

# Inhaltsverzeichnis

KURZZUSAMMENFASSUNG.....	5
ABSTRACT .....	7
INHALTSVERZEICHNIS .....	9
1 EINLEITUNG.....	15
<b>I. THEORETISCHER HINTERGRUND.....</b>	<b>17</b>
2 FACHLICHE GRUNDLAGEN DER KLASISCHEN MECHANIK.....	19
2.1 <i>Kinematik</i> .....	19
2.2 <i>Dynamik</i> .....	20
2.3 <i>Elementarisierungsentscheidungen in der Schule</i> .....	22
3 SCHÜLERVORSTELLUNGEN .....	27
3.1 <i>Generelle Aspekte von Schülervorstellungen</i> .....	27
3.2 <i>Schülervorstellungen zur Mechanik</i> .....	28
3.3 <i>Kontextabhängigkeit von Schülervorstellungen</i> .....	34
3.4 <i>Conceptual Change</i> .....	35
3.5 <i>Umgang mit Schülervorstellungen</i> .....	37
4 LERNEN MIT NEUEN MEDIEN.....	41
4.1 <i>Cognitive Load Theory</i> .....	42
4.2 <i>Cognitive Theory of Multimedia Learning</i> .....	44
4.3 <i>Design-Empfehlungen für digitale Lernumgebungen</i> .....	44
5 MODELLE UND MODELLIEREN .....	47
5.1 <i>Modelle in der Physik</i> .....	47
5.2 <i>Modellbildung</i> .....	49
5.3 <i>Zusammenspiel von Modell und Experiment</i> .....	50
5.4 <i>Mathematische Modellbildung</i> .....	51
5.4.1 Definition .....	51
5.4.2 Numerische Verfahren .....	51
5.4.3 Arten der Mathematischen Modellbildung.....	55
5.4.4 Gründe für den Einsatz von mathematischer Modellbildung.....	64

5.4.5	Forschungsergebnisse.....	66
5.4.6	Heutige Nutzung von mathematischer Modellbildung in Schulen.....	72
5.4.7	Zusammenfassung.....	72
6	DATENERHEBUNG UND -AUSWERTUNG IM PHYSIKUNTERRICHT .....	75
6.1	<i>Allgemeines zur Datenerhebung im Physikunterricht</i> .....	75
6.2	<i>Videoanalyse von Bewegungen</i> .....	76
6.2.1	Definition .....	76
6.2.2	Entwicklung der Videoanalysesoftware .....	76
6.2.3	Gründe für den Einsatz von Videoanalyseprogrammen im Physikunterricht .....	78
6.2.4	Forschungsergebnisse.....	79
6.2.5	Heutige Nutzung von Videoanalysesoftware in Schulen .....	85
6.2.6	Zusammenfassung.....	86
<b>II.</b>	<b>FORSCHUNGSANSATZ.....</b>	<b>89</b>
7	EINORDNUNG DER ARBEIT UND FORSCHUNGSFRAGEN .....	91
7.1	<i>Einordnung der Arbeit in den aktuellen Forschungsstand</i> .....	91
7.2	<i>Forschungsfragen</i> .....	91
7.2.1	Quantitativer Teil .....	91
7.2.2	Qualitativer Teil .....	93
8	ANLAGE UND DURCHFÜHRUNG DER EMPIRISCHEN STUDIE.....	95
8.1	<i>Vorstudie zur Software im Bereich der mathematischen Modellbildung und Videoanalyse</i> .....	95
8.1.1	„Newton-II“.....	95
8.1.2	„measure dynamics“ .....	97
8.2	<i>Allgemeine Design-Entscheidungen auf Basis der bekannten Theorie</i> .....	98
8.3	<i>Konkrete Ausgestaltung der Studie</i> .....	98
8.3.1	Stichprobe .....	99
8.3.2	Interventionen .....	100
8.4	<i>Testinstrument</i> .....	109
8.4.1	Vorhandene Tests zur Mechanik .....	109
8.4.2	Entwicklung des Testinstruments.....	110
8.4.3	Pilotierung des Testinstruments .....	113

