

# Inhaltsverzeichnis

Geleitwort.....	V
Danksagung.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	XIII
Tabellenverzeichnis.....	XXIII
Abkürzungsverzeichnis.....	XXV

## 1 Einleitung ..... 1

## 2 Stand der Forschung..... 3

- 2.1 Strukturelle Übersicht und physikalische Eigenschaften  
von  $\text{Cs}_2\text{CuCl}_4$ ,  $\text{Cs}_2\text{CuBr}_4$  und dem Mischsystem  $\text{Cs}_2\text{CuCl}_{4-x}\text{Br}_x$ ..... 3
- 2.2 Strukturell-chemische Aspekte von Kronenether-Verbindungen..... 11

## 3 Grundlagen ..... 17

- 3.1 Grundlagen der Kristallisation..... 17
- 3.2 Züchtungsmethoden..... 20
  - 3.2.1 Kristallzüchtung aus Lösung..... 20
  - 3.2.2 Kristallisation aus einer Schmelze ..... 22
- 3.3 Grundlagen des Magnetismus..... 25
- 3.4 Thermische Ausdehnung..... 29

## 4 Charakterisierungsmethoden ..... 31

- 4.1 Differenzthermoanalyse (DTA)..... 31
- 4.2 Röntgendiffraktometrie ..... 37
- 4.3 Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Analyse  
(EDX)..... 41
- 4.4 Polarisationsmikroskopie ..... 44
  - Das Polarisationsmikroskop ..... 47
- 4.5 Messung magnetischer Eigenschaften..... 47

<b>5</b>	<b>Ergebnisse der Züchtung für das Mischsystem</b>	
	<b>Cs<sub>2</sub>CuCl<sub>4-x</sub>Br<sub>x</sub> .....</b>	<b>51</b>
5.1	Ergebnisse der Züchtung von Einkristallen	
	aus wässriger Lösung und deren Charakterisierung .....	51
5.1.1	Randsysteme Cs <sub>2</sub> CuCl <sub>4</sub> und Cs <sub>2</sub> CuBr <sub>4</sub> .....	51
5.1.2	Mischsystem Cs <sub>2</sub> CuCl <sub>4-x</sub> Br <sub>x</sub> .....	62
5.2	Charakterisierung der Ergebnisse aus wässriger Lösung .....	64
5.2.1	EDX-Untersuchungen verschiedener Phasen .....	64
5.2.2	Röntgenpulverdiffraktometrie-Untersuchung .....	67
5.2.3	Strukturelle Untersuchung der neuen Phase Cs <sub>3</sub> Cu <sub>3</sub> Cl <sub>8</sub> OH .....	81
5.3	Diskussion der Kristallzüchtung aus wässriger Lösung .....	84
5.4	Ergebnisse der Züchtung aus der Schmelze .....	91
5.4.1	Untersuchungen zum Cs <sub>2</sub> CuCl <sub>4</sub> -Cs <sub>2</sub> CuBr <sub>4</sub> Phasendiagramm .....	91
5.4.2	Einfluss des Züchtungsverfahrens (Lösung oder Schmelze)	
	auf die Kristallstruktur .....	97
5.4.3	Bridgmanzüchtung .....	101
5.4.4	Substitution mit Rb und K .....	106
	5.4.4.1 Züchtung von Cs <sub>2-x</sub> Rb <sub>x</sub> CuBr <sub>4</sub> mit der	
	Bridgmanmethode .....	107
	5.4.4.2 Charakterisierung von Cs <sub>2-x</sub> Rb <sub>x</sub> CuBr <sub>4</sub> .....	108
5.5	Zusammenfassung .....	110
<b>6</b>	<b>Röntgenpulverdiffraktometrie bei tiefen Temperaturen.</b>	<b>113</b>
<b>7</b>	<b>Physikalische Eigenschaften der orthorhombischen</b>	
	<b>und tetragonalen Phase des Mischsystems .....</b>	<b>123</b>
<b>8</b>	<b>Einkristalle mit Kronenethermolekülen: Züchtung und</b>	
	<b>Eigenschaften .....</b>	<b>133</b>
8.1	Substitution mit Kronenethermolekülen .....	133
8.1.1	Kristallzüchtung aus wässriger Lösung von	
	Cs <sub>2</sub> (C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>6</sub> )(H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> Cl <sub>2,2</sub> H <sub>2</sub> O und	
	Cs(C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>6</sub> )(H <sub>2</sub> O)Br H <sub>2</sub> O .....	137
8.1.2	Kristallisationszüchtung aus wässriger Lösung des Systems	
	CsBr-[C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>6</sub> ]-CuBr <sub>2</sub> .....	141
8.1.3	Kristallisationszüchtung der Systeme CsBr-[C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>6</sub> ]-	
	CuBr <sub>2</sub> und CsCl-[C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>6</sub> ]-CuCl <sub>2</sub> aus einer	
	Lösungsmischung aus 1-Propanol und 2-Propanol .....	144

