

Peter Labudde
Susanne Metzger (Hg.)

Fachdidaktik Naturwissenschaft

1.– 9. Schuljahr

3. Auflage



Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 129.187.254.47 aus dem Netz der USEBUBMünchen am 14.05.2020 um 11:19 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Peter Labudde, Susanne Metzger
(Hg.)

Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.–9. Schuljahr

3., erweiterte und aktualisierte Auflage

Haupt Verlag

- 3. Auflage 2019
- 2. Auflage 2013
- 1. Auflage 2010

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Copyright © 2019 Haupt Bern

Das Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlagsgestaltung: Atelier Reichert, D-Stuttgart

Umschlagsfoto: Blickwinkel/A. Laule (BLW030596)

Satz: Die Werkstatt Medien-Produktion GmbH

Weitere Materialien zum Buch: www.haupt.ch/fachdidaktik-naturwissenschaft/

Printed in Germany

www.haupt.ch

UTB-Band-Nr.: 3248

ISBN: 978-3-8252-5207-6

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 3. Auflage	11
1 Ziele bewusst machen – Kompetenzen fördern	13
<i>Peter Labudde</i>	
1.1 Zum Für-wen, Warum und Wann von Zielen	14
1.2 Zielebenen und -bereiche	16
1.3 Lernziele im interdisziplinären Naturwissenschaftsunterricht	18
1.4 Kompetenzen und Bildungsstandards: Deutschland	20
1.5 Kompetenzen und Bildungsstandards: Schweiz	22
1.6 Globalisierung der Lernziele durch PISA	24
1.7 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken	26
1.8 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	28
2 Die Naturwissenschaften fächerübergreifend vernetzen	29
<i>Susanne Metzger</i>	
2.1 Fächerübergreifender Unterricht – ein Überblick	30
2.2 Fächerübergreifend – eine Begriffsklärung	32
2.3 Im Spannungsfeld zwischen fächerübergreifendem Unterricht und Fachsystematik	34
2.4 Themenfelder	36
2.5 BNE – ein Beispiel für fächerübergreifenden Unterricht über die Naturwissenschaften hinaus	38
2.6 Weitere Beispiele für fächerübergreifenden Unterricht	40
2.7 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken	42
2.8 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	44
3 Didaktische Rekonstruktion: Fachsystematik und Lernprozesse in der Balance halten	45
<i>Susanne Metzger</i>	
3.1 Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Grundlagen	46
3.2 Fachwissenschaftliche Perspektive	48
3.3 Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler	50
3.4 Interessen der Schülerinnen und Schüler	52
3.5 Didaktische Strukturierung	54

3.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 56
 3.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium 58

4 Lernen von Naturwissenschaften heißt:

Vorstellungen verändern 59
Kornelia Möller

4.1 Lernen als kognitives Konstruieren 60
 4.2 Der Einfluss vorunterrichtlicher Vorstellungen 62
 4.3 Die Veränderung von Vorstellungen unterstützen 64
 4.4 Conceptual-Change-Theorien als theoretische Basis. 66
 4.5 Conceptual Change fördernden Unterricht gestalten 70
 4.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 72
 4.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium 74

5 Von der Alltagssprache zur Fachsprache gelangen. 75

Anni Heitzmann

5.1 Lernen mit Sprache 76
 5.2 Alltagssprache – Fachsprache – Unterrichtssprache. 78
 5.3 Begriffe bilden und lernen 80
 5.4 Fragen und Erklären 82
 5.5 Arbeit mit Texten 84
 5.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 86
 5.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium 88

6 Modelle verwenden 89

Anni Heitzmann

6.1 Was sind überhaupt Modelle? Eine Begriffseingrenzung 90
 6.2 Verschiedene Modelltypen. 92
 6.3 Modellkritik – was ist ein «gutes» Modell? 94
 6.4 Metaphern und Analogien – ein Spezialfall von Modellen 96
 6.5 Chancen und Schwierigkeiten von Modellen im Unterricht 98
 6.6 Ein Ausblick auf weitere Modelle 100
 6.7 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 102
 6.8 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium 104

