

---

# Lehrstückunterricht im Horizont der Kulturgeneese

---

Marc Eyer

# Lehrstückunterricht im Horizont der Kulturgenese

Ein Modell für  
lehrkunstdidaktischen Unterricht  
in den Naturwissenschaften

Mit einem Geleitwort von  
Prof. Dr. Hans Christoph Berg

 Springer Spektrum

Marc Eyer  
Pädagogische Hochschule Bern  
Schweiz

Dissertation Philipps-Universität Marburg, 2014

ISBN 978-3-658-10997-4                      ISBN 978-3-658-10998-1 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-658-10998-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Fachmedien Wiesbaden ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media ([www.springer.com](http://www.springer.com))

# Geleitwort

## Ein Modell für lehrkustdidaktischen Unterricht

### *Ansatz, Grundform und Orientierung*

Für alle bislang 15 Lehrkunst-Dissertationen sind Klafkis Leitsätze zum Wegweiser geworden: „Wissenschaftstheoretisch und forschungspraktisch gesehen hat die Lehrkustdidaktik ihren Ort im Zusammenhang jener Ansätze, die Didaktik als Wissenschaft *von* der Praxis des Lehrens und Lernens *in* der Schule und zugleich *für* sie verstehen. Praxis in diesem Verständnis ist nicht nur der *Gegenstand* der didaktischen Forschung, sondern eine der *Quellen* wissenschaftlicher Erkenntnis und das letztlich entscheidende Kriterium der Bedeutsamkeit solcher Erkenntnis. (...) Insofern enthält der Entwicklungsprozess von ‚Lehrstücken‘ immer schon Ansätze oder Elemente des wissenschaftlich-didaktischen Erkenntnisprozesses; die ‚Produktion‘ des Untersuchungsgegenstandes ist hier ein konstitutives Moment dieses Prozesses.“ Daher bringen Lehrkunst-Dissertationen als Kernstück drei Lehrstückberichte im erziehungswissenschaftlichen Rahmen, zusammengehalten von einer durchgängigen Leitfrage, die im Durchgang durch die Unterrichtserprobungen geklärt wird; bildlich: Drei Lehrstückperlen in angemessener Lehrkunstfassung auf einer Leitfragenschnur.

Eyers Dissertation optimiert und realisiert modellhaft diesen langjährig bewährten Grundriss, der nun mit einem hohen Grad an Verlässlichkeit und Transparenz künftig Schule machen wird: Alle Lehrstücke gehen durch einen Vierschritt, der im Einleitungsteil knapp und bündig auf der Höhe des aktuellen Lehrkustdiskurses exponiert, im Hauptteil durchgeführt, und im Schlussteil perspektivenreich zusammengefasst wird.

1. Die Leitfrage entwickelt Eyer aus dem Zentrum der Lehrkunst- und Bildungsdidaktik.
2. Die Lehrstück-Komposition gliedert sich in Lehridee und Lehrstückgestalt mit Übersichtstabelle zur Akt- und Szenengliederung sowie Lektionenzählung.

3. Bei der Lehrstück-Inszenierung wird immer zu Beginn ein reizvolles und rätselhaftes Phänomen exponiert. Dann können die Leser im Unterricht die Schülerdiskussionen und -experimente miterleben. Und jeder Inszenierungsbericht mündet in die leitfragengemäße Schlussrunde der Schülerinnen und Schüler samt gemeinsamer Metarefektion.
4. Im Diskurs prüft Eyer den Unterricht zunächst an den drei anfänglich exponierten und abschließend resümierten Lehrkunstfragen nach Methodentrias, kategorialer Bildung und Lehrstückkomponenten, danach an den Prüffragen der Schule nach Lehrplanpassung und Bildungsstandards.

Diese modellhafte Gliederung kommt in einer kollegial ermutigenden Gestalt: Alle drei Lehrstückkapitel halten sich mit ihrem Gesamtumfang von rund 60 Seiten im Rahmen üblicher Examensarbeiten, den sie sinnvoll und leistungsfähig ausfüllen mit 10seitiger Kompositionsdarstellung und 25seitigem Inszenierungsbericht, eingerahmt von einem je 10seitigen Leitfrage- sowie Diskursteil – und alles anschaulich und zugänglich durch eine Fülle aufschlussreicher Abbildungen, Tabellen und Diagramme, sowie durch eine zugleich differenzierte und allgemeinverständliche Sprache. Mit diesen drei Lehrstückkapiteln zeigt Eyer auch der Lehrer-(weiter)bildung einladend praktikable Studienmodelle.

