

7 Zusammenfassung und Ausblick

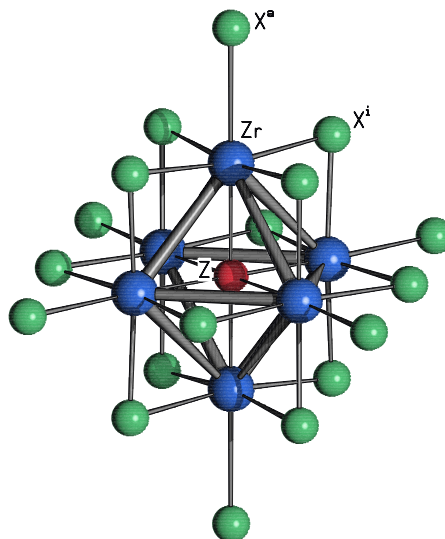
7.1 Zusammenfassung

Cluster-Verbindungen früher Übergangsmetalle stellen aufgrund ihrer Strukturvielfalt und ihrer oftmals ungewöhnlichen physikalischen Eigenschaften ein interessantes wissenschaftliches Untersuchungsgebiet dar.

In diesem Bereich war das übergeordnete Ziel der durchgeführten Untersuchungen einerseits das Verständnis der Beziehungen von Zusammensetzung, strukturellem Aufbau und Eigenschaften von Cluster-Verbindungen früher Übergangsmetalle verständlicher zu machen, andererseits neue Cluster-Verbindungen zu synthetisieren, ihren strukturellen Aufbau mittels vollständiger Röntgenstrukturuntersuchungen zu ermitteln und gegebenenfalls ihre Eigenschaften zu untersuchen.

Diese generelle Zielsetzung war Leitfaden in vier voneinander abgegrenzten Themengebieten, denen allen das Vorliegen von Metall-Clustern gemeinsam ist, während der Grad der Cluster-Kondensation sie voneinander trennt.

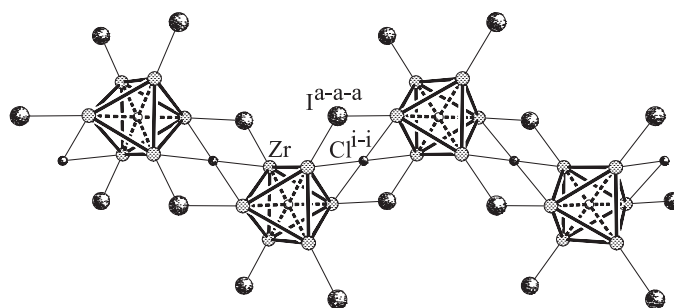
Unter dem Oberbegriff **Reduzierte Zirconiumhalogenid-Verbindungen** ist das Gebiet der Gemischthalogenidzirconium-Cluster-Verbindungen systematisch erarbeitet worden. In allen erstmalig synthetisierten Verbindungen liegen (Zr_6Z) -Oktaeder vor, die von einem interstitiellen Element Z zentriert und über deren Kanten (X^i) und Spitzen (X^a) insgesamt achtzehn Halogenatome X angeordnet sind (siehe nebenstehende Abbildung). In der Gruppe der Verbindungen mit einem Zr/X-Gesamtverhältnis von 6/12 wurden $[(Zr_6Be)Cl_{1.65(4)}I_{10.35}]$ und $[(Zr_6B)Cl_{1.27(3)}I_{10.73}]$ strukturell charakterisiert. Eine Substitution von I durch Cl wird nur auf den inneren, d.h. nicht Cluster-verbrückenden Halogenlagen be-



obachtet. Eine detaillierte Analyse der mit den Substitutionen einhergehenden strukturellen Veränderungen gegenüber den reinen Iodiden zeigt eine deutliche Verringerung des sogenannten Matrix-Effektes, d.h. Bindungslängenveränderungen aufgrund von Abstoßungskräften zwischen benachbarten Halogenatomen. Die Auswertung der Guinier-Diagramme der Produkte einer Serie von Reaktionen ergab als Phasenbreiten für $[(\text{Zr}_6\text{B})\text{I}_6(\text{Cl}_x\text{I}_{6-x})]$ $0 \leq x \leq 1.5$, für $[(\text{Zr}_6\text{Be})\text{I}_6(\text{Cl}_x\text{I}_{6-x})]$ $0 \leq x \leq 1.4$ sowie für $[(\text{Zr}_6\text{Be})\text{Cl}_6(\text{Cl}_{6-x}\text{I}_x)^i]$ $0 \leq x \leq 3.2$.

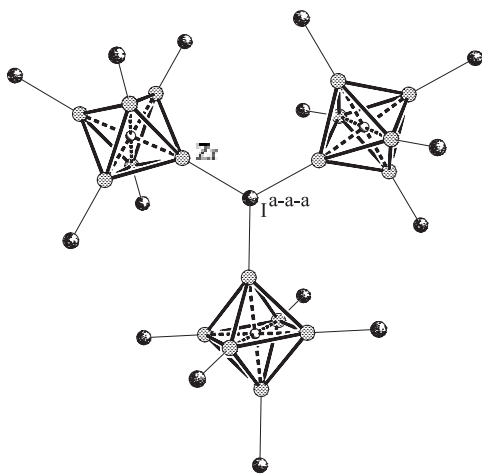
In dem Cl-reichen Regime von alkalimetallkationenfreien Reaktionsansätzen mit B als Quelle für interstitielle Atome wurde zunächst eine Gemischt-halogenidstruktur gefunden, die sich von der des $[(\text{Zr}_6\text{B})\text{Cl}_{13}]$ ableitet, wobei $[(\text{Zr}_6\text{B})\text{Cl}_{11.47(2)}\text{I}_{1.53}]$ in einer höhersymmetrischen Raumgruppe (tetragonal, $\text{P4}_2/\text{mm}$) als $[(\text{Zr}_6\text{B})\text{Cl}_{13}]$ (orthorhombisch, Pnmm) kristallisiert. Diese Symmetrieänderung, die durch den Einbau von I in das Gitter von $[(\text{Zr}_6\text{B})\text{Cl}_{13}]$ auftritt, resultiert aus kurzen $\text{Cl}\cdots\text{Cl}$ -Kontakten, die in der iodfreien Struktur zu gewellten Clusterschichten entlang $[110]$ führen, in den iodhaltigen Vertretern mit etwas aufgeweiteter Struktur aber nicht mehr existieren. In dieser Struktur sind Cluster über bisher selten gefundene, planar von vier Zr-Atomen umgebene Cl^{i-i} -Atome zu linearen Ketten verknüpft, die weiter über μ_3 -verbrückende Cl^{a-a-a} -Atome zu einem dreidimensionalen Netzwerk zusammengefügt sind.

In ähnlichen Reaktionssystemen wurde auch ein neuer Strukturtyp gefunden. Er ist mit dem des $[(\text{Zr}_6\text{B})\text{Cl}_{13}]$ insoweit verwandt, als daß auch Cluster-verbrückende μ_4 - Cl^{i-i} -Atome vorliegen. Jedoch resul-



tieren daraus Zickzack-Ketten von Clustern, wobei der weitere dreidimensionale Strukturaufbau über μ_3 - I^{a-a-a} -Funktionen erfolgt (siehe obige Abbildung). Kristalle dieser Phase liegen stets als Mehrlinge vor.

Auch in dem System mit einem Zr/Halogen-Verhältnis von 6/14 wurde ein neuer Strukturtyp charakterisiert. Die einzelnen Vertreter der Phase



$A_y[(Zr_6B)Cl_6^i I_{6/3}^{a-a-a} (Cl_{6-x} I_x)]$ kristallisieren kubisch ($Pa\bar{3}$) mit $A = Na$, $y = 1$; $A = Ba$, Sr , Ca , $y = 0.5$. Vollständige Kristallstrukturen wurden von $Na[(Zr_6B)Cl_{10.94(1)}I_{3.06}]$ und $Sr_{0.5}[(Zr_6B)Cl_{12.34(2)}I_{2.66}]$ bestimmt. Es liegt eine Cluster-Verknüpfung ausschließlich über dreifach verbrückende exo-Iodatome (I^{a-a-a}) vor (siehe nebenstehende Abbildung). Die Phasenbreite der natriumhaltigen Verbindung ist $0 \leq x \leq 6$. Auch hier läßt

sich das Ausmaß der Substitution der Cl-Lagen durch I mit dem Platzbedarf der Halogenatome korrelieren, wobei das Vorliegen größerer I- neben kleineren Cl-Atomen eine notwendige Voraussetzung für die Ausbildung dieses Strukturtyps ist.

Aus Reaktionsansätzen, in denen ein I:Cl-Verhältnis oberhalb von 8/6 vorlag, resultierten Gemischthalogenid-Cluster-Verbindungen mit bekannter $[Nb_6Cl_{14}]$ -Struktur (orthorhombisch $Cmca$), von denen $Na[(Zr_6B)Cl_{5.87(4)}I_{8.13}]$ und $Cs[(Zr_6B)Cl_{2.16(5)}I_{11.84}]$ strukturell charakterisiert wurden.

