

Klassifizierung und Isomorphie von Vanadium-, Niob- und Tantal-Legierungen*

Von

K. Girgis und F. Laves

Aus dem Institut für Kristallographie und Petrographie
der Eidgen. Technischen Hochschule, Zürich

(Eingegangen am 20. April 1971)

Classification and Isomorphy of Vanadium, Niobium, and Tantalum Alloys

The vanadium, niobium, and tantalum phases have been classified and their isomorphous behaviour has been studied.

1. It has been found that many vanadium and niobium compounds crystallize with the Cr_3Si structure, but just 3 compounds of tantalum have this structure.

2. The sigma phase occurs in many compounds, and commonly is homogeneous over a wide compositional range.

3. The *Laves* phases mentioned in this work have a radius ratio of 1.06–1.30, which lies in the range mentioned by *Laves* (1956)²³ and *Dwight* (1961)²². One could expect some more *Laves* phases in these systems, such as VCo_2 , VCr_2 , HfNb_2 , ZrNb_2 , HfTa_2 , TaZn_2 , and ZrTa_2 .

4. The following structure types have more than 10 representatives: Cr_3Si , MgZn_2 , W, sigma, CrSi_2 , TiAl_3 , MgCu_2 , Mn_5Si_3 , CFe_3W_3 , $\alpha\text{-Mn}$, E-NiSiTi, AuCu_3 , AlCu_2Mn , W_5Si_3 , $\text{Cu}_{16}\text{Mg}_6\text{Si}_7$, and NaCl.

Die Vanadium-, Niob- und Tantal-Legierungen sind zusammengestellt und klassifiziert. Das isomorphe Verhalten dieser drei Metalle wird diskutiert.

Einleitung

Vanadium, Niob und Tantal bilden die T^5 -Gruppe (VB) im Periodischen System. Die drei Metalle besitzen die gleiche Elementstruktur, nämlich die kubisch innenzentrierte W-Struktur. Ihre Atomradien für die Koordinationszahl 12 betragen¹: V 1,36 Å; Nb 1,47 Å; Ta 1,46 Å.

* Herrn Prof. Dr. H. Nowotny gewidmet.

¹ K. Sagel, Tabellen zur Röntgenstrukturanalyse (Anleitungen für die chem. Laboratoriumspraxis, Bd. VIII). Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer. 1958.

All diese Ähnlichkeiten führen zu der Überlegung, wie sich diese drei Metalle in ihren Verbindungen mit anderen Elementen verhalten.

Nachstehend sind die in der Literatur beschriebenen Strukturtypen² aufgeführt, welche Vanadium-, Niob- oder Tantal-haltige Phasen liefern (Tab. 1).

Zeichenerklärung zu Tab. 1

- X Untersucht, aber keine entsprechende Phase gefunden.
 ? Keine Angaben in der Literatur.
 [] Tritt in einer Struktur auf, welche mit der Überschrift nicht übereinstimmt.

Tabelle 1

	mP10	Mo ₂ S ₃	P2 ₁ /m	
?	NbMoS ₃			?
	mP12	VO ₂	P2 ₁ /c	
VO ₂		?		?
	mP16	ZrSe ₃	P2 ₁ /m oder P2 ₁	
?	NbS ₃		TaS ₃ [C222 ₁ oC72]	
?	NbSe ₃ [t]		TaSe ₃	
	mP18	verzerrtes α-Sm		
X	(Nb _{0,75} Rh _{0,25})Rh			X
	mP48	β-NbPt ₃	P2 ₁ /m	
VPt ₃ [AuCu ₃ cP4]	NbPt ₃		TaPt ₃	
	mC12	NbAs ₂	C2	
VAs ₂	NbAs ₂		TaAs ₂	
VSb ₂ [CuAl ₂ tI12]	NbSb ₂		TaSb ₂	
VP ₂	NbP ₂		TaP ₂	
	mC14	Cr ₃ S ₄		
VCr ₂ Se ₄		?		?
V ₃ Se ₄	Nb ₃ Se ₄ [Nb ₃ Te ₄ hP14]			?
VTe ₄ Ti ₂		?		?
V ₂ Te ₄ Ti		?		?
V ₂ Te ₄ Cr		?		?
VTe ₄ Cr ₂		?		?
	mC26	V ₅ Se ₈	C2/m	
V ₅ Se ₈		?		?
	mC36	β-V ₅ Te ₄		
V ₅ Te ₄	Nb ₅ Te ₄ [Nb ₅ Te ₄ tI18]			?

² Die Hydride, Nitride und Oxide sind nicht vollständig aufgeführt. Die Phasen, bei denen keine genügenden Strukturangaben vorhanden sind, wurden nicht aufgeführt.

	mC40 VS ₄ Cc oder C2/c	
VS ₄	?	?
	mC56 C2/c	
?	?	Ta ₆ S
	mC104 Al ₄₅ V ₇ C2/m	
V ₇ Al ₄₅	X	X
	oP4 AuCd(B19) Pmma	
VPt	NbPt	?
?	(Nb _{0,85} Rh _{0,15})Rh	?
	oP8 β-CuTi ₃ Pmmn	
VNi ₃ [TiAl ₃ tI8]	NbNi ₃	TaNi ₃ (L. T.)
VPt ₃ [AuCu ₃ cP4]	NbPt ₃	TaPt ₃
	oP8 MnP(B31) Pnma	
VAs	NbAs [NbAs tI8]	TaAs [NbAs tI8]
	oP8 VS _{0,85} Pnma	
VS _{0,85}	?	?
	oP12 RhTa Pnma	
VIr [VIr oC8]	Nb—Ir	Ta—Ir
?	(Nb _{0,9} Rh _{0,1})Rh	Ta _{0,79} Rh _{1,21}
	oP12 PbCl ₂ (C23) Pnma	
?	X	TaRh ₂
	oP12 Pna	
V ₂ C < 800° C [o?]	Nb ₂ C < 1230° C	Ta ₂ C [Fe ₂ N hP3]
	oP12 E-NiTiSi(C23?)	
VCoGe	NbCoGe	TaCoGe
VCoSi	NbCoSi	TaCoSi
?	NbFeGe [Fe ₂ P hP9]	TaFeGe
?	NbFeSi	TaFeSi
VGeNi	NbGeNi	TaGeNi
VNiSi	NbNiSi	TaNiSi
	oP20 CuS ₃ Ta Pnma	
?	?	TaCuS ₃
	oP24 β-NbPd ₃ Pmmn	
X	NbPd ₃	Ta(Pd _{0,92} Rh _{0,08}) ₃
	oP32 K ₃ S ₄ V Pmcn	
VK ₃ S ₄	?	?
	oP36 Pbcm	
?	Nb ₂ S [I4/m tI63—72]	Ta ₂ S
	oP52 Pnam	
?	Nb ₄₈ Al ₁₃ Ni ₃₉	?

