

Schülervorstellungen und Physikunterricht

Horst Schecker
Thomas Wilhelm
Martin Hopf
Reinders Duit
Hrsg.

Schüler- vorstellungen und Physikunterricht

Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und
Unterrichtspraxis

Autoren: Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf,
Reinders Duit, Helmut Fischler, Claudia Haagen-Schützen-
höfer, Dietmar Höttecke, Rainer Müller und Rita Wodzinski



Springer Spektrum

Hrsg.

Prof. Dr. Horst Schecker
FB 1 Physik/Elektrotechnik,
Institut für Didaktik der Physik
Universität Bremen
Bremen
Deutschland

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Österreichisches Kompetenzzentrum
für Didaktik der Physik
Universität Wien
Wien
Österreich

Prof. Dr. Thomas Wilhelm
Institut für Didaktik der Physik
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Frankfurt
Deutschland

Prof. Dr. Dr. h.c. Reinders Duit
IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
Universität Kiel
Deutschland

ISBN 978-3-662-57269-6

ISBN 978-3-662-57270-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>

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-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2018

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. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Verantwortlich im Verlag: Lisa Edelhäuser

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Von zentraler Bedeutung für das Unterrichten und das Lernen von Physik ist, was die Schülerinnen und Schüler an Vorwissen, Vorstellungen und Denkmustern bereits mitbringen. Diese Faktoren formen das Vorverständnis der Lernenden über den zu erarbeitenden Sachverhalt. Neue Informationen im Unterricht – vermittelt durch Lehrererkklärungen, Experimente, Schulbuchtexte, Arbeitsblätter oder Aufgabenstellungen – werden auf Grundlage des Vorverständnisses verarbeitet. Die Vorstellung, dass ‚Strom‘ sich von der Batterie zum Verbraucher bewege, führt Schülerinnen und Schüler z. B. zu der Erwartung, ein Widerstandsdraht beginne dort zu glühen, *„wo der Strom zuerst ankommt“*, und manche meinen sogar, einen solchen Effekt im Experiment beobachten zu können. Schülervorstellungen, die auf Alltagssprachliche Muster zurückgehen, z. B. die Vorstellung, ein Spiegel vertausche links und rechts, liegen oftmals quer zum physikalischen Verständnis. Schülervorstellungen können aber ebenso Anknüpfungspunkte für die Entwicklung eines tieferen physikalischen Begriffsverständnisses sein. Das gilt z. B. für die Vorstellung, dass bei Energieumwandlungen immer ein ‚Energieverlust‘ auftrete. Dies kann produktiv gewendet werden, um den Aspekt der Energieentwertung einzuführen.

Das Forschungsgebiet Schülervorstellungen hat international eine lange Tradition, die bis in die 1970er Jahre zurückreicht. Aus dieser Zeit stammen viele der heute immer noch wichtigen Arbeiten. Im ersten Teil des Buches (► [Kap. 1](#), ► [Kap. 2](#) ► [Kap. 3](#)) stellen wir die theoretischen Grundlagen dar: Was sind Schülervorstellungen, worin liegt ihre Bedeutung für das Physiklernen, wie entwickelt sich das Verständnis physikalischer Begriffe und welche grundlegenden Strategien gibt es für den Umgang mit Schülervorstellungen bei der Unterrichtsgestaltung? In den zehn folgenden Kapiteln werden zu wichtigen Themengebieten der Schulphysik von der Mechanik bis zur Quantenphysik typische Schülervorstellungen erläutert, die im Unterricht wirksam sein können. Physikexperten erscheinen solche Vorstellungen zunächst überraschend und fehlerhaft. Ein detailliertes Wissen über Schülervorstellungen fördert jedoch das Verständnis dafür, dass hinter Schüleraussagen, die oberflächlich betrachtet als schlicht falsch erscheinen, durchaus sinnvolle Gedankengänge stehen können. Nicht alle physikalisch fehlerhaften oder falschen Schüleraussagen beruhen jedoch auf tiefschürfenden Überlegungen. Ebenso wenig beruhen physikalisch korrekte Schüleraussagen stets auf physikalisch korrekten Ideen. Walter Jung¹ hat betont, dass man zwischen Schüleräußerungen und den ihnen zugrunde liegenden Vorstellungen genau unterscheiden muss.

