

Das Eindringen von Elektronen in Materie

Bei der energiedispersiven Röntgenmikroanalyse ist es häufig interessant zu wissen, wie tief die Elektronen in Materie eindringen. KATZ und PENFOLD (1) haben zur Berechnung der linearen Eindringtiefe empirisch eine Formel ermittelt, die sich sehr gut im Energiebereich von 10 keV bis 3 MeV bewährt hat. In die Beziehung gehen lediglich die Anfangsenergie der Elektronen, E_0 , sowie die Dichte des Absorbermaterials ein. Die Ordnungszahl geht nicht ein. Aus der Formel lassen sich die sogenannten "extrapolierten Reichweiten" errechnen. Man erhält diese aus der Intensitäts/Reichweite-Kurve, indem die Tangente an den Wendepunkt gelegt und bis zum Schnittpunkt mit der Abszisse verlängert wird (Abb.1).

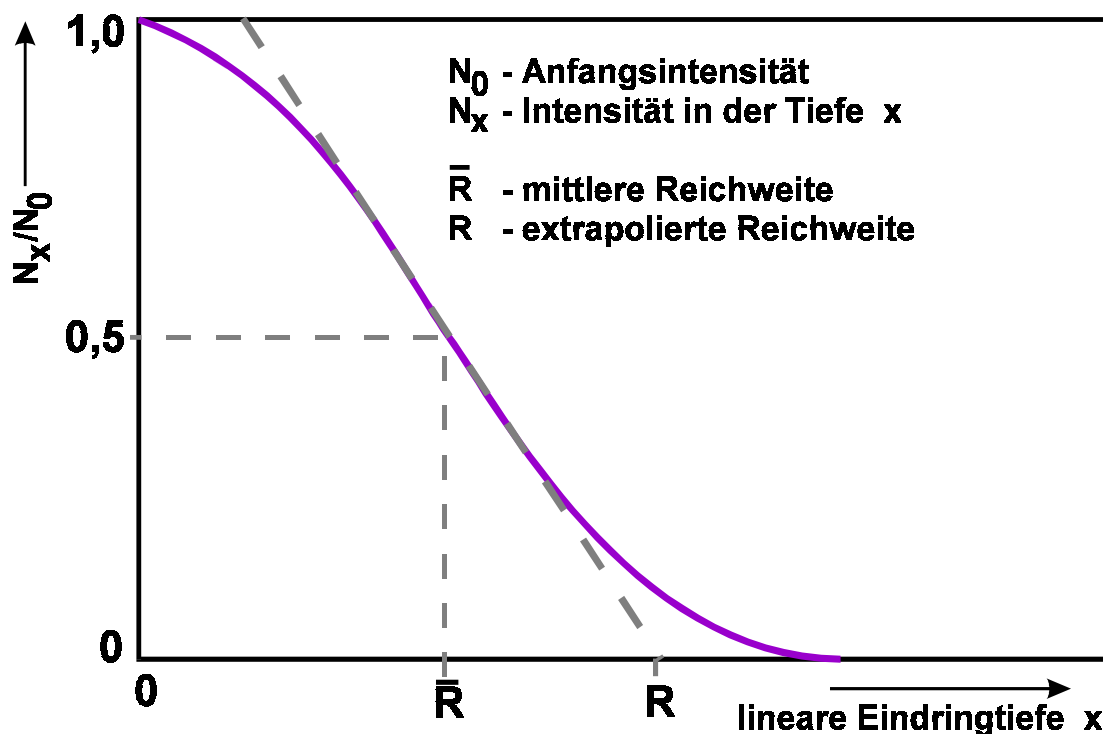


Abb. 1 Die Verteilung der Eindringtiefen von Elektronen in Materie

Zur schnellen Ermittlung der Reichweite eignet sich ein Nomogramm, das auf der Rückseite aufgezichnet ist (Abb. 2). Man erhält daraus die Reichweite, indem man mit einem Lineal eine Gerade durch den auf dem linken Maßstab angegebenen Wert für die Dichte und den auf der mittleren Skala aufgetragenen Wert für die Beschleunigungsspannung (bzw. die Anfangsenergie der Elektronen) legt und bis zum Schnittpunkt mit der Reichweiten-Skala verlängert. Dieser Schnittpunkt gibt den Wert der extrapolierten Reichweite in μm an.

