

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Inhalt der Arbeit .....	1
1.2	Didaktischer Hintergrund.....	3
1.3	Grundideen des Unterrichtskonzepts .....	6
<b>A)</b>	<b>THEORETISCHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Die fachlichen Grundlagen der Elektrizitätslehre .....</b>	<b>13</b>
2.1	Der elektrische Strom .....	13
2.2	Elektrisches Feld, Spannung und Potenzial .....	13
2.3	Grenzflächen- und Oberflächenladungen .....	15
2.4	Das klassische Elektronengasmodell .....	20
2.5	Das Fermi-Gas-Modell .....	21
2.6	Das Bändermodell von Festkörpern.....	22
<b>3</b>	<b>Schülervorstellungen.....</b>	<b>25</b>
3.1	Generelle Aspekte zu Schülervorstellungen .....	25
3.1.1	<i>Schülervorstellungen in der Physik .....</i>	<i>25</i>
3.1.2	<i>Das Lernen als aktiver Konstruktionsprozess .....</i>	<i>26</i>
3.1.3	<i>Der Einfluss des Vorwissens auf das Lernen in der Physik.....</i>	<i>28</i>
3.1.4	<i>Die Eigenschaften von Schülervorstellungen .....</i>	<i>30</i>
3.1.5	<i>Theorien zur Wissensorganisation und Conceptual Change.....</i>	<i>32</i>
3.1.6	<i>Unterrichtsstrategien zum Konzeptwechsel.....</i>	<i>38</i>
3.2	Schülervorstellungen zu einfachen Stromkreisen .....	41
3.2.1	<i>Die Stromverbrauchsvorstellung (SV).....</i>	<i>44</i>
3.2.2	<i>Der Stromverbrauch ist proportional zum Widerstand (PR).....</i>	<i>46</i>
3.2.3	<i>Die Batterie als konstante Stromquelle (BS) .....</i>	<i>46</i>
3.2.4	<i>Die Stromstärke ist unabhängig vom Widerstand (UR) .....</i>	<i>47</i>
3.2.5	<i>Inverse Widerstandsvorstellung (IR).....</i>	<i>49</i>
3.2.6	<i>Sequentielle Argumentation (SA).....</i>	<i>49</i>
3.2.7	<i>Lokales Denken (LD).....</i>	<i>50</i>
3.2.8	<i>Probleme beim Erfassen von Parallelschaltungen (PS).....</i>	<i>51</i>
3.2.9	<i>Spannung als Eigenschaft des Stroms (UI) .....</i>	<i>52</i>

3.2.10	<i>Konzeptionelle Schwierigkeiten mit der elektrischen Spannung (KS)</i> .....	53
<b>4</b>	<b>Analogien und Modelle im Physikunterricht</b> .....	<b>55</b>
4.1	Analogien .....	55
4.1.1	<i>Begriffsklärung</i> .....	55
4.1.2	<i>Lernen mit Analogien</i> .....	57
4.2	Fachliche und didaktische Aspekte von Modellen .....	59
4.3	Schulische Modelle zur Veranschaulichung von Stromkreisen.....	62
4.3.1	<i>Spannung als Druckdifferenz</i> .....	63
4.3.2	<i>Spannung als Höhendifferenz</i> .....	67
4.3.3	<i>Spannung als Antriebskraft</i> .....	70
4.3.4	<i>Spannung als transportierte Energie pro Ladung</i> .....	71
<b>5</b>	<b>Analyse bedeutender Unterrichtskonzepte</b> .....	<b>73</b>
5.1	Die Elektrizitätslehre nach dem IPN-Curriculum.....	73
5.2	Das Unterrichtskonzept von Wiesner und Jung.....	75
5.3	Der Karlsruher Physikkurs (KPK) .....	77
5.4	Das CASTLE-Curriculum von Steinberg .....	83
5.5	Das Unterrichtskonzept von Muckenfuß und Walz.....	88
5.6	Das Unterrichtskonzept von Schwedes und Dudeck .....	92
5.7	Das Münchener Stäbchenmodell von Gleixner .....	95
5.8	Das Unterrichtskonzept von Koller und Späth .....	98
5.9	Erkenntnisse aus den Unterrichtskonzepten .....	101
<b>B)</b>	<b>KONZEPTERARBEITUNG</b> .....	<b>103</b>
<b>6</b>	<b>Entwicklung des Unterrichtskonzepts</b> .....	<b>105</b>
6.1	Didaktische Grundüberlegungen.....	105
6.1.1	<i>Motivation</i> .....	105
6.1.2	<i>Zentrale Ideen hinter dem Unterrichtskonzept</i> .....	107
6.1.3	<i>Elementarisierung des Elektronengasmodells</i> .....	112
6.1.4	<i>Mögliche Darstellungsformen des elektrischen Potentials</i> .....	114
6.1.5	<i>Vermittlung einer mikroskopischen Modellvorstellung</i> .....	116
6.1.6	<i>Didaktisch motivierte Begriffswahl zentraler Konzepte</i> .....	118
6.1.7	<i>Die Grenzen und die Anschlussfähigkeit des Elektronengasmodells</i> .....	120
6.1.8	<i>Übersicht über die zu evaluierende grundlegende Sachstruktur</i> .....	125

