläche mittels eines Elektronenstrahls, der sehr fein gebündelt wird, abzutasten. Im Gegensatz zur Vergrößerung eines Lichtmikroskops (maximal ca. 1000fach) kann mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskops eine Vergrößerung bis zu 100000 erreicht werden. Mit modernen REMs sind Bildpunkte mit einem Abstand von 1 nm noch unterscheidbar (zum Vergleich: der Durchmesser eines Atoms beträgt etwa 0,1 nm)

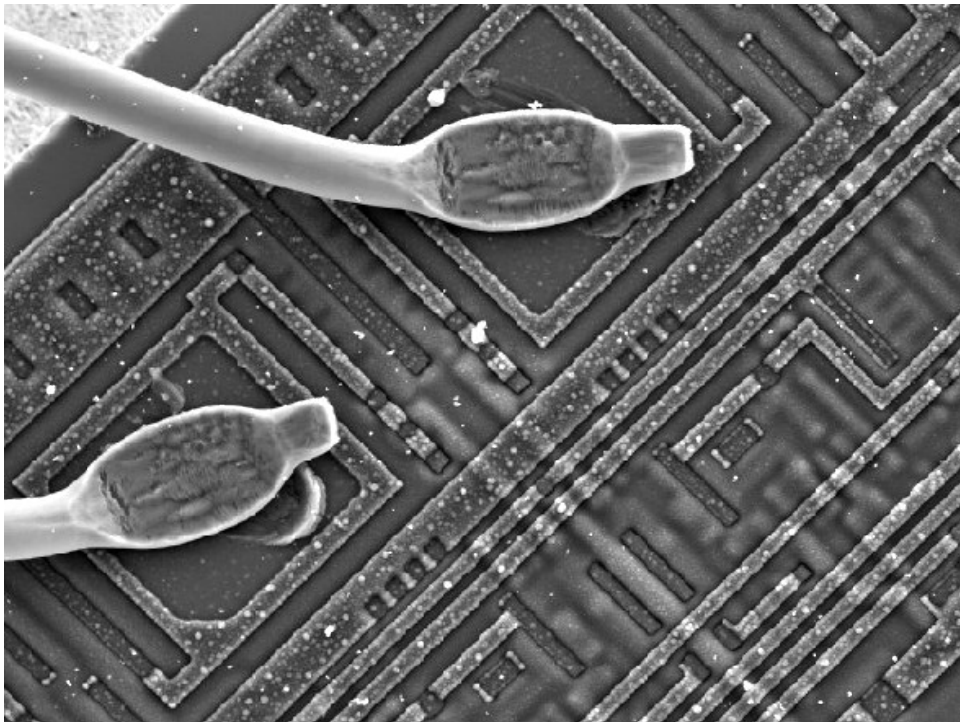


Abbildung 1: Mikrochip (50µm x 50µm)

Geschichte

1. 1931: M. KNOLL und E. RUSKA bauen das erste Elektronenmikroskop
2. 1933 baute Ernst Ruska ein zweites Elektronenmikroskop, das die lichtmikroskopischen Abbildungsmaßstäbe mit einem Auflösungsvermögen von 50nm bei weitem übertraf.
3. 1937 versuchte Manfred von Ardenne eine Probenoberfläche von einem Elektronenstrahl abtasten zu lassen und die dabei entstehenden Sekundärelektronen dazu zu benutzen, auf einer

Kathodenstrahlröhre ein vergrößertes Bild des abgerasterten Probenbereichs erscheinen zu lassen

4. 1938 wurde von Siemens das erste serienmäßige Elektronenmikroskop produziert. Dieses Rasterelektronenmikroskop wurde von E. Ruska und B. von Borries entwickelt. Ernst Ruska bekam 1986 den Physik-Nobelpreis.