### *Die Leitfrage nach Kulturgenese und Lehrstückkomposition*

Ziel der Studie ist der Aufweis, dass der genetische Gang durch die Kulturgeschichte des Unterrichtsgegenstandes hilft, die tiefen Gräben zwischen Alltag (Aristotelik), Schule (Klassik) und Wissenschaft (Moderne) zu schließen. Prägnant konzentriert ist diese These in der Frage: „Was meinen Aristoteles, Galilei und Einstein zu den Fallexperimenten“; die zugehörige Abbildung 112 zeigt exemplarisch die Schülerinnen und Schüler inmitten der drei Epochenrepräsentanten. Dieser kulturgenetische Unterrichtsgang versteht sich selbstverständlich als komplementär (statt konträr) zum individualgenetischen Ansatz an den Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler. Dass dieser kulturgenetische Unterrichtsgang Lernfreude, Tiefenverständnis und Bildungserfahrungen fördert, erhellt aus den Unterrichtsberichten; allerdings ist dieser unterrichtspraktische Aufweis noch kein empirischer Nachweis, hier besteht Nachholbedarf.

Unterrichtspraktisch und konzeptionell ist Eyer hier eine entscheidende Zusammenführung der Lehrkunst Wagenscheins und der Bildungstheorie Klafkis gelungen. Denn einerseits hatte der frühe Wagenschein zwar die moderne Physik pädagogisch und physikalisch so überzeugend dargestellt, dass sie die Zustim-

mung von Bollnow und Max Planck gefunden hatte; aber dann resignierte Wagenschein. Eyer nimmt den Stafettenstab wieder auf und fügt der Kulturgenese zu dem bei Wagenschein vorhandenen Rückblick aus der Klassik in die Antike den verlorengegangenen Vorblick aus der Klassik in die Zukunft der Moderne hinzu. Andererseits hatte Klafki umgekehrt in seiner professionsleitend gewordenen didaktischen Analyse zwar die Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung eingebaut, verlorengegangen war die im gleichzeitigen Aufsatz „Bildung und Erziehung im Spannungsfeld von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft“ vorhandene Vergangenheitsdimension.

Es ist für die Lehrkustdidaktik mit ihrer Konkretion zum „Lehrstückunterricht nach Wagenschein/Klafki“ von großer Bedeutung, dass Eyer kulturgenetischen Lehrstückunterricht in der Entfaltung von Antike, Neuzeit und Moderne erfolgreich konzipiert und praktiziert hat. Denn durch die wechselseitige Ergänzung von Wagenscheins Vergangenheits- und Klafkis Zukunftsorientierung ist Eyer ein großer Fortschritt in der Einwurzelung der Lehrkustdidaktik und Erweiterung ihres Horizontes gelungen.

*Hans Christoph Berg/Philipps-Universität Marburg*

## **Dank**

Diese Arbeit ist das Produkt einer langjährigen Zusammenarbeit mit Hans Christoph Berg. Während über zehn Jahren hatte ich das Glück, als Schüler bei ihm zu lernen und mit ihm gemeinsam während drei Jahren die Lehrkunstwerkstatt Bern zu leiten. Viele der in dieser Arbeit enthaltenen Ideen sind während dieser Zeit in Diskussionen mit Berg entstanden oder haben sich darin konkretisiert.

Wesentlich getragen wurde meine Arbeit durch den Austausch in der gesamten Lehrkunstgruppe, die sich seit 2013 in einem Verein organisiert. Beeinflusst haben diese Arbeit (in alphabetischer Reihenfolge) Ueli Aeschlimann, Günter Baars, Hans Brünnger, Mario Gerwig, Willi Eugster, Michael Jänichen, Stephan Schmidlin und Susanne Wildhirt. All diesen Personen möchte ich von Herzen danken!

In mühsamer Arbeit haben Stephan Schmidlin und mein Vater Camille Eyer die Arbeit lektoriert und korrigiert. Ihnen bin ich zu besonders grossem Dank verpflichtet!

Schließlich hat mein Umfeld, vorab meine Familie aber auch meine Arbeitgeber, das Gymnasium Neufeld sowie das Institut Sekundarstufe II der Pädagogischen Hochschule Bern, meine Arbeit stets unterstützt und wo möglich begünstigt. Ihnen allen einen großen Dank!

# Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Dank</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XIX</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>XXI</b>
<b>Teil A: Lehrkunst</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Lehrkunst als Bildungsdidaktik</b> .....	<b>3</b>
1.1 Das Konzept der Lehrkunst.....	3
1.1.1 Konzeption .....	4
1.1.2 Die Werkdimension im Bildungsprozess .....	5
1.1.3 Vom Lehrbucheintrag zum Lehrstück in vier Schritten.....	5
1.1.4 Auswahl paradigmatischer Unterrichtsthemen und die Methodentrias .....	8
1.1.5 Bildung .....	12
1.1.6 Acht Lehrstückkomponenten.....	13
1.2 Lehrkunst in der Bildungslandschaft des 21. Jahrhunderts.....	14
1.2.1 Die Lehrkunst im Spannungsfeld von Bildung und Wissenschaft.....	14
1.2.2 Ausbreitung der Lehrkunst .....	22
1.3 Mit der Lehrkunst zur Allgemeindidaktik .....	37
1.3.1 Aebli's Grundformen des Lehrens .....	40
1.3.2 Bildungsexempel – Ein Essay.....	42
1.4 Die Grenzen der Lehrkunst .....	48
<b>2 Leitfrage: Kulturgeneese und Lehrstückkomposition</b> .....	<b>53</b>
2.1 Mit Wagenschein zur Kulturauthentizität .....	53
2.2 Präkonzepte und Individualgeneese .....	59
2.3 Die Kulturgeneese als generelles naturwissenschaftsdidaktisches Prinzip.....	63
2.3.1 Die Aristotelik .....	65
2.3.2 Die Klassik .....	69
2.3.3 Die Moderne .....	71
2.4 Verallgemeinerung .....	72
2.4.1 Naturwissenschaftsdidaktische Verallgemeinerung.....	72
2.4.2 Fachdidaktische Verallgemeinerung .....	77
<b>3 Lehrkunst als Unterrichtsdidaktik für genetisches Lehren</b> .....	<b>81</b>
3.1 Genetische Dimensionen in Lehrstücken .....	81
3.1.1 Die Bedeutung genetischen Unterrichts am Beispiel des Lehrstücks Pascals Barometer.....	84



<b>Teil B: Drei Lehrstücke .....</b>	<b>91</b>
<b>4 Pascals Barometer.....</b>	<b>93</b>
4.1 Die Kulturgene­se des Luftdrucks .....	93
4.1.1 Antike .....	94
4.1.2 Wissenschaftliche Revolution .....	96
4.1.3 Die kinetische Gastheorie .....	103
4.1.4 Moderne .....	104
4.2 Lehrstückkomposition .....	105
4.2.1 Die Wagenschein Vorlage .....	105
4.2.2 Wegweisertexte .....	108
4.2.3 Die Lehridee .....	110
4.2.4 Die Lehrstückgestalt .....	111
4.3 Lehrstückinszenierung .....	120
4.3.1 Vorbemerkungen .....	120
4.3.2 Eröffnung – Das Experiment mit dem Wasserglas .....	121
4.3.3 Der lange Wasserschlauch .....	126
4.3.4 Die beschränkte Kraft des Vakuums .....	132
4.3.5 Hat die Luft ein „Gewicht“? .....	135
4.3.6 Die Besteigung des Puy de Dôme .....	138
4.3.7 Die Kraft des Luftdrucks und die Schlussrunde (Blockhalbtage) .....	141
4.3.8 Poster .....	149
4.3.9 Variationen Inszenierungen .....	152
4.4 Diskurs .....	154
4.4.1 Methodentrias im Lehrstück .....	154
4.4.2 Kategoriale Bildung .....	159
4.4.3 Acht Lehrstückkomponenten im Lehrstück Pascals Barometer .....	162
4.4.4 Lehrplanpassung .....	167
4.4.5 Die Bildungsstandards im Lehrstück .....	169
<b>5 Das Fallgesetz nach Galilei.....</b>	<b>173</b>
5.1 Kulturgene­se des Fallgesetzes .....	173
5.1.1 Aristotelische Mechanik .....	174
5.1.2 Anschauen und einfachste Modellbildung mit Aristoteles .....	176
5.1.3 Galilei .....	177
5.1.4 Modellbildung durch Experimentieren .....	181
5.1.5 Newton .....	182
5.1.6 Abstrakte Konzepte .....	184
5.1.7 Paradigmenwechsel und vollständige Trennung von erfahrbarer und theoretischer Physik .....	185
5.1.8 Übersicht über die Genese des Fallgesetzes .....	190
5.2 Lehrstückkomposition .....	192
5.2.1 Die Wagenschein Vorlage .....	192
5.2.2 Wegweisertexte .....	194
5.2.3 Lehridee .....	195
5.2.4 Lehrstückgestalt .....	196
5.3 Lehrstückinszenierung .....	203
5.3.1 Vorbemerkungen .....	203
5.3.2 Sogfrage .....	204
5.3.3 Zurück zum Phänomen .....	205
5.3.4 Wir lernen von den Alten – Die Lehre des Aristoteles .....	206
5.3.5 Authentizität im Unterricht – Galilei erhebt Einspruch! .....	210

