

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XVII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>I Theoretische Grundlagen</b>	<b>5</b>
<b>2 Allgemeine lerntheoretische Grundlagen</b>	<b>9</b>
2.1 Konstruktivismus . . . . .	9
2.2 Lehr-Lern-Prozesse in Bezug auf einen Conceptual Change . . . . .	11
<b>3 Experimentieren im Physikunterricht</b>	<b>15</b>
3.1 Einordnung des Begriffs <i>experimentelle Kompetenz</i> . . . . .	16
3.2 Kompetenzmodelle zu experimentellen Kompetenzen . . . . .	22
3.3 Allgemeine Einordnung in ausgewählte Lehrpläne . . . . .	31
3.4 Experimente im Physikunterricht . . . . .	36
3.5 Empirische Befunde zum Experimentieren aus der Perspektive der Lernenden . . . . .	39
3.5.1 Schülervorstellungen zum Experimentieren . . . . .	40
3.5.2 Schülervorstellungen zur Variablenkontrollstrategie . . . . .	49
3.5.3 Förderung experimenteller Kompetenzen . . . . .	58
3.5.4 Förderung des Verständnisses der Variablenkontrollstrategie . . . . .	61
	I

3.6	Empirische Befunde zum Experimentieren aus der Lehrendenperspektive . . . . .	70
3.6.1	Lehrervorstellungen zum Experiment . . . . .	71
3.6.2	Einsatz von Experimenten im Unterricht . . . . .	74
<b>4</b>	<b>Grundlagen der schulpraktischen Umsetzung</b>	<b>79</b>
4.1	Strukturen im Unterrichtsablauf . . . . .	79
4.2	Lernzirkel als unterrichtsdidaktische Methode . . . . .	84
4.3	Design-Based Research . . . . .	87
<b>5</b>	<b>Die Plattform FLexKom</b>	<b>91</b>
5.1	Das FLexKom-Kompetenzmodell . . . . .	92
5.2	Konzept der Plattform . . . . .	100
5.2.1	Struktur und Leitideen der Plattform . . . . .	101
5.2.2	Aufbau der Webseite zur Plattform . . . . .	105
5.3	Lernzirkel der Plattform FLexKom . . . . .	108
5.4	Evaluation des Konzepts der Plattform in der Entwicklungsphase . . . . .	111
5.4.1	Design der Datenerhebung . . . . .	112
5.4.2	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	113
5.4.3	Darstellung der Ergebnisse . . . . .	113
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung Teil I</b>	<b>117</b>
<b>II</b>	<b>Entwicklung von Modulen und Lernzirkeln zur Förderung experimenteller Kompetenzen</b>	<b>121</b>
<b>7</b>	<b>Didaktische Vorüberlegungen zur Entwicklung von Modulen</b>	<b>125</b>
7.1	Identifikation von Lernzielen . . . . .	125
7.2	Erfassung relevanter Schülervorstellungen . . . . .	127
7.3	Gamification . . . . .	129
7.4	Nutzung digitaler Medien . . . . .	131
7.5	Gestaltung der Arbeitsblätter . . . . .	133
7.6	Gestaltung der Lehrerhandreichungen . . . . .	136
<b>8</b>	<b>Überblick über entwickelte FFlexKom-Module</b>	<b>141</b>

<b>9</b>	<b>Modulbeispiel <i>Messen, Messen, Multimeter</i></b>	<b>147</b>
9.1	Erfassung von Schülervorstellungen zum Einbau von Multimetern . . .	147
9.2	Lernziele und Einordnung in Kernlehrpläne . . . . .	151
9.3	Entwicklung des Moduls . . . . .	153
9.3.1	Aufbau des Experiments . . . . .	153
9.3.2	Durchführung des Moduls . . . . .	155
<b>10</b>	<b>Modulbeispiel <i>Widerstand zwecklos</i></b>	<b>159</b>
10.1	Lernziele und Einordnung in Kernlehrpläne . . . . .	159
10.2	Entwicklung des Moduls . . . . .	160
10.2.1	Aufbau des Experiments und Einsatz digitaler Medien . . . . .	161
10.2.2	Durchführung des Moduls . . . . .	163
<b>11</b>	<b>Kurzbeschreibung weiterer ausgewählter Module</b>	<b>167</b>
11.1	Modul <i>Qual der Wahl</i> . . . . .	167
11.2	Modul <i>Schaltung steck dich</i> . . . . .	171
11.3	Module in der Einsatzform <i>FLexcape Game</i> . . . . .	175
<b>12</b>	<b>Einsatz von Modulen in Lernzirkeln</b>	<b>179</b>
12.1	FLexKom Typ-A Lernzirkel . . . . .	179
12.2	FLexKom Typ-B Lernzirkel . . . . .	183
<b>13</b>	<b>Zusammenfassung Teil II</b>	<b>187</b>
 <b>III Evaluation des Konzepts der Plattform und der beiden ausgewählten Lernzirkel</b>		 <b>191</b>
<b>14</b>	<b>Forschungsfragen und Hypothesen</b>	<b>195</b>
<b>15</b>	<b>Design der Studie</b>	<b>201</b>
15.1	Konzeption und Ablauf der Studie . . . . .	201
15.2	Aufbau der Intervention . . . . .	205
<b>16</b>	<b>Entwicklung und Adaptierung von Testinstrumenten</b>	<b>209</b>
16.1	Messung experimenteller Kompetenzen . . . . .	210
16.2	McK-LSA - Simulationstest . . . . .	213