Die Verwendung cäsiumhaltiger Ausgangsmaterialien führte zu einer Reihe neuer Verbindungen mit interessanten strukturellen Eigenschaften. Iodfreie Ansätze lieferten die Verbindungen $Cs_{1.32(1)}[(Zr_6B)Cl_{15}]$ ($K[(Zr_6C)Cl_{15}]$ -Struktur) und $Cs_3[(Zr_6B)Cl_{15}] \cdot [ZrCl_5]$ (isotyp zu $Cs_3[(Zr_6Mn)Cl_{15}] \cdot [ZrCl_5]$), die in den Reaktionsprodukten nebeneinander vorliegen. Ein geringer Iodanteil ($Cl/I = 14.5/0.5$) in den Edukten führt zu einer Gemischthalogenidvariante der letzteren Doppelsalzstruktur: $Cs_3[(Zr_6B)Cl_{14.57(2)}I_{0.43}] \cdot [ZrCl_5]$. Interessanterweise findet hier die Iodsubstitution nicht auf Cl^i -, sondern auf Cluster-verbrückenden Cl^{a-a} -Lagen statt. Strukturchemisch führt dieses nicht zu problematisch kurzen $I \cdots X$ - oder $I \cdots Zr$ -Abständen, da die I-Atome bei unveränderter (Zr_6B) -Anordnung mit einem spitzen $Zr-I-Zr$ -Winkel längerer $Zr-I$ -Abstände ausbilden. Bei einer graduellen Steigerung des Iodanteils wird dann zunächst eine zu $K[(Zr_6C)Cl_{15}]$ isotype Gemischthalogenidvariante (strukturell wurde $Cs_2[(Zr_6B)Cl_{10.81(4)}I_{4.19}]$ charakterisiert), sowie

eine davon abgeleitete monokline Variante mit niedrigerer Symmetrie (Raumgruppe P2/c, verglichen mit Pmma) erhalten. Der graduelle Einbau von Iod auf Xⁱ-Lagen macht diesen Symmetrieabbau plausibel. Schließlich wird bei noch iodreicheren Reaktionsansätzen wieder die orthorhombische K[(Zr₆C)Cl₁₅]-Struktur gebildet.

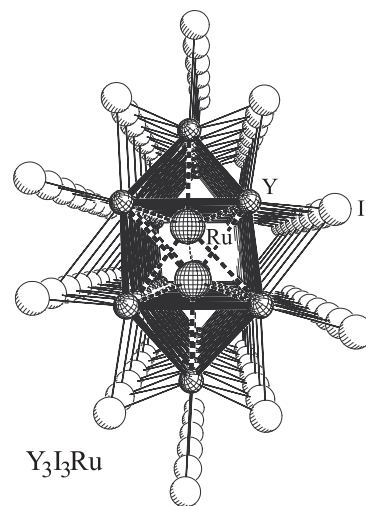
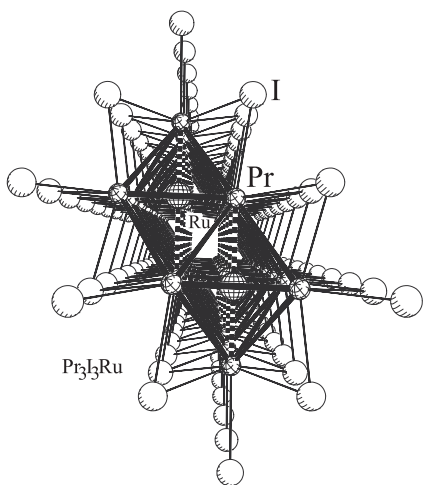
Die Ausarbeitung der Strukturchemie von Gemischthalogenidzirconium-Cluster-Verbindungen zeigt, daß nicht nur neue Cluster-Strukturen durch den jeweiligen Platzbedarf zweier unterschiedlicher Halogenatomsorten ermöglicht werden, sondern der Einbau eines andersartigen Halogentyps X' in eine Zr-X-Cluster-Struktur als Sonde zur Abschätzung der Bedeutung einzelner strukturchemischer Größen genutzt werden kann. Dieses erweitert das Verständnis der Materialeigenschaften dieser Substanzklasse erheblich.

In dem Themengebiet **Neue molekulare Cluster-Verbindungen aus Festkörper-Precursoren** wurden zunächst einige grundlegende Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die bisher sehr begrenzte Anzahl reduktionsstabiler Reaktionsmedien zu erweitern, die es erlauben, intakte Cluster in Lösung zu bringen (aus Festkörpern zu *excisieren*). Es stellte sich heraus, daß bei Raumtemperatur flüssige Mischungen aus 1-Ethyl-3-methylimidazolylbromid und AlBr₃ Cluster aus Festkörper-Precursoren deutlich schneller excisieren als die vergleichbaren Chloride. Solche Excisions-Experimente führten zur erstmaligen Isolierung von reinen Zr-Cluster-Bromiden aus flüssigen Reaktionsmedien, wobei die Kristallstrukturen von (1-Et-3-Me-Im)₄[(Zr₆Be)Br₁₈] und (1-Et-3-Me-Im)₄[(Zr₆Fe)Br₁₈] (1-Et-3-Me-Im = 1-Ethyl-3-methylimidazolylkation) aufgeklärt wurden. Bei diesen Synthesen wurden sämtliche Cl-Liganden durch Br ausgetauscht. Das gleiche trifft für die Präparation der Verbindung [Ph₄P]₆[(Zr₆C)Br₁₈][ZrBr₆] zu, die durch Cluster-Excision von K[(Zr₆C)Cl₁₅] mittels Acetonitril bei Anwesenheit eines Überschusses von [Ph₄P]Br erhalten wurde.

Umsetzungen von K[(Zr₆Fe)Cl₁₅] lieferten überraschenderweise Kristalle von [K₄(FeCl₄)(C₁₂H₂₄O₆)₄][Fe₄S₄Cl₄], in denen neben komplexen [K₄(FeCl₄)(18-Krone-6)₄]^{2⊕}-Ionen isolierte [Fe₄S₄Cl₄]^{2⊖}-Cuban-Ionen vorliegen. Beide Struktureinheiten weisen ideale T_d-Symmetrie auf.

In dem Themengebiet **Seltenerdmetallhalogenide** wurden wichtige Beiträge zum Verständnis des strukturellen Aufbaus eindimensional kondensierter, monoklin kristallisierender Cluster-Verbindungen des Typs SE_3I_3Z (SE: Seltenerdmetall, Z: Interstitial) durch eine detaillierte theoretische Untersuchung der Bindungsverhältnisse erarbeitet. Innerhalb einer Serie isoelektronischer Verbindungen beobachtet man deutliche Unterschiede in der Anordnungen der SE-Atome. Die Extrema dieser Anordnungen lassen sich einerseits als Ketten aus trans-eckenverknüpften SE-Doppeloktaedern (**BO**, z.B. in Pr_3I_3Ru oder La_3I_3Ru), andererseits als Ketten aus trans-eckenverknüpften, quadratischen SE_5Z -Pyramiden beschreiben (siehe Abbildungen auf dieser Seite), deren Grundflächen sich gegeneinander verschoben gegenüberliegen (**BQP**, z.B. in Y_3I_3Ru).

Die Auswertung der Ergebnisse elektronischer Bandstrukturrechnungen (Extended-Hückel-Methode) zeigt, daß in der **BQP**-Anordnung stärkere Metall-Metall-Bindungen vorliegen als in der **BO**-Anordnung. Die Ursache für diese Unterschiede der Bindungsstärken ist in dem Unterschied der Valenzorbitalenergien ΔE des Seltenerdmetalls und des Interstitials zu sehen. Ein kleines ΔE führt aufgrund besseren Mischens der metallzentrierten Atomorbitale zu stärker kovalenten SE-SE- und SE-Z-Bindungen, während ein größeres ΔE zu stärker ionischen Bindungsanteilen und einer größeren negativen Ladung auf den elektronegativeren interstitiellen Atomen führt. Eine kurze qualitative Betrachtung anderer Verbindungen vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse läßt den Schluß zu, daß das ΔE nicht nur bei den betrachteten, monoklinen SE_3I_3Z -Verbindungen Einfluß nimmt, sondern ein Faktor von genereller Bedeutung in vielen Cluster-Strukturen



ist.

In dem vierten Themengebiet, **Metallreiche Sulfide**, wurde die dreidimensional kondensierte Cluster-Phase Nb_{21}S_8 eingehend untersucht. Es gelang, Nb_{21}S_8 phasenrein zu präparieren. Die Untersuchung der Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit und der magnetischen Suszeptibilität ergab, daß Nb_{21}S_8 unterhalb von 3.9 K supraleitend ist. LMTO-TB-ASA-Bandstrukturrechnungen zeigten, daß in direkter Nähe des Fermi-Niveaus zwei Bänder sogenannte *van-Hove-Singularitäten* aufweisen, die in anderen supraleitenden Systemen als chemische Hinweise auf die Möglichkeit des Auftretens von Supraleitfähigkeit diskutiert worden sind. Somit ergibt sich nach sorgfältig durchgeführter Präparation von phasenreinem Nb_{21}S_8 aus Leitfähigkeits- und Suszeptibilitätsmessungen sowie theoretischen Berechnungen ein konsistentes Bild der physikalischen Eigenschaften dieser Verbindung.