		oA36 Ga ₁₃ Nb ₅	
	X	Nb ₅ Ga ₁₃	X
		oA160 Amma	
	?	Nb ₁₂ O ₂₉	?
		oC12 α -IrV Cmmm	
VIr		Nb—Ir [RhTa oP12]	Ta—Ir [RhTa oP12]
		oC12 Au ₂ V Amm2	
VAu ₂		NbAu ₂ [AlB ₂ hP3]	?
VPt ₂ [MoPt ₂ oI6]		NbPt ₂ [MoPt ₂ oI6]	TaPt ₂ ?
		oC12 Si ₂ Zr(C49) Cmcm	
	X	(Nb, Zr)Si ₂ 0—6 Mol% NbSi ₂	X
		oC12 AlMoB Cmcm	
	?	NbNiB	TaNiB
		oC96 S ₃ Ta C222 ₁	
	X	NbS ₃ [ZrSe ₃ mP16]	TaS ₃
		oF24 Si ₂ Ti(C54) Fddd	
	?	Nb(Al, Si) ₂	?
(V, Ti)Si ₂ 0—5 Mol% VSi ₂		(Nb, Ti)Si ₂	X
		oF48 CuMg ₂ Fddd	
	?	NbSn ₂	?
		oI6 MoPt ₂ Immm	
VNi ₂		X	TaNi ₂ [MoSi ₂ tI6]
VPd ₂		NbPd ₂	TaPd ₂
VPt ₂		NbPt ₂	TaPt ₂ [VAu ₂ oC12]
		oI14 B ₄ Ta ₃ (D7 _b) Immm	
V ₃ B ₄		Nb ₃ B ₄	Ta ₃ B ₄
		oI44 Nb ₆ Sn ₅ Immm	
	?	Nb ₆ Sn ₅	?
		oI44 Ibam	
	?	Nb ₂ Cr ₄ Si ₅	?
		tP2 Ru ₂ Ta ₃ P4/mmm	
VRu		NbRu [oF]	TaRu [oF]
			Ta ₃ Ru ₂ 39—45 At% Ru
		tP4 AuCu(L1 ₀) P4/mmm	
VIr		NbIr	X
VPt		?	?
	X	(Nb _{0,96} Rh _{0,04})Rh	X

		tP ₄ γ -CuTi(B11) P4/nmm	
VPd		X	TaPd
		tP ₆ O ₂ Ti(C4) P4 ₂ /mnm	
VO ₂ (H. T.)		NbO ₂	TaO ₂
		tP ₁₀ Si ₂ U ₃ (D5 _a) P4/mbm	
V ₃ B ₂		Nb ₃ B ₂	Ta ₃ B ₂
	?	Nb ₃ Be ₂	Ta ₃ Be ₂
	X	Nb ₃ Ga ₂	Ta ₃ Ga ₂
		tP ₁₀ NbTe ₄ -Subzelle P4cc	
β VTe ₄ [mC36 Bb oder B2/b]		NbTe ₄	TaTe ₄
		tP ₁₄ Hg ₅ Mn ₂ P4/mbm	
V ₂ Ga ₅		X	X
		tP ₁₄ Cu ₅ Zn ₈ (D8 ₂)	
VGa (H. T.)		X	X
		tP ₁₈ Te ₄ Ti ₅ I4/m	
	?	?	Ta ₅ As ₄
		tP ₃₀ σ CrFe(D8 _b) P4 ₂ /mnm	
V ₂ Al [W cI2]		Nb ₂ Al	Ta ₂ Al
V ₃ Al [W cI2]		Nb ₃ Al [Cr ₃ Si cP8]	Ta ₃ Al
	?	?	Ta ₂ Au
VCo		NbCo [Fe ₇ W ₆ hR13]	TaCo [Fe ₇ W ₆ hR13]
VFe		Nb ₁₉ Fe ₂₁	?
VMn ₃		?	?
V ₁₀ Mn ₆₀₋₉₂ Si ₁₀₋₁₀		?	?
	?	Nb—Ir 34,9 At% Ir	Ta—Ir 52 At% Ir
V ₃ Ni ₂		?	?
V ₅₈ Ni ₃₄ Si ₈		?	?
V ₃ Os ₂ [CsCl cP2]		Nb ₃ Os ₂ 46—70 At% Nb	Ta—Os 65—75 At% Ta
V ₃ Pd [Cr ₃ Si cP8]		Nb ₃ Pd ₂ (H. T.)	Ta ₃ Pd
	?	Nb ₃ Pt ₂ (62 At% Nb)	Ta ₂ Pt (70 At% Ta)
VRe ₃		Nb _{13,5} Re _{16,5}	Ta ₂ Re ₃ (H. T.)
	X	Nb ₂ Rh 28,5—40 At% Rh	Ta ₂ Rh 20—40 At% Rh
VTa		Nb—V } [W cI2]	TaV
		Nb—Ta }	
		tP ₃₂ β -SV ₃ P4 ₂ /nbc	
V ₃ S (L. T.)		X	X
		tI ₆ MoSi ₂ (C11 _b) I4/mmm	
VNi ₂ [MoPt ₂ oI16]		X	TaNi ₂
	?	(Nb, Mo)Si ₂ 0—12 Mol%	?
		MoSi ₂	
(V, W)Si ₂ 0—18 Mol%		(Nb, W)Si ₂ 0—15 Mol%	(Ta, W)Si ₂ 0—26 Mol%
VSi ₂		NbSi ₂	TaSi ₂

