

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Abkürzungsverzeichnis .....	XVII
1. Einleitung .....	19
2. Zur Sachstruktur der Physik und des Physikunterrichts .....	25
3. Zum Einfluss unterschiedlicher Faktoren auf das Physikklernen .....	31
3.1 Faktoren, die den Lernprozess beeinflussen .....	31
3.2 Physikspezifische Einflussfaktoren auf das Lernen von Physik.....	33
3.3 Zur Bedeutung von Schülervorstellungen im Physikunterricht .....	34
3.4 Zum Einfluss der Sachstruktur auf das Physikklernen .....	35
4. Schülervorstellungen in der Wärmelehre und das Erlernen der Wärmelehre .....	39
4.1 Alltagsvorstellungen und Lernerfolg in der Wärmelehre .....	39
4.2 Lernschwierigkeiten beim Erlernen der Wärmelehre .....	41
4.3 Forschungsergebnisse zur Wärmelehre nach dem Karlsruher Physikkurs ....	44
4.4 Eigene Forschungsergebnisse zu den Assoziationshöfen von Entropie und thermischer Energie .....	47
4.5 Schlussfolgerungen für die vorliegende Studie.....	50
5. Physikalische Grundlagen der Wärmelehre in der Sekundarstufe.....	53
5.1 System und Umgebung .....	53
5.2 Temperatur .....	54
5.3 Wärme, innere Energie und thermisches Gleichgewicht.....	55
5.4 Erster und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik .....	56
5.5 Thermische Energie.....	58
6. Lerntheoretischer Rahmen der Arbeit.....	61
6.1 Lernen unter konstruktivistischen Gesichtspunkten .....	61
6.2 Kognitive Modelle und Informationsverarbeitung.....	63
6.2.1 Cognitive Theory of Multimedia Learning .....	63
6.2.2 Cognitive Load Theory .....	65
6.3 Lernerfolg.....	66
6.4 Assoziationen und Lernen .....	68
6.5 Schlussfolgerungen für die vorliegende Studie.....	69

<b>7. Konzept der Interventionsstudie .....</b>	<b>71</b>
7.1 Forschungsfragen und Hypothesen.....	72
7.2 Forschungsdesign .....	72
7.3 Abhängige und unabhängige Variable.....	74
7.4 Kontrollvariablen .....	75
7.5 Bestimmung der Stichprobengröße.....	76
<b>8. Das Lernprogramm .....</b>	<b>79</b>
8.1 Zu den lerntheoretischen Grundlagen des Lernens mit „Multimedia“ .....	79
8.2 Gestaltung des Lernprogramms .....	82
8.3 Inhaltlich-didaktischer Aufbau des Lernprogramms zur Wärmelehre .....	84
8.4 Vergleich der Lernprogrammversionen.....	86
8.5 Kriterien der Textanalyse der entropischen und der akalorisch-energetischen Programmversion .....	93
8.6 Bewertung der Daten der Textanalyse.....	103
<b>9. Die Testinstrumente .....</b>	<b>107</b>
Vorbemerkung .....	107
<b>9.1 Kontrollvariablen .....</b>	<b>108</b>
9.1.1 Fachspezifisches Selbstkonzept .....	108
9.1.2 Fachspezifische Selbstwirksamkeitserwartung.....	108
9.1.3 Interesse .....	109
9.1.4 Intrinsische Motivation – Interessensorientiert / Kompetenzorientiert.....	110
9.1.5 Lernstrategien.....	111
9.1.6 KFT 4-12R Intelligenztest .....	112
<b>9.2 Wissenstest zur Wärmelehre .....</b>	<b>113</b>
9.2.1 Aufbau des Wissenstests .....	114
9.2.2 Kodierung bzw. Auswertung der Items .....	116
9.2.3 Erprobung des Wissenstests.....	117
9.2.4 Kennwerte des Wissenstest .....	117
9.2.5 Teilskalen des Wissenstests.....	118
9.2.6. Hinweis zum Themengebiet irreversible Prozesse (Item 20) .....	120
<b>10. Pilotierungsstudie.....</b>	<b>123</b>
<b>10.1 Zielsetzung .....</b>	<b>123</b>
10.1.1 Präpilotierung.....	124
10.1.2 Formative Evaluation des Lernprogramms und der Übungen .....	125
<b>10.2 Stichprobe der Pilotierung .....</b>	<b>126</b>
<b>10.3 Ablauf der Pilotierung .....</b>	<b>127</b>
<b>10.4 Kontrollvariablen .....</b>	<b>128</b>
<b>10.5 Ergebnisse der Pilotstudie .....</b>	<b>130</b>
<b>10.6 Fazit .....</b>	<b>135</b>

