

... in Verbindungen von Übergangsmetallen (seltene oder instabile Oxidationszahlen stehen in Klammern)

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
		(-3)							
		(-1)	(-2)	(-2)	(-2)	(-1)	(-1)		
		(0)	0	0	0	0	0		
		(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	+1	
	(+2)	(+2)	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	(+3)	(+3)	
	+4	+4	(+4)	+4	(+4)	(+4)	(+4)		
		+5	(+5)	(+5)	(+5)				
			+6	(+6)	(+6)				
				+7					
Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
				(-3)					
			(-2)	(-1)	(-2)	(-1)			
		(-1)	(-1)	(-1)	(0)	(0)	(0)		
		0	0	0	(+1)	(+1)	(+1)	+1	(+1)
	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)
	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)
+3	(+3)	(+3)	+3	(+3)	+3	+3	(+3)	(+3)	
	+4	(+4)	+4	+4	+4	+4	+4		
			+5	+5	(+5)	(+5)			
				+6	(+6)	(+6)			
				+7	(+7)	(+7)			
					(+8)				
La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
				(-3)					
			(-2)	(-1)	(-2)	(-1)			
		(-1)	(-1)	(-1)	(0)	(0)	(0)		
		0	0	0	(+1)	(+1)	(+1)	+1	+1
	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)
	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)	(+2)
+3	(+3)	(+3)	(+3)	+3	(+3)	(+3)	(+3)	(+3)	
	+4	(+4)	+4	+4	+4	+4	+4		
			+5	+5	(+5)	(+5)	(+5)	(+5)	
				+6	(+6)	(+6)	(+6)		
				+7					
					+8				

27.15 Produkte einiger Reaktionen der Übergangsmetalle der 4. Periode

	Sc	Ti	V	Cr	Mn
O ₂	Sc ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅ , VO ₂	Cr ₂ O ₃	Mn ₂ O ₄
X ₂	ScX ₃	TiX ₄	VF ₅ , VCl ₄ , VBr ₃ , VI ₃	CrX ₃ bzw. CrI ₂	MnX ₂
S	Sc ₂ S ₃	TiS ₂	V ₂ S ₅ , VS ₂	CrS	MnS
N ₂	ScN	TiN	VN	CrN	Mn ₃ N ₂
HCl(aq)	Sc ³⁺ + H ₂	Ti ³⁺ + H ₂	-	Cr ²⁺ + H ₂	Mn ²⁺ + H ₂
H ₂ O	Sc(OH) ₃ + H ₂	TiO ₂ + H ₂ ^a	-	Cr ₂ O ₃ + H ₂ ^a	Mn(OH) ₂ + H ₂
NaOH(aq)	-	-	-	Cr(OH) ₃ ³⁻ + H ₂	-

	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
O ₂	Fe ₃ O ₄ , Fe ₂ O ₃	Co ₃ O ₄	NiO	Cu ₂ O, CuO	ZnO
X ₂	FeX ₃ bzw. FeI ₂	CoX ₂	NiX ₂	CuX ₂ bzw. CuI	ZnX ₂
S	FeS	CoS	NiS	Cu ₂ S	ZnS
N ₂	-	-	-	-	-
HCl(aq)	Fe ²⁺ + H ₂	Co ²⁺ + H ₂	Ni ²⁺ + H ₂	-	Zn ²⁺ + H ₂
H ₂ O	Fe ₃ O ₄ + H ₂ ^a	CoO + H ₂ ^a	NiO + H ₂ ^a	-	ZnO + H ₂ ^a
NaOH(aq)	-	-	-	-	[Zn(OH) ₄] ²⁻ + H ₂

Einige Eigenschaften der Lanthanoide

	Postulierte Elektronenkonfiguration der Unterschale	Oxidationszahlen	Farbe M ³⁺	Atomradius ^a /pm	Ionenradius M ³⁺ /pm	E° 3e ⁻ + M ³⁺ → M /Volt
--	---	------------------	-----------------------	-----------------------------	---------------------------------	--

La	57	5d ¹ 6s ²	+3	farblos	187	103	-2,52
Ce	58	4f ² 6s ²	+3, +4	farblos	182	101	-2,48
Pr	59	4f ³ 6s ²	+3, +4	gelbgrün	182	99	-2,46
Nd	60	4f ⁴ 6s ²	+2, +3, +4	violett	181	98	-2,43
Pm	61	4f ⁵ 6s ²	+3	rosa	181	97	-2,42
Sm	62	4f ⁶ 6s ²	+2, +3	gelb	180	96	-2,41
Eu	63	4f ⁷ 6s ²	+2, +3	fast farblos	204	95	-2,41
Gd	64	4f ⁷ 5d ¹ 6s ²	+3	farblos	179	94	-2,40
Tb	65	4f ⁹ 6s ²	+3, +4	fast farblos	178	94	-2,39
Dy	66	4f ¹⁰ 6s ²	+3, +4	gelbgrün	177	92	-2,39
Ho	67	4f ¹¹ 6s ²	+3	gelb	176	91	-2,35
Er	68	4f ¹² 6s ²	+3	rosa	176	90	-2,32
Tm	69	4f ¹³ 6s ²	+2, +3	grün	175	89	-2,30
Yb	70	4f ¹⁴ 6s ²	+2, +3	farblos	193	88	-2,28
Lu	71	4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	+3	farblos	174	87	-2,27
						86	-2,26