5.3.6	Die Experimente	218
5.3.7	Mathematisierbarkeit der Natur – Vermessen der Fallbewegung	230
5.3.8	Den Fallprozess festhalten!	235
5.3.9	Das Fallgesetz im Brunnenstrahl	239
5.3.10	Von Aristoteles über Galilei und Newton zu Einstein	242
5.3.11	Zurück auf dem Schulhausdach	250
5.4	Diskurs	250
5.4.1	Methodentrias	250
5.4.2	Acht Lehrstückkomponenten im LS Fallgesetz nach Galilei	252
5.4.3	Kategoriale Bildung	257
5.4.4	Lehrplanpassung	261
5.4.5	Die Bildungsstandards im Lehrstück	262
<b>6</b>	<b>Die Spiegeloptik</b>	<b>267</b>
6.1	Kulturgeneese der Optik	267
6.1.1	Die Bilderlehre des Lukrez	268
6.1.2	Galilei und die Lichtgeschwindigkeit	271
6.1.3	Licht im 17. Jahrhundert	273
6.1.4	Huygens und Newton	275
6.1.5	Goethes Farbenlehre	277
6.1.6	Maxwell und der Elektromagnetismus	279
6.1.7	Photonen und die Relativitätstheorie	280
6.1.8	Welle-Teilchen-Dualismus	282
6.2	Lehrstückkomposition	284
6.2.1	Lehridee: Das Licht und die Dinge	284
6.2.2	Lehrstückgestalt	285
6.3	Lehrstückinszenierung	294
6.3.1	Vorbemerkungen	294
6.3.2	Das Licht und die Dinge – Was sehen wir?	295
6.3.3	Wie breitet sich Licht aus?	296
6.3.4	Der Blick in die Spiegelwelt	298
6.3.5	Der kürzeste Weg	300
6.3.6	Lichtbrechung – Dinge sind nicht dort, wo wir sie sehen!	303
6.3.7	Das Brechungsgesetz	306
6.3.8	Wie ändert sich der Lichtweg?	306
6.3.9	Der kürzeste Weg ist nicht immer der schnellste!	309
6.3.10	Was ändert die Richtung beim Lichtstrahl	314
6.3.11	Viele Welten-Theorie und Prinzip der kleinsten Wirkung	318
6.3.12	Photonendetektor und das Doppelspaltexperiment	323
6.3.13	Finale	325
6.3.14	Ausblick	328
6.4	Diskurs	329
6.4.1	Methodentrias	329
6.4.2	Kategoriale Bildung	333
6.4.3	Acht Lehrstückkomponenten im LS Spiegeloptik	337
6.4.4	Lehrplanpassung	341
6.4.5	Die Bildungsstandards im Lehrstück	342

---

<b>Teil C: Schlussbetrachtungen.....</b>	<b>347</b>
<b>7 Zusammenfassung, Übersicht und Ausblick .....</b>	<b>349</b>
7.1 Bündelung der Leitfrage.....	352
7.2 Auswirkungen auf das Konzept der Lehrkunst.....	356
7.2.1 Auswahl paradigmatischer Unterrichtsthemen und die Methodentrias .....	356
7.2.2 Kategoriale Bildung.....	360
7.3 Mit der Lehrkunst kulturgenetisch Unterrichten.....	361
7.3.1 Durch das Staunen über die Dinge zur Lehridee – Wagenschein mit Goethe.....	361
7.3.2 Mit der Kulturgeschichte zur Unterrichtsskizze – Wagenschein mit Galilei .....	363
7.3.3 Das Lehrstück als didaktische Dichtung – Wagenschein mit Berg und Wildhirt.....	365
7.3.4 Unterrichten – Wagenschein mit Klafki, Aebli/Gasser und Berg .....	366
7.3.5 Kulturgenetisch unterrichten.....	367
7.4 Ausblick.....	368
7.4.1 Synopse zu den Lehrmethoden nach Gasser .....	368
7.4.2 Individualgenese – Kinder auf dem Wege zur Physik .....	396
7.4.3 Lehrkunst und Empirie .....	397
<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>401</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Dreipass der Lehrkunst Konzeption .....	4
Abbildung 2:	Die Bildungstreppe .....	7
Abbildung 3:	Beziehungen zwischen den 8 Lehrstückkomponenten (oben) und der Methodentrias (unten) für ein bestimmtes Lehrstück .....	13
Abbildung 4:	Analytische Zerlegung und anschliessende Rekonstruktion des Phänomens im „Normalunterricht“ .....	19
Abbildung 5:	Einwurzeln des Gelernten in die persönliche Subjektivität .....	21
Abbildung 6:	Kuchendiagramm als Übersicht über die Erfüllung der Bildungsstandards .....	23
Abbildung 7:	Experiment zur Demonstration des Trägheitssatz .....	44
Abbildung 8:	Drehimpulserhaltung beim Experiment zur Demonstration des Trägheitssatz .....	46
Abbildung 9:	Das Weltbild von Roger Penrose .....	49
Abbildung 10:	Anschaulichkeit der Physik .....	50
Abbildung 11:	Anschaulichkeit der Lehrstücke .....	52
Abbildung 12:	Baum – Nuss – Baum; das Symbol der Lehrkunst .....	54
Abbildung 13:	Schematische Übersicht über den kulturgenetisch-didaktischen Dreischritt .....	73
Abbildung 14:	Aristotelisches, episches und nach-episches Theater .....	78
Abbildung 15:	Vergleich der verschiedenen Weltbilder mit der Entwicklung im Theater .....	80
Abbildung 16:	Erstes, über eine längere Zeitdauer erhaltenes Vakuum, erzeugt mit einer ca. elf Meter hohen Wassersäule .....	86
Abbildung 17:	Fliesst das Wasser wirklich aus dem Glas? .....	93
Abbildung 18:	Skizze zur Bestimmung der Höhe der Atmosphäre .....	99
Abbildung 19:	Alhazen abgebildet auf einer iranischen Banknote .....	99
Abbildung 20:	Martin Wagenschein 1983 an einem Treffen von Lehrerinnen und Lehrern in Darmstadt .....	105
Abbildung 21:	Baum – Nuss – Baum als Symbol der Lehrkunst .....	108
Abbildung 22:	Wasserglasexperiment mit grosser Apothekerflasche .....	127
Abbildung 23:	Impressionen zum Wasserschlauchexperiment .....	130
Abbildung 24:	Auch Berti hat in den Strassen Roms mit einer 10 m hohen Wassersäule experimentiert .....	130
Abbildung 25:	Nachinszeniertes Experiment zur Bestimmung der beschränkten Vakuumkraft nach Galilei .....	133
Abbildung 26:	Skizze Galileis zur Bestimmung der Vakuumkraft .....	134
Abbildung 27:	Toricelli experimentiert mit Quecksilber in seinem Labor in Florenz um 1646 .....	136
Abbildung 28:	Puy de Dôme, 1465 m. ü. M. ....	139
Abbildung 29:	Quecksilberbarometer im Aufzug .....	140
Abbildung 30:	Vorbereitetes Zimmer für die Diskussionsrunde .....	143
Abbildung 31:	Diskussionsrunde der Wissenschaftler .....	146
Abbildung 32:	Experiment nach Boyle .....	146
Abbildung 33:	Welcher Prozess bringt das Wasser in den Mund? "Saugen" oder "Drücken"? .....	148
Abbildung 34:	Poster 1 .....	149
Abbildung 35:	Poster 2 .....	150