Dieses Lehrbuch soll Lehramtsstudierende, Referendare und Lehrkräfte der Physik in die Lage versetzen, genauer hinzuhören und besser zu verstehen, was sich

1 Jung, W. (1978). Jung war ein Begründer der Schülervorstellungsforschung in Deutschland.

hinter Schüleraussagen versteckt, die von den erwarteten oder erhofften Antworten abweichen. Dieses Wissen über Schülervorstellungen erlaubt es Lehrkräften, Lernangebote zu machen, die von den Lernenden besser aufgegriffen und verarbeitet werden können. Dafür muss man Lernhemmnisse voraussehen und in der Unterrichtsvorbereitung berücksichtigen. Die Sachstruktur der Physik bietet Gestaltungsmöglichkeiten, um durch eine geeignete Auswahl und Darstellungsweise die Schülervorstellungen als wesentlichen Faktor für das Physiklernen zu berücksichtigen. Die Unterrichtsplanung muss stets beides – Sachstruktur *und* Lernvoraussetzungen – verbinden. Die Kapitel dieses Buches geben hierfür konkrete Hinweise.

Die Autorinnen und Autoren gehen auf Schülervorstellungen ein, die nach dem Stand der fachdidaktischen Forschung empirisch belegt sind. Aber natürlich hat nicht jede Schülerin oder jeder Schüler alle im Buch erläuterten Vorstellungen. Aussagen wie „Lernende stellen sich das folgendermaßen vor ...“ sind daher zu lesen als „Man muss damit rechnen, dass manche Lernende sich den Sachverhalt folgendermaßen vorstellen“. Schülervorstellungen sind in den Kapiteln durch doppelte Anführungszeichen gekennzeichnet (z. B. „Nur aktive Körper können Kräfte ausüben“). Fachbegriffe, die in Schülervorstellungen anders belegt sind als in der Physik, werden im fortlaufenden Text durch einfache Anführungszeichen hervorgehoben, z. B. wenn Lernende von ‚Kraft‘ in einem bewegten Körper sprechen.

In einer konkreten Lerngruppe wird das Auftreten von Schülervorstellungen von vielfältigen Faktoren beeinflusst:

- vom Umfang und der Qualität des vorhergehenden Physikunterrichts,
- von Alltagserfahrungen und deren alltagssprachlichen Deutungen,
- von der Rezeption populärwissenschaftlicher Darstellungen in Medien.

Damit Schülervorstellungen im Unterricht sichtbar werden können, müssen die Lernenden Gelegenheiten haben und sich trauen, eigenständige Überlegungen zu äußern – auch wenn diese möglicherweise nicht korrekt sind. Schülerinnen und Schüler müssen darauf vertrauen können, dass die Lehrkraft zwischen Lernphasen und Leistungsüberprüfungen klar unterscheidet.

Wenn sich Studierende und angehende Lehrkräfte mit Schülervorstellungen befassen, stellen sie immer wieder fest, dass manche Vorstellung dem eigenen intuitiven Denken gar nicht so fern steht. Schülervorstellungen sind ein guter Anlass, die grundlegenden Begrifflichkeiten der Physik für sich selbst noch einmal fachlich zu durchdenken. Auch hierzu soll das vorliegende Lehrbuch anregen. Einige Themenkapitel enthalten daher umfangreiche fachliche Erläuterungen.

Die Leser und Leserinnen des Buches sollen am Ende

- typische Schülervorstellungen in wichtigen Gebieten der Physik kennen,
- auf Basis dieses Wissens Lernschwierigkeiten bei Schülern und Schülerinnen diagnostizieren können,
- wissen, wie man Lernenden helfen kann, ihre Vorstellungen weiterzuentwickeln,

- wissen, wo man Unterrichtskonzeptionen findet, die Schülervorstellungen berücksichtigen,
- Möglichkeiten kennen, wie man Schülervorstellungen bei der Unterrichtsplanung und -durchführung einbeziehen kann, und nicht zuletzt
- die eigenen Vorstellungen zu zentralen physikalischen Konzepten fachlich durchdacht haben.

Die Herausgeber Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf und Reinders Duit

Literatur

Jung, W. (1978). Zum Problem der „Schülervorstellungen“. *physica didactica*, 5, 125–146.

Autoren

Duit, Reinders, Prof. Dr. Dr. h. c.

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
email: rduit@t-online.de

Fischler, Helmut, Prof. Dr.

FB Physik, Physikdidaktik, Freie Universität
Berlin
Arnimallee 14
14195 Berlin
email: helmut.fischler@physik.fu-berlin.de

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Univ.-Prof. Mag. Dr.

Institut für Physik, Universität Graz,
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
A-8010 Graz
email: claudia.haagen@uni-graz.at

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.

Fachbereich Erziehungswissenschaften,
Didaktik der Physik, Universität Hamburg
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
email: dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

Hopf, Martin, Univ.-Prof. Dr.

Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Physik, Universität Wien
Porzellangasse 4
A-1090 Wien
email: martin.hopf@univie.ac.at

Müller, Rainer, Prof. Dr.

Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften, Universität
Braunschweig
Pockelsstr. 11
38106 Braunschweig
email: rainer.mueller@tu-bs.de

Schecker, Horst, Prof. Dr.

FB 1 Physik/Elektrotechnik, Institut für
Didaktik der Physik,
Universität Bremen
Postfach 330440
28334 Bremen
email: schecker@uni-bremen.de

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.

Institut für Didaktik der Physik, Goethe-
Universität Frankfurt am Main
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
email: wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.

Institut für Physik, Universität Kassel
Heinrich-Plett-Str. 40
34109 Kassel
email: wodzinski@physik.uni-kassel.de

Inhaltsverzeichnis

1	Schülervorstellungen und Physiklernen	1
1.1	Warum Schülervorstellungen für den Unterricht so wichtig sind	2
1.2	Schülervorstellungen und Unterrichtsgestaltung	4
1.3	Zum Begriff „Schülervorstellung“	9
1.4	Woher die Schülervorstellungen stammen	12
1.5	Forschung zu Schülervorstellungen	14
1.5.1	Entwicklung der Forschung	14
1.5.2	Untersuchungsmethoden	15
1.6	Ausblick	18
1.7	Literatur zur Vertiefung	18
1.8	Literatur	19
2	Conceptual Change – Entwicklung physikalischer Vorstellungen	23
2.1	Einführung	24
2.2	Konstruktivismus	24
2.3	Konzepte	26
2.4	Conceptual Change	28
2.4.1	Konzeptwechsel als Umstrukturierung des Wissens	28
2.4.2	Synthetische Modelle der Konzeptentwicklung	29
2.4.3	<i>Knowledge in Pieces</i> – fragmentiertes Wissen	33
2.5	Metakognition und Conceptual Change	34
2.6	Conceptual Change und Physiklernen	35
2.7	Literatur zur Vertiefung	36
2.8	Literatur	37
3	Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen	39
3.1	Grundsätzliches	40
3.2	Konfliktstrategien für diskontinuierliche Lernwege	42
3.2.1	Kognitive Konflikte	42
3.2.2	Mögliche Probleme des Vorgehens	49
3.3	Aufbaustrategien für einen kontinuierlichen Lernweg	50
3.3.1	Die Idee des Aufbaus	50
3.3.2	Beispiele für Aufbaustrategien	54
3.4	Thematisieren von Schülervorstellungen	56
3.5	Literatur	60
4	Schülervorstellungen in der Mechanik	63
4.1	Einführung	64
4.2	Vorstellungen zur Kinematik	65
4.3	Vorstellungen zur Dynamik	70

4.4	Unterrichtskonzeptionen	80
4.5	Testinstrumente	82
4.6	Literatur zur Vertiefung	83
4.7	Übungen	84
4.8	Literatur	86
5	Schülervorstellungen zur geometrischen Optik	89
5.1	Einführung	90
5.2	Schülervorstellungen	91
5.2.1	Vorstellungen zu Licht und dessen Eigenschaften.....	92
5.2.2	Vorstellungen zum Sehvorgang.....	96
5.2.3	Vorstellungen zur Wechselwirkung von Licht und Materie.....	98
5.2.4	Vorstellungen zu Abbildungsvorgängen.....	100
5.2.5	Vorstellungen zu Farben.....	106
5.3	Unterrichtskonzeptionen	108
5.4	Testinstrumente	109
5.5	Literatur zur Vertiefung	110
5.6	Übungen	111
5.7	Literatur	112
6	Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis	115
6.1	Einführung	116
6.2	Schülervorstellungen	116
6.2.1	Vorstellungen im Anfangsunterricht.....	116
6.2.2	Vorstellungen im Kontext der Spannung.....	118
6.2.3	Vorstellungen zum Strom als Brennstoff.....	122
6.2.4	Grundlegende Denkmuster.....	127
6.2.5	Weitere Lernschwierigkeiten.....	130
6.3	Unterrichtskonzeptionen	131
6.4	Testinstrumente	132
6.5	Literatur zur Vertiefung	133
6.6	Übungen	134
6.7	Literatur	136
7	Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme	139
7.1	Einführung	140
7.2	Vorstellungen zu Teilchen	140
7.3	Vorstellungen zu Temperatur und Wärme	149
7.4	Herausforderungen beim Unterricht zum Teilchenmodell	152
7.5	Unterrichtskonzeptionen	155
7.6	Testinstrumente	156
7.7	Literatur zur Vertiefung	157
7.8	Übungen	158
7.9	Literatur	159

