

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Theoretischer Hintergrund	3
2.1 Halbleiter	3
2.1.1 Die Bandstruktur in Festkörpern	3
2.1.2 Elektrische Leitfähigkeit	5
2.1.3 Effektive Masse	6
2.1.4 Verwendete Halbleitermaterialien	7
2.2 Nanokristalle	7
2.2.1 Der Größenquantisierungseffekt	7
2.2.2 Elektronische Struktur von CdSe-Nanopartikeln	8
2.2.3 Optische Eigenschaften von CdSe-Nanopartikeln	10
2.2.4 Synthese von Nanokristallen	11
2.2.5 Halbleiter-Halbleiter-Grenzflächen	13
2.2.6 Oberflächenpassivierung	15
2.3 Energietransfer	16
2.3.1 Förster-Resonanzenergietransfer	16
2.3.2 Förster-Transfer in isotroper Lösung	18
2.3.3 Förster-Transfer zwischen Halbleiternanopartikeln	19
2.4 Elektronentransfer	20
2.4.1 Die Marcus-Theorie	20
2.4.2 Dynamische Fluoreszenzlösung	22
2.4.3 Statische Fluoreszenzlösung	23
2.4.4 Gemischte Fluoreszenzlösung	24
2.5 Kurvenanpassung von Fluoreszenzzerfällen	24
2.5.1 Der exponentielle Zerfall	24
2.5.2 Die gestreckte Exponentialfunktion	25
2.5.3 Die Anfangssteigung der Akzeptorfluoreszenz	26
2.6 Heterostrukturen aus Halbleitern und Metallen oder Metall-oxiden	27
2.6.1 Magnetismus	27

2.6.2	Magnetische Nanopartikel	28
2.6.3	Kontakt zwischen Metall und Halbleiter	29
2.6.4	Der nanoskalige Kirkendall-Effekt	31
3	Zielsetzungen	33
4	Resultate und Diskussion	35
4.1	Untersuchung von hydrophilen Liganden für Halbleiternanopartikel	35
4.1.1	Charakterisierung der Teilchenproben	35
4.1.2	Ligandenaustausch und Stabilität von QDs in H ₂ O	37
4.1.3	Fluoreszenzlösung von hydrophilen QDs	48
4.1.4	Quenching einzelner Nanopartikel	57
4.1.5	Förster-Transfer im QD-Ensemble	58
4.2	Heterostrukturen aus halbleitenden und magnetischen Nanopartikeln	66
4.2.1	Heterostrukturen mit magnetischem Kern	66
4.2.2	Heterostrukturen mit halbleitendem Kern	73
5	Experimenteller Teil	77
5.1	Chemikalien	77
5.2	Synthesevorschriften	77
5.2.1	Synthese von CdSe-Nanopartikeln	77
5.2.2	Synthese einer epitaktischen Cd _x Zn _{1-x} S- und ZnS-Schale auf CdSe-Nanopartikeln	78
5.2.3	Synthese von CdSe/CdS-Stäbchen	79
5.2.4	Synthese von CdSe/CdS/ZnS-Stäbchen	79
5.2.5	Synthese von Magnetit-Nanopartikeln	80
5.2.6	Synthese von Fe ₃ O ₄ /ZnS-Partikeln aus metallorganischen Vorstufen	80
5.2.7	Synthese von hohlen Fe _x Zn _{1-x} S-Partikeln	80
5.2.8	Synthese von Fe ₃ O ₄ /CdSe-Aggregaten	81
5.2.9	Synthese des Liganden PEO(SH) ₁ -OH	81
5.2.10	Synthese des Liganden PEO(SH) ₃ -OH	81
5.2.11	Ligandenaustausch mit PEO(SH) ₃	82
5.2.12	Spaltung von α-Liponsäure zu DHLA	82
5.2.13	Ligandenaustausch mit DHLA	82
5.2.14	Ligandenaustausch mit DHLA und Zn ²⁺	83
5.2.15	Ligandenaustausch mit MPA	83
5.2.16	Ligandenaustausch mit Cystein	83

5.2.17 Bestimmung der Eisenkonzentration mit Bathophenanthrolin	84
5.3 Methoden	84
5.3.1 Optische Spektroskopie	84
5.3.2 Zeitaufgelöste Fluoreszenzspektroskopie	85
5.3.3 Röntgendiffraktometrie	85
5.3.4 Transmissionselektronenmikroskopie	86
5.3.5 Dynamische Lichtstreuung	88
5.3.6 Thermogravimetrie	89
5.3.7 Das Foner-Magnetometer	89
6 Zusammenfassung	91
Literaturverzeichnis	95
A Grafikanhang	105
A.1 TGA-Messung von DHLA-stabilisierten QDs	105
A.2 Spektren der Nanopartikel in Wasser	106
B GHS-Sätze	109
B.1 Gefahrenhinweise (H-Sätze)	109
B.2 Ergänzende Gefahrenmerkmale (EUH-Sätze)	113
B.3 Sicherheitshinweise (P-Sätze)	115
B.4 Piktogramme	123
B.5 Verwendete Chemikalien	124
C Danksagung	131
D Lebenslauf	133
E Erklärung	135