7.2 Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit erzielten Ergebnisse legen eine Ausweitung der Untersuchungen auf solche Bereiche nahe, in denen mit weiteren interessanten Ergebnissen zu rechnen ist.

In dem Gebiet der **Reduzierte Zirconiumhalogenid-Verbindungen** der Art $A[(Zr_6Z)(X,X')_n]$ sind bisher überwiegend Gemischthalogenuidvertreter mit $X = Cl$ und $X' = I$ sowie $Z = B$ untersucht worden. Ergebnisse erster Reaktionsansätze mit $X = Cl$ und $X' = Br$ weisen bereits auf neue Strukturtypen hin. Mit der Variation des Halogentyps, Kationentyps, Interstitialatomtyps, etc. tut sich ein weites Forschungsgebiet auf. Auch eine Ausweitung auf fluoridhaltige Systeme erscheint vor dem Hintergrund der bisherigen Nichtexistenz reduzierter Zirconiumfluorid-Cluster-Verbindungen als lohnenswertes Betätigungsfeld. Weitere umfangreiche Untersuchungen mit dem Ziel der Synthese neuer Materialien lassen sich bei Verwendung zweier Sorten interstitieller Atome oder zweier Sorten früher Übergangsmetalle durchführen.

Das Themengebiet **Neue molekulare Cluster-Verbindungen aus Festkörper-Precursoren** steht erst am Anfang einer Entwicklung, die zu einer Vielzahl neuer und interessanter Materialien führen wird. Mit der im Rahmen dieser Arbeit eröffneten Möglichkeit eines reversiblen $Br \rightleftharpoons Cl$ -Austausches und der Cluster-Umsetzung in halogenfreien Schmelzen aus cyclischen Polyethern ist ein Zugang zu neuartigen Zirconium-Cluster-Verbindungen geschaffen worden, in denen neben Halogenatomen auch andersartige Liganden vorliegen. Solche Verbindungen sind über festkörperchemische Reaktionen nicht zugänglich.

Im Themengebiet **Seltenerdmetallhalogenide** müssen die vielversprechenden Ergebnisse, die bei der theoretischen Untersuchung der SE_3I_3Z -Verbindungen erhalten wurden, auf andere Systeme ausgeweitet und verifiziert werden. Dieses schließt nicht nur theoretische Untersuchungen, sondern auch präparative und strukturanalytische Untersuchungen mit ein, da es die erzielten Ergebnisse gestatten, strukturchemische Prognosen aufzustellen.

Schließlich ergeben sich auch in dem Themengebiet der **Metallreichen Sulfi-**

de theoretische und präparative Herausforderungen. Von vielen bisher strukturell untersuchten metallreichen Sulfiden liegen nur wenige präzise Untersuchungen der physikalischen Eigenschaften vor, die zunächst im Rahmen eines entsprechenden Arbeitsprogramms zu ermitteln sind. Dieses schließt Arbeiten zur Optimierung einzelner Eigenschaften (*rational design*) mit ein. So sollte eine geringfügige Erhöhung der Elektronenzahl in Nb_{21}S_8 durch Dotierung mit z.B. Mo oder W die Supraleitungssprungtemperatur erhöhen.

8 Liste der aus diesen Arbeiten bisher hervorgegangenen wissenschaftlichen Publikationen

- M. Köckerling, D. Johrendt & E. W. Finckh,
Superconductivity in Nb₂₁S₈, a Phase with Metal Cluster Chains,
J. Am. Chem. Soc., **1998**, *120*, 12297-12302.
- M. Köckerling,
New Boron-Centered Mixed-Halide Zirconium Cluster Phases with a Cubic Structure: NaZr₆Cl_{12-x}I_{2+x}B (x < 6) and A_{0.5}^(II)Zr₆(Cl,I)₁₄B (A^(II) = Ca, Sr, Ba),
Z. Anorg. Allg. Chem., **1999**, *625*, 24-30.
- M. Köckerling,
NaZr₆Cl_{10.94}I_{3.06}B: A Second Structure Type in the Zr₆X₁₄Z-Family of Reduced Zirconium Halides. Perspectives for an Even Larger Cluster Chemistry,
Inorg. Chem., **1998**, *37*, 380-381.
- M. Köckerling, R.-Y. Qi & J. D. Corbett,
The First Mixed-Halide Zirconium-Cluster Compounds: Zr₆Cl_{1.65}I_{10.35}Be, Zr₆Cl_{1.27}I_{10.73}B and Zr₆Cl_{11.47}I_{1.53}B. Matrix Effects and Halogen Substitution in Compact Network Structures,
Inorg. Chem., **1996**, *35*, 1437-1443.
- M. Köckerling & H. F. Franzen,
On the Borderline of Pauling's Bond Order Concept: Metal-Metal Bonding in Icosahedral Chains of Metal-Rich Tantalum-Sulfides,
Croatica Chimica Acta, (Special Issue on Metal Clusters), **1995**, *68*, 709-719.
- H. F. Franzen & M. Köckerling,
The Stabilization of Ternary Early Transition-Metal Sulfides and Phosphides at High Temperatures by Differential Site Occupancy,
Prog. Solid State Chem., **1995**, *23*, 265-289.

- M. Köckerling & E. Canadell,
Electronic Structure of the $M_{21}S_8$ ($M = Zr, Nb$) and $(M, M')_{21}S_8$ - ($M, M' = Hf, Ti, Nb, Ta$) Phases and Reasons for the Variations of the Metal Site Occupation,
Inorg. Chem., angenommen.
- M. Köckerling, J. B. Willems & P. D. Boyle,
 $Zr_6Cl_{11-x}I_{2+x}B$ ($0 \leq x \leq 6$): A Novel Mixed-Halide Structure with Zigzag-Chains of Clusters,
Inorg. Chem., angenommen.
- M. Köckerling,
Versatility in reduced Zirconium Halides: Crystal Structures and Phase-Widths of $A_2[(Zr_6B)I_xCl_{15-x}]$ ($A = Cs, Rb, K$),
 Manuskript in Vorbereitung.

9 Liste der erstmalig im Rahmen dieser Arbeiten synthetisierten und strukturell charakterisierten Verbindungen

Verbindung	Kristallsystem – Raumgruppe	Kapitel
$[(Zr_6Be)Cl_{1.7}I_{10.3}]$	rhomboedrisch – $R\bar{3}$	3.3
$[(Zr_6B)Cl_{1.3}I_{10.7}]$	rhomboedrisch – $R\bar{3}$	3.3
$[(Zr_6B)Cl_{11.5}I_{1.5}]$	tetragonal – $P4_2/mnm$	3.4
$[(Zr_6B)Cl_{6.4}I_{6.6}]$	orthorhombisch – $Pbcn$	3.4
$Na[(Zr_6B)Cl_{10.9}I_{3.1}]$	kubisch – $Pa\bar{3}$	3.5
$Sr_{0.5}[(Zr_6B)Cl_{11.3}I_{2.7}]$	kubisch – $Pa\bar{3}$	3.5
$Cs[(Zr_6B)Cl_{2.2}I_{11.8}]$	orthorhombisch – $Cmca$	3.5
$Na[(Zr_6B)Cl_{5.9}I_{8.1}]$	orthorhombisch – $Cmca$	3.5
$Cs_{1.3}[(Zr_6B)Cl_{15}]$	orthorhombisch – $Pmma$	3.6
$Cs_3[ZrCl_5][(Zr_6B)Cl_{15}]$	rhomboedrisch – $R\bar{3}c$	3.6
$Cs_3[ZrCl_5][(Zr_6B)Cl_{14.6}I_{0.4}]$	rhomboedrisch – $R\bar{3}c$	3.6
$Cs_2[(Zr_6B)Cl_{12.1}I_{2.9}]$	orthorhombisch – $Pmma$	3.6
$Cs_2[(Zr_6B)Cl_{10.8}I_{4.2}]$	monoklin – $P2/c$	3.6
$Cs_2[(Zr_6B)Cl_{8.8}I_{6.2}]$	orthorhombisch – $Pmma$	3.6
$(1-Et-3-Me-Im)_4[(Zr_6Be)Br_{18}]$	monoklin – $P2_1/c$	4
$(1-Et-3-Me-Im)_4[(Zr_6Fe)Br_{18}]$	monoklin – $P2_1/c$	4
$[Ph_4P]_6[(Zr_6C)Br_{18}][ZrBr_6]$	rhomboedrisch – $R\bar{3}$	4
$[K_4(FeCl_4)(C_{12}H_{24}O_6)_4][Fe_4S_4Cl_4]$	kubisch – $P23$	4