8	Schülervorstellungen zu Energie und Wärmekraftmaschinen	163
8.1	Einführung	164
8.2	Vorstellungen zur Energie	164
8.2.1	Energie als mengenartige Größe	164
8.2.2	Energieverbrauch	166
8.2.3	Energieformen und Arbeit	171
8.3	Vorstellungen zu Wärmekraftmaschinen	174
8.4	Unterrichtskonzeptionen	177
8.5	Testinstrumente	178
8.6	Literatur zur Vertiefung	178
8.7	Übungen	179
8.8	Literatur	181
9	Schülervorstellungen zu Feldern und Wellen	185
9.1	Einführung	186
9.2	Vorstellungen zu Feldern	186
9.2.1	Grundvorstellungen zu Feldern	187
9.2.2	Elektrisches Feld	192
9.2.3	Magnetisches Feld	193
9.3	Vorstellungen zu Wellen	195
9.3.1	Grundvorstellungen zu Wellen	195
9.3.2	Beugung und Interferenz	200
9.4	Unterrichtskonzeptionen	204
9.5	Testinstrumente	205
9.6	Literatur zur Vertiefung	205
9.7	Übungen	206
9.8	Literatur	207
10	Schülervorstellungen zur Quanten- und Atomphysik	209
10.1	Einleitung	210
10.2	Vorstellungen zum Aufbau von Atomen	211
10.2.1	Planetenmodell des Atoms	211
10.2.2	Ladungswolken, Schalen, Orbitale	212
10.2.3	Bahnen und Ortseigenschaft	213
10.3	Vorstellungen zur Quantenmechanik	213
10.3.1	Determinismus und Wahrscheinlichkeitsdeutung	213
10.3.2	Wellen und Teilchen	215
10.3.3	Potenzialtopf und Quantisierung der Energie	216
10.3.4	Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation	217
10.4	Unterrichtskonzeptionen	219
10.5	Testinstrumente	220
10.6	Literatur zur Vertiefung	220
10.7	Übungen	221
10.8	Literatur	224

11	Schülervorstellungen zu fortgeschrittenen Themen der Schulphysik	225
11.1	Einführung	226
11.2	Spezielle Themen der Atomphysik	226
11.3	Zufall und Wahrscheinlichkeit	229
11.4	Radioaktivität	231
11.5	Elektromagnetische Strahlung	232
11.6	Astrophysik	237
11.7	Relativitätstheorie	238
11.8	Unterrichtsvorschläge	239
11.9	Testinstrumente	241
11.10	Literatur	241
12	Schülervorstellungen im Anfangsunterricht	243
12.1	Einleitung	244
12.2	Physikalisch sehen und denken lernen	245
12.3	Schülervorstellungen zu physikalischen Themen des Anfangsunterrichts	247
12.3.1	Vorstellungen zum Schwimmen und Sinken	248
12.3.2	Vorstellungen zur Luft	249
12.3.3	Vorstellungen zur Schattenbildung	251
12.3.4	Vorstellungen zum Schall	252
12.3.5	Vorstellungen zur Temperatur	254
12.3.6	Vorstellungen zum Wetter und Wasserkreislauf	255
12.3.7	Vorstellungen zum Magnetismus	256
12.3.8	Vorstellungen zu astronomischen Themen	257
12.3.9	Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften im Sachunterricht	259
12.4	Unterrichtsvorschläge	261
12.5	Testinstrumente	264
12.6	Literatur zur Vertiefung	265
12.7	Übungen	267
12.8	Literatur	268
13	Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften	271
13.1	Einführung	272
13.2	Quellen von Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften	273
13.3	Vorstellungen zur Person des Naturwissenschaftlers	274
13.4	Vorstellungen zum epistemologischen Status naturwissenschaftlichen Wissens	277
13.5	Vorstellungen vom naturwissenschaftlichen Experimentieren	279
13.6	Vorstellungen zur naturwissenschaftlichen Wissensproduktion	280
13.7	Unterrichtsvorschläge	282
13.8	Testinstrumente	283
13.9	Literatur zur Vertiefung	284
13.10	Übungen	284
13.11	Literatur	285

14	Lösungen der Übungsaufgaben	289
14.1	Mechanik (► Kap. 4)	290
14.2	Geometrische Optik (► Kap. 5)	292
14.3	Elektrische Stromkreise (► Kap. 6)	294
14.4	Teilchen und Wärme (► Kap. 7)	294
14.5	Energie und Wärmekraftmaschinen (► Kap. 8)	295
14.6	Felder und Wellen (► Kap. 9)	295
14.7	Quantenphysik (► Kap. 10)	296
14.8	Anfangsunterricht (► Kap. 12)	297
14.9	Natur der Naturwissenschaften (► Kap. 13)	297
	 Serviceteil	
	Sachverzeichnis	300
	Autorenverzeichnis	303