		tI8 AsNb I4 ₁ md	
VAs [MnP oP8]	NbAs		TaAs
VP [AsNi hP4]	NbP		TaP
		tI8 Al ₃ Ti(DO ₂₂) I4/mmm	
VAl ₃	NbAl ₃		TaAl ₃
(V, Nb)Al ₃	(Nb, Ta)Al ₃		(Ta, Nb)Al ₃
(V, Ta)Al ₃	(Nb, V)Al ₃		(Ta, V)Al ₃
	Nb(Al _{3-x} Ga _x)		?
	NbGa ₃		~ TaGa ₃ [t]
VNi ₃	NbNi ₃ [Cu ₃ Ti oP8]		TaNi ₃ (H. T.)
V(Ni, Pd) ₃	?		?
VPd ₃	NbPd ₃		TaPd ₃
	Nb ₂ Pd ₃ Zr		?
VPt ₃ (L. T.)	NbPt ₃		TaPt ₄
		tI10 MoNi ₄ (D1 _a) I4/m	
VAu ₄	?		?
		tI10 Au ₂ Nb ₃ I4/mmm	
	Nb ₃ Au ₂		?
		tI12 Al ₂ Cu(C16) I4/mcm	
	?		Ta _{2,4} B (H. T.)
	X	?	Ta ₂ Co
	?	Nb ₄ NiSi	?
VSb ₂	NbSb ₂ [As ₂ Nb mC12]		TaSb ₂ [As ₂ Nb mC12]
	?		Ta ₂ Si
	?		Ta ₂ (Si, Al)
		tI18 Te ₄ Ti ₅ I4/m	
	Nb ₅ Sb ₄		Ta ₅ Sb ₄
V ₅ Se ₄	Nb ₅ Se ₄		?
V ₅ Te ₄ [V ₅ Te ₄ mC36]	Nb ₅ Te ₄		?
		tI26 Mn ₁₂ Th(D2 _b) I4/mmm	
VBe ₁₂	NbBe ₁₂		TaBe ₁₂
		tI32 α-SV ₃ I4 ₂ m	
V ₃ S (H. T.)	?		?
		tI32 B ₃ Cr ₅ (D8 ₁) I4/mcm	
V ₅ SiB ₂	Nb ₅ (Si, B) ₃		?
V ₅ Ga ₃ [W cI2]	Nb ₅ Ga ₃ [W ₅ Si ₃ tI32]		Ta ₅ Ga ₃
V ₅ Ge ₃ [W ₅ Si ₃ tI32]	Nb ₅ Ge ₃ [W ₅ Si ₃ tI32]		Ta ₅ Ge ₃
	Nb ₅ Si ₃		Ta ₅ Si ₃
		tI32 Si ₃ W ₅ (D8 _m) I4/mcm	
	Nb ₅ Al _{1,5} Si _{1,5}		Ta ₅ (Si, Al) ₃
V ₅ Ga ₃ [W cI2]	Nb ₅ Ga ₃		Ta ₅ Ga ₃
V ₅ Ge ₃	Nb ₅ Ge ₃		Ta ₅ Ge ₃
(V _{1-0,68} Mn _{0-0,32}) ₅ Si ₃	?		?
V ₅ Si ₃	Nb ₅ Si ₃		Ta ₅ Si ₃
	Nb ₅ SiSn ₂		?

		tI56 NiSi ₂ Ti I4/mmm	
	?	Nb ₅ Co ₃ Si ₇	?
		tI63—72 I4/m	
	?	Nb ₂ S	Ta ₂ S [Pbcm oP36]
		hP2 CW(B _h) $\overline{P6m2}$	
	?	NbN _{0,8-0,9}	TaN _{0,8-0,9}
	?	NbS _{1-x}	?
		hP2 Mg(A3) P6 ₃ /mmc	
V ₂ Rh ₃		X	?
V ₀₋₃₀ Ru ₁₀₀₋₇₀		NbRu ₃	Ta ₀₋₂₄ Ru ₁₀₀₋₇₆
		hP3 CdI ₂ (C6) $\overline{P3m1}$	
VS ₂		X	TaS ₂
		hP3 AlB ₂ (C32) P6/mmm	
VAu ₂ [oA12 Amm2]		NbAu ₂	?
VB ₂		NbB ₂	TaB ₂
	?	(Nb _{0,5} Cr _{0,5})B ₂	?
	?	(Nb _{0,5} Ti _{0,5})B ₂	?
	?	(Nb _{0,5} Zr _{0,5})B ₂	?
		hP3 Fe ₂ N(L ₃ ') P6 ₃ /mmc	
V ₂ C		Nb ₂ C	Ta ₂ C
VN _{0,37-0,48} ^[P6₃22] _[hP6]		Nb ₂ N	Ta ₂ N
		hP4 AsNi(B8 ₁) P6 ₃ /mmc	
	?	NbN _{0,98} (H. T.)	?
VP		NbP [NbAs tI8]	TaP [NbAs tI8]
VS		NbS _{1+x}	?
VSb		X	X
VSe		NbSe	TaSe
VTc		X	?
		hP6 CoSn(B35) P6/mmc	
	?	?	TaN
		hP6 NbS ₂ P6 ₃ /mmc	
	?	NbS ₂ (H. T.)	TaS ₂
X		NbSe ₂ (2s)	TaSe ₂ (2s)
		hP7 Nb _{1,4} S ₂ P6 ₃ /mmc	
	?	Nb _{1,4} S ₂ (H. T.)	Ta _{1+x} S ₂
		hP8 H-AlCCr ₂ P6 ₃ /mmc	
V ₂ AlC		Nb ₂ AlC	Ta ₂ AlC
V ₂ GaC		Nb ₂ GaC	Ta ₂ GaC
V ₂ GeC		?	?
	?	Nb ₂ InC	?
	?	Nb ₂ SnC	?

		hP8 Cu _{0,65} NbS ₂ P6 ₃ /mmc	
?		NbAg _{0,7} Sb	?
?		NbCu _{0,65} S ₂	?
?		NbCu _{0,65} Se ₂	?
		hP8 MnN ₄ Ta ₃ P6 ₃ /mmc	
?		?	Ta ₃ MnN ₄
		hP8 Ni ₃ Sn(DO ₁₉) P6 ₃ /mmc	
X		Nb ₄ Si	Ta _{3,28} Si _{0,72}
		hP9 CrSi ₂ (C40) P6 ₂ 22	
V(Al _{0,33} Si _{0,66}) ₂		Nb(Al, Si) ₂	?
?		NbGe ₂	TaGe ₂
?		Nb(Ge, Si) ₂	?
VSi ₂		NbSi ₂	TaSi ₂
(V, Cr)Si ₂		?	(Ta, Cr)Si ₂
?		(Nb, Mo)Si ₂ 0—66 Mol% MoSi ₂	?
(V, Nb)Si ₂		(Nb, Ta)Si ₂	(Ta, Nb)Si ₂
(V, Ta)Si ₂		(Nb, V)Si ₂	(Ta, V)Si ₂
(V, Ti)Si ₂ 0—85 Mol%		(Nb, Ti)Si ₂ 0—45 Mol%	(Ta, Ti)Si ₂ 0—50 Mol%
TiSi ₂		TiSi ₂	TiSi ₂
(V, W)Si ₂ 0—28 Mol%		(Nb, V)Si ₂ 0—30 Mol%	(Ta, W)Si ₂ 0—22 Mol%
WSi ₂		WSi ₂	WSi ₂
X		(Nb, Zr)Si ₂ 0—21 Mol% ZrSi ₂	(Ta, Zr)Si ₂ 0—30 Mol% ZrSi ₂
		hP9 Fe ₂ P(C22) P6 ₂ m	
?		NbFeGe	TaFeGe [NiSiTi oP12]
?		NbGeMn	?
?		NbMnSi	TaMnSi
		hP10 P6 ₃ /mmc	
VBaS ₃		?	TaBaS ₃
		hP12 NbSe ₂ P6 ₃ m2	
?		NbSe ₂ (4s)	X
		hP12 TaSe ₂ P6 ₃ /mmc	
?		β NbSe ₂	TaSe ₂ (4s)
		hP12 Co ₃ Mg ₂ Si	
?		Nb ₂ Co ₃ Si	?
		hP12 MgZn ₂ (C14) P6 ₃ /mmc	
?		NbAlCu	TaAlCu
?		Nb(Al, Cu) ₂	Ta(Al, Cu) ₂
?		NbAlNi	TaAlNi