10 Literaturverzeichnis

Übersichtsartikel zum Thema *Metall-Cluster*

- [1] P. Braunstein, L. A. Oro & P. R. Raithby (Hrsg.), *Metal Clusters in Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, **1999**.
- [2] G. Schmid (Hrsg.), *Clusters and Colloids*, Verlag Chemie, Weinheim **1994**.
- [3] B. F. G. Johnson (Hrsg.), *Transition Metal Clusters*, Wiley, Chichester **1980**.
- [4] F. A. Cotton & R. A. Walton, *Multiple Bonds between Metal Atoms*, Oxford University Press, **1993**.
- [5] A. Simon, *Angew. Chem.*, **1981**, *93*, 23; *Int. Ed. Engl.*, **1981**, *20* 1.
- [6] A. Simon, *Chemie in unserer Zeit*, **1976**, *20*, 1.
- [7] A. Simon, *Angew. Chem.*, **1988**, *100*, 163; *Int. Ed. Engl.*, **1988**, *27*, 159.
- [8] G. Schmid, *Chem. Rev.*, **1992**, *92*, 1709.
- [9] A. Simon, *Pure & Appl. Chem.*, **1995**, *67*, 311.
- [10] T. Hughbanks in: *Inorganometallic Chemistry*, T. P. Fehlner (Hrsg.), Plenum Press, New York, **1992**, 289ff.
- [11] A. Simon, *J. Solid State Chem.*, **1985**, *57*, 2.
- [12] S. C. Lee & R. H. Holm, *Angew. Chem.*, **1990**, *102*, 868.
- [13] J. D. Corbett, *Prog. Solid State Chem.*, **1981**, *37*, 335.
- [14] J. D. Corbett & R. E. McCarley in: *Crystal Chemistry and Properties of Materials with Quasi-One -Dimensional Structures*, J. Rouxel (Hrsg.), D. Reidel Publisher **1986**, 179.
- [15] J.D. Corbett, *Acc. Chem. Res.*, **1981**, *14*, 239.
- [16] T. Hughbanks, *Prog. Solid State Chem.*, **1989**, *19*, 329.
- [17] A. Simon; Hj. Mattausch; G. J. Miller; W. Bauhofer & R. K. Kremer in *Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths*, Vol. 15 (Hrsg.: K. A. Jr. Gschneider & L. Eyring), North Holland, Amsterdam, **1991**, S. 191.

Literaturstellen zum Thema *Zirconiumhalogenide*

- [18] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *Acc. Chem. Res.*, **1989**, *22*, 256.
- [19] J. D. Corbett, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, **1996**, 575.
- [20] J. D. Corbett, in: *Modern Perspectives in Inorganic Crystal Chemistry*; E. Parthé (Hrsg.), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, **1992**, 27.
- [21] F. A. Cotton, T. Hughbanks, C. E. Runyan, Jr. & W. A. Wojtczak in: *Early transition metal clusters with π -donor ligands*, M. H. Chisholm (Hrsg.), VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, **1995**, 1.
- [22] J. D. Corbett, *J. Alloys Compd.*, **1995**, *229*, 10.
- [23] M. Köckerling, R.-Y. Qi & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1996**, *35*, 1437.
- [24] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1989**, *111*, 3272.
- [25] J. Zhang, R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1992**, *31*, 614.
- [26] R.-Y. Qi & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1998**, *139*, 85.
- [27] R.-Y. Qi, PhD-Dissertation, Iowa State University, Ames (IA, USA), **1993**.
- [28] J. Zhang & J. D. Corbett, *J. Less-Common Met.*, **1989**, *156*, 49.
- [29] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1989**, *28*, 626.
- [30] J. Zhang & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1991**, *30*, 431.
- [31] A. F. Hollemann & E. Wiberg, *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, 101. Auflage, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, **1995**.
- [32] G. Brauer (Hrsg.), *Handbuch der Präparativen Anorganischen Chemie*, Ferdinand Enke Verlag, 3. Auflage, Stuttgart **1975**.
- [33] G. Meyer, *Inorg. Synth.*, **1985**, *25*, 146.
- [34] A. G. Avent, P. A. Chaloner, M. P. Day, K. R. Seddon & T. Welton, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, **1994**, *105*, 3405.
- [35] Programm POW, *Pennsylvania State University*, PC-Adaption von M. Köckerling, Ames (IA, USA), **1993**.
- [36] M.-H. Whangbo & R. Hoffmann, *J. Am. Chem. Soc.*, **1978**, *100*, 6093.
- [37] J. H. Ammeter, H.-B. Birgi, J. Thibeault & R. Hoffmann, *J. Am. Chem. Soc.*, **1978**, *100*, 3686.

- [38] *EHMACC, A Program for Molecular and Crystal Calculations*, M.-H. Whangbo, R. Hoffmann, T. Hughbanks, M. Kertesz, S. Wijeyesekera, C. Wilker, C. Zheng & M. Evain, Dept. of Chemistry, Cornell University, Ithaca (N.Y., USA), and Dept. of Chemistry, North Carolina State University, Raleigh (N.C., USA), **1987**.
- [39] Programm EHMACC, PC-Adaption von M. Köckerling, Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, **1996**.
- [40] H. Schäfer, H. G. von Schnering, K.-J. Niehues & H. G. Nieder-Vahrenholz, *J. Less-Common Metals*, **1965**, *9*, 95.
- [41] F. Böttcher, A. Simon, R. K. Kremer, H. Buchkremer-Hermanns & J. K. Cockcroft, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1991**, *598/599*, 25.
- [42] A. Simon, F. Böttcher & J. K. Cockcroft, *Angew. Chem.*, **1991**, *103*, 79.
- [43] T. P. Braun & A. Simon, *Chem. Eur. J.*, **1996**, *2*, 131.
- [44] T. P. Braun, M. Mehring & A. Simon, *J. Am. Chem. Soc.*, **1996**, *118*, 7203.
- [45] D. Bauer & H.-G. von Schnering, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1968**, *361*, 259.
- [46] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *J. Less-Common Met.*, **1988**, *137*, 21.
- [47] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1987**, *109*, 4844.
- [48] R.-Y. Qi & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1995**, *34*, 1646.
- [49] J. Zhang & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1995**, *34*, 1652.
- [50] R.-Y. Qi & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1995**, *34*, 1657.
- [51] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1988**, *110*, 1132.
- [52] A. Simon, H.-G. von Schnering, H. Wöhrle & H. Schäfer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1965**, *339*, 155.
- [53] J. Zhang & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1994**, *109*, 265.
- [54] J. D. Smith & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1984**, *106*, 4618.
- [55] G. Rosenthal & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1988**, *27*, 53.
- [56] D. J. Hinz & G. Meyer, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, **1994**, 125.
- [57] J. D. Smith & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1985**, *107*, 5704.
- [58] J. D. Smith & J. D.; Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1986**, *108*, 1927.
- [59] R.-Y. Qi & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1997**, *36*, 6039.
- [60] J. Zhang & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1993**, *32*, 1566.

- [61] M. W. Payne & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1993**, *102*, 553.
- [62] J. Zhang & J. D. Corbett, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1991**, *598/599*, 363.
- [63] S. Ihmaine, C. Perrin, O. Peña & M. Sergent, *J. Less-Common Met.*, **1988**, *137*, 323.
- [64] H. Imoto, J. D. Corbett & A. Cisar, *Inorg. Chem.*, **1981**, *20*, 145.
- [65] R. E. Rundle, C. G. Shulla & E. O. Wollana, *Acta Cryst.*, **1952**, *5*, 22.
- [66] P. J. Chu, R. P. Ziebarth, J. D. Corbett & B. C. Gerstein, *J. Am. Chem. Soc.*, **1988**, *110*, 5324.
- [67] J. D. Corbett, J. Eckert, U. A. Jayasooriya, G. J. Kearley, R. P. White & J. Zhang, *J. Phys. Chem.*, **1993**, *97*, 8384.
- [68] R.-Y. Qi & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1994**, *33*, 5727.
- [69] A. F. Wells *Structural Inorganic Chemistry*, 5. Aufl., Clarendon Press, Oxford, **1984**.
- [70] D. H. Guthrie, G. Meyer & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1981**, *20*, 1192.
- [71] A. Lachgar, D. S. Dudis & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1990**, *29*, 2242.
- [72] S. I. Troyanov & V. I. Tsirelnikov, *Vestn. Mosk. Univ. Khim.*, **1973**, *28*, 67.
- [73] A. Cisar, J. D. Corbett & R. L. Daake, *Inorg. Chem.*, **1979**, *18*, 836.
- [74] J. D. Corbett, & D. H. Guthrie, *Inorg. Chem.*, **1982**, *21*, 1747.
- [75] D. H. Guthrie & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1981**, *37*, 256.
- [76] D. G. Adolphson & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1976**, *15*, 1820.
- [77] R. L. Daake & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1977**, *16*, 2029.
- [78] H. S. Marek, J. D. Corbett & R. L. Daake, *J. Less-Common Met.*, **1983**, *89*, 243.
- [79] S. D. Wijeyesekera & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1986**, *25*, 4709.
- [80] S. D. Wijeyesekera & J. D. Corbett, *Solid State Comm.*, **1985**, *54*, 657.
- [81] S. D. Wijeyesekera & J. D. Corbett, *J. Less-Common Met.*, **1987**, *131*, 209.
- [82] A. W. Struss & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1977**, *16*, 360.
- [83] S.-J. Hwu, R. P. Ziebarth, S. van Winbush, J. E. Ford & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1986**, *25*, 283.
- [84] R. P. Ziebarth, S.-J. Hwu & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1986**, *108*, 2594.