7	Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen öffnen	105
	<i>Marco Adamina und Kornelia Möller</i>	
7.1	Grundlegende Prinzipien für Zugänge im naturwissen- schaftlichen Unterricht.	106
7.2	Fokus 1: Ansätze handlungsbezogenen Lernens.	108
7.3	Fokus 2: Ansätze genetischen Lernens.	110
7.4	Fokus 3: Ansätze des problem- und projektorientierten Lernens . . .	112
7.5	Aktiv-entdeckende, eigenständige und dialogische Lerngelegenheiten im naturwissenschaftlichen Unterricht	114
7.6	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken.	116
7.7	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	118
8	Mit Lernaufgaben Kompetenzen fördern	119
	<i>Marco Adamina und Pitt Hild</i>	
8.1	Der Weg zu kompetenzorientierten Lernaufgaben	120
8.2	Reichhaltige Lernaufgaben.	122
8.3	Konstruktion kompetenzorientierter Lernaufgaben	124
8.4	Lernrelevante Merkmale von Lernaufgaben.	126
8.5	Mit Lernaufgaben fachspezifische Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen fördern.	128
8.6	Mit Lernaufgaben überfachliche Kompetenzen fördern	130
8.7	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken.	132
8.8	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	134
9	Beobachten und Experimentieren	135
	<i>Ursula Frischknecht-Tobler und Peter Labudde</i>	
9.1	Wozu experimentieren?	136
9.2	Genaueres Beobachten als Grundlage zum Experimentieren.	138
9.3	Aufbau der Experimentierfähigkeit	140
9.4	Bildungsstandards zum Beobachten und Experimentieren.	142
9.5	Durch Experimentieren das Lernen fördern	146
9.6	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken.	148
9.7	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	150

10	Digitale Medien und Geräte sinnvoll einsetzen	151
	<i>Martin Lehmann und Lorenz Möschler</i>	
10.1	Der Stellenwert der digitalen Medien und Geräte in Alltag und Schule	152
10.2	Kollaboratives Lernen	154
10.3	Digitale Geräte der Schülerinnen und Schüler	156
10.4	Internet als Wissensquelle	158
10.5	Internet als Austauschplattform	160
10.6	Naturwissenschaftliche Software	162
10.7	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken	164
10.8	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	166
11	Außerschulische Lernorte nutzen	167
	<i>Pascal Favre und Susanne Metzger</i>	
11.1	Außerschulische Lernorte im Überblick	168
11.2	Die Arbeit an außerschulischen Lernorten als integraler Bestandteil des Unterrichts	170
11.3	Besuch eines außerschulischen Lernortes innerhalb einer Unterrichtseinheit	172
11.4	Zum Stand der Forschung über außerschulische Lernorte	174
11.5	Der Bach – ein Beispiel für den Einbezug außerschulischer Lernorte (3.–6. Klasse)	176
11.6	Außerschulische Lernorte im Rahmen einer Technik- Woche (7.–9. Klasse)	178
11.7	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken	180
11.8	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	182
12.	Lernen unterstützen – adaptiv-konstruktiv lehren	183
	<i>Marco Adamina</i>	
12.1	Das Lernen unterstützen – Grundlagen	184
12.2	Prinzipien der adaptiv-konstruktiven Lernunterstützung	186
12.3	Lernunterstützung – kognitive Aktivierung und Anregung	188
12.4	Lernunterstützung – inhaltliche Strukturierung	190
12.5	Unterrichtsplanung und Lernunterstützung	192
12.6	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterstudium	194
12.7	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	196

