

Inhaltsverzeichnis

KURZZUSAMMENFASSUNG 5

ABSTRACT 7

INHALTSVERZEICHNIS 9

1 EINLEITUNG 15

I. THEORETISCHER HINTERGRUND 17

2 FACHLICHE GRUNDLAGEN DER KLASSISCHEN MECHANIK 19

2.1 *Kinematik* 19

2.2 *Dynamik* 20

2.3 *Elementarisierungsentscheidungen in der Schule* 22

3 SCHÜLERVORSTELLUNGEN 27

3.1 *Generelle Aspekte von Schülervorstellungen* 27

3.2 *Schülervorstellungen zur Mechanik* 28

3.3 *Kontextabhängigkeit von Schülervorstellungen* 34

3.4 *Conceptual Change* 35

3.5 *Umgang mit Schülervorstellungen* 37

4 LERNEN MIT NEUEN MEDIEN 41

4.1 *Cognitive Load Theory* 42

4.2 *Cognitive Theory of Multimedia Learning* 44

4.3 *Design-Empfehlungen für digitale Lernumgebungen* 44

5 MODELLE UND MODELLIEREN 47

5.1 *Modelle in der Physik* 47

5.2 *Modellbildung* 49

5.3 *Zusammenspiel von Modell und Experiment* 50

5.4 *Mathematische Modellbildung* 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
II.	FORSCHUNGSANSATZ.....	89
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
III.	EVALUATION DER STUDIE	147
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
IV.	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>291</u>
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