VBe ₂	NbBe ₂ [Cu ₂ Mg cF24]	TaBe ₂ [Cu ₂ Mg cF24]
?	NbCo ₂ [Cu ₂ Mg cF24]	TaCo ₂ (L. T.)
?	?	TaCoCr
?	NbCo _{1,5} Ga _{0,5}	?
?	NbCo _{1,5} Ge _{0,5}	TaCo _{1,5} Ge _{0,5}
?	Nb ₂ Co ₃ Si	?
VCo _{1,1} Si _{0,9}	Nb(Co _{1-x} Si _x) ₂	?
?	?	TaCoTi
VCoTa	?	TaCoV
?	NbCr ₂ (H. T.)	TaCr ₂ (H. T.)
—	(Nb, Ta)Cr ₂	(Ta, Nb)Cr ₂
?	?	Ta ₂ Cr ₃ Cu
?	?	TaCrNi
?	NbCuGa	?
V _{1,5} TaCu _{0,5}	?	TaV _{1,5} Cu _{0,5}
?	NbFe ₂	TaFe ₂
?	Nb(Fe _{1-x} Si _x) ₂	?
V(Fe, Ti)	?	?
?	(Nb _x Zr _{1-x})Fe ₂ x > 0,5	?
?	NbGa _{0,5} Ni _{1,5}	TaGa _{0,5} Ni _{1,5}
?	NbGe _{0,5} Ni _{1,5}	TaGe _{0,5} Ni _{1,5}
?	NbMn ₂	TaMn ₂
VNi _{1,2} Si _{0,8}	Nb ₂ Ni ₃ Si	Ta ₂ Ni ₃ Si
VNbNi	NbVNi	—
VTaNi	—	TaVNi
V ₂ Zr	Nb(2)Zr [W cI2]	Ta(2)Zr [W cI2]
	hP14 Nb ₃ Te ₄ P6 ₃ /m	
V ₃ Se ₄ [Cr ₃ Se ₄ mI14]	Nb ₃ Se ₄	?
?	Nb ₃ Te ₄	?
	hP16 Mn ₅ Si ₃ (D8 ₃) P6 ₃ /mcm	
?	?	Ta ₅ Al ₃ B _x
?	Nb ₅ Ga ₃ B _x	Ta ₅ Ga ₃ B _x
?	Nb ₅ Ga ₃ C _x	Ta ₅ Ga ₃ C _x
V ₅ Ge ₃ B	Nb ₅ Ge ₃ B	Ta ₅ Ge ₃ B
V ₅ Ge ₃	Nb ₅ Ge ₃ C _x	Ta ₅ Ge ₃ C _x
(V _{0-0,36} Mn _{1-0,64}) ₅ Si ₃	?	?
V ₅ Si ₃ (C)	Nb ₅ Si ₃ (C)	Ta ₅ Si ₃ (C)
(V, Ta) ₅ Si ₃	—	(Ta, V) ₅ Si ₃
(V, Nb) ₅ Si ₃	(Nb, V) ₅ Si ₃	—
	hP16 Ni ₃ Ti(DO ₂₄) P6 ₃ /mmc	
?	NbNiTi ₉	?
?	?	Ta(Pd _{0,78} Rh _{0,22}) ₃
?	?	Ta(Pd _{0,78} Ru _{0,22}) ₃ (H. T.)
?	?	(Ta _{0,5} Al _{0,5})Ni ₃
	hP18 Ga ₄ Ti ₅	
X	Nb ₅ Ga ₄	X
	hP20 P6 ₃ 22	
?	NbCr _{0,33} S ₂	?

		hP22 Sn_5Ti_6	
V_6Ga_5		X	X
		hP22 $\text{CoN}_{2,5}\text{Ta}_2 \overline{\text{P62m}}$	
	?	?	$\text{Ta}_2\text{CoN}_{2,5}$
	?	?	$\text{Ta}_2\text{FeN}_{2,5}$
	?	?	$\text{Ta}_2\text{NiN}_{2,5}$
		hP24 $\text{Co}_3\text{V} \overline{\text{P6m2}}$	
VCo_3		NbCo_3 [MgNi ₂ hP24]	$\text{Ta}_{0,8}\text{Co}_{2,2}$ [MgNi ₂ hP24]
	?	Nb—Rh 67—70 At% Rh	?
	?	?	$\text{Ta}(\text{Pd}_{0,50}\text{Rh}_{0,50})_3$
	?	?	$\text{Ta}(\text{Pd}_{0,75}\text{Ru}_{0,25})_3$
		hP24 $\text{MgNi}_2(\text{C36}) \overline{\text{P6}_3/\text{mmc}}$	
VCo_3 [$\overline{\text{P6m2}}$ hP24]		NbCo_3	$\text{Ta}_{0,8}\text{Co}_{2,2}$
	?	NbZn_2	?
		hP40 $\gamma\text{-(Pd}_{0,67}\text{Rh}_{0,33})_3\text{Ta} \overline{\text{P6}_3/\text{mmc}}$	
	?	?	$\text{Ta}(\text{Pd}_{0,67}\text{Rh}_{0,33})_3$
		hP54 $\text{Al}_{23}\text{V}_4 \overline{\text{P6}_3/\text{mmc}}$	
V_4Al_{23}		X	X
		hP96 verwandt mit MgNi ₂	
VCo_3 [$\overline{\text{P6m2}}$ hP24]		NbCo_3 [MgNi ₂ hP24]	TaCo_3 (L. T.)
		hP230 Ta_2Al_3	
	X	X	Ta_2Al_3
		hR3 $\alpha\text{-MoS}_2 \overline{\text{R3m}}$	
	?	NbS_2 (L. T.)	TaS_2
VSe_2 [CdI_2 hP3]		$3\text{R} \rightarrow \text{Nb}_{1+x}\text{Se}_2$	TaSe_2
		hR3 $\text{CdCl}_2(\text{C19}) \overline{\text{R3m}}$	
VSe_2 [CdI_2 hP3]		NbSe_2 [$\overline{\text{R3m}}$ hR3]	TaSe_2
		hR3 $\text{Sm} \overline{\text{R3m}}$	
	?	?	$\text{Ta}(\text{Pd}_{0,72}\text{Rh}_{0,28})_3$
		hR6 $\text{S}_2\text{Ta}_{1+y}(6\text{s}) \overline{\text{R3m}}$	
	?	?	$\text{Ta}_{1+y}\text{S}_2$
		hR10 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3(\text{D5}_1) \overline{\text{R3c}}$	
V_2O_3		?	?
		hR12 $\text{Be}_3\text{Nb} \overline{\text{R3m}}$	
	?	NbBe_3	TaBe_3