13	Lernen begutachten und beurteilen	197
	<i>Marco Adamina</i>	
13.1	Lernen und das Lernen begutachten, beurteilen	198
13.2	Prinzipien und Thesen zum Begutachten und Beurteilen	200
13.3	Formen des Begutachtens und Beurteilens	202
13.4	Formative Beurteilung: Bedeutung, Ausrichtung, Formen	204
13.5	Erfassen und Beurteilen unterschiedlicher Lernleistungen	206
13.6	Erweiterte Formen des Begutachtens und Beurteilens	208
13.7	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken.	210
13.8	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	212
14	Der Heterogenität begegnen	213
	<i>Peter Labudde</i>	
14.1	Differenzierung in Schule und Unterricht	214
14.2	Ziele und Konsequenzen innerer Differenzierung	216
14.3	Differenzieren: Wonach? Was? Wie?	218
14.4	Gendergerechtigkeit: Herausforderungen	220
14.5	Wege zu einem geschlechtergerechten Unterricht	222
14.6	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken.	224
14.7	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	226
15	Die «Natur» der Naturwissenschaften hinterfragen	227
	<i>Anni Heitzmann</i>	
15.1	Was ist Wissenschaft? Was untersucht Naturwissenschaft?	228
15.2	Was ist naturwissenschaftliches Wissen?	230
15.3	Typische Merkmale naturwissenschaftlichen Arbeitens	232
15.4	Die Bedeutung der Geschichte für die Naturwissenschaften.	234
15.5	Die Bedeutung des Wissens über die «Natur der Naturwissenschaft»	236
15.6	Unterrichtsplanung und die Natur der Naturwissenschaften	238
15.7	Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken.	240
15.8	Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium	242
16	Argumentieren im Gespräch lehren und lernen	243
	<i>Christina Beinbrech</i>	
16.1	Definition und Begründung	244
16.2	Argumentieren in den Bildungsstandards	246
16.3	Gestaltung von Lehr-Lern-Umgebungen.	248

16.4 Gesprächsimpulse durch die Lehrperson 252
 16.5 Voraussetzungen bei den Schülerinnen und Schülern 254
 16.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 256
 16.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium 258

**17. Technische Allgemeinbildung im Naturwissenschafts-
 unterricht fördern 259**

Karin Güdel

17.1 Technische Entwicklung und Allgemeinbildung 260
 17.2 Ziele und Themenbereiche einer technischen Allgemeinbildung . . . 262
 17.3 Naturwissenschaften und Technik – Gemeinsamkeiten
 und Unterschiede 264
 17.4 Forschung und Entwicklung in Naturwissenschaften und Technik. . 266
 17.5 Problemlösen im «Natur und Technik»-Unterricht 268
 17.6 Methoden der technischen Allgemeinbildung im Naturwissen-
 schaftsunterricht 270
 17.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 272
 17.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium 274

**18 Schul- und Unterrichtsentwicklung in Naturwissen-
 schaften umsetzen 275**

Claudia Haagen-Schützenhöfer und Claudia Stübi

18.1 Sich auf den Weg machen: Unterricht analysieren und reflektieren. 276
 18.2 An einem Ort beginnen: Bedürfnisorientiert einen Einstieg wählen . 278
 18.3 Bedingungen klären: Verantwortlichkeit, Ressourcen,
 Instrumente 280
 18.4 Ansteckend wirken: multiple Wege zur Schulentwicklung. 282
 18.5 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken. 284
 18.6 Anregung für die Schulpraxis und zum Weiterstudium. 286

19 Anhang. 287

Literaturverzeichnis. 287
 Bildnachweis 306
 Die Autorinnen und Autoren. 307
 Sachwortregister. 310

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 129.187.254.47 aus dem Netz der USEBUB München am 14.05.2020 um 11:20 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Vorwort zur 3. Auflage

Naturwissenschaftsdidaktik konkret: innovativ unterrichten

Liebe Studierende

Liebe Kolleginnen und Kollegen

Das große Interesse am UTB-Band «Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.–9. Schuljahr» führt bereits zur 3., erweiterten und aktualisierten Auflage. Das freut uns, die Herausgebenden, die Autorinnen und Autoren, sehr. Das positive Echo auf das Buch ist uns eine Verpflichtung.