Abbildung 36:	Poster 3 .....	150
Abbildung 37:	Poster 4 .....	151
Abbildung 38:	Schneekristalle auf dem Umschlag des Buches „Naturphänomene sehen und verstehen“ von Martin Wagenschein .....	155
Abbildung 39:	Kuchendiagramm als Übersicht über die Erfüllung der Bildungsstandards .....	170
Abbildung 40:	Wie fallen die Dinge? Welche Bewegung machen sie? .....	173
Abbildung 41:	Der Fallprozess im Galilei'schen (links) und im Einstein'schen (rechts) Weltbild .....	189
Abbildung 42:	Fallgesetz im Brunnenstrahl; Illustration in Wagenscheins Beschreibung des Lehrstücks .....	192
Abbildung 43:	Aristoteles (384-322 v. Chr.) .....	206
Abbildung 44:	Weltbild nach Aristoteles .....	208
Abbildung 45:	Titelseite der „Discorsi“ .....	211
Abbildung 46:	Skizze zum Gedankenexperiment von Galilei .....	212
Abbildung 47:	Zwei Schüler inszenieren die Schlüsselstelle in den Discorsi .....	213
Abbildung 48:	Experimentieren mit fallenden Kügelchen in Glycerin .....	219
Abbildung 49:	Nachbildung von Galileis Labor im Deutschen Museum in München .....	221
Abbildung 50:	Darstellung des Experimentes mit der Fallrinne .....	222
Abbildung 51:	Standzylinder mit Flüssigkeiten verschiedener Dichten .....	225
Abbildung 52:	Das Fallrohr .....	227
Abbildung 53:	Schematische Darstellung der Messresultate an der schiefen Ebene .....	231
Abbildung 54:	Beispiel einer Auswertung der Daten am Computer .....	233
Abbildung 55:	Schematische Darstellung der Messresultate an der schiefen Ebene, ergänzt .....	233
Abbildung 56:	Fallschnüre .....	235
Abbildung 57:	Auf den Kopf gestelltes Weg-Zeit-Diagramm .....	236
Abbildung 58:	Horizontaler Wurf im Orts-Orts-Diagramm .....	236
Abbildung 59:	Skizzierte Flugbahnen von Bällen .....	237
Abbildung 60:	Abbildung von Paulus Puchner zur Flugbahn von Artilleriegeschossen (1577) .....	239
Abbildung 61:	Nachzeichnen des Wasserstrahls .....	240
Abbildung 62:	Vermessen des Wasserstrahls .....	240
Abbildung 63:	Wasserstrahl aus Berner Brunnen .....	241
Abbildung 64:	Weg-beschleunigtes Klassenzimmer (links) und im Gravitationsfeld stehendes Klassenzimmer (rechts) .....	244
Abbildung 65:	Weg-Zeit-Diagramm des Fallprozesses nach Galilei in einem Euklid'schen Raum .....	246
Abbildung 66:	Das Dreieck auf der Sphäre mit einer Winkelsumme von $270^\circ$ .....	248
Abbildung 67:	Der Fallprozess im Galilei'schen (links) und im Einstein'schen (rechts) Weltbild .....	248
Abbildung 68:	Der Bewegungsvektor $c$ in verschiedenen Koordinatensystemen gemessen .....	249
Abbildung 69:	Originales Titelbild des Lehrstücks Fallgesetz im Brunnenstrahl nach Wagenschein .....	257
Abbildung 70:	Kuchendiagramm als Übersicht über die Erfüllung der Bildungsstandards .....	263
Abbildung 71:	Welchen Weg nimmt das Licht? .....	267
Abbildung 72:	Die Darstellung zeigt, wie Archimedes von Syrakus römische Schiffe mit Hilfe von Parabolspiegeln in Brand gesetzt haben soll .....	270
Abbildung 73:	Qualitative Beschreibung der Lichtbrechung .....	274
Abbildung 74:	Descartes Theorie zur Brechung des Lichtes .....	274
Abbildung 75:	Erstausgabe von Newtons „Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light“, 1704 .....	276
Abbildung 76:	Erstausgabe von Huygens „Traité de la Lumière“ 1690 .....	276