		hR13 $\text{Fe}_7\text{W}_6(\text{D8}_5) \overline{\text{R3m}}$	
VCo [σ tP30]	NbCo		$\text{Ta}_{1\pm x}\text{Co}$
?	X		$\text{Ta}(\text{Al}_{0,5}\text{Cu}_{0,5})$
?	?		$\text{Ta}(\text{Cu}_{0,5}\text{Ni}_{0,5})$
?	NbFe		$\text{Ta}_{1\pm x}\text{Fe}$
?	Nb ₉ Fe		X
X	NbNi		TaNi
		hR19 $\text{Be}_{17}\text{Nb}_2 \overline{\text{R3m}}$	
?	Nb ₂ Be ₁₇		Ta ₂ Be ₁₇
		hR27 $\text{NbTe}_2 \overline{\text{R3m}}$	
?	NbTe ₂		TaTe ₂
		hR48 R3 oder $\overline{\text{R3}}$	
VGa ₅	X		X
		hR53 $\text{R Co—Cr—Mo} \overline{\text{R3}}$	
V ₅ Co ₃ Si ₂	?		?
V ₂ Fe ₂ Si	?		?
?	Nb ₅ Mn ₇₉ Si ₁₆		?
V ₆ Ni ₃ Si	?		?
		cP2 $\text{CsCl}(\text{B2}) \text{Pm3m}$	
V _{1,5} Co ₆ Si _{2,5}	X		?
VFe	?		?
VMn	?		?
VOs	X		X
V—Ru (23—47 At% Ru)	Nb—Ru (0—58 At% Ru)		Ta—Ru (27,5—38,5 At% Ru)
?	NbTc [W cI2]		TaTc
		cP4 $\text{AuCu}_3(\text{L1}_2) \text{Pm3m}$	
?	Nb ₃ Cd		?
VCo ₃ [P6m2 hP24]	NbCo ₃ [MgNi ₂ hP24]		TaCo ₃
VIr ₃	NbIr ₃		TaIr ₃
?	?		$\text{Ta}(\text{Pd}_{0,5}\text{Ru}_{0,5})_3$
VPt ₃ (H. T.)	NbPt ₃ [NbPt ₃ mP48]		TaPt ₃ [NbPt ₃ mP48]
V ₃ Pt(O)	?		?
VRh ₃	NbRh ₃ 73—79 At% Rh		TaRh ₃
V ₃ Si [Cr ₃ Si cP8]	Nb ₃ Si		X
VZn ₃ (O?)	NbZn ₃		?
		cP8 $\text{Cu}_3\text{S}_4\text{V}(\text{H2}_4) \overline{\text{P43m}}$	
VCu ₃ S ₄	NbCu ₃ S ₄		TaCu ₃ S ₄
VCu ₃ Se ₄	NbCu ₃ Se ₄		TaCu ₃ Se ₄
VCu ₃ Te ₄	NbCu ₃ Te ₄		TaCu ₃ Te ₄

cP8 Cr ₃ Si(A15) Pm3n		
V ₃ Al? [W cI2]	Nb ₃ Al	Ta ₃ Al [σ tP30]
V ₃ (Al, As)	?	?
V ₃ (Al, Au)	?	?
V ₃ (Al, Ga)	?	?
V ₃ (Al, Ge)	Nb ₃ (Al, Ge)	?
V ₃ (Al, Sb)	Nb ₃ (Al, Sb)	?
V ₃ (Al, Si)	?	?
V ₃ (Al, Sn)	Nb ₃ (Al, Sn)	?
V ₃ As	Nb ₃ As [Ti ₃ P P4 _{2/n}]	?
V ₃ Au	Nb ₃ Au	Ta ₃ Au
?	Nb ₆ AuOs	?
?	Nb ₃ (Au, Rh)	?
V ₃ Bi	Nb ₃ Bi	?
V ₃ Cd	?	?
V _{3-x} Ce _x Si	?	?
V ₃ Co	?	?
V ₃ (Co, Ni)	?	?
V ₃ (Co, Rh)	Nb ₃ (Co, Rh)	?
V ₃ (Co, Si)	?	?
V _{3-x} Cr _x Si	?	?
V ₃ (Fe _{0,3} Ni _{0,7})	?	?
V ₃ Ga	Nb ₃ Ga	X
V ₃ (Ga, Ge)	?	?
V ₃ (Ga, In)	?	?
?	Nb ₃ (Ga _{0,5} Sb _{0,5})	?
V ₃ (Ga, Si)	?	?
V ₃ Ge	Nb ₃ Ge	?
?	Nb ₃ (Hf, Sn)	?
V ₃ (In, Si)	?	?
V ₃ Ir	Nb ₃ Ir	Ta ₃ Ir [σ tP30]
(V, Nb) ₃ Ir	(Nb, V) ₃ Ir	X
V _{3-x} La _x Si	?	?
?	Nb ₃ (Ir, Rh)	?
V _{3-x} Mn _x Si	?	?
V _{3-x} Mo _x Si	?	?
V _{3-x} Nb _x Si 0—32 Mol%	Nb _x V _{3-x} Si	V _{3-x} Ta _x Si 0—5 Mol%
Nb(3)Si		Ta(3)Si
V ₃ Ni	X	X
VOs?	Nb ₃ Os	Ta ₃ Os [σ tP30]
?	Nb ₃ (Os, Rh)	?
V ₃ Pb	Nb ₃ Pb	?
V ₃ Pd	?	Ta ₃ Pd [σ tP30]
V _{3-x} Pd _x Si	Nb ₆ PdPt	X
?	Nb ₃ (Pd, Rh)	X
V ₃ Pt	Nb ₃ Pt	Ta ₃ Pt [σ tP30]
?	Nb ₃ (Pt, Rh)	?
V _{3-x} Re _x Si	?	?
V ₃ Rh	Nb ₃ Rh	Ta ₃ Rh [σ tP30]
?	Nb ₃ (Rh, Ru)	X
V ₃ (Rh, Si)	?	?
V ₃ Sb	Nb ₃ Sb	Ta ₃ Sb