Was haben wir gegenüber den vorhergehenden Auflagen weiterentwickelt?

- Fünf neue bzw. völlig überarbeitete Kapitel: Digitale Medien und Geräte sinnvoll einsetzen (Kap. 10), Lernen unterstützen (Kap. 11), Lernen begutachten und beurteilen (Kap. 12), Technische Bildung im Naturwissenschaftsunterricht fördern (Kap. 17), Schul- und Unterrichtsentwicklung umsetzen (Kap. 18);
- Integration neuester, gesicherter fachdidaktischer Erkenntnisse;
- mehrere neue Unterrichtsbeispiele, die aktuelle Lehrpläne sowie digitale Medien und Geräte berücksichtigen;
- aktualisierte Literatur und Links, u. a. neu auch auf einer online-Link-Liste;
- Erweiterung des Autoren- und Herausgebendenteams.

Was an Bewährtem haben wir auch in der 3. Auflage beibehalten?

Wir orientierten uns weiterhin an folgenden sieben Prinzipien:

1. *Anhand vieler praktischer Beispiele veranschaulichen und Mut machen*
Wie viele interessante, lehrreiche und motivierende Unterrichtseinheiten werden tagtäglich umgesetzt. Mit wie viel fachdidaktischer Expertise wird – bewusst oder unbewusst – unterrichtet. Wir haben einige der besten Beispiele aufgenommen; sie füllen fast die Hälfte des Buchs. Mögen sie veranschaulichen, anregen, Mut machen: «Was andere können, kann ich auch!»
2. *Die theoretische Basis kurz und prägnant beschreiben*
«Praxis ohne Theorie ist blind, Theorie ohne Praxis ist hohl.» Es bleibt nicht nur bei praxiserprobten Beispielen, sondern auch die dahinterstehende Theorie wird kurz und prägnant erklärt. Theorie und Praxis stehen im Verhältnis 1:1. Auf der linken Buchseite befindet sich jeweils die Theorie, auf der rechten Seite ein illustratives Beispiel. Wir hoffen, Theorie und Praxis in der Balance zu halten.
3. *Den naturwissenschaftlichen Unterricht innovativ weiterentwickeln*
Welch großes Potenzial weisen der Sach- und naturwissenschaftliche Unterricht auf! Ein Potenzial u. a. hinsichtlich der methodischen Gestaltung, der Aktivi-

4 Lernen von Naturwissenschaften heißt: Vorstellungen verändern

Kornelia Möller

Was schwimmt – was sinkt?



Viele Lernende denken, dass etwas Schweres, was zudem keine Luft in sich hat, untergehen muss. Der Wachsklotz löst Erstaunen und die Frage aus: Können auch andere Dinge ohne Luft schwimmen, auch wenn sie schwer sind?

Luft ist nicht nichts!



Fragt man jüngere Lernende, was sich in einer leeren Flasche befindet, antworten viele Kinder: Nichts. Ein Luftballon müsste sich also mühelos aufblasen lassen in einer Flasche. Die Erfahrung, dass das nicht möglich ist, veranlasst zum Nachdenken: Was könnte dem Ballon das Ausbreiten verwehren?

Lernende sind keine «unbeschriebenen Blätter», wenn sie in den naturwissenschaftlichen Unterricht eintreten. Zu vielen Themen und Fragen bringen sie Vorstellungen mit, die durch alltägliche Erfahrungen oder Informationen erworben wurden. Unterricht kann an diese vorhandenen Vorstellungen anknüpfen – diese können aber auch den Lernprozess erschweren.