Abbildung 77:	Doppelspaltversuch mit Photonen: Effektives Resultat ist ein Interferenzmuster an der Wand! .....	283
Abbildung 78:	Erwartetes Resultat des Doppelspaltversuchs mit Licht als Teilchen; die Teilchen schwärzen an zwei Stellen den Schirm. ....	283
Abbildung 79:	Erwartete Schülerskizze (schematisch). ....	297
Abbildung 80:	Schematische Darstellung der Spielerei mit Spiegel, Lampe und Händen .....	298
Abbildung 81:	Abbildung aus Erb/Schön: „Kerze und Spiegelkerze erzeugen an der Vase verschiedene Schatten.“ .....	299
Abbildung 82:	Abbildung aus Erb/Schön: Der Zollstock im Spiegel. ....	300
Abbildung 83:	Das Licht gelangt von der Lampe an den Spiegel und von da in unser Auge. ....	301
Abbildung 84:	Der wahre Lichtweg A ist der kürzeste. ....	303
Abbildung 85:	Trotz genauer Ausrichtung des Zielrohrs (links) verfehlt die Harpune die Muschel (rechts). ....	304
Abbildung 86:	Der Laserstrahl wird in die andere Richtung als der Eisenstab geknickt! .....	304
Abbildung 87:	Der Prozess des Abknickens ist symmetrisch .....	305
Abbildung 88:	Die Muschel liegt nicht dort, wo wir sie sehen .....	305
Abbildung 89:	Einrichtung zur Bestimmung des Brechungswinkels $\beta$ in Abhängigkeit vom Einfallswinkels. ....	307
Abbildung 90:	Einfallswinkel $\alpha$ und Brechungswinkel $\beta$ verhalten sich nicht proportional zueinander. ....	308
Abbildung 91:	Der Indianer muss möglichst rasch auf die Insel! Welchen Weg wählt er? .....	309
Abbildung 92:	Skizze mit Indianer, Insel und den verschiedenen Wegstrecken .....	313
Abbildung 93:	Das Laserlicht wird auf den „optimalen Weg“ in Richtung Ufer geschickt (links); Das Licht erreicht das „Ufer“ (Mitte) und ändert die Richtung, genau auf die Insel zu (rechts)! .....	313
Abbildung 94:	Die Ausbreitung einer Elementarwelle in einem isotropen Medium .....	315
Abbildung 95:	Elementarwellen bilden eine Wellenfront .....	315
Abbildung 96:	Erklärung der Lichtbrechung nach Huygens. ....	316
Abbildung 97:	Skizze zur Herleitung des Brechungsgesetzes. ....	317
Abbildung 98:	Theoretischer Zusammenhang zwischen Einfallswinkel $\alpha$ und Brechungswinkel $\beta$ (rote Linie). ....	318
Abbildung 99:	Drei Flugszenarien. ....	321
Abbildung 100:	Soll ein Ball von A nach B fliegen, so nimmt der Ball den Weg mit der minimalen Wirkung, was einer Parabel entspricht! .....	323
Abbildung 101:	Das Doppelspaltexperiment: Teilchen erzeugen ein Wellenmuster! .....	324
Abbildung 102:	Interferenzmuster bei Photonen, die einzeln auf den Schirm fallen .....	325
Abbildung 103:	Licht durchfluteter Wald (Tyndall-Effekt). ....	326
Abbildung 104:	Dramaturgie von der antiken zur modernen Vorstellung von Licht .....	327
Abbildung 105:	Kuchendiagramm als Übersicht über die Erfüllung der Bildungsstandards .....	342
Abbildung 106:	Theodor Schulzes Turm steht für die Entwicklung der menschlichen Gattung. ...	349
Abbildung 107:	Jahrtausendturm der Forschung im Elbenauenpark in Magdeburg. ....	350
Abbildung 108:	Nicht nur genetisch sondern regenerierend lehren. Links eine originale Notiz von Wagenschein dazu .....	352
Abbildung 109:	Die Veränderung des Blicks für die Stellung der unterschiedlichen wissenschaftlichen Epochen zueinander. ....	353
Abbildung 110:	Zyklischer Erkenntnisgewinn durch drei Weltbild-Epochen. ....	355
Abbildung 111:	Verschachtelung der Wissenschaftsepochen: Die Aristotelik ist in der Klassik und die Klassik ist in der Moderne enthalten. ...	358
Abbildung 112:	Was meinen Aristoteles, Galilei und Einstein zu den Fallexperimenten? .....	359