V_3Si		Nb_3Si [AuCu ₃ CP4]	X
$V_3(Si, Sn)$		$Nb_3(Si, Sn)$ 0—60 Mol% Nb(3)Sn	?
$V_{3-x}Ti_xSi$?	?
$V_{3-x}Zr_xSi$?	?
V_3Sn		Nb_3Sn	Ta_3Sn
$(V, Nb, Ta)_3Sn$		$(Nb, Ta, V)_3Sn$	$(Ta, Nb, V)_3Sn$
?		$Nb_{3-x}Ti_xSn$ 0—60 Mol% Ti(3)Si	?
?		$Nb_{3-x}Zn_xSn$ 0—33 Mol% Zn(3)Sn	?
		cP20 β -Mn(A13) P4 ₁ 32	
?		$Nb_{11}Au_9$?
		cP24 Al_2CMo_3 P4 ₁ 32	
?		Nb_3Al_2C	Ta_3Al_2C
		cP96 Li_7MnN_4	
VLi_7N_4		?	?
		cF8 $NaCl(B1)$ Fm3m	
VC_{1-x}		NbC_{1-x}	TaC_{1-x}
?		?	TaC
VN_{1-x}		NbN_{1+x}	?
?		$NbN_{0,9}O_{0,1}$	$TaN_{0,9}O_{0,1}$ [hP48]
$VO_{0,89-1,20}$		NbO	TaO
		cF12 $AgAsMg(C1_b)$ $\bar{F}43m$	
$VCoSb$?	?
$VFeSb$?	?
$VNbNi$		$NbVNi$?
$VNiSb$?	?
		cF12 $CaF_2(C1)$ Fm3m	
VAs_4Li_7		?	?
$VH?$		NbH_2	?
VLi_7P_4		?	?
		cF16 $AlCu_2Mn(L2_1)$ Fm3m	
?		$NbAlCo_2$	$TaAlCo_2$
?		$NbAlNi_2$	$TaAlNi_2$
VCo_2Ga		$NbCo_2Ga$	$TaCo_2Ga$
VCo_2Si		?	?
VCo_2Sn		?	?
VFe_2Ga		?	?
$VGaNi_2$		$NbGaNi_2$	$TaGaNi_2$
VNi_2Sn		?	?

	cF24 Cu ₂ Mg(C15) Fd3m	
VBe ₂ [hP12 MgZn ₂]	NbBe ₂	TaBe ₂
?	NbCo ₂	β-TaCo ₂ (H. T.)
?	(Nb, Zr)Co ₂	?
X	NbCr ₂ (L. T.)	TaCr ₂ (L. T.)
?	(Nb, Ti)Cr ₂	(Ta, Ti)Cr ₂
?	?	(Ta, Zr)Cr ₂
VTaCu	?	TaVCu
?	?	TaFeNi
?	(Zr _{1-x} Nb _x)Fe ₂ x ≤ 0,3	?
V ₂ Hf	Nb—Hf [W cI2]	?
V _{1,5} TaMn _{0,5}	X	TaV _{1,5} Mn _{0,5}
V ₂ Ta	Nb—Ta [W cI2]	TaV ₂
V ₂ Zr	Nb—Zr [W cI2]	Ta—Zr [W cI2]
	cF32 NiTi ₂	
V-Ni [W cI2]	Nb _{5±x} Ni	Ta _{~6} Ni
	cF56 Al ₂ MgO ₄ (H1 ₁) Fd3m	
V ₂ CuS ₄	?	?
	cF112 CF ₃ W ₃ (E9 ₃) Fd3m	
?	Nb ₂ NiB _{0,16}	?
?	Nb ₃ (Al, Cr) ₃ C	?
?	Nb ₂ Co(C, N, O)	?
?	Nb ₃ Co ₃ C	Ta ₃ Co ₃ C
?	Nb ₃ Cr ₃ C	?
V ₃ Fe ₃ C	?	?
?	Nb ₂ NiC _x	?
?	Nb ₃ Ni ₃ C	?
?	(Nb, Ti) ₄ Ni ₂ C	?
?	Nb ₂ ZnC _x	?
V ₃ Zr ₃ C	?	?
?	Nb ₃ Co ₂ Si	?
?	Nb ₃ Fe ₂	?
V ₃ Ni ₂ Si	Nb ₃ Ni ₂ Si	~ Ta ₃ Ni ₂ Si
	cF116 C ₆ Cr ₂₃ (D8 ₄) Fm3m	
V ₂ B ₆ Co ₂₁ —V ₃ B ₆ Co ₂₀	?	?
V _{2,6} B ₆ Ni _{20,4}	?	TaB ₂ Ni ₅ ?
	cF116 Cu ₁₆ Mg ₆ Si ₇ (D8 _a) Fm3m	
?	Nb ₆ Co ₁₆ Ge ₇	Ta ₆ Co ₁₆ Ge ₇
?	Nb ₆ Co ₁₆ Si ₇	Ta ₆ Co ₁₆ Si ₇
?	(Nb, Ti, Zr) ₆ Cu ₈ Be ₁₅	Ta ₆ Cu ₈ Be ₁₅
?	Nb ₆ Ge ₇ Ni ₁₆	Ta ₆ Ge ₇ Ni ₁₆
V ₆ Ni ₁₆ Si ₇	Nb ₆ Ni ₁₆ Si ₇	Ta ₆ Ni ₁₆ Si ₇
	cF184 Zn ₂₂ Zr Fd3m	
VAlCe	?	?
?	NbAl ₂₀ Cr ₂	?