Aus sozial-konstruktivistischer Perspektive – der heute vorherrschenden Theorie zum Lernen – setzt der Erwerb von Wissen und Kompetenzen einen aktiven, konstruktiven Denkprozess seitens der Lernenden voraus, in dem Neues mit bereits vorhandenen Vorstellungen verknüpft wird. Die bereits vorhandenen Vorstellungen werden in diesem Prozess angereichert, (aus-)differenziert oder auch umstrukturiert – Lernen kann daher als Veränderung bereits vorhandener Vorstellungen beschrieben werden.

Welche Vorstellungen Kinder mit in den Unterricht bringen, wie diese ergründet werden können, unter welchen Bedingungen Veränderungen von Vorstellungen gelingen können, wie ein entsprechender Unterricht zu gestalten ist und welche Aufgabe die Lehrperson in einem solchen Unterricht hat, ist Gegenstand dieses Kapitels.

4.1 Lernen als kognitives Konstruieren

Wir sprechen häufig von «Wissen vermitteln» als Ziel des Unterrichts. Eine solche Sprechweise suggeriert, dass die Lehrperson Wissen an die Lernenden übergibt und anschließend die Lernenden im Besitz des vermittelten Wissens sind. Diesem auch als «transmissiv» bezeichneten Ansatz steht die sogenannte konstruktivistische Sichtweise gegenüber, die an kognitionspsychologische Theorien von Piaget und Aebli anknüpft. Danach muss Wissen im Kopf jedes Lernenden aktiv konstruiert werden. Für Unterricht folgt daraus: Auf die im Lernprozess erzeugten individuellen Bedeutungen und Interpretationen hat die Lehrperson keinen *direkten* Zugriff; Lernprozesse sind immer individuell. Ein (verbreiteter) Fehlschluss wäre allerdings, hieraus abzuleiten, dass die Lehrperson überflüssig sei, lediglich eine beratende Funktion habe und Lernende im Lernprozess sich selbst überlassen werden sollten. Aufgabe der Lehrkraft ist es vielmehr, Lerngelegenheiten zu gestalten, die das individuelle Konstruieren von Wissen stimulieren und unterstützen, indem sie versucht, die Lernenden kognitiv zu aktivieren. Die kognitive Aktivierung von Lernenden hat sich inzwischen in der Forschung zur Qualität von Unterricht als ein wesentlicher Faktor für das Erzielen von Lernerfolgen herausgestellt (Kunter et al., 2016). Lernende werden im naturwissenschaftlichen Unterricht potentiell kognitiv aktiviert, wenn ihnen Zeit zum Nachdenken eingeräumt wird, das Äußern eigener Ideen herausgefordert wird, Raum zum aktiven Überprüfen von Ideen vorhanden ist und Schlussfolgerungsprozesse gefördert werden.

In jüngerer Zeit wurde diese auch als kognitiv-konstruktiv bezeichnete Sichtweise unter Bezugnahme u. a. auf den russischen Psychologen Vygotsky (1978) zu einer sozio-konstruktivistischen Sichtweise erweitert: Wissen wird nicht im Individuum allein, sondern im Austausch mit anderen Personen und der Kultur konstruiert. Miteinander-Denken und -Argumentieren stimulieren den Aufbau von Wissen – kooperatives Lernen ist deshalb eine Voraussetzung für dialogisches Konstruieren (Reusser, 2001; Kap. 15). Die Lehrkraft hat die Aufgabe, den konstruktiven Austausch der Lernenden untereinander durch Etablieren einer guten Mitteilungs- und Zuhör-Atmosphäre zu unterstützen.

