

1	Einleitung	3
2	Theorie	9
2.1	Fachliche Grundlagen zum Magnetismus.....	9
2.1.1	Arten von Magnetismus	9
2.1.2	Maxwell-Gleichungen und Materialgleichungen der Elektrodynamik.....	14
2.1.3	Feld auf der Symmetrieachse eines zylindrischen Permanentmagneten	15
2.1.4	Feld auf der Symmetrieachse einer stromdurchflossenen Spule	20
2.1.5	Überblick Magnetometer	23
2.2	Didaktische Aspekte zum Magnetismus und Experimentieren im Physikunterricht	29
2.2.1	Magnetismus im Schulunterricht	29
2.2.2	Fehlvorstellungen zum Magnetismus und Lernschwierigkeiten	33
2.2.3	Feld eines Permanentmagneten im Unterricht	35
2.2.4	Schulung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen im Unterricht	37
2.2.5	Medienunterstützung bei Teilschritten des Experimentierens	40
2.2.6	Experimentieren am Computer	49
2.3	Lehr- und Lernpsychologische Grundlagen zum Lernen mit Multimedia	52
2.3.1	Cognitive Load Theory	54
2.3.2	Modell des Arbeitsgedächtnisses nach Baddeley und Hitch als Grundlage für aktuelle Modelle.....	57
2.3.3	Kognitive Theorie des multimedialen Lernens.....	59
2.3.4	Integriertes Modell des Text- und Bildverstehens	61
2.3.5	Kennzeichen von Multimedia	63
2.3.6	Supplantation	88
2.3.7	Räumliches Vorstellungsvermögen	90
2.3.8	Multimediale Möglichkeiten zur Förderung des Transfers zwischen dem Laborsystem und dem Koordinatensystem im Diagramm.....	95
2.4	Eye-Tracking zur Untersuchung der visuellen Aufmerksamkeit	104
2.4.1	Qualitative Analyse von Scanpfaden zur Identifikation von Blickmustern.	107
2.4.2	Quantitative Untersuchung von Fixationen zur Interpretation von Lernergebnissen	108
2.4.3	Quantitative Untersuchung von Blicksakkaden zur Interpretation von Lernergebnissen	110
2.4.4	Kerndichteschätzung für die Analyse von Eye-Tracking-Daten	113

3	Messen, Visualisieren und Analysieren eines Magnetfeldes im webbasierten Labor.....	123
3.1	Experimenteller Aufbau und technische Details des Labors.....	123
3.1.1	Der untersuchte Magnet	124
3.1.2	Der experimentelle Aufbau	125
3.1.3	Steuerung des Experiments über das Internet	131
3.2	Benutzeroberfläche und Funktionen des Labors	134
3.2.1	Experiment 1: Messung und Visualisierung der magnetischen Flussdichte	135
3.2.2	Experiment 2: Bestimmung der Magnetisierung des Permanentmagneten..	149
3.2.3	Experiment 3: Bestimmung des Verlaufs der magnetischen Flussdichte und der magnetischen Feldstärke auf der Symmetrieachse des Magneten.....	150
4	Empirische Untersuchung zur multimedialen Unterstützung bei der Messwertdokumentation im webbasierten Labor.....	157
4.1	Spezifizierung der Ausgangssituation.....	157
4.2	Forschungsfragen	159
4.3	Methoden der Untersuchung	161
4.3.1	Details zur Stichprobe	161
4.3.2	Informationen zum Design der Untersuchung	162
4.3.3	Verwendete Materialien	163
4.3.4	Vorgehen bei der Untersuchung.....	167
4.3.5	Zur Auswertung verwendete statistische Verfahren.....	168
4.3.6	Voranalyse zur Überprüfung einer erfolgreichen Randomisierung	169
4.4	Resultate der Untersuchung.....	170
4.4.1	Räumliche Fähigkeiten und Leistung im Vortest.....	170
4.4.2	Trainingseffekt	170
4.4.3	Räumliche Fähigkeiten und Trainingseffekt	173
4.4.4	Analyse des Blickverhaltens während der Bearbeitung des Trainings	173
4.5	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	186
4.6	Limitationen der Untersuchungsergebnisse	193
4.7	Schlussfolgerungen für das Onlineexperiment zur Magnetfeldmessung.....	195
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	201
	Literaturverzeichnis	205
	Abbildungsverzeichnis.....	217
	Tabellenverzeichnis	223