VAlGd	?	?
VAlLa	?	?
VAlNb	NbAlV	?
VAlPr	?	?
VAlY	?	?

cF176—192 ähnlich der $Al_{18}Cr_2Mg_3$

VAl ₁₀₋₁₁	X	X
----------------------	---	---

cI2 W(A2) Im3m

V	Nb	Ta
V ₂ Al	Nb ₂ Al [σ tP30]	Ta ₂ Al [σ tP30]
V _{1-x} Mo _x	Nb _{1-x} Mo _x	Ta _{1-x} Mo _x
V—Mo—Ti	?	?
?	Nb—Mo—W	Ta—Mo—W
X	Nb _x Ta _y Mo _{1-x-y}	Ta _y Nb _x Mo _{1-x-y}
V ₁₀₀₋₈₀ Ru ₀₋₂₀	Nb ₁₀₀₋₄₂ Ru ₀₋₅₈	Ta ₁₀₀₋₇₃ Ru ₀₋₂₇
V _{1-x} Nb _x	Nb _x V _{1-x}	---
V _{1-x} Ta _x	—	Ta _x V _{1-x}
—	Nb _{1-x} Ta _x	Ta _x Nb _{1-x}
?	Nb _{1-x-y} Ta _x W _y	Ta _x Nb _{1-x-y} W _y
VTc [CsCl cP2]	NbTc	TaTc [CsCl cP2]
V _x Ti _{1-x}	Nb _x Ti _{1-x}	Ta _x Ti _{1-x}
V _x W _{1-x}	Nb _x W _{1-x}	Ta _x W _{1-x}

cI8 S₄Tl₃V

VS ₄ Tl ₃	NbS ₄ Tl ₃	TaS ₄ Tl ₃
VSe ₄ Tl ₃	NbSe ₄ Tl ₃	TaSe ₄ Tl ₃

cI40 Im3m

?	Nb ₃ Sb ₂ Te ₃	?
---	---	---

cI52 Cu₅Zn₈(D8₂)I43m

V ₅ Al ₈	X	X
--------------------------------	---	---

cI58 α -Mn(Al2) I43m

?	?	Ta ₁₇ Al ₁₂
V _{33,3} Co _{46,7} Ge ₂₀	?	?
V _{2,8} Co _{5,2} Si ₂	?	?
V ₃₀ Fe ₅₅ Ge ₁₅	?	?
VFe ₃ Si	?	?
V ₃ Fe ₅ Si ₂	?	?
V ₃ Ge ₂ Ni ₅	?	?
X	Nb ₂ Os ₃ 35—45 At% Nb	Ta—Os
?	Nb ₃ Pd ₂ (H. T.)	?
X	Nb ₃ Re ₂	Ta ₇₅₋₆₃ Re ₂₅₋₃₇
X	NbRe ₃ } 33—38 At% Nb	
?	NbTc ₃	Ta—Tc 16,6 At% Ta

Diskussion³

1. Der Cr₃Si-Typ ist reichlich vertreten bei den V- und Nb-Phasen, während nur drei Ta-Phasen in diesem Strukturtyp kristallisieren (Ta₃Au, Ta₃Sb und Ta₃Sn). Die entsprechenden Ta-Phasen kristallisieren zum Teil im Sigma-Typ (z. B. Ta₃Al, Ta₃Ir, Ta₃Os, Ta₃Pd, Ta₃Pt und Ta₃Rh) oder sind nicht bekannt.

Zu den binären Nb-Phasen im Cr₃Si-Typ existieren immer die entsprechenden V-Phasen im gleichen Strukturtyp. Eine einzige Ausnahme bildet V₃Al, bei der das Auftreten im Cr₃Si-Typ umstritten ist. *Holleck et al.* (1963)⁴, *Kornilow* und *Matwejeva* (1968)⁵, *Surikov et al.* (1970)⁶ erhielten sie — aber nicht in reiner Form — im Cr₃Si-Typ. *Carlson et al.* (1955)⁷, *Jordan* und *Duvez* (1956)⁸ und *Raman* (1966)⁹ erhielten V₃Al

Tabelle 2

Legierung	Homogenitätbereich	Literatur
Ta ₃₋₂ Al	65—75 At% Ta	10, 11
TaOs	65—75 At% Ta	12
Nb ₂ Rh	28,5—39,5 At% Rh	13, 14
Ta ₂ Rh	20—40 At% Rh	14

nur im W-Typ. Hingegen gibt es begrenzte Mischkristallbildung im Cr₃Si-Typ; z. B. V₃(Ga,Al), V₃(Ge,Al), V₃(Sb,Al), V₃(Si,Al) und V₃(Sn,Al).

³ Die Daten zu der Tabelle 1 sind Chem.-Abstr. entnommen, zum Teil auch aus *W. B. Pearson*, Handbook of Lattice Spacings and Structure of Metals, Vol. 1 (1958) und Vol. 2 (1967). Pergamon Press.

⁴ *H. Holleck*, *F. Benesovsky* und *H. Nowotny*, Mh. Chem. **94**, 477 (1963).

⁵ *I. I. Kornilow* und *N. M. Matwejeva*, Dokl. Akad. Nauk SSSR **179**, 870 (1968).

⁶ *V. I. Surikov*, *A. K. Shol'ts*, *V. L. Zagryazhsky* und *P. V. Gel'd*, Ukrain. Fiz. J. **15**, 118 (1970).

⁷ *O. N. Carlson*, *D. J. Kenny* und *H. A. Wilhelm*, Trans. Amer. Soc. Metals **47**, 520 (1955).

⁸ *C. B. Jordan* und *P. Duwez*, Trans. Amer. Soc. Metals **48**, 783 (1956).

⁹ *A. Raman*, Z. Metallkde. **57**, 535 (1966).

¹⁰ *H. Nowotny*, *C. Brukl* und *F. Benesovsky*, Mh. Chem. **92**, 116 (1961).

¹¹ *K. Gïrgis*, Dissertation an der Eidgen. Technischen Hochschule, Zürich, Schweiz (1969).

¹² *M. V. Nevitt* und *J. W. Downey*, J. Metals [N. Y.] **9**, 1072 (1957).

¹³ *D. L. Ritter*, *B. C. Giessen* und *N. J. Grant*, Trans. Met. Soc. AIME **230**, 1250, 1259 (1964).

¹⁴ *B. C. Giessen* und *N. J. Grant*, Acta Cryst. **17**, 615 (1964).

2. Die Zusammensetzung der Sigma-Phase ($tP30$) ist nicht auf ein bestimmtes Verhãltnis von $T^5 : Me$ ($Me = \text{Metall}$) beschrãnkt, wie z. B. 3 : 1 (Ta_3Al) oder 1 : 1 (VFe), sondern sie besitzt bei manchen Legierungen einen Homogenitãtsbereich.

