



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Magnetische Eigenschaften von Materialien	1
1.2 Van-Vleck-Gleichung ^[1-3]	3
1.3 Single-Molecule Magnets (SMM)	4
1.4 Wahl der Liganden.....	8
1.5 Metal Organic Frameworks (MOFs)	11
1.6 Ziel dieser Arbeit	14
2. Kupfer-Koordinationscluster	15
2.1 [Cu ^{II} ₂₇ (μ ₄ -O) ₂ (OH) ₁₃ (OMe) ₇ (vanox) ₁₀ (NO ₃) ₈ (OH ₂) ₂ (MeOH) _{7½}](NO ₃) ₂ ·2H ₂ O·10½MeOH (1)	15
2.2 Magnetische Eigenschaften von Cu ₂₇ (1).....	21
2.3 [Cu ₁₂ (Br) ₈ (μ ₄ -O) ₂ (etosalox) _{3.74} (Br-etosalox) _{2.26} (MeOH) ₆ (OH ₂) ₂]-5MeOH (2).....	22
2.4 [Cu ₄ (vanpn) ₂ (μ ₂ -OMe) ₂ (μ-MeOH) ₂ (μ-Cl) ₂] (3).....	25
2.7 Zusammenfassung.....	28
3. Cu/4f-Verbindungen mit H₂vanox	29
3.1 [Cu ^{II} ₄ Dy ^{III} ₄ (vanox) ₆ (Hvanox) ₂ (NO ₃) ₄ (μ-OH) ₂ (μ-HOMe) ₂]-6MeOH (4)	29
3.2 Magnetische Eigenschaften von Cu ₄ Dy ₄ (4)	32
3.3 Cu ₄ Ln ₄ -Systeme	37
3.4 Vergleich der magnetischen Eigenschaften der Cu ₄ Ln ₄ -Verbindungen (5) bis (8)	39
3.5 [Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanox) ₂ (Hvanox) ₂ (NO ₃) ₄] (9)	43
3.6 Magnetische Eigenschaften von (9)	44
3.7 [Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanox) ₂ (Hvanox) ₂ (Br) ₂ (HOMe) ₄ (OH ₂) ₂]-Br ₂ ·2MeOH (10)	46
3.8 Magnetische Eigenschaften von (10)	47
3.9 Isostrukturelle Cu ₂ Ln ₂ -Systeme	48
3.10 Isostrukturelle Zn/4f-Verbindungen mit H ₂ vanox [Zn ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanox) ₂ (Hvanox) ₂ (NO ₃) ₄ (MeOH) ₂]-3H ₂ O (15)	50
3.11 Isostrukturelle Zn ₂ Ln ₂ -Strukturen.....	51
3.12 Magnetischen Eigenschaften von Zn ₂ Dy ₂ (15), Zn ₂ Tb ₂ (18) und Zn ₂ Ho ₂ (19)	52
3.13 Zusammenfassung.....	56
4. Cu/Dy-Verbindungen mit Schiffbasen	58
4.1 [Cu ^{II} ₆ Dy ^{III} ₃ (μ ₃ -OH) ₆ (vanen) ₆ (MeOH) ₄ (H ₂ O) ₂]-Br ₃ ·10MeOH (22)	58
4.2 Magnetische Eigenschaften von [Cu ₆ Dy ₃] (22).....	61
4.3 [Cu ₂ Dy ₄ (μ ₃ -OH) ₃ (vanmen) ₄ (Hvanmen)(NO ₃) ₄]-H ₂ O(23)	63
4.4 Magnetische Eigenschaften von [Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₄] (23).....	66
4.5 [Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanpn) ₄ (NO ₃) ₂]-2MeOH (24).....	68



4.6	[Cu ^{II} ₅ Dy ^{III} ₅ (μ ₄ -O)(μ ₃ -OH) ₃ (vanapd) ₃ (Hvanapd) ₄ (NO ₃) ₂ (MeOH) ₂]	34MeOH (25)	70	