Aufbau des REM

Das Rasterelektronenmikroskop ist wie folgt aufgebaut:

- Strahlerzeugungssystem, bestehend aus einer Wolfram-Glühkathode, aus der Elektronen geschleudert werden, einem Steuerzylinder (Wehnelt-Zylinder) und einer Anode, welche die Elektronen beschleunigt.
- XY-Ablenksystem zur Erzeugung eines Zeilenrasters
- Linsensystem, bestehend aus zwei Kondensorlinsen und einer Endlinse die der feinen Bündelung des primären Elektronenstrahls dienen
- Sekundärelektronendetektor, der die Sekundärelektronen registriert, die beim Auftreffen des Elektronenstrahls auf die Probe aus der Probe herausgeschleudert werden. Außerdem gibt es noch weitere Detektoren: Rückstreuielektronendetektoren registrieren Rückstreuielektronen, EDX-Detektoren registrieren Röntgenstrahlen. Je nach Fragestellung werden die verschiedenen Detektoren verwendet.
- Elektronische Signalverarbeitung, welche die Helligkeit des korrespondierenden Leuchtpunktes auf dem Monitorschirm steuert. Die Information für die Steuerung erhält sie vom Sekundärelektronendetektor. Die Signale vom Sekundärelektronendetektor werden hier verstärkt.
- Rastergenerator, welcher das XY-Ablenksystem des EM-Tubus und des Monitors synchronisiert.
- Probenkammer, in die das Präparat eingeschleust werden kann.
- Vakuumpumpen, welche für ein Hochvakuum im EM-Tubus sorgt.

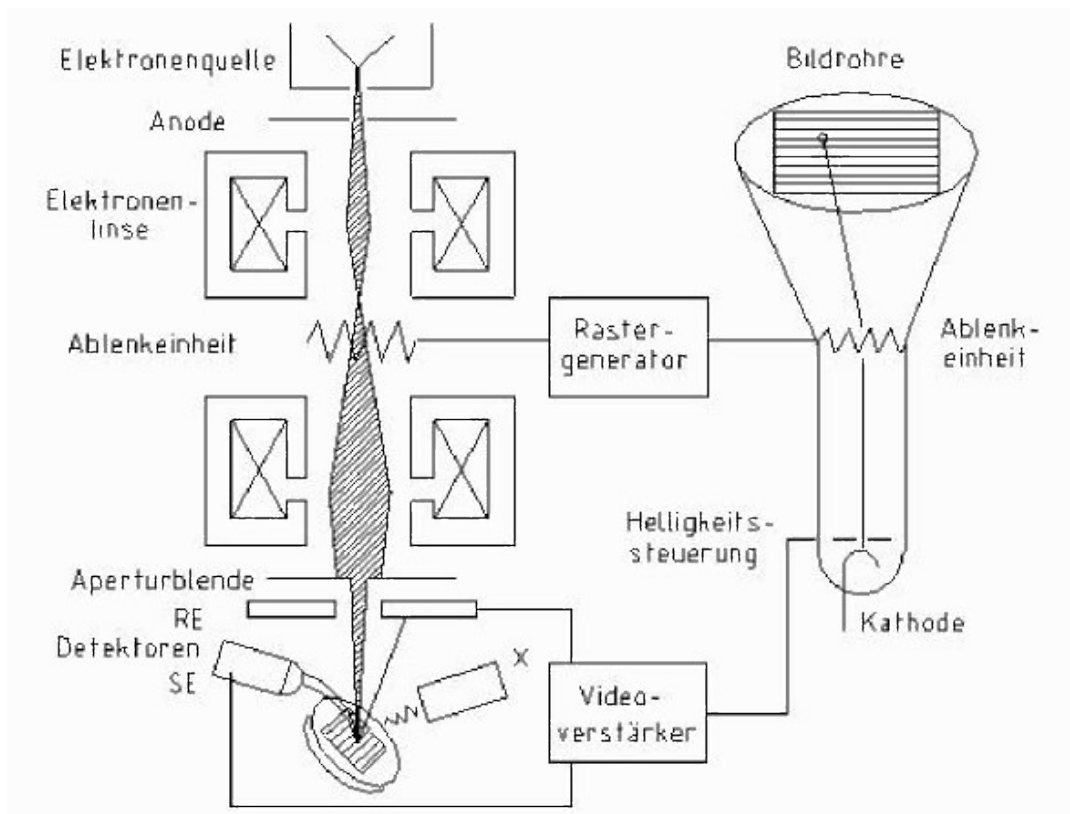


Abbildung 2: Prinzip des REM

Durch das Erhitzen eines Wolframdrahtes (Kathode) wird ein Primärelektronenstrahl erzeugt, der durch einen Steuerzylinder (Wehnelt Zylinder) fokussiert und durch eine Anode beschleunigt wird.