8.4.4	Gütekriterien des Testinstruments.....	130
8.5	<i>Lehrerfragebogen</i> .....	136
8.6	<i>Bildschirmvideos</i> .....	137
8.6.1	Auswahl des Versuchs für die Aufnahme der Bildschirmvideos .....	137
8.6.2	Qualitative Inhaltsanalyse .....	137
<b>III.</b>	<b>EVALUATION DER STUDIE .....</b>	<b>147</b>
9	ERGEBNISSE ZUM KONZEPTVERSTÄNDNIS.....	149
9.1	<i>Power Analysis</i> .....	150
9.2	<i>Wirksamkeit</i> .....	151
9.2.1	Mathematische Modellbildung.....	152
9.2.2	Videoanalyse .....	167
9.3	<i>Vergleich der Interventionen</i> .....	177
9.3.1	Kontrollvariablen .....	177
9.3.2	Nachtestergebnisse .....	180
9.3.3	Vortestergebnisse .....	181
9.3.4	Absoluter Lernzuwachs.....	183
9.3.5	Lernzuwachs nach Terzilen.....	186
9.3.6	Kontrolle der Vortestergebnisse .....	188
9.3.7	Unterscheidung zwischen Geschlechtern .....	195
9.3.8	Hierarchisches lineares Modell .....	199
9.3.9	Unterschiede in den einzelnen Inhaltsbereichen .....	225
10	ERGEBNISSE ZU WEITEREN QUANTITATIVEN TESTS.....	229
10.1	<i>Modellverständnis</i> .....	229
10.2	<i>Einschätzung der Lernenden</i> .....	231
10.3	<i>Cognitive Load</i> .....	233
10.4	<i>Theoretisierende vs. Experimentierende</i> .....	235
10.5	<i>Schülervorstellungen</i> .....	240
10.6	<i>Auswertung des Lehrerfragebogens</i> .....	244
10.6.1	Computereinsatz im Unterricht.....	244
10.6.2	Bewertung der Items.....	246

10.6.3	Konzeptverständnis.....	252
10.7	Zusammenfassung zum quantitativen Teil.....	254
11	ERGEBNISSE DES QUALITATIVEN TEILS DER STUDIE .....	257
11.1	Schwierigkeiten .....	257
11.1.1	Inhaltliche Schwierigkeiten .....	257
11.1.2	Schwierigkeiten mit der Software.....	261
11.2	Argumentationsrichtung.....	266
11.3	Schülervorstellungen.....	270
11.4	Vorgehensweise.....	272
11.4.1	Gruppe Modellbildung.....	272
11.4.2	Gruppe Videoanalyse.....	275
11.5	Zusammenhänge mit dem Lernerfolg.....	276
11.5.1	Gruppe Modellbildung.....	277
11.5.2	Gruppe Videoanalyse.....	280
11.5.3	Gesamtbetrachtung .....	284
11.6	Zusammenfassung zum qualitativen Teil.....	285
12	KOMBINATION DER ERGEBNISSE.....	287
12.1	Verbesserung der Ergebnisse im ersten Newtonschen Gesetz .....	287
12.2	Prädiktoren für einen erfolgreichen Einsatz der genutzten Software .....	288
12.3	Argumentationsrichtungen.....	288
<b>IV.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>291</b>
13	ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION .....	293
13.1	Wirksamkeit der durchgeführten Interventionen.....	294
13.2	Vergleich der durchgeführten Interventionen .....	295
13.3	Einflussfaktoren auf die Änderung des Konzeptverständnisses .....	296
13.4	Weitere Beobachtungen aus den aufgezeichneten Schüleraktivitäten.....	297
13.5	Diskussion der Ergebnisse .....	299
13.6	Fazit.....	300
14	SUMMARY AND DISCUSSION .....	303
14.1	Effect of the interventions.....	304

14.2	<i>Comparison of the two interventions</i> .....	305
14.3	<i>Predictors of learning gain in conceptual understanding</i> .....	306
14.4	<i>Further findings from the screen recordings and conversations</i> .....	307
14.5	<i>Discussion</i> .....	308
14.6	<i>Conclusion</i> .....	309
15	DANKSAGUNG .....	311
16	LITERATURVERZEICHNIS.....	313
17	ANHANG .....	345
17.1	<i>Vortest</i> .....	345
17.2	<i>Nachtest</i> .....	355
17.3	<i>Kodiermanual</i> .....	365