4.7	Magnetische Eigenschaften von [Cu ^{II} ₅ Dy ^{III} ₅]	(25)	74	
4.8	[Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (μ ₃ -OMe) ₂ (vanaepd) ₂ (NO ₃) ₄]	2MeOH (26)	76	
4.9	[Cu ^{II} ₉ Dy ^{III} ₂ (μ ₃ -OH) ₄ (μ ₃ -Br) ₂ (vanaepd) ₄ (Hvanaepd) ₄ (Br) ₂ (NO ₃) ₂ (MeOH) ₄]	6MeOH (27)	78	
4.10	Magnetische Eigenschaften von [Cu ^{II} ₉ Dy ^{III} ₂]	(27)	81	
4.11	Zusammenfassung		83	
5.	Fe/4f-Koordinationskomplexe		85	
5.1	Fe ₆ Ln ₃ -Ringe - [Fe ₆ Tb ₃ (μ-OMe) ₉ (vanox) ₆ (benzoate) ₆]	(28)	85	
5.2	Isostrukturelle [Fe ₆ Ln ₃ (μ-OMe) ₉ (vanox) ₆ (benzoate) ₆]	- Ringstrukturen (29) bis (35)	87	
5.3	Magnetische Eigenschaften von (28) - (35)		89	
5.5	Fe ₆ Dy ₃ -Verbindungen mit unterschiedlich substituierten Benzoessäuren		94	
5.6	Vergleich der magnetischen Eigenschaften der Fe ₆ Dy ₃ -Verbindungen		96	
5.7	[FeDy ₃ (ina) ₆ (μ ₃ -OH) ₄ (H ₂ O) ₆]Cl _{1.2} (NO ₃) _{0.8} ·3.5H ₂ O·11H ₂ O	(47)	104	
5.8	Magnetische Eigenschaften von (47)		105	
5.10	Zusammenfassung		108	
6.	Metal-Organic-Frameworks (MOFs)		110	
6.1	[{Cu ₂ (piv) ₄ } ₂ (hmt)]	(48)	110	
6.2	[{Cu ₂ (piv) ₄ } ₃ (urotropin) ₂]	2CH ₂ Cl ₂ (49)	116	
6.3	[Cu ₁₂ Dy ₆ (μ ₃ -OH) ₂₄ (piv) ₁₈ (μ ₉ -NO ₃)]	(50)	118	
6.4	[Cu ₂ Gd(piv) ₇ (H ₂ O)] _∞ - Kette	(51)	122	
6.4	Zusammenfassung		124	
7.	Zusammenfassung		125	
8.	Experimenteller Teil		129	
8.1	Ligand-Synthese H ₂ vanox		129	
8.2	[Cu ^{II} ₂₇ (μ ₄ -O) ₂ (OH) ₁₃ (OMe) ₇ (vanox) ₁₀ (NO ₃) ₈ (OH ₂) ₂ (MeOH) _{7½}](NO ₃) ₂ ·2H ₂ O·10½MeOH	(1)	129	
8.3	[Cu ₁₂ (Br) ₈ (μ ₄ -O) ₂ (etosalox) _{3.74} (Br-etosalox) _{2.26} (MeOH) ₆ (OH ₂) ₂]	5H ₂ O (2)	130	
8.4	[Cu ₄ (vanpn) ₂ (μ ₂ -OMe) ₂ (μ-MeOH) ₂ (μ-Cl) ₂]	(3)	130	
8.5	[Cu ^{II} ₄ Dy ^{III} ₄ (μ-OH) ₂ (vanox) ₆ (Hvanox) ₂ (NO ₃) ₄ (μ-HOMe) ₂]	6MeOH (4)	131	
8.6	[Cu ^{II} ₄ Tb ^{III} ₄]	(5) bis [Cu ^{II} ₄ Y ^{III} ₄]	(8)	131
8.7	[Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanox) ₂ (Hvanox) ₂ (NO ₃) ₄]	(9)	132	
8.8	[Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanox) ₂ (Hvanox) ₂ (Br) ₂ (HOMe) ₄ (OH ₂) ₂]	2MeOH (10)	132	
8.9	[Cu ₂ Gd ₂]	(11) bis [Cu ₂ Y ₂]	(14)	133
8.10	[Zn ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanox) ₂ (Hvanox) ₂ (NO ₃) ₄ (MeOH) ₂]	3H ₂ O (15)	134	