<b>11. Stichprobe und Erhebungsumstände der Hauptuntersuchung .....</b>	<b>137</b>
<b>11.1 Stichprobe .....</b>	<b>137</b>
11.1.1 Einteilung in Treatment und Kontrollgruppe .....	138
11.1.2 Einteilung der Stichprobe nach themenspezifischem Vorwissen in die Ausprägungen hoch und niedrig .....	140
11.1.3 Einteilung der Stichprobe in das 2x2-Design .....	141
11.1.4 Exkurs: Vergleich der Teilstichproben von Realschule und Gymnasium hinsichtlich des themenspezifischen Vorwissens und der Kontrollvariablen.....	141
<b>11.2 Vergleich von Treatment und Kontrollgruppe hinsichtlich der     Kontrollvariablen.....</b>	<b>142</b>
11.2.1 Ergebnis: Kontrollvariablen – 2x2-Design .....	143
<b>11.3 Rahmenbedingungen und Ablauf der Intervention .....</b>	<b>147</b>
<b>11.4 Datenbereinigung und Umgang mit Missings .....</b>	<b>148</b>
<b>12. Ergebnisse der Hauptstudie .....</b>	<b>151</b>
12.1 Wissenszuwachs der Baselinegroup ohne Intervention .....	151
12.2 Bestimmung des Wissenszuwachses.....	154
12.3 Analyse der Summenscores aus PRE-, POST- und FollowUp-Test.....	155
12.4 Varianzanalytische Analyse des Wissenszuwachses .....	161
12.4.1 Wissenszuwachs sieben Wochen nach Interventionsende.....	162
<b>12.5 Auswertung des Wissenszuwachses unter Berücksichtigung der     Kontrollvariablen (Kovarianzanalyse) .....</b>	<b>163</b>
12.5.1 Korrelation zwischen ‚kompetenzorientierte intrinsische Motivation‘ und den POST- und den FollowUp-Test-Daten .....	163
12.5.2 Kovarianzanalytische Auswertung des POST-Tests.....	164
12.5.3 Kovarianzanalytische Auswertung des FollowUp-Tests .....	166
<b>12.6 Wissenszuwachs unter Verwendung weiterer statistischer Verfahren und     anderer Teilskalen des Wissenstests .....</b>	<b>168</b>
<b>13. Untersuchung der Oberflächenstruktur der Lernprozesse – Logfileanalyse.....</b>	<b>171</b>
13.1 Logfileanalyse: Lernweg und Lernzeit .....	171
13.2 Erhebung und Aufbereitung der Logfiledaten .....	175
13.3 Nutzertypenbildung.....	179
13.4 Exkurs: Bildung des Tiefenstrategieindex und der Tiefenstrategiekategorie .....	181
13.5 Ergebnis: Nutzerverhalten und den Tiefenlernstrategien .....	184
13.6 Ergebnis: Nutzerverhalten, Lernzeit und Wissenszuwachs .....	185
13.7 Logfileanalyse: Fazit und Diskussion .....	187
<b>14. Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>189</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>195</b>
Anhang A1: Berechnung des Effektstärkemaß $\omega^2$ .....	197

<b>Anhang A2: Berechnung des Hake-Faktors .....</b>	<b>199</b>
<b>Anhang B1: Varianzanalyse mit Messwiederholung .....</b>	<b>201</b>
<b>Anhang B2: Wissenszuwachs unter Verwendung des Hake-Faktors .....</b>	<b>203</b>
<b>Anhang C1: Skalendokumentation des Wissenstests .....</b>	<b>207</b>
<b>Anhang C2: Skalendokumentation des Wissenstests mit 13 Items .....</b>	<b>239</b>
<b>Anhang D1: Text des ersten Lernprogrammteils.....</b>	<b>241</b>
<b>Anhang D2: Text des zweiten Lernprogrammteils.....</b>	<b>245</b>
<b>Anhang D3: Text des dritten Lernprogrammteils .....</b>	<b>249</b>
<b>Anhang D4: Text des vierten Lernprogrammteils .....</b>	<b>253</b>
<b>Anhang D5: Text des fünften Lernprogrammteils.....</b>	<b>257</b>
<b>Anhang D6: Text des sechsten Lernprogrammteils .....</b>	<b>261</b>
<b>Anhang D7: Text des siebten Lernprogrammteils.....</b>	<b>265</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>269</b>