Anschließend passiert der Primärelektronenstrahl elektromagnetische Spulen (Kondensoren und Endlinse) dadurch erfährt der Strahl eine feine Bündelung und trifft fokussiert auf das Objekt auf. Mit Hilfe eines XY-Ablenksystems wird ein Zeilenraster erzeugt; die Objektoberfläche wird durch den primären Elektronenstrahl Punkt für Punkt und Zeile für Zeile abgetastet, wodurch sogenannte Sekundärelektronen freigesetzt werden. Die Intensität der Sekundärstrahlung ist vom Neigungswinkel der Objektoberfläche abhängig. Die Sekundärelektronen werden von einem seitlich schräg über der Probe angebrachten Detektor aufgefangen. Dadurch entsteht unter anderem die Plastizität der Objekte, denn durch die schräge Anordnung erscheinen dem Detektor zugewandte Details heller als abgewandte.

Am Detektor entstehen in einem Szintillator Lichtblitze, die von einem Photomultiplier elektrisch rückverwandelt und verstärkt werden. Dieses Elektrische Signal wird auf den Bildschirm eines Monitors übertragen.

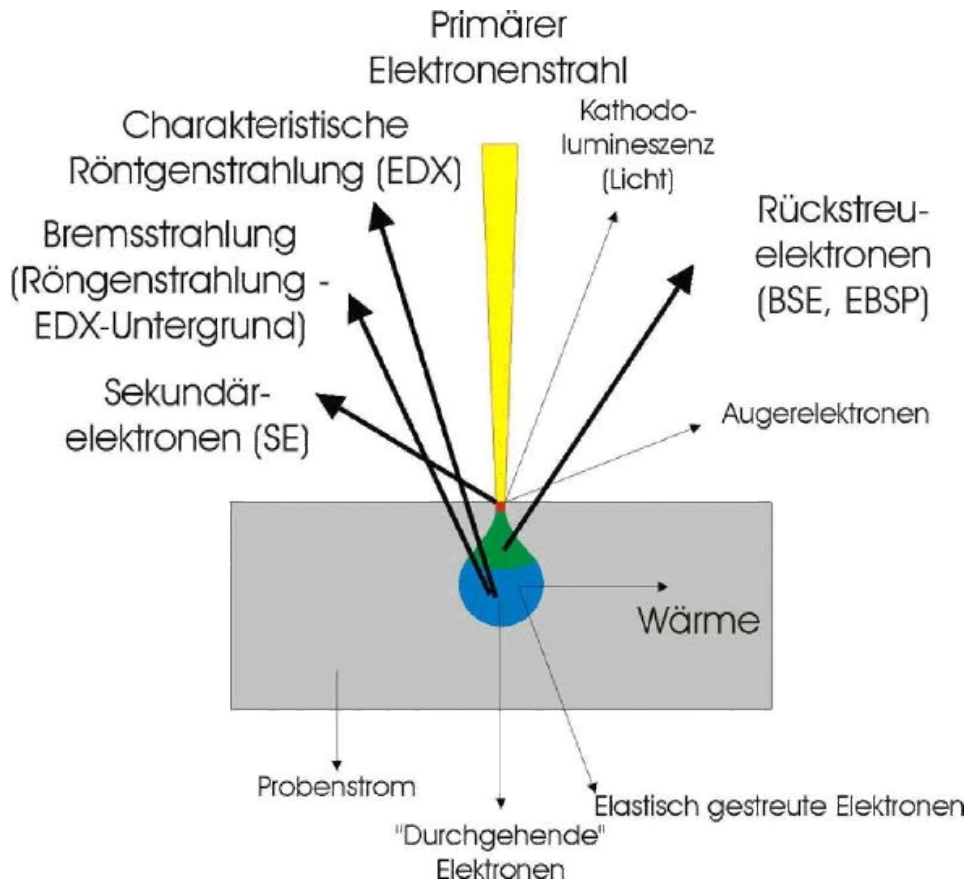


Abbildung 3: Wechselwirkungskeule der Elektronen in der Probe

Präparation von Proben

Da in der Rasterelektronenmikroskopie nur leitende Oberflächen dargestellt werden können, müssen die Proben speziell präpariert werden. Durch aufdampfen eines Metallfilmes (z. B. Gold) werden die Oberflächen der biologischen Objekte leitend gemacht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Schicht nicht zu dick aufgedampft wird, da sonst die feinen Strukturen des Objekts abgedeckt werden. Da die Abtastung mit dem Elektronenstrahl im Hochvakuum stattfindet, müssen die Objekte außerdem vor dem Bedampfen so präpariert werden, dass sie absolut wasserfrei sind.