- [85] A. Fuertes, M. Vlassov, D. Beltrán-Porter, P. Alemany, E. Canadell, N. Casañ-Pastor & M. R. Palacín, *Chem. Mater.*, **1999**, *11*, 203.
- [86] A. M. Fogg, S. O. Evans & D. O'Hare, *Chem. Commun.*, **1998**, 2269.
- [87] S. Shamoto, T. Kato, Y. Ono, Y. Miyazaki, K. Ohoyama, M. Ohashi, Y. Yamaguchim & T. Kajitani, *Physica C*, **1998**, *306*, 7.
- [88] M. Vlassov, M. R. Palacín, D. Beltrán-Porter, J. Oró-Solé, E. Canadell, P. Alemany & A. Fuertes, *Inorg. Chem.*, **1999**, *38*, 4530 und dort zitierte Literatur.
- [89] J. Kleppinger, J. Wrazel, J. C. Calabrese & E. M. Larsen, *Inorg. Chem.*, **1980**, *19*, 3172.
- [90] T. P. Braun, A. Simon, F. Böttcher & F. Ueno, *Angew. Chem.*, **1995**, *107*, 647.
- [91] T. P. Braun, A. Simon, F. Ueno & F. Böttcher, *Eur. J. Solid State Chem.*, **1996**, *33*, 251.
- [92] M. Sägebath & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1990**, *587*, 119.
- [93] Die Datenreduktion wurde mit dem Programmpaket TEXSAN, Ver. 6.0, Molecular Structure Corp., The Woodlands, TX, **1990**, durchgeführt.
- [94] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1989**, *80*, 56.
- [95] J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1981**, *37*, 335.
- [96] T. Hughbanks, G. Rosenthal & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1988**, *110*, 1511.
- [97] A. J. M. Duisenberg, DIRAX: Indexing in Single-Crystal Diffractometry with an Obstinate List of Reflections, *J. Appl. Cryst.*, **1992**, *25*, 92.
- [98] L. J. Barbour, LAYER, Version 1.04, University of Missouri, **1995**.
- [99] R. P. Ziebarth & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1985**, *107*, 4571.
- [100] R. P. Ziebarth, PhD-Dissertation, Iowa State University, Ames (IA, USA), **1987**.
- [101] G. M. Sheldrick, Shelx-86, Universität Göttingen, **1986**.
- [102] T. Hahn (Hrsg.), *International Tables for Crystallography*. Vol. A, 2. Auflage, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, **1989**.
- [103] Y. Park & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1994**, *33*, 1705.
- [104] H. M. Artelt, F. Schleid & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, *620*, 1521.
- [105] ShelxTL-Plus, Strukturbestimmungs-Software, Vers. 4.2, Siemens Analytical X-ray Instruments Inc., Madison, WI (USA), **1991**.
- [106] G. M. Sheldrick, ShelxL-93, Programm zur Strukturverfeinerung, Universität Göttingen, **1993**.

- [107] G. M. Sheldrick, ShelxS-97 und ShelxL-97, Programme zur Strukturbestimmung, Universität Göttingen, **1997**.
- [108] A. Simon, H.-G. von Schnering, H. Wöhrle & H. Schäfer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1965**, *339*, 155.
- [109] D. Bauer, H.-G. von Schnering & H. Schäfer, *J. Less-Common Met.*, **1965**, *8*, 388.
- [110] R. D. Shannon, *Acta Cryst.*, **1976**, *A32*, 751.

Literaturstellen zum Thema *Molekulare Cluster*

- [111] S. C. Lee & R. H. Holm, *Angew. Chem.*, **1990**, *102*, 868.
- [112] F. Rogel & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1990**, *112*, 8198.
- [113] F. Rogel, J. Zhang, M. W. Payne & J. D. Corbett, in: *Electron Transfer in Biology and the Solid State*, M. K. Johnson, R. B. King, D. M. Kurtz Jr., C. Kutal, M. L. Norton & R. A. Scott (Hrsg.), American Chemical Society, Washington, DC, **1990**, 367ff.
- [114] F. Rogel, Ph. D. Thesis, Iowa State University, **1990**.
- [115] Y. Tian & T. Hughbanks, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1996**, *622*, 425.
- [116] J. D. Harris & T. Hughbanks, *J. Cluster Sci.*, **1997**, *8*, 521.
- [117] R. J. Gale & R. A. Osteryoung, in: *Molten Salt Techniques*, D. G. Lovering & R. J. Gale (Hrsg.), Plenum Press, New York, **1983**.
- [118] C. L. Hussey, in: *Advances in Molten Salt Chemistry*, G. Mamantov (Hrsg.), Elsevier, Amsterdam, **1983**.
- [119] J. S. Wilkes, J. A. Levisky, R. A. Wilson & C. L. Hussey, *Inorg. Chem.*, **1982**, *21*, 1263.
- [120] I.-W. Sun, E. H. Ward & C. L. Hussey, *Inorg. Chem.*, **1987**, *26*, 4309.
- [121] C. E. Runyan, Jr., & T. Hughbanks, *J. Am. Chem. Soc.*, **1994**, *116*, 7909.
- [122] Y. Tian & T. Hughbanks, *Inorg. Chem.*, **1995**, *34*, 6250.
- [123] X. Xie & T. Hughbanks, *Angew. Chem.*, **1999**, *111*, 1894.
- [124] D. Sun & T. Hughbanks, *Inorg. Chem.*, **1999**, *38*, 992.
- [125] X. Xie, J. H. Reibespies & T. Hughbanks, *J. Am. Chem. Soc.*, **1998**, *120*, 11391.
- [126] M. R. Bond & T. Hughbanks, *Inorg. Chem.*, **1992**, *31*, 5015.

- [127] J. D. Harries & T. Hughbanks, *J. Am. Chem. Soc.*, **1997**, *119*, 9449.
- [128] L. Chen, F. A. Cotton & W. A. Wojtczak, *Angew. Chem.*, **1995**, *107*, 2050.
- [129] L. Chen, F. A. Cotton & W. A. Wojtczak, *Inorg. Chem.*, **1997**, *36*, 4047.
- [130] L. Chen, F. A. Cotton & W. A. Wojtczak, *Inorg. Chem.*, **1996**, *35*, 2988.
- [131] L. Chen, F. A. Cotton & W. A. Wojtczak, *Inorg. Chim. Acta*, **1996**, *252*, 239.
- [132] F. A. Cotton & W. A. Wojtczak, *Acta Cryst.*, **1994**, *C50*, 1662 und dort zitierte Literatur.
- [133] F. A. Cotton, J. Lu, M. Shang & W. A. Wojtczak, *J. Am. Chem. Soc.*, **1994**, *116*, 4364.
- [134] B. Krebs & G. Henkel, *Angew. Chem.*, **1991**, *103*, 785; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1991**, *30*, 769; und dort zitierte Literatur.
- [135] R. Cammack, *Inorg. Chem.*, **1992**, *38*, 281.
- [136] M. A. Bobrik, K. O. Hodgen & R. H. Holm, *Inorg. Chem.*, **1977**, *16*, 1851.
- [137] M.-J. Carney, G. C. Papaefthymiou, R. B. Frankel & R. H. Holm, *Inorg. Chem.*, **1989**, *28*, 1497.

Literaturstellen zum Thema *Seltenerdmetallhalogenide*

- [138] G. Meyer, *Chem. Rev.*, **1988**, *88*, 93.
- [139] M. W. Payne & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1990**, *29*, 2246.
- [140] T. Hughbanks & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1989**, *28*, 631.
- [141] R. Llusar & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1994**, *33*, 849.
- [142] D. S. Dudis & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1987**, *26*, 1933.
- [143] T. Hughbanks & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1988**, *27*, 2022.
- [144] D. S. Dudis, J. D. Corbett & S.-H. Hwu, *Inorg. Chem.*, **1986**, *25*, 3434.
- [145] S.-H. Hwu & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1986**, *64*, 331.
- [146] Y. Park & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1994**, *33*, 1705.
- [147] M. Lulei, J. D. Martin & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1996**, *125*, 249.
- [148] S.-T. Hong, L. M. Hoistad & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1999**, *38*, 3831.
- [149] H. M. Artelt & G. Meyer, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, **1992**, 1320.

