

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	xiii
1. Einleitung	1
2. Digitale Medien in Schulen	7
2.1. Von Lehrbüchern zu digitalen Medien	7
2.1.1. Ursprünge von Lehrbüchern	7
2.1.2. Digitale/neue/moderne Medien	8
2.2. Von der Mehrwert-Diskussion zum Fernunterricht	10
2.3. Ausgangspunkt und Fragestellung	12
3. Physikdidaktische Grundlagen	17
3.1. Gegenstand von Fach und Fachdidaktik Physik	17
3.2. Kompetenzen im Physikunterricht	17
3.3. Experimente	20
3.3.1. Experimente im Physikunterricht	20
3.3.2. Grenzen des Experimentierens im Physikunterricht	25
3.3.3. Erfassung experimenteller Kompetenzen	25
3.3.4. Kompetenzerleben	30
3.4. Digitale Medien im Physikunterricht	31
3.5. Grundlagen zu Multimedia-Anwendungen	34
3.6. Forschungsstand zu Simulationen	35
3.7. Design-based Research	41

v

4. Konzeption der Virtual-Reality-Experimente	45
4.1. Grundlagen aus der Informatik	45
4.1.1. Objektorientierte Programmierung	45
4.1.2. Virtuelle Realität	47
4.1.3. Mensch-Maschine-Interaktion (User Interfaces)	48
4.2. Didaktisches Konzept	50
4.2.1. Gestaltung des Versuchsaufbaus	51
4.2.2. Interaktionskonzept	56
4.2.3. Bewegungskonzept	60
4.2.4. Simulation bzw. Erzeugung der Messwerte	64
4.2.5. Auswahl der Experimente	65
4.2.6. Hardware-Konzept	66
4.2.7. Umsetzung der Virtual-Reality-Experimente	68
4.3. Einsatzszenarien	72
4.4. Einordnung des Konzepts	76
4.5. Entwicklung des Konzepts als Design-based Research-Projekt	77
4.6. Erweiterungsmöglichkeiten des Konzepts	80
5. Realisierte Virtual-Reality-Experimente	83
5.1. Millikan-Versuch zur Bestimmung der Elementarladung	84
5.1.1. Physikalische und physikdidaktische Einordnung	84
5.1.2. Auswahl als Virtual-Reality-Experiment	89
5.1.3. Konzeption des Virtual-Reality-Experiments zum Millikan-Versuch	89
5.1.4. Variation des Versuchsaufbaus	93
5.1.5. Experimentelle Einschränkungen aufgrund didaktischer Überlegungen	94
5.2. Cäsium-Barium-Isotopengenerator	95
5.2.1. Physikalische und physikdidaktische Einordnung	95
5.2.2. Auswahl als Virtual-Reality-Experiment	98
5.2.3. Konzeption des Virtual-Reality-Experiments zum Cs-Ba-Isotopengenerator	99
5.2.4. Variation des Versuchsaufbaus	102

5.2.5. Experimentelle Einschränkungen aufgrund didaktischer Überlegungen	104
5.3. Weitere realisierte Virtual-Reality-Experimente	105
5.4. Weitere geplante Versuche	108
6. Evaluation des Konzepts	111
6.1. Forschungsfragestellungen und Hypothesen	111
6.2. Rahmenbedingungen der Evaluation	112
6.3. Testdesign der Evaluation	114
6.4. Auswahl des Experiments für die Evaluation	115
6.5. Aufbau der eingesetzten Fragebögen	116
6.5.1. Begleiterhebung	117
6.5.2. Test zur fachlichen Kompetenz	122
6.5.3. Test zur experimentellen Kompetenz	123
6.5.4. Bewertung, Probleme und Vertrauen gegenüber dem Versuchsaufbau	125
6.5.5. Nutzen von Erfahrungen	127
6.6. Durchführung der Evaluation	128
6.7. Auswertung der Evaluation	130
6.7.1. Stichprobe und Auswertung der Vorbefragung	130
6.7.2. Auswertung der Fachwissenstests	135
6.7.3. Auswertung der Tests nach der 1. und 2. Experimentierphase	138
6.7.4. Auswertung der Tests zur Selbsteinschätzung experimenteller Kompetenz	144
6.7.5. Alternative Auswertung der Tests zur Selbsteinschätzung experimenteller Kompetenz	150
6.7.6. Auswertung der Bewertung des Versuchsaufbaus	154
6.7.7. Auswertung der Probleme beim Experimentieren	158
6.7.8. Auswertung des Vertrauens gegenüber dem Versuchsaufbau .	160
6.7.9. Auswertung des Nutzens der Erfahrung aus dem vorherigen Versuch	163
6.8. Diskussion der Ergebnisse der Evaluation	164
7. Zusammenfassung und Ausblick	171

Literaturverzeichnis	177
A. Anhang	193
A.1. Datenblatt zum Virtual-Reality-Experiment zum Millikan-Versuch .	193
A.2. Fragebogen	195
A.2.1. Fragebogen vorab	195
A.2.2. Fragebogen nach der ersten Versuchsstation	198
A.2.3. Fragebogen nach der zweiten Versuchsstation	200
A.2.4. Anleitung zur Durchführung des Versuchs mit der Schwebemethode	203
Kurzfassung	205
Abstract	207
Danke	209