Anwendungsbereiche

- Materialforschung
- Biologisch-medizinische Fragestellungen (Morphologische Untersuchungen, Lokalisation von Proteinen mittels Immunomarkierung).

- Schadensanalyse (Untersuchung von Bruchflächen)
- Kriminalistik (Vergleichsuntersuchungen an sehr kleinen Objekten)
- Qualitätskontrolle (Qualität von Bauelementen in der Halbleitertechnologie)

Nachteile

- Großer apparativer und präparativer Aufwand,
- Keine Untersuchung an lebenden biologischen Objekten möglich, da die Präparate absolut wasserfrei sein müssen.
- Nur schwarz-weiß Bilder möglich.

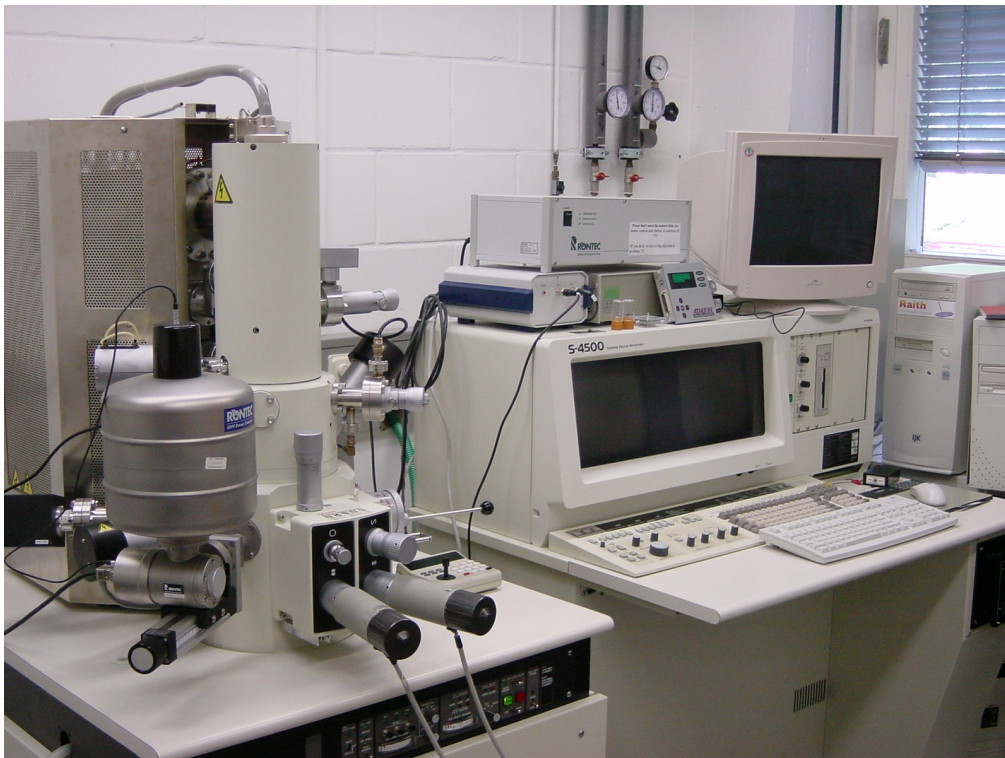


Abbildung 4: Das Rasterelektronenmikroskop

Literatur

- **Rasterelektronenmikroskopie;** *L. Reimer, G. Pfefferkorn,* Springer Verlag, (1977)
- **Scanning Electron Microscopy;** *L. Reimer,* Springer Verlag, (1983)
- **Mikroanalyse mit Elektronen- und Ionensonden;** *O. Brümmer,* Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, (1980)

- **Advanced Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis**; *D. Newbury et al*, Plenum Press, (1987)
- **Elektronenmikroskopie**; *Flegler, Heckmann und Klomparens*, Spektrum Akademischer Verlag Berlin und Heidelberg, (1993)
- **Im Internet** einfach mal in einer Suchmaschine REM oder Rasterelektronenmikroskop eingeben