- [150] H. M. Artelt, T. Schleid & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1992**, 618, 18.
- [151] S. Uma & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1998**, 37, 1944.
- [152] H. M. Artelt & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1993**, 619, 1.
- [153] M. Lulei & J. D. Corbett, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1996**, 622, 1677.
- [154] S. Uma, J. D. Martin & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1999**, 38, 3825.
- [155] S. Uma & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1999**, 38, 3831.
- [156] H. M. Artelt, T. Schleid & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, 620, 1521.
- [157] M. Lulei & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1996**, 35, 4048.
- [158] A. Simon, *J. Solid State Chem.*, **1985**, 57, 2.
- [159] E. Warkentin, R. Masse & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1982**, 491, 323.
- [160] A. Simon, E. Warkentin & R. Masse, *Angew. Chem.*, **1981**, 93, 1071.
- [161] S. Uhrlandt, H. M. Artelt & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, 620, 1532.
- [162] D. J. Hinz & G. Meyer, *Z. Krist.*, **1995**, 210, 958.
- [163] D. J. Hinz & G. Meyer, *Z. Krist.*, **1995**, 210, 957.
- [164] H. M. Artelt & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, 620, 1527.
- [165] M. Lulei, P. A. Maggard & J. D. Corbett, *Angew. Chem.*, **1996**, 108, 1798.
- [166] M. Lulei, J. D. Martin, L. M. Hoistad & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1997**, 119, 513.
- [167] Hj. Mattausch, H. Borrmann, R. Eger, R. K. Kremer & A. Simon, *Z. Naturforsch.*, **1995**, 50b, 931.
- [168] F. Steffen & G. Meyer, *Z. Naturforsch.*, **1995**, 50b, 1570.
- [169] M. W. Payne, M. Ebihara & J. D. Corbett, *Angew. Chem.*, **1991**, 103, 842; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1991**, 30, 856.
- [170] S. J. Steinwand & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1996**, 35, 7056.
- [171] S. J. Steinwand, J. D. Corbett & J. D. Martin, *Inorg. Chem.*, **1997**, 36, 6413.
- [172] M. Ebihara, J. D. Martin & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1994**, 33, 2079.
- [173] M. Lulei, *Inorg. Chem.*, **1998**, 37, 777.
- [174] A. Simon & T. Koehler, *J. Less-Common Met.*, **1987**, 116, 279.

- [175] G. M. Ehrlich, M. E. Badding, N. E. Brese, S. S. Trail & F. J. DiSalvo, *J. Alloys Compd.*, **1996**, *235*, 133.
- [176] Hj. Mattausch & A. Simon, *Z. Krist.*, **1996**, *211*, 398.
- [177] T. Schleid & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1987**, *553*, 231.
- [178] T. Schleid & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1987**, *554*, 118.
- [179] T. Schleid & G. Meyer, *J. Less-Common Met.*, **1987**, *127*, 161.
- [180] M. W. Payne, P. K. Dorhout & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1991**, *30*, 1467.
- [181] Y. Park, J. D. Martin & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1997**, *129*, 277.
- [182] S. M. Kauzlarich, T. Hughbanks, J. D. Corbett, P. Klavins & R. N. Shelton, *Inorg. Chem.*, **1988**, *27*, 1791.
- [183] D. Nagaki, A. Simon & H. Borrmann *J. Less-Common Met.*, **1989**, *156*, 193.
- [184] K. Berroth & A. Simon, *J. Less-Common Met.*, **1980**, *76*, 41.
- [185] S.-J. Hwu, D. S. Dudis & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1987**, *26*, 469.
- [186] S.-J.Hwu, & J. D. Corbett, *J. Solid State Chem.*, **1986**, *64*, 331.
- [187] C. Schwarz & A. Simon, *Z. Naturforsch.*, **1987**, *42B*, 935.
- [188] A. Simon & E. Warkentin *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1983**, *497*, 79.
- [189] S. Uhrland & G. Meyer, *Z. Krist.*, **1995**, *210*, 361.
- [190] Hj. Mattausch, H. Borrmann, R. Eger, R. K. Kremer & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, *620*, 1889.
- [191] H. Ließ, H.-J. Meyer & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1996**, *622*, 494.
- [192] M. Lulei & J. D. Corbett, *Eur. J. Solid State Inorg. Chem.*, **1996**, *33*, 241.
- [193] M. Lulei, S. J. Steinwand & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1995**, *34*, 2671.
- [194] H. Mattfeld & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, *620*, 85.
- [195] A. Simon & T. Koehler, *J. Less-Common Metals*, **1986**, *116*, 279.
- [196] H.-J. Meyer, N. L. Jones & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1989**, *28*, 2635.
- [197] U. Schwanitz-Schüller & A. Simon, *Z. Naturforsch.*, **1985**, *40B*, 705.
- [198] D. A. Lokken & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1970**, *92*, 799.
- [199] D. A. Lokken & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1973**, *12*, 556.

- [200] Hj. Mattausch, J. B. Hendricks, R. Eger, J. D. Corbett & A. Simon, *Inorg. Chem.*, **1980**, *19*, 2128.
- [201] A. Simon, N. Holzer & Hj. Mattausch, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1979**, *456*, 207.
- [202] J. E. Mee & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1965**, *4*, 88.
- [203] P. K. Dorhout & J. D. Corbett, *J. Am. Chem. Soc.*, **1992**, *114*, 1697.
- [204] M. W. Payne, P. K. Dorhout, S.-J. Kim, T. Hughbanks & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1992**, *31*, 1389.
- [205] Hj. Mattausch, R. K. Kremer, A. Simon & W. Bauhofer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1993**, *619*, 741.
- [206] Hj. Mattausch, C. Schwarz & A. Simon, *Z. Krist.*, **1987**, *178*, 156.
- [207] S.-J. Hwu, J. D. Corbett & K. R. Poeppelmeier, *J. Solid State Chem.*, **1985**, *57*, 43.
- [208] F. J. DiSalvo, J. V. Waszczak, W. M. Walsh, Jr., L. W. Rupp, Jr. & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1985**, *24*, 4624.
- [209] S. M. Kauzlarich, M. W. Payne & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1990**, *19*, 3777.
- [210] T. Schleid & G. Meyer, *Z. Krist.*, **1994**, *209*, 371.
- [211] T. Schleid & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1987**, *552*, 90.
- [212] U. Schwanitz-Schüller & A. Simon, *Z. Naturforsch.*, **1985**, *40B*, 710.
- [213] Hj. Mattausch, R. Eger & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1991**, *597*, 145.
- [214] J. K. Cockcroft, R. K. Kremer, Hj. Mattausch & A. Simon, *J. Alloys Compd.*, **1992**, *183*, 241.
- [215] G. J. Miller, J. K. Burdett, C. Schwarz & A. Simon, *Inorg. Chem.*, **1986**, *25*, 4437.
- [216] Hj. Mattausch, R. K. Kremer & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1995**, *621*, 1001.
- [217] Hj. Mattausch, R. K. Kremer, R. Eger & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1992**, *609*, 7.
- [218] A. Simon, *Angew. Chem.*, **1997**, *109*, 1872.
- [219] M. Bäcker, A. Simon, R. K. Kremer, Hj. Mattausch, R. Dronskowski & J. Rouxel, *Angew. Chem.*, **1996**, *108*, 837.
- [220] A. Simon, A. Yoshiasa, M. Bäcker, R. W. Henn, C. Felser, R. K. Kremer & Hj. Mattausch, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1996**, *622*, 123.

- [221] A. Simon, Hj. Mattausch, R. Eger & R. K. Kremer, *Angew. Chem.*, **1991**, *103*, 1210.
- [222] A. Simon, *Angew. Chem.*, **1987**, *99*, 602.
- [223] K. Ahn, Hj. Mattausch & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1997**, *623*, 619.
- [224] R. W. Henn, W. Schnelle, R. K. Kremer & A. Simon, *Phys. Rev. Lett.*, **1996**, *77*, 374.
- [225] K. Ahn, Hj. Mattausch & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1998**, *624*, 175.
- [226] C. Bauhofer, Hj. Mattausch, G. J. Miller, W. Bauhofer, R. K. Kremer & A. Simon, *J. Less-Common Met.*, **1990**, *167*, 65.
- [227] Hj. Mattausch & A. Simon, *Z. Krist.*, **1995**, *210*, 63.
- [228] M. Ruck & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1993**, *619*, 327.
- [229] S.-T. Hong, J. D. Martin & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1998**, *37*, 3385.
- [230] J. K. Cockcroft, W. Bauhofer, Hj. Mattausch & A. Simon, *J. Less-Common Met.*, **1989**, *152*, 227.
- [231] Hj. Mattausch, W. Schramm, R. Eger & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1985**, *530*, 43.
- [232] Hj. Mattausch, A. Simon & K. R. A. Ziebeck, *J. Less-Common Met.*, **1985**, *113*, 149.
- [233] G. Meyer, S.-J. Hwu, S. D. Wijeyesekera & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1986**, *25*, 4811.
- [234] A. Simon, Hj. Mattausch & R. Eger, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1987**, *550*, 50.
- [235] F. Ueno, K. R. A. Ziebeck, Hj. Mattausch & A. Simon, *Rev. Chim. Miner.*, **1984**, *21*, 804.
- [236] Hj. Mattausch, R. Eger, J. D. Corbett & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1992**, *616*, 157.
- [237] C. Bauhofer, Hj. Mattausch, R. K. Kremer & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1995**, *621*, 1501.
- [238] Hj. Mattausch & A. Simon, *Angew. Chem.*, **1995**, *107*, 1764.
- [239] H. Mattfeld, K. Krämer & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1993**, *619*, 1384.
- [240] O. Oeckler, V. Duppel, Hj. Mattausch & A. Simon, *Inorg. Chem.*, **1999**, *38*, 1767.