8.11	[Zn ₂ Eu ₂]	(16) bis [Zn ₂ Y ₂]	(21)	134
8.12	[Cu ^{II} ₆ Dy ^{III} ₃ (μ ₃ -OH) ₆ (vanen) ₆ (MeOH) ₄ (H ₂ O) ₂]	Br ₂ ·10MeOH (22)	136	



8.13	[Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₄ (μ ₃ -OH) ₃ (vanmen) ₄ (Hvanmen)(NO ₃) ₄]·H ₂ O (23)	136
8.14	[Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (vanpn) ₄ (NO ₃) ₂]·2MeOH (24)	137
8.15	[Cu ^{II} ₅ Dy ^{III} ₅ (μ ₄ -O)(μ ₃ -OH) ₃ (vanapd) ₃ (Hvanapd) ₄ (NO ₃) ₂ (MeOH) ₂]·34MeOH (25)	137
8.16	[Cu ^{II} ₂ Dy ^{III} ₂ (μ ₃ -OMe) ₂ (vanaepd) ₂ (NO ₃) ₄]·2MeOH (26)	138
8.17	[Cu ^{II} ₉ Dy ^{III} ₂ (μ ₃ -OH) ₄ (μ ₃ -Br) ₂ (vanaepd) ₄ (Hvanaepd) ₄ (Br) ₂ (NO ₃) ₂ (MeOH) ₄]·6MeOH (27)	138
8.18	[Fe ₆ Tb ₃ (μ-OMe) ₉ (vanox) ₆ (benzoate) ₆]·4H ₂ O·7MeOH (28)	138
8.19	[Fe ₆ Dy ₃] (29) bis [Fe ₆ Y ₃] (35)	139
8.20	Verschieden substituierte [Fe ₆ Dy ₃]-Komplexe (36) bis (46) und [FeDy ₃] (47)	141
8.21	[{Cu ₂ (piv) ₄ }(hmt)] (48)	144
8.22	[{Cu ₂ (piv) ₄ }(urotropin) ₂]·2CH ₂ Cl ₂ (49)	144
8.23	[Cu ₁₂ Dy ₆ (μ ₃ -OH) ₂₄ (piv) ₁₈ (μ ₉ -NO ₃)] (50)	145
8.24	[Cu ₂ Gd(piv) ₇ (H ₂ O)] (51)	145
9.	Charakterisierungsmethoden	146
9.1	FT-IR-Spektroskopie	146
9.2	Elementaranalyse	146
9.3	Röntgenpulverdiffraktometrie	146
9.5	SQUID-Messungen	147
9.6	NMR-Spektroskopie	147
10.	Kristallstrukturdaten	148
11.	Literaturverzeichnis	161
12.	Anhang	164
12.1	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Aminobenzoessäure (36)	164
12.2	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Methylbenzoessäure (38)	165
12.3	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Fluorbenzoessäure (39)	166
12.4	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Chlorbenzoessäure (40)	167
12.5	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Bromobenzoessäure (41)	168
12.6	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Hydroxybenzoessäure (42)	169
12.7	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Azidobenzoessäure (44)	170
12.8	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-Nitrobenzoessäure (45)	171
12.9	Fe ₆ Dy ₃ mit 4-tButylbenzoessäure (46)	172
12.10	Verzeichnis der nummerierten Verbindungen	173
12.11	Abbildungsverzeichnis	174
12.12	Tabellenverzeichnis	178
Danksagung		180
Lebenslauf		182