

Inhaltsverzeichnis

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

3.2.10	<i>Konzeptionelle Schwierigkeiten mit der elektrischen Spannung (KS)</i>	53
4	Analogien und Modelle im Physikunterricht	55
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
5	Analyse bedeutender Unterrichtskonzepte	73
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)	KONZEPTERARBEITUNG	103
6	Entwicklung des Unterrichtskonzepts	105
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
C) SUMMATIVE EVALUATION		173
7	Summative Evaluation des Unterrichtskonzepts	175
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
D) SCHLUSSBETRACHTUNGEN		295
8	Die Design-Based-Research-Studie im Rückblick.....	297
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
9	Zusammenfassung.....	307
10	Summary of the Doctoral Thesis.....	313
10.1	Motivation	313
10.2	The new curriculum.....	314
10.3	Sample and test instrument.....	317
10.4	Empirical results	318

11	Danksagungen.....	321
12	Literaturverzeichnis	323
13	Anhang.....	343