- [241] Hj. Mattausch, A. Simon, C. Felser & R. Dronskowski, *Angew. Chem.*, **1996**, *108*, 1805.
- [242] E. Warkentin & A. Simon, *Rev. Chim. Miner.*, **1983**, *20*, 488.
- [243] P. K. Dorhout, M. W. Payne & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1991**, *30*, 4960.
- [244] G. Meyer & S. Uhrland, *Angew. Chem.*, **1993**, *105*, 1379.
- [245] T. Heuer, F. Steffen & G. Meyer, *Eur. J. Solid State Inorg. Chem.*, **1996**, *33*, 265.
- [246] S. Uhrland, T. Heuer & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1995**, *621*, 1299.
- [247] S. Uhrland, & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1995**, *621*, 1466.
- [248] S. Uhrland, & G. Meyer, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, *620*, 1872.
- [249] J. D. Martin & J. D. Corbett, *Angew. Chem.*, **1995**, *107*, 234.
- [250] M. Lulei & J. D. Corbett, *Angew. Chem.*, **1995**, *107*, 2463.
- [251] Hj. Mattausch, O. Oeckler & A. Simon, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1999**, *625*, 297.
- [252] Hj. Mattausch & A. Simon, *Angew. Chem.*, **1998**, *110*, 498.
- [253] P. Pykkö & L. L. Lohr, Jr., *Inorg. Chem.*, **1981**, *20*, 1950.
- [254] A. Vela & J. L. Gázquez, *J. Phys. Chem.*, **1988**, *92*, 5688.
- [255] E. Clementi & C. Roetti, *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **1974**, *14*, 177.
- [256] M. Köckerling & J. D. Martin, *Inorg. Chem.*, *Manuskript eingereicht*.
- [257] R. C. West (Hrsg.) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 65. Auflg., **1985**, CRC Press, Boca Raton, S. E63-E64.
- [258] W. B. Pearson *The Crystal Chemistry and Physics of Metals and Alloys*, Wiley-Interscience, New York, **1972**, S. 151.
- [259] R. G. Pearson, *Inorg. Chem.*, **1988**, *27*, 734.

Literaturstellen zum Thema *Metallreiche Chalkogenide*

- [260] P. Rouxel (Hrsg.), *Crystal Chemistry and Properties of Materials with Quasi One-Dimensional Structures*, Reidel, Dordrecht **1986**.
- [261] B. W. Eichhorn, *Prog. Inorg. Chem.*, **1994**, *42*, 139.
- [262] W. Tremel, H. Kleinke, V. Derstroff & C. Reisner, *J. Alloys Compd.*, **1995**, *219*, 73.

- [263] T. Hughbanks, *J. Alloys Compd.*, **1995**, *229*, 40.
- [264] F. Hulliger, *Structure and Bonding (Berlin)*, **1968**, *4*, 83.
- [265] P. M. Keane, Y.-J. Lu & J. A. Ibers, *Acc. Chem. Res.*, **1991**, *24*, 223.
- [266] S. A. Sunshine, D. A. Keszler & J. A. Ibers, *Acc. Chem. Res.*, **1987**, *20*, 395.
- [267] M. G. Kanatzidis, *Chem. Mater.*, **1990**, *2*, 353.
- [268] R. W. G. Wyckoff, *Crystal Structures*, Vol. 2, Wiley-Interscience, New York, **1964**.
- [269] W. B. Pearson, *Pearson's Handbook of Crystallographic Data for Intermetallic Phases*, P. Villars & L. C. Calvert, (Hrsg.), American Society for Metals, Metals Park, OH (USA), **1985**.
- [270] C. N. R. Rao & K. P. R. Pisharody, *Prog. Solid State Chem.*, **1976**, *10*, 207.
- [271] F. Jellinek, in: *International Review of Science, Inorganic Chemistry*, Vol. 5, Butterworth, London, **1972**.
- [272] R. Schöllhorn, in: *Inclusion Compounds*, Vol. I, J. L. Atwood, J. E. D. Davies & D. D. MacNicol, (Hrsg.), Academic Press, London, **1984**, S. 249.
- [273] O. Peha & M. Sergent, *Prog. Solid State Chem.*, **1989**, *19*, 165.
- [274] W. Bronger, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1981**, *20*, 52.
- [275] M. S. Whittingham, *Prog. Solid State Chem.*, **1978**, *12*, 41.
- [276] H. F. Franzen, *Prog. Solid State Chem.*, **1978**, *12*, 1.
- [277] H. F. Franzen & M. Köckerling, *Prog. Solid State Chem.*, **1995**, *23*, 265.
- [278] X. Yao, G. Marking & H. F. Franzen, *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.*, **1992**, *96*, 1552.
- [279] H. F. Franzen & J. Graham, *Z. Krist.*, **1966**, *123*, 133.
- [280] B. Harbrecht & H. F. Franzen, *Z. Krist.*, **1989**, *186*, 119.
- [281] C. Wang & T. Hughbanks, *Inorg. Chem.*, **1995**, *34*, 5524 und dort zitierte Literatur.
- [282] J. P. Owens & H. F. Franzen, *Acta Cryst.*, **1974**, *B30*, 427.
- [283] B. R. Conard & H. F. Franzen, *High Temp. Sci.*, **1971**, *3*, 49.
- [284] H.-Y. Chen, R. T. Tuenge & H. F. Franzen, *Inorg. Chem.*, **1973**, *12*, 552.
- [285] O. Beckermann, H. Boller & H. Nowotny, *Monatsh. Chem.*, **1970**, *101*, 945.

- [286] R. P. Ziebarth, J. K. Vassiliou & F. J. DiSalvo, *J. Less-Common Met.*, **1989**, 156, 207.
- [287] H. F. Franzen, T. A. Beineke & B. R. Conard *Acta Cryst.*, **1968**, B24, 412.
- [288] J. P. Owens, B. R. Conard & H. F. Franzen, *Acta Cryst.*, **1967**, 23, 77.
- [289] H. F. Franzen, J. Smeggil & B. R. Conard *Mater. Res. Bull.*, **1967**, 2, 1087.
- [290] B. Harbrecht, *Z. Krist.*, **1988**, 182, 118.
- [291] X. Yao & H. F. Franzen, *J. Less-Common Met.*, **1990**, 161, L37.
- [292] B. Harbrecht & V. Wagner, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1994**, 620, 969.
- [293] A. Hårsta & E. Wennebo, *Acta Chem. Scand.*, **1981**, A35, 227.
- [294] A. Hårsta, *J. Solid State Chem.*, **1985**, 57, 362.
- [295] G. A. Marking & H. F. Franzen, *J. Am. Chem. Soc.*, **1993**, 115, 6126.
- [296] H. F. Franzen & J. G. Smeggil, *Acta Cryst.*, **1970**, B26, 125.
- [297] B. Harbrecht, *J. Less-Common Met.*, **1988**, 138, 225.
- [298] H. F. Franzen & J. G. Smeggil, *Acta Cryst.*, **1969**, B25, 1736.
- [299] H. Wada & M. Onoda, *Mater. Res. Bull.*, **1989**, 24, 191.
- [300] S. J. Kim, K. S. Nanjundaswamy & T. Hughbanks, *Inorg. Chem.*, **1991**, 30, 159.
- [301] B. Harbrecht & H. F. Franzen, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1987**, 551, 74.
- [302] S. Debus & B. Harbrecht, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **2000**, 626, 173.
- [303] H. F. Franzen, V. W. Dejong & B. R. Conard, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **1966**, 28, 3052.
- [304] B. Harbrecht, V. Wagner & C. Pietzonka, *J. Solid State Chem.*, **1998**, 139, 45.
- [305] B. Harbrecht & H. F. Franzen, *J. Less-Common Met.*, **1985**, 113, 349.
- [306] B. Harbrecht, *J. Less-Common Met.*, **1986**, 124, 125.
- [307] X. Yao & H. F. Franzen, *J. Alloys Compd.*, **1992**, 182, 299.
- [308] K. S. Nanjundaswamy & T. Hughbanks, *J. Solid State Chem.*, **1992**, 98, 278.
- [309] X. Yao & H. F. Franzen, *J. Solid State Chem.*, **1990**, 86, 88.
- [310] X. Yao, G. J. Miller & H. F. Franzen, *J. Alloys Compd.*, **1992**, 183, 7.
- [311] X. Yao & H. F. Franzen, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1991**, 598, 353.