6.2	Formative Evaluation der grundlegenden Konzeption .....	127
6.2.1	<i>Die Methode der Teaching Experiments</i> .....	127
6.2.2	<i>Beschreibung der Teaching Experiments</i> .....	129
6.2.3	<i>Auswertung der Teaching Experiments</i> .....	131
6.2.4	<i>Zusammenfassung und Bewertung der Befunde</i> .....	148
6.2.5	<i>Konsequenzen in Hinblick auf das Unterrichtskonzept</i> .....	152
6.3	Die Sachstruktur des fertigen Unterrichtskonzepts.....	160
6.3.1	<i>Elektrostatik und Atomvorstellung</i> .....	161
6.3.2	<i>Luftströmungen durch Druckunterschiede</i> .....	161
6.3.3	<i>Batterie, Potenzial und Spannung</i> .....	162
6.3.4	<i>Der elektrische Strom und Widerstand</i> .....	163
6.3.5	<i>Die Parallelschaltung</i> .....	166
6.3.6	<i>Der Kondensator</i> .....	168
6.3.7	<i>Die Reihenschaltung</i> .....	169
6.3.8	<i>Messung und Berechnung von Stromstärke, Spannung und Widerstand</i> .....	171
<b>C) SUMMATIVE EVALUATION .....</b>		<b>173</b>
<b>7</b>	<b>Summative Evaluation des Unterrichtskonzepts .....</b>	<b>175</b>
7.1	Die Studie als Design-Based-Research-Projekt.....	175
7.2	Forschungsfragen und Ablauf der Studie .....	178
7.3	Konzeption der empirischen Studie zum Lernerfolg .....	181
7.3.1	<i>Studiendesign</i> .....	181
7.3.2	<i>Stichprobe</i> .....	184
7.3.3	<i>Testinstrument</i> .....	185
7.3.4	<i>Erhebung der Schülervorstellungen</i> .....	188
7.3.5	<i>Auswertemethodik</i> .....	191
7.4	Ergebnisse der empirischen Studie zum Lernerfolg .....	198
7.4.1	<i>Generelle Aspekte zum Testinstrument</i> .....	198
7.4.2	<i>Die Pre- und Posttest-Ergebnisse</i> .....	211
7.4.3	<i>Analyse des absoluten Lernzuwachses</i> .....	215
7.4.4	<i>Analyse des relativen Lernzuwachses</i> .....	225
7.4.5	<i>Kontrolle der Pretest-Unterschiede</i> .....	228
7.4.6	<i>Vergleich von KG und TG bei gleichen Lehrkräften</i> .....	234
7.4.7	<i>Der Lernzuwachs auf Klassenebene</i> .....	238

## Inhaltsverzeichnis

7.4.8	<i>Analyse der Schülervorstellungen</i> .....	244
7.5	Erstellung eines Hierarchisch Linearen Modells .....	249
7.5.1	<i>Beschreibung des allgemeinen Vorgehens und der Kenngrößen</i> .....	249
7.5.2	<i>Entwicklung eines Hierarchisch Linearen Modells</i> .....	254
7.5.3	<i>Darstellung des Gesamtmodells M2a</i> .....	268
7.5.4	<i>Mehrebenenanalytischer Vergleich der Schülervorstellungen</i> .....	270
7.6	Schulpraktische Erfahrungen der Lehrkräfte .....	273
7.6.1	<i>Stichprobe und Datenerhebung</i> .....	273
7.6.2	<i>Förderung des Konzeptverständnisses</i> .....	274
7.6.3	<i>Didaktische Einschätzung des Unterrichtskonzepts</i> .....	276
7.6.4	<i>Detailanalyse zu einzelnen Aspekten des Unterrichtskonzepts</i> .....	277
7.6.5	<i>Erfahrungen im Rahmen einer Pädagogischen Facharbeit</i> .....	280
7.7	Zentrale Ergebnisse der summativen Evaluation.....	283
7.7.1	<i>Zentrale Ergebnisse zu Forschungsfrage 1</i> .....	283
7.7.2	<i>Zentrale Ergebnisse zu Forschungsfrage 2</i> .....	285
7.7.3	<i>Zentrale Ergebnisse zu Forschungsfrage 3</i> .....	289
7.7.4	<i>Zentrale Ergebnisse zu Forschungsfrage 4</i> .....	291
<b>D) SCHLUSSBETRACHTUNGEN .....</b>		<b>295</b>
<b>8</b>	<b>Die Design-Based-Research-Studie im Rückblick.....</b>	<b>297</b>
8.1	Zentrale Erkenntnisse der Studie .....	297
8.1.1	<i>Für die Unterrichtspraxis</i> .....	297
8.1.2	<i>Für eine kontextspezifische Lerntheorie</i> .....	298
8.2	Kritische Reflexion der Studie .....	300
8.3	Ideen zur Weiterentwicklung und Ausblick.....	302
8.3.1	<i>Verbesserungsvorschläge zum Unterrichtskonzept</i> .....	302
8.3.2	<i>Offene Fragen</i> .....	305
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>307</b>
<b>10</b>	<b>Summary of the Doctoral Thesis.....</b>	<b>313</b>
10.1	Motivation .....	313
10.2	The new curriculum.....	314
10.3	Sample and test instrument.....	317
10.4	Empirical results .....	318

<b>11</b>	<b>Danksagungen.....</b>	<b>321</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>323</b>
<b>13</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>343</b>