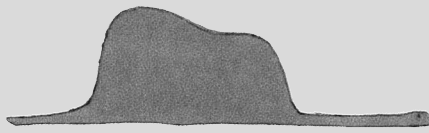
Im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen das eigenständige Nachdenken und Austauschen von Ideen und Argumentationen oft zu kurz. Videoanalysen zeigen, dass ein Unterricht, der die Lernenden eigene Lernwege gehen lässt, ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen dabei Beachtung schenkt und Diskussionen untereinander anregt, noch selten in der Praxis anzutreffen ist (z. B. Forbes et al., 2014). Stattdessen überwiegt häufig ein auf die Vermittlung von Erklärungen und Zusammenhängen ausgerichteter transmissiver Unterrichtsstil. Entsprechend bleibt ein großer Teil des in der Schule erworbenen naturwissenschaftlichen Wissens «träge» – dieses Wissen ist nicht verstanden, d. h. nicht nachkonstruierbar und nicht transferierbar. Belegt wurde diese Schwäche des naturwissenschaftlichen Unterrichts auch durch das nur mittelmäßige Abschneiden von Deutschland und der Schweiz in internationalen Leistungsvergleichsstudien.

Riesenschlange oder Hut

(aus: Saint-Exupéry's «Der kleine Prinz»)

«Als ich sechs Jahre alt war, sah ich einmal in einem Buch über den Urwald, das «Erlebte Geschichten» hieß, ein prächtiges Bild. Es stellte eine Riesenschlange dar, wie sie ein Wildtier verschlang. In dem Buch hieß es: «Die Boas verschlingen ihre Beute als Ganzes, ohne sie zu zerbeißen. Daraufhin können sie sich nicht mehr rühren und schlafen sechs Monate, um zu verdauen.»

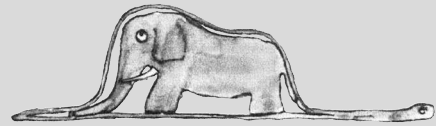
Ich habe damals viel über die Abenteuer des Dschungels nachgedacht, und ich vollendete mit einem Farbstift meine erste Zeichnung. Meine Zeichnung Nr. 1...



Zeichnung Nr. 1

Ich habe den großen Leuten mein Meisterwerk gezeigt und sie gefragt, ob ihnen meine Zeichnung nicht Angst mache. Sie haben mir geantwortet:

«Warum sollen wir vor einem Hut Angst haben?» Meine Zeichnung stellte aber keinen Hut dar. Sie stellte eine Riesenschlange dar, die einen Elefanten verdaut. Ich habe dann das Innere der Boa gezeichnet, um es den großen Leuten deutlich zu machen. Sie brauchen ja immer Erklärungen. Hier meine Zeichnung Nr. 2:



Zeichnung Nr. 2

Die großen Leute haben mir geraten, mit den Zeichnungen von offenen und geschlossenen Riesenschlangen aufzuhören... Der Mißerfolg meiner Zeichnungen Nr. 1 und Nr. 2 hatte mir den Mut genommen. Die großen Leute verstehen nie etwas von selbst, und für die Kinder ist es zu anstrengend, ihnen immer und immer wieder erklären zu müssen.»

(Zeichnungen aus: Antoine de Saint Exupéry: Le Petit Prince, © Éditions Gallimard)

Eine Deutung aus konstruktivistischer Perspektive:

- Bedeutungen werden aktiv vom Deutenden, auf der Basis vorhandener Erfahrungen, konstruiert. Riesenschlange oder Hut – beide Deutungen erscheinen auf dem Hintergrund des jeweiligen Erfahrungshorizonts als sinnvoll.
- Lernende sehen die Welt mit ihren Augen, nicht mit unseren. Unser Wissen erschwert nicht selten das Verständnis für das, was in den Köpfen der Lernenden vor sich geht.
- Wenn wir unterrichten wollen, müssen wir das Vorwissen und die Sichtweisen der Lernenden erforschen – eine wichtige Voraussetzung, um individuelle Denkwege und etwaige Lernschwierigkeiten zu verstehen.
- Uns sollte bewusst sein, dass wir die Vorstellungen der Lernenden nur aus unserer persönlichen Perspektive erschließen können. Wir konstruieren also eine Vorstellung über die Vorstellungen der Lernenden (Hartertinger & Murmann, 2018).
- Lehrende sollten Lernenden nicht den Mut nehmen, sondern Mut machen, die Welt mit eigenen Augen zu sehen, zu deuten und zu ergründen. Die Förderung der eigenen kognitiven Aktivität ist der Kerngedanke konstruktivistischer Sichtweisen zum Lernen.