- [312] X. Yao & H. F. Franzen, *J. Am. Chem. Soc.*, **1991**, *113*, 1426.
- [313] Z. Wang, D. C. Johnston, X. Yao & H. F. Franzen, *Physica*, **1995**, *C252*, 138.
- [314] G. A. Marking & H. F. Franzen, *J. Am. Chem. Soc.*, **1993**, *115*, 6126.
- [315] H.-Y. Chen & H. F. Franzen, *Acta Cryst.*, **1972**, *B28*, 1399.
- [316] B. Harbrecht & T. Degen, *7. Tagung Festkörperanalytik*, (GDCh) Chemnitz, **1993**, 136.
- [317] T. Degen & B. Harbrecht, *Angew. Chem.*, **1995**, *107*, 1226.
- [318] T. Degen & B. Harbrecht, *Acta Cryst.*, **1995**, *C51*, 2218.
- [319] H.-J. Meyer & J. D. Corbett, *Inorg. Chem.*, **1991**, *30*, 963.
- [320] P. W. Selwood, *Magnetochemistry*, Interscience Publishers, New York, **1963**, 78ff.
- [321] O. K. Andersen, *Phys. Rev.*, **1975**, *B12*, 3060.
- [322] O. K. Andersen & O. Jepsen, *Phys. Rev. Lett.*, **1984**, *53*, 2571.
- [323] O. Jepsen & O. K. Andersen, *Z. Phys.*, **1995**, *B97*, 35.
- [324] O. Jepsen & O. K. Andersen, *Solid State Comm.*, **1971**, *9*, 1763.
- [325] G. Krier, O. Jepsen & O. K. Andersen, *unpubliziert*.
- [326] C. P. Poole, Jr., H. A. Farach & R. J. Creswick, *Superconductivity*, Academic Press, New York, **1995**.
- [327] H. Schäfer & W. Fuhr, *J. Less-Common Met.*, **1965**, *8*, 375.
- [328] B. G. Hyde, S. Anderson, *Inorganic Crystal Structures*, J. Wiley & Sons, New York, **1989**, S. 356ff.
- [329] H. Kleinke & H. F. Franzen, *Inorg. Chem.*, **1996**, *35*, 5272.
- [330] R. C. Weast, M. J. Astle & W. H. Beyer (Hrsg.), *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 65. Auflage, CRC Press, Boca Raton, **1984**.
- [331] S. Nagata, T. Aochi, T. Abe, S. Ebisu, T. Hagino, Y. Seki & K. Tsutsumi, *J. Phys. Chem. Solids*, **1992**, *53*, 1259.
- [332] O. K. Andersen, *Phys. Rev.*, **1975**, *B12*, 3060.
- [333] O. K. Andersen & O. Jepsen, *Phys. Rev. Lett.*, **1984**, *53*, 2571.
- [334] O. Jepsen & O. K. Andersen, *Z. Phys.*, **1995**, *B97*, 35.
- [335] W. Buckel, *Supraleitung*, VCH Publishers, Weinheim, **1994**.
- [336] C. Felser, S. Cramm, D. Johrendt, A. Mewis, O. Jepsen, G. Hohlneicher, W. Eberhardt, O. K. Andersen, *Euro. Phys. Lett.*, **1997**, *40*, 85.

LEBENS LAUF – WISSENSCHAFTLICHER WERDEGANG

Dr. Martin Köckerling

Geburtsdatum, -ort	06.07.1965, Olsberg
Staatsangehörigkeit	deutsch
Eltern	Wilhelm und Erika Köckerling, geb. Kemmerling
Familienstand	ledig
Schul Ausbildung	
August 1971 – Juli 1975	St. Ludgerusgrundschule in Alme
August 1975 – Mai 1984	Priv. Mauritiusgymnasium in Büren
16.06.1984	Abitur
Hochschulausbildung	
August 1984 (WS 84/85)	Immatrikulation an der Westf. Wilhelmsuniversität in Münster im Fach Diplomchemie
September 1985	Immatrikulation im Fach Diplomphysik
10.02.1987	Diplom-Chemiker-Vorprüfung
20.10.1988	mündl. Diplom-Chemiker-Hauptprüfung
26.09.1989	Diplom-Examen
Oktober 1989	Beginn der Dissertation bei Prof. Dr. G. Henkel an der Universität–GH Duisburg
07.09.1992	Promotion zum Dr. rer. nat. an der Universität–GH Duisburg
01.11.92	Beginn eines Post-Doktoranden Aufenthaltes bei Prof. Dr. J. D. Corbett in Ames, Iowa (USA)
01.12.94 – heute	Beginn der Forschungsarbeiten zur Habilitation an der Gerhard-Mercator-Universität–GH Duisburg

Berufserfahrung

Febr./März 1987

Werkstudent Hüls AG, Marl

1988 - 1989

studentische Hilfskraft, Universitäten Münster und

Duisburg

1989 - 1992

wissenschaftlicher Angestellter, formal Universität
Münster, Arbeitsausübung an der Universität Duisburg

1997 - heute

Geschäftsführer von KCT

1998 - heute

wissenschaftlicher Assistent (C1) an der
Gerhard-Mercator-Universität-GH Duisburg

Auslandsaufenthalte

1992 - 1994

als Feodor-Lynen-Stipendiat an der Iowa State
University (Ames, USA) bei Prof. Dr. J. D. Corbett

Mai/Juni 1996

als DFG-Stipendiat an der North Carolina State
University (Raleigh, USA) bei Prof. Dr. J. D. Martin

März/April 1997

als DFG-Stipendiat an der North Carolina
State University (Raleigh, USA) bei Prof. Dr. J. D. Martin

Mai 1997

an der Iowa State University (Ames, USA) bei
Prof. Dr. J. D. Corbett

Juni - Aug. 1997

als Heinrich-Hertz-Stipendiat am Institut de Ciència de
Materials de Barcelona (Spanien) bei Prof. Dr. E. Canadell

Juni 1998

am Institut de Ciència de Materials de Barcelona
(Spanien) bei Prof. Dr. E. Canadell

Nov. 1998

als Alexander-von-Humboldt-Stipendiat an der North
Carolina State University (Raleigh, USA) bei

Sept. 2000

Prof. Dr. J. D. Martin und Prof. Dr. M. Whangbo
am Institut de Ciència de Materials de Barcelona
bei Prof. Dr. E. Canadell und Dr. P. Ordejón

Stipendien

1990 – 1991	Kekulé-Stipendiat
Nov. 1992	Studienabschluß-Stipendium des Fonds der Chemischen Industrie
Nov. 1992 – Okt. 1994	Feodor-Lynen Stipendiat der Alexander-von-Humboldt-Stiftung
Juni 1995 – Mai 1997	Postdoktoranden-Stipendiat der DFG

Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Gesellschaften:

- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)
- American Chemical Society
- Sigma Xi – Scientific Research Society

DANK

Zum Abschluß möchte ich mich bei allen Personen, die mir bei der Anfertigung dieser Arbeit in der einen oder anderen Form behilflich waren, herzlich bedanken.

Ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. JOHN D. CORBETT, als dessen Schüler ich die Methoden der modernen Festkörperchemie erlernen konnte. Auch sei allen Mitgliedern des Arbeitskreises von Herrn Prof. Dr. CORBETT, sowie Herrn Prof. Dr. H. F. FRANZEN und Herrn Prof. Dr. G. J. MILLER in Ames für ihre Unterstützung und das freundliche Arbeitsklima gedankt.

Für kristallographische Messungen danke ich Herrn Dr. G. KREINER (Universität Dortmund) und Herrn Dr. M. WICKLEDER (Universität Köln).

Herrn Prof. Dr. E. CANADELL danke ich für die Gelegenheit, Kenntnisse über theoretische Methoden während zweier Aufenthalte in Barcelona zu vertiefen.

Für ein sehr gutes Kooperationsklima danke ich Herrn Prof. Dr. J. D. MARTIN und Herrn R. SULLIVAN in Raleigh/NC (USA).

Allen Mitgliedern des Arbeitskreises von Herrn Prof. Dr. G. HENKEL, insbesondere auch Frau VON DER WARTH, möchte ich für ihr kooperatives Arbeitsklima und allen F-Praktikanten für ihren Einsatz danken.

Herrn Prof. Dr. A. MEWIS und Herrn Dr. H. WUNDERLICH danke ich für die Gelegenheit, Guinier-Aufnahmen in Düsseldorf durchführen zu dürfen.

Herrn H. WILLEMS danke ich für seinen Arbeitseifer während seiner Diplomarbeit.

Dank für finanzielle Unterstützung gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ein Postdoktorandenstipendium und eine Sachbeihilfe, dem Fonds der chemischen Industrie, dem Land Nordrhein-Westfalen für ein Stipendium der Heinrich-Hertz-Stiftung und der Alexander-von-Humboldt-Stiftung für ein Feodor-Lynen-Stipendium, welches mir den Aufenthalt im Arbeitskreis von Prof. Dr. J. D. CORBETT ermöglichte.

Schließlich gilt mein Dank meiner Freundin, Frau SVETLANA STARTSEVA, die mir bei der Fertigstellung dieser Arbeit hilfreich zur Seite stand.