Abbildung 113: Das Lehrkunstsymbol Baum - Nuss - Baum, gedeutet als Verdichtung der Kulturgeschichte in der Nuss, aus welcher im Unterricht der Baum der Kultur neu spriesst .....	364
Abbildung 114: Erfahrungspyramide nach Edgar Dale. ....	383
Abbildung 115: „Lernwege vom <Ich> zum <Wir/Man>“ .....	388

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die Methodentrias nach Martin Wagenschein und Gottfried Hausmann .....	9
Tabelle 2:	System der Kategorialen Bildung nach Klafki .....	12
Tabelle 3:	Bildungsstandards Physik der KMK, 2005, angewandt auf die Lehrstücke Pascals Barometer, Fallgesetz nach Galilei, Spiegeloptik, Faradays Kerze, Himmelsuhr und Erdglobus, Howards Wolken, Quantenchemie farbiger Stoffe ...	32
Tabelle 4:	Einbettung der Lehrstücke im Unterrichtskurriculum .....	35
Tabelle 5:	Epochaltypische Schlüsselthemen in der Physik .....	56
Tabelle 6:	Analyse des Physik-Curriculums des ersten gymnasialen Schuljahres im Kanton Bern, Schweiz .....	75
Tabelle 7:	Übersicht über das Lehrstück Pascals Barometer .....	112
Tabelle 8:	Vergleich der beiden Inszenierungen von Pascals Barometer durch Eyer und Aeschlimann .....	152
Tabelle 9:	Kategoriale Bildung im Lehrstück Pascals Barometer .....	160
Tabelle 10:	Bildungsstandards Physik der KMK, 2005, angewandt auf das Lehrstück Pascals Barometer .....	172
Tabelle 11:	Übersicht über die Entwicklung der Erklärung des Fallprozess' .....	191
Tabelle 12:	Übersicht über das Lehrstück Fallgesetz nach Galilei .....	196
Tabelle 13:	Beispiel von Resultaten der Vermessung der Bewegung an der schiefen Ebene ..	232
Tabelle 14:	Kategoriale Bildung im Lehrstück Fallgesetz nach Galilei .....	258
Tabelle 15:	Bildungsstandards Physik der KMK, 2005, angewandt auf das Lehrstück Fallgesetz nach Galilei .....	265
Tabelle 16:	Entwicklung der Vorstellung über die Geschwindigkeit des Lichts .....	272
Tabelle 17:	Übersicht über das Lehrstück Spiegeloptik .....	285
Tabelle 18:	Kategoriale Bildung im Lehrstück Fermats Spiegeloptik .....	333
Tabelle 19:	Bildungsstandards Physik der KMK, 2005, angewandt auf das Lehrstück Spiegeloptik .....	344
Tabelle 20:	Übersicht über die Kapitel in Gassers Lehrbuch der Didaktik und über den Versuch, exemplarisch das Lehrstück Pascals Barometer an den von Gasser beschriebenen Lehrmethoden zu messen. ....	369
Tabelle 21:	Der Lehrkunstschatz an sechs ausgewählten Schulen, Stand 2013 .....	400