16.3	Items zur Variablenkontrollstrategie . . . . .	219
16.4	Passung der Testinstrumente zur Intervention . . . . .	224
16.5	Ergänzende Fragebögen in der Pilotierungsphase . . . . .	224
16.6	Ergänzende Fragebögen in der Hauptstudie . . . . .	225
16.7	Erhebung der Lehrendenperspektive . . . . .	229
<b>17</b>	<b>Auswertungsmethoden</b>	<b>233</b>
17.1	Methoden zum Umgang mit fehlenden Daten . . . . .	233
17.2	Statistische Kenngrößen . . . . .	235
17.3	Faktorenanalysen und Strukturgleichungsmodelle . . . . .	238
17.3.1	Explorative Faktorenanalyse . . . . .	238
17.3.2	Konfirmatorische Faktorenanalyse und Strukturgleichungsmodelle . . . . .	243
17.4	Varianzanalysen . . . . .	246
17.4.1	Grundprinzip der Varianzanalysen . . . . .	247
17.4.2	Voraussetzungen der Varianzanalysen . . . . .	250
17.4.3	Effektstärken und Post-hoc-Test . . . . .	253
17.5	Interviewanalyse . . . . .	256
<b>18</b>	<b>Pilotierung des Typ-A Lernzirkels und der ersten Testinstrumente</b>	<b>261</b>
18.1	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	261
18.2	Ergebnisse der Pilotierung . . . . .	262
18.2.1	Gütekriterien und Faktorenanalysen . . . . .	263
18.2.2	Analyse der Kontrollvariablen . . . . .	272
18.2.3	Experimentelle Kompetenzen im Prä-Post-Vergleich . . . . .	272
18.2.4	Experimentelle Kompetenzen im Prä-Post-Follow-up-Vergleich	277
18.2.5	Entwicklung experimenteller Kompetenzen nach verschiedenen Leistungsniveaus . . . . .	279
18.3	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	282
<b>19</b>	<b>Pilotierung des Typ-B Lernzirkels</b>	<b>285</b>
19.1	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	285
19.2	Ergebnisse der Pilotierung . . . . .	286
19.2.1	Gütekriterien . . . . .	286
19.2.2	Experimentelle Kompetenzen im Prä-Post-Vergleich . . . . .	288

19.2.3	Wahrnehmung der Modulinhalte durch die Schülerinnen und Schüler . . . . .	290
19.3	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	292
<b>20</b>	<b>Hauptstudie zur Evaluation des Typ-A und Typ-B Lernzirkels</b>	<b>293</b>
20.1	Beschreibung der Stichprobe der Schülerinnen und Schüler . . . . .	293
20.2	Lehrendenbefragung zu den Voraussetzungen in den Klassen . . . . .	295
20.2.1	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	295
20.2.2	Darstellung der Ergebnisse . . . . .	295
20.3	Auswertung zu den Testinstrumenten . . . . .	298
20.3.1	Gütekriterien und Faktorenanalysen . . . . .	298
20.3.2	Analyse der Kontrollvariablen . . . . .	307
20.3.3	Umgang mit fehlenden Daten bei der Messung experimenteller Kompetenzen . . . . .	312
20.3.4	Experimentelle Kompetenzen im Prä-Post-Vergleich . . . . .	314
20.3.5	Experimentelle Kompetenzen im Prä-Post-Follow-up-Vergleich	318
20.3.6	Entwicklung experimenteller Kompetenzen nach verschiede- nen Leistungsniveaus . . . . .	323
20.4	Wahrnehmung der Modulinhalte durch die Schülerinnen und Schüler und weitere Wirkungen der Lernzirkel . . . . .	337
20.5	Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfragen . . . . .	341
<b>21</b>	<b>Evaluation des Konzepts der Plattform</b>	<b>351</b>
21.1	Befragung der Lehrkräfte im Rahmen der Studie . . . . .	351
21.1.1	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	351
21.1.2	Gütekriterien der Interviewanalyse . . . . .	352
21.1.3	Darstellung der Ergebnisse . . . . .	353
21.2	Zentrale Ergebnisse zu den Forschungsfragen . . . . .	362
<b>22</b>	<b>Zusammenfassende Bewertung des Studienprojektes</b>	<b>367</b>
22.1	Zentrale Erkenntnisse des Studienprojektes . . . . .	367
22.2	Kritische Reflexion der Studie . . . . .	369
22.3	Weiterentwicklung und Ausblick . . . . .	372
<b>23</b>	<b>Zusammenfassung Teil III</b>	<b>375</b>
<b>24</b>	<b>Zusammenfassung des gesamten Studienprojekts</b>	<b>379</b>

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>384</b>
<b>A Anhang</b>	<b>425</b>
<b>B Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>431</b>