Es ist interessant, daÙ Ta mit V neben der lïckenlosen Mischkristallbildung bei hïheren Temperaturen¹⁵ noch die Sigma-Phase (TaV) bildet¹⁵. *Elliott* (1954)¹⁶ identifizierte eine Sigma-Phase in einer Legierung der Zusammensetzung TaV_2 , deren Rïntgenaufnahmen nicht mit denjenigen von *Rostoker* und *Yamamoto* (1954)¹⁵ ïbereinstimmen. Fïr das System Nb—Ta wurde hingegen in der Literatur keine entsprechende Sigma-Phase erwãhnt, hingegen bilden Nb und Ta eine lïckenlose Mischkristallreihe¹⁷.

Tabelle 3

MgZn ₂ -Phasen		MgCu ₂ -Phasen		MgNi ₂ -Phasen	
Phase	r_A/r_B	Phase	r_A/r_B	Phase	r_A/r_B
VBe ₂	1,20	HfV ₂	1,17	NbCo ₃	1,17
V ₂ Zr	1,18	TaV ₂	1,07	Ta _{0,8} Co _{2,2}	1,16
NbCr ₂	1,15	ZrV ₂	1,18	NbZn ₂	1,07
NbFe ₂	1,16	NbBe ₂	1,30		
NbMn ₂	1,12	NbCo ₂	1,17		
TaCo ₂	1,16	NbCr ₂	1,15		
TaFe ₂	1,15	TaBe ₂	1,29		
		TaCo ₂	1,16		
		TaCr ₂	1,14		

3. Wãhrend NbGa₃ im TiAl₃-Typ ($tI8$) kristallisiert, ist die entsprechende Phase $\sim TaGa_3$ tetragonal^{18, 19}, doch besteht keine entsprechende Vanadium-Phase. Die entsprechenden Al-Phasen (Al_3 , $NbAl_3$ und $TaAl_3$) hingegen kristallisieren alle im TiAl₃-Typ²⁰. ïber weitere Anomalien in den Systemen Al und Ga, siehe *Gïrgis* (1970)²⁰.

¹⁵ *W. Rostoker* und *A. Yamamoto*, Trans. Amer. Soc. Met. **46**, 1136 (1954).

¹⁶ *R. P. Elliott*, T. R. Nr. 1 Contract AF 18(600)-642. Project Nr. B053 (1954).

¹⁷ *D. E. Williams* und *W. H. Pechin*, Trans. Amer. Soc. Met. **50**, 1081 (1958).

¹⁸ *E. I. Gladyshevskii*, *V. S. Telegus* und *V. Ya. Markiv*, Kristallografiya **8**, 738 (1964).

¹⁹ *H. G. Meissner* und *K. Schubert*, Z. Metallkde. **56**, 475 (1965).

²⁰ *K. Gïrgis*, Mh. Chem. **101**, 721 (1970).

Eine andere Ausnahme zeigt die Phase NbNi_3 ²¹, die im Cu_3Ti -Typ (oP8) kristallisiert.

4. Die Strukturtypen MgZn_2 (hP12) und MgCu_2 (cF24) sind reichlich vertreten, hingegen sind nur 3 Vertreter des MgNi_2 - (hP24)-Strukturtyps bekannt. Die drei Strukturtypen (*Laves*-Phasen) haben einen idealen Radienquotienten von $r_A/r_B = 1,225$. Berechnen wir die Radienverhältnisse für die hier vorliegenden binären Vertreter, so ergeben sich Werte von 1,07 bis 1,30 (Tab. 3, Atomradien für $KZ = 12$ nach *Goldschmidt*¹ eingesetzt).

Auf Grund des relativ kleinen Atomradius kann Vanadium sowohl als *A*- als auch als *B*-Atom in den AB_2 -*Laves*-Phasen auftreten, als *A*-Atom in VBe_2 , als *B*-Atom in ZrV_2 , HfV_2 und TaV_2 . Es bestehen keine Literaturangaben über die Existenz von VCo_2 -, VCr_2 -, VFe_2 -, VMn_2 -, VZn_2 -, HfNb_2 -, ZrNb_2 -, HfTa_2 -, TaZn_2 - und ZrTa_2 -„Phasen“. Aus rein geometrischer Überlegung, was die Radienquotienten betrifft, könnten diese Verbindungen in einem *Laves*-Strukturtyp kristallisieren (außer VMn_2 und VZn_2). Die Radienquotienten betragen gemäß Tab. 4 1,06—1,10 (abgesehen von VMn_2 mit 1,04 und VZn_2 mit 1,01). Nach *Dwight* (1961)²² variieren die *Goldschmidt*-Radienquotienten der *Laves*-Phasen²³ von 1,05 bis 1,68. Er fügt hinzu, daß der Hauptfaktor für die Bildung von *Laves*-Phasen in der Fähigkeit des Partners bestehen soll, sich zu kontrahieren oder auszudehnen, so daß sich der Quotient dem Wert 1,225 nähert. Dieser Umstand erschwert die Voraussage des Auftretens einer Legierung in einer der *Laves*-Phasen.

Tabelle 4. Phasen, die in einer der *Laves*-Phasen kristallisieren könnten

Phase	r_A/r_B	Phase	r_A/r_B
VCo_2	1,08	HfNb_2	1,08
VCr_2	1,06	ZrNb_2	1,09
VFe_2	1,07	HfTa_2	1,09
VMn_2	1,04	TaZn_2	1,07
VZn_2	1,01	ZrTa_2	1,10

5. Von den auftretenden Strukturtypen besitzen die folgenden 10 oder mehr Vertreter:

²¹ E. N. Pylaeva, E. I. Gladyshevskii und P. I. Kripjakevic, J. Neorg. Khim. **3**, 1626 (1958).

²² A. E. Dwight, Trans. Amer. Soc. Metals **53**, 479 (1961).

²³ F. Laves, Crystal Structure and Atomic Size, Theory of Alloy Phases, p. 124. American Society for Metals. 1956.

Typ	Bezeichnung	Anzahl Vertreter
Cr_3Si	cP8	83
MgZn_2	hP12	46
W	cI2	30
Sigma	tP30	26
CrSi_2	hP9	25
TiAl_3	tI8	21
MgCu_2	cF24	20
Mn_5Si_3	hP16	19
CFe_3W_3	cF112	17
$\alpha\text{-Mn}$	cI58	15
E-NiSiTi	oP12	15
AuCu_3	cP4	14
AlCu_2Mn	cF16	14
W_5Si_3	tI32	12
$\text{Cu}_{16}\text{Mg}_6\text{Si}_7$	cF116	11
NaCl	cF8	10