## Zusammenfassung

Die Methodik der Lehrkunst steht auf den drei Pfeilern *exemplarisch* – *genetisch* – *dramaturgisch*. In dieser Arbeit wird das genetische Lehren, das sich gemeinhin auf die Genese des individuellen Wissens der Schülerinnen und Schüler oder des gemeinsamen Wissens einer Gruppe oder Klasse bezieht, um die Dimension der *Kulturgenese* erweitert. Der Arbeit liegt die These zugrunde, dass das genetische Lehren in den Naturwissenschaften (im Besonderen im Physikunterricht) besser gelingt, wenn die Komposition der Unterrichtseinheit (des Lehrstücks) auf die Kulturgenese des Unterrichtsgegenstandes abgestimmt ist, bzw. wenn sie diese zur Grundlinie der Unterrichtsgestaltung macht. Dabei wird die Kulturgenese grob in drei paradigmatische Epochen (mit entsprechenden Weltbildern) unterteilt: in die Aristotelik (Epoche der Anthropozentrik), die Klassik (Epoche des klassisch-naturwissenschaftlichen Denkens) und die Moderne (Epoche der universalen Verallgemeinerung). In der Arbeit wird argumentiert, dass die alltägliche Weltanschauung der Schülerinnen und Schüler (der Menschen im Allgemeinen) trotz allen wissenschaftlichen Fortschritts der heutigen Gesellschaft in der Aristotelik wurzelt, dass die Mittelschule im Allgemeinen aber den Anspruch hat, die klassisch-naturwissenschaftliche Methodik zu vermitteln, dass die moderne Wissenschaft allerdings abermals an ganz einem anderen Ort steht und ihr auch ganz ein anderes Weltbild zugrunde liegt. Um dieser Diskrepanz zu begegnen und die oft unüberwindbaren Gräben zwischen Alltag (Aristotelik), Schule (Klassik) und Wissenschaft (Moderne) zu schließen, ist es wichtig, in Unterrichtseinheiten den Gang durch die Kulturgeschichte des Unterrichtsgegenstandes zu machen.

Im ersten Teil dieser Arbeit wird die Lehrkunst als Methodik und als Didaktik in der aktuellen Bildungslandschaft diskutiert. Dabei leite ich die der Arbeit zugrunde liegende These aus der Lehrkunstdidaktik und der Wagenschein-Didaktik ab.

Im zweiten Teil wird anhand dreier konkreter Unterrichtseinheiten zu exemplarischen Themen aufgezeigt, wie der Einbezug der Kulturgeschichte in die Unterrichtsgestaltung gelingt. Dies geschieht an den Themen *Luftdruck* (Raum und Materie), *Fallgesetz* (Bewegung) und der *Optik* (Licht). Diese Unterrichtseinheiten wurden eigens hinsichtlich der These dieser Arbeit (weiter-)entwickelt. Die These

wurde allerdings nicht im Rahmen einer empirischen Studie getestet. Die Unterrichtseinheiten wurden an jeweils bis zu maximal vier Klassen erprobt und der Unterrichtsverlauf in Unterrichtsberichten beschrieben.

Im dritten Teil wird die These in den allgemeineren Rahmen des Unterrichts eingebettet, wobei ich zeige, warum kulturgenetisches Unterrichten ein grundlegendes fach- und allgemeindidaktisches Kriterium guten Unterrichts ist.

### **Zum Lesen dieses Buches**

Dieses Buch wurde als Dissertation geschrieben. Besonders in den ersten Kapiteln wird immer wieder auf die Unterrichtseinheiten (Lehrstücke) Bezug genommen, die im Teil B des Buches beschrieben sind. Gewisse Experimente daraus spielen im ersten Teil eine wichtige Rolle und werden immer wieder zitiert. So zum Beispiel das *Experiment mit dem Wasserglas* oder das *Vakuum-Fallrohr*. Beide Experimente werden vorne im Buch nicht eingeführt. Um daher die Aussagen im ersten Teil des Buches vollkommen zu verstehen, macht es Sinn, zuerst einen Eindruck von den Lehrstücken und den dazugehörigen Experimenten zu gewinnen und das Buch nicht von vorne nach hinten zu lesen. Die Kapitel, in welchen die Lehrstücke mit ihren Experimenten beschrieben und diskutiert werden, sind immer gleich aufgebaut. Zuerst ermöglicht eine zusammenfassende Beschreibung der Unterrichtseinheiten einen Überblick. In einem zweiten Teil werden die Lehrstücke ausführlich mit Unterrichtsberichten dargestellt. Diese Teile eignen sich zum Detailstudium. Im dritten Teil wird jedes Lehrstück nach didaktischen Gesichtspunkten diskutiert. Für das Verständnis des Teils A dieses Buches reicht es, wenn man sich einen zusammenfassenden Überblick über die Lehrstücke verschafft.

Die zu den Lehrstücken gehören Unterrichtsmaterialien (Texte, Bilder und Analysematerial), welche in diesem Buch aus Platzgründen nicht abgedruckt wurden. Der Autor stellt diese aber gerne interessierten Lehrpersonen zur Verfügung.