4.2 Der Einfluss vorunterrichtlicher Vorstellungen

Wenn Schülerinnen und Schüler in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen, haben sie häufig bereits erste Vorstellungen und Begriffe zu den im Unterricht bearbeiteten Inhalten erworben. Alltagserfahrungen, durch Sprechweisen übermittelte Deutungen oder durch Informationen bzw. Bilder etabliertes Wissen tragen zur Entwicklung vorunterrichtlicher Vorstellungen bei. Diese Vorstellungen beeinflussen das schulische Lernen, da die Lernenden vorhandene Vorstellungen nutzen, um Phänomene zu deuten oder Fragen zu klären.

Zu unterscheiden sind Vorstellungen in Form von *deep structures*, also tief verwurzelte Überzeugungen, und *current constructions*, die auch als Ad-hoc-Konstruktionen, spontane oder aktuelle Konstruktionen bezeichnet werden:

- Tief verwurzelte Vorstellungen entstehen häufig durch Alltagserfahrungen und Sprechweisen. Bewähren sich diese Vorstellungen in vielen Situationen im Alltag, so haben sie für die Lernenden eine hohe Glaubwürdigkeit – Veränderungen fallen entsprechend schwer. Der Überzeugungsgehalt von tief verwurzelten Konzepten kann so stark sein, dass er sogar die Wahrnehmung bestimmt. Vorliegende Untersuchungen (Duit, 1996) bestätigen, dass Schülerinnen und Schüler, z. B. bei Experimenten, das sehen, was sie sehen «wollen» (*confirmation bias*).
- *Current constructions* entstehen z. B., wenn Lernende zu ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen befragt werden und keine *deep structures* vorhanden sind. Ihre Veränderung fällt den Lernenden in der Regel leichter.

Da sich vorunterrichtliche Vorstellungen häufig als sehr resistent gegen Veränderungen erweisen und von der naturwissenschaftlichen Sichtweise zudem häufig weit entfernt sind, können sie sog. sachbedingte Lernschwierigkeiten verursachen und das (Um-)Lernen erschweren (Wodzinski, 2006).

Zu Beginn der Schülervorstellungsforschung wurden vorunterrichtliche Vorstellungen häufig als Fehl- oder Falschvorstellungen bezeichnet. Diese eher abwertende Bezeichnung geriet in den 80er Jahren in die Kritik, da es sich bei den vorunterrichtlichen Vorstellungen durchaus um Vorstellungen handeln kann, die sich in vielen Alltagssituationen bewähren und im Denken der Lernenden durchaus Sinn machen. Zur neutralen Kennzeichnung vorunterrichtlicher Vorstellungen wird auch der Begriff «Präkonzepte» benutzt (Möller, 2018). Um hervorzuheben, dass viele vorunterrichtlichen Vorstellungen von den wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen, dennoch aber in gewissen Bereichen ihre Berechtigung haben, hat sich heute weitgehend die Bezeichnung «alternative Vorstellungen» bzw. «alternative concepts» etabliert.

Vorunterrichtliche Schülervorstellungen werden in den Didaktiken der Naturwissenschaften seit den 1970er Jahren intensiv erforscht (Adamina et al., 2018; Duit, 2006; Wodzinski, 2007). Die Forschungsergebnisse helfen bei der Gestaltung von Lernumgebungen, welche die Lernenden bei der Veränderung ihrer Vorstellungen unterstützen.

Die Begriffe Vorstