

Das laterale Auflösungsvermögen bei der Elektronenstrahl-Mikroanalyse

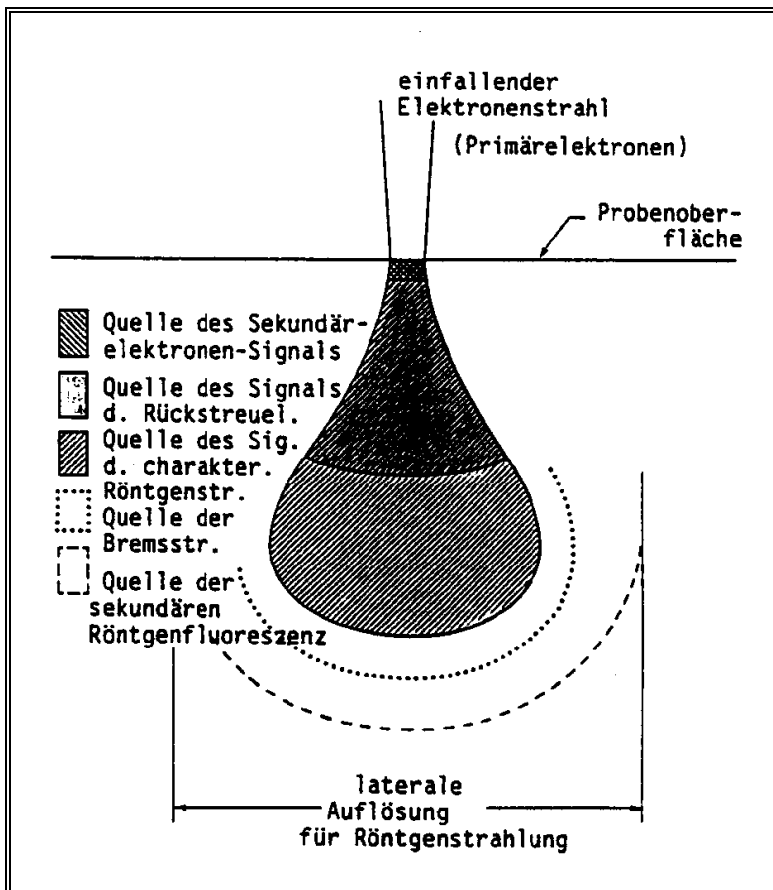
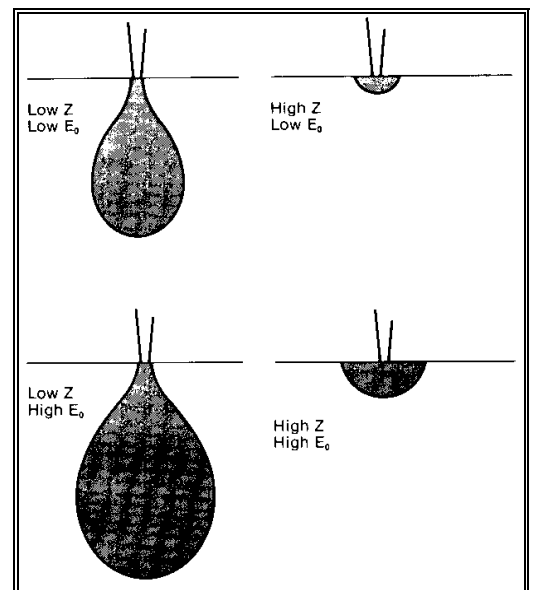


Abb. 1 (oben) Die Streuung von Elektronen in Materie.

Sowohl die Beschleunigungsspannung der eingestrahnten Elektronen als auch die Dichte bzw. die mittlere Ordnungszahl der analysierten Substanz beeinflussen die Größe dieses Volumens. In Abbildung 2 ist dieser Zusammenhang qualitativ dargestellt.

Wie Abbildung 1 zeigt, ist das laterale Auflösungsvermögen bei Detektion von Sekundärelektronen am Rasterelektronenmikroskop wesentlich besser als bei Detektion der charakteristischen Röntgenstrahlung zur Röntgenmikroanalyse mit EDX- oder WDX-Systemen am REM. Deshalb können nicht alle beliebig kleinen Objekte, die im Sekundärelektronenbild sichtbar werden, für sich, d.h. unabhängig von ihrer Umgebung analysiert werden. Das ist nur dann möglich, wenn das Volumen, in dem Röntgenstrahlung angeregt wird, kleiner als das betrachtete Objekt ist.

Abb. 2 (unten) Der Einfluß von Beschleunigungsspannung und Ordnungszahl auf die Streuung der Elektronen.



Um nun die laterale Auflösung fallweise unter Angabe eines Wertes abschätzen zu können, wurde das Nomogramm in Abbildung 3 entwickelt. Der daraus zu erhaltene Wert gibt den Durchmesser des Volumens an, in dem 99% der Gesamtstrahlung entsteht.

Bei Analysenproblemen, in denen das Auflösungsvermögen kritisch ist, wird man am Rasterelektronenmikroskop versuchen, das Volumen durch Verwendung möglichst niedriger Beschleunigungsspannungen so klein wie möglich zu halten.

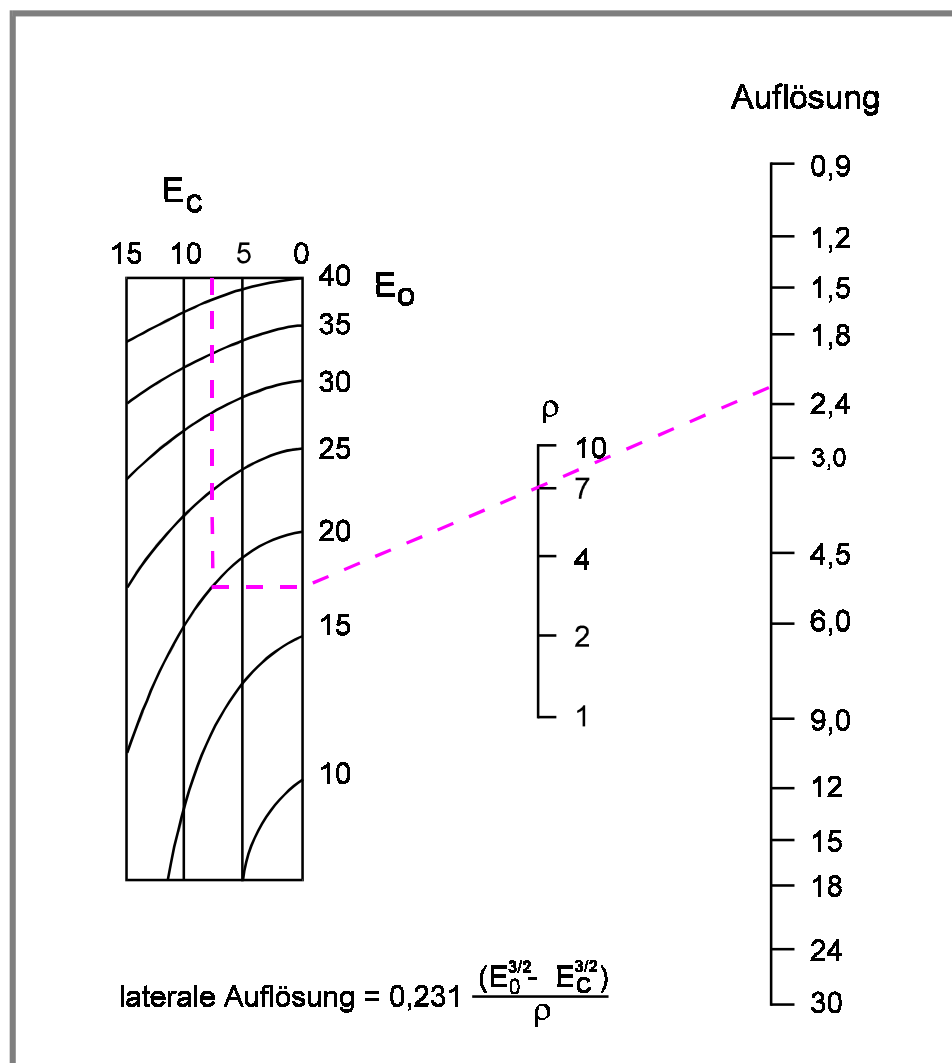


Abb. 3 Das laterale Auflösungsvermögen bei der Elektronenstrahl-Mikroanalyse am Rasterelektronenmikroskop und an der Mikrosonde

Aus dem Nomogramm der Abbildung 3 kann man bei Kenntnis der Beschleunigungsspannung E_0 (in keV), der kritischen Anregungsspannung E_C (in keV), und der mittleren Dichte ρ (in g/cm^3) die laterale Auflösung (in μm) ablesen. Die kritische Anregungsspannung ist numerisch äquivalent der Energie (keV) der Absorptionskante des fraglichen Elementes. Im eingetragenen Beispiel beträgt E_C 7,5 keV, E_0 beträgt 20 keV, und die Dichte ρ beträgt 7 g/cm^3 . Der Durchmesser des zu erwartenden Anregungsvolumens beträgt etwa $2,3 \mu\text{m}$ (nach S.J.B.REED, Electron Microprobe Analysis, Cambridge Univ. Press, Cambridge, England, 1975).

**Spezifisches Gewicht bzw. Dichte
ausgewählter Elemente und ihrer Verbindungen**

Z	Element	Dichte	Z	Element	Dichte
3	Lithium	0,53	21	Scandium	2,99
4	Beryllium	1,85	22	Titan	4,54
	BeO	3,01		Rutil	4,26
5	Bor cryst.	3,33		TiO ₂	4,17
	amorph	2,3		TiO	4,93
	B ₂ O ₂	1,8	23	Vanadium	5,96
6	Graphit	2,25	24	Chrom	7,20
	Diamant			Cr ₂ O ₃	5,20
11	Natrium	0,97		CrO ₃	2,70
	NaCl	2,17	25	Mangan	7,20
12	Magnesium	1,74		Mn (OH) ₂	3,26
	MgO	3,58		Manganit	4,30
	MgCO ₃	3,04		MnO	5,43
	MgSiO ₃	3,28		Mn ₃ O ₄	4,86
13	Aluminium	2,70		Mn ₂ O ₃	4,50
	Korund	3,97		MnO ₂	5,03
14	Silizium cryst.	2,42		MnS	3,99
	amorph	2,00		MnS ₂	3,46
	SiC	3,22	26	Eisen	7,86
	Crystobalit	2,32		Fe ₃ C	7,40
	Quarz	2,65		FeO (OH)	4,28
15	Phosphor weiß	1,82		Fe ₂ N	6,35
	rot	2,20		FeO	5,70
	schwarz	2,70		Fe ₂ O ₃	5,24
16	Schwefel	2,00	27	Kobalt	8,90
19	Kalium	0,86	28	Nickel	8,90
	KCl	1,98		NiO	7,43
20	Calcium	1,55	29	Kupfer	8,92
	CaCO ₃ rhomb.	2,93		Cu ₂ O	6,00
	hex.	2,77		CuO	6,40
	Dolomit	2,87		Cu ₂ S	5,70
	CaF ₂	3,18		CuS	4,60
	CaSiF ₆	2,66	30	Zink	7,14
	Ca-Oxalat	2,2		ZnO	5,47
	Ca ₃ (PO ₄) ₂	3,1		cryst.	5,61
	CaO	3,35		ZnS	4,10
	CaSO ₄	2,45	31	Gallium	5,90
			32	Germanium	5,35

**Spezifisches Gewicht bzw. Dichte
ausgewählter Elemente und ihrer Verbindungen**

Z	Element	Dichte	Z	Element	Dichte
33	Arsen cryst.	5,73	56	Barium	3,51
	amorph	4,70		BaSO ₄	4,50
	As ₂ O ₃	3,87	57	Lanthan	6,17
	As ₂ S ₃	3,43	58	Cer	6,78
34	Selen	4,81	59	Prasäodym	6,78
	SeO ₂	3,95	60	Neodym	7,00
	SeS	3,06	62	Samarium	7,54
35	Brom liqu.	2,93	63	Europium	5,24
37	Rubidium	1,53	64	Gadolinium	7,95
	RbCl	2,76	65	Terbium	8,27
38	Strontium	2,60	66	Dysprosium	8,56
	SrCO ₃	3,70	67	Holmium	8,80
	SrO	4,70	68	Erbium	9,16
39	Yttrium	4,34	69	Thulium	9,33
40	Zirkon	6,49	70	Ytterbium	6,98
	ZrO ₂	5,50	71	Luthetium	9,84
41	Niob	8,57	72	Hafnium	13,31
42	Molybdän	10,22	73	Tantal	6,60
	MoO ₂	6,47	74	Wolfram	19,35
	MoS	5,91		WO ₂	12,11
	MoS ₂	4,80		WO ₃	7,16
44	Ruthenium	12,30		WS ₂	7,50
45	Rhodium	12,41	75	Rhenium	20,53
46	Palladium	11,97	76	Osmium	22,48
47	Silber	10,50	77	Iridium	22,42
	AgBr	6,47	78	Platin	21,45
	AgCl	5,56	79	Gold	19,3
	AgJ	5,67	80	Quecksilber	13,59
	Ag ₂ S	7,30		Hg ₂ Cl ₂	7,15
48	Cadmium	8,65		HgO	11,14
	CdS	4,82		HgS	8,10
49	Indium	7,30	81	Thallium	11,85
50	Zinn weiß	7,28	82	Blei	11,35
	SnO	6,45		PbCO ₃	6,60
	SnO ₂	6,92		PbO	9,50
	SnS ₂	4,50		Pb ₃ O ₄	9,10
51	Antimon	6,69		PbO ₂	9,37
52	Tellur	6,25		PbS	7,5
53	Jod	4,93	83	Wismut	9,8
55	Cäsium	1,88		Bi ₂ S ₃	7,39
			90	Thorium	11,70
			92	Uran	19,05