^a Im Metall

T 29.11 Einige Verwendungszwecke der Übergangsmetalle

als Metalle	Verwendung	Verbindungen	Verwendung
Y/Co-, Sm/Co-Legierungen	Permanentmagnete	$Y_3Al_5O_{12}$ Ce^{3+} , Nd^{3+} , Eu^{2+} , Tb^{3+} , Er^{3+} , Yb^{3+}	YAG- und YIG-Laser ^b Dotiermaterial für optische Anwendungen
LaNi ₅	Elektrodenmaterial in Ni-Metallhydrid-Batterien (H-Speicher)	La ₂ O ₃	Einstellen des Brechungsindex von Gläsern
Ce	Feuersteine	Nd ₂ O ₃	Einfärben von Glas (Sonnenbrillen)
Ln ^a	Stahl	BaFBr mit Eu ²⁺	Bildplatten für Röntgengeräte
Ti	Flugzeug- und Raketenbau, Stahl, Brillengestelle, Prothesen	UO ₂	Kernreaktorbrennstoff
Zr	Reaktorbau, Stahl	TiO ₂	Weißpigment
		BaTiO ₃	Dielektrikum für Kondensatoren
		ZrO ₂	Hochleistungskeramik, Zahnersatz, Brennstoffzellenelektrolyt
V, Nb, Ta	Stahl	Pb(Ti,Zr)O ₃	Piezokeramik, Ferroelektrischer Werkstoff
Ta	Kondensatoren, chirurgische Instrumente	Nb ₃ Sn	Supraleitende Drähte
		Ta ₂ O ₅	Oberflächenentspiegelung von Glas, Dielektrikum in kleinen Kondensatoren
Cr	Stahl, Rostschutzüberzug, Turbinenbau	Cr ₂ O ₃	Grünpigment, Einfärben von Glas (grün)
		CrO ₂	Magnetbänder
		PbCrO ₄	Gelbpigment
		K ₂ Cr ₂ O ₇	Oxidationsmittel
		CrSO ₄ (OH)	Gerbung von Leder
Mo	Stahl, Hitzeschilder für Raketen	MoS ₂	Schmiermittel
W	Glühdrähte, Stahl	WC	Schneidwerkzeuge
Mn	Stahl	KMnO ₄	Oxidationsmittel
		MnO ₂	Trockenbatterien
Fe	Werkstoff, Stahl, Magnete	Fe ₂ O ₃	Rotbraun-Pigment, Magnetbänder
		Fe ₃ O ₄	Schwarzpigment
		FeO(OH)	Gelbpigment
		K[Fe ₂ (CN) ₆]	Blaupigment
Co	Stahl, Legierungen	CoO	Einfärben von Glas (blau)
		Li _x CoO ₂	Elektrodenmaterial für Batterien
Ni	Stahl, Legierungen, Batterien, Rostschutzüberzüge, Münzen, Katalysator		
Rh	Spiegel, Katalysator		
Pd	Katalysator	PdCl ₂	Katalysator
Pt	Katalysator, chemische Geräte, Schmuck	cis-Pt(NH ₃) ₂ Cl ₂	Krebstherapie
Cu	Elektrische Leitungen, Werkstoff, Legierungen, Münzen		
Ag	Spiegel, Besteck, Schmuck, Zahnfüllungen, bakterizide Beschichtungen	AgBr	Photografische Filme
Au	Elektrische Kontakte, Schmuck, Zahnfüllungen		
Zn	Rostschutzüberzug, Batterien, Legierungen	ZnS	Leuchtstoff in Kathodenstrahlröhren
Cd	Batterien, Regelstäbe in Kernreaktoren	CdS	Gelbpigment (nur begrenzt erlaubt)
		CdTe	Solarzellen
Hg	NaCl-Elektrolyse, Leuchtstoffröhren		

^a Ln: Lanthanoid ^b YAG = Yttrium-Aluminium-Granat, YIG = Yttrium-Eisen-Granat

Stahl: C-haltige Legierungen aus Eisen mit verschiedenen Metallen, z. B. mit Chrom und Vanadium für Werkzeuge; rostfreier Stahl (V2A-Stahl): 18% Cr und 8% Ni