8.2	Idee eines „Baukastensystems“ für die Modellierung von Einflussparametern auf die Kristallzüchtung .....	149
8.2.1	Kristallzüchtung und Charakterisierung von Kupferchlorid und Kupferbromid mit $C_{10}H_{20}O_5$ .....	149
8.2.2	Kristallzüchtung und Charakterisierung von Kupferchlorid mit $C_8H_{16}O_4$ .....	155
8.2.3	Kristallzüchtung und Charakterisierung von Kupferchlorid und Kaliumchlorid mit $C_8H_{16}O_4$ .....	165
8.3	Diskussion und Ausblick .....	175
8.4	Zusammenfassung .....	176
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>179</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>181</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>189</b>
Anlage 5.1:	Die Messergebnisse der EDX-Untersuchung verschiedene Phasen der Kristallzüchtung bei 8°C .....	189
Anlage 5.2:	Verfeinerungsdaten für die orthorhombische Modifikation bei Zimmertemperatur .....	190
Anlage 5.3:	Ergebnisse der Verfeinerung für die orthorhombische Modifikation – Ergebnisse der Untersuchungen mittels Neutronenstreuung .....	191
Anlage 5.4:	Verfeinerungsdaten für die tetragonale Modifikation bei Zimmertemperatur .....	192
Anlage 5.5:	Verfeinerungsdaten für die Zusammensetzung $Cs_3Cu_3Cl_8OH$ bei 173K .....	193
Anlage 6.1:	Verfeinerungsdaten für die orthorhombische Modifikation von $Cs_2CuCl_4$ , $Cs_2CuCl_3Br$ , $Cs_2CuCl_2Br_2$ , $Cs_2CuBr_4$ bei 20K .....	194
Anlage 8.1:	Das Strukturbild der asymmetrischen Einheit für die beiden Zusammensetzungen: (1) $Cs_2(C_{12}H_{24}O_6)(H_2O)2Cl_2 \cdot 2H_2O$ und (2) $Cs(C_{12}H_{24}O_6)(H_2O)Br \cdot H_2O$ .....	195
Anlage 8.2:	Das Strukturbild der asymmetrischen Einheit für die $C_{36}H_{72}Cs_2O_{18}, 2(C_{24}H_{48}Br_4Cs_2CuO_{12}), Br_6Cu_2$ Zusammensetzung .....	196
Anlage 8.3:	Die Zusammensetzung $[CuCl_2(H_2O)_2]C_{12}H_{24}O_6 \cdot 2H_2O$ .....	197
Anlage 8.4:	Verfeinerungsdaten für die Zusammensetzung $K(C_8H_{16}O_4)_2CuCl_3 \cdot H_2O$ bei 173K .....	198
	<b>Verwendete Chemikalien .....</b>	<b>199</b>

<http://www.springer.com/978-3-658-11762-7>

Innovative und interdisziplinäre Kristallzüchtung  
Materialien mit abstimmbarem quantenkritischen  
Verhalten

van Well, N.

2016, XXV, 199 S. 108 Abb., 94 Abb. in Farbe.,  
Softcover

ISBN: 978-3-658-11762-7