(1) Rev. Mod.Phys. 24 (1952)

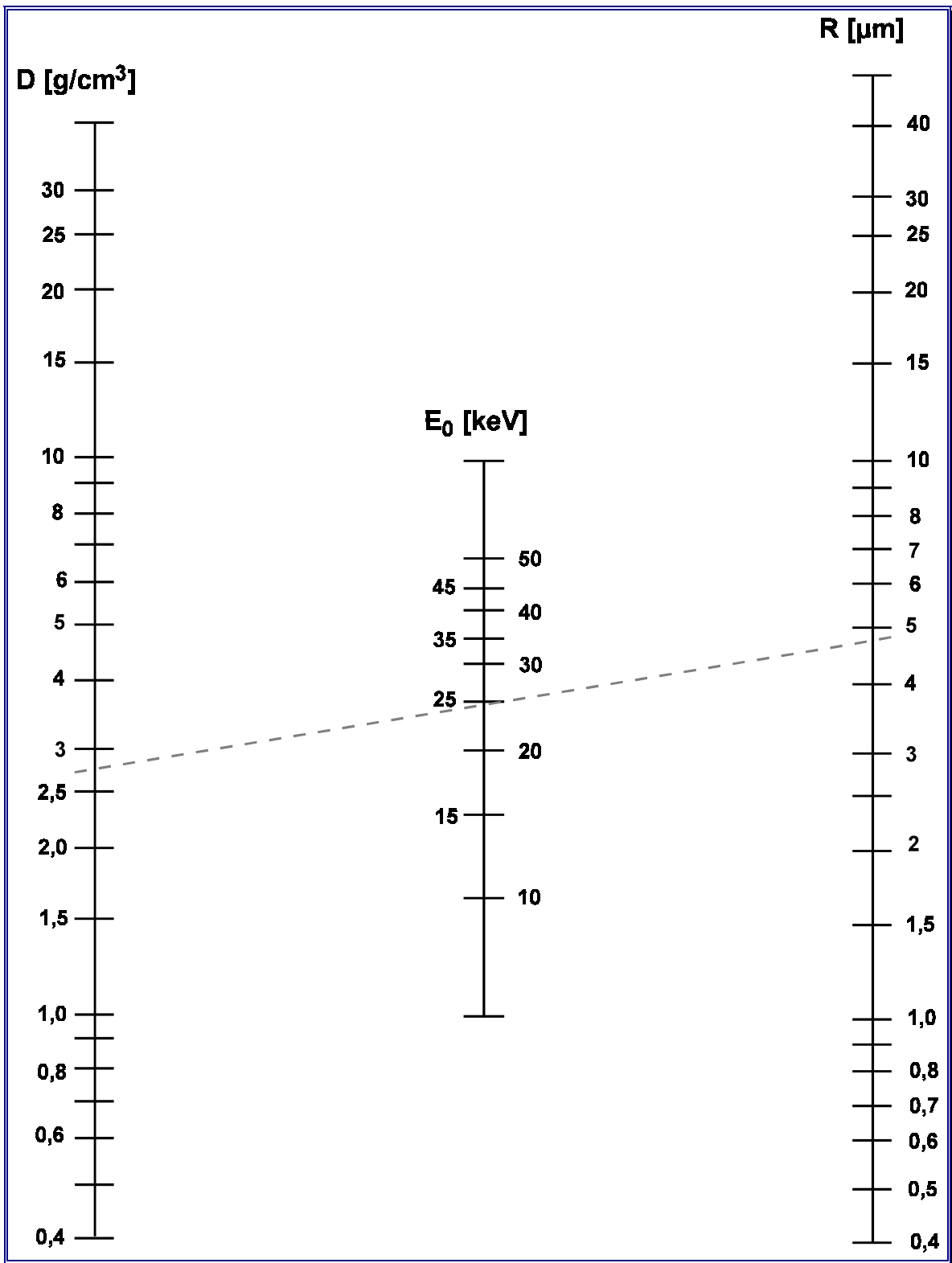


Abb. 2 Nomogramm zur Ermittlung der extrapolierten Reichweite R von Elektronen mit der Anfangsenergie E_0 in Absorbern mit der Dichte D . Beispiel: Die Eindringtiefe von Elektronen mit der Energie von 25 keV in Aluminium ($D=2,70$ g/cm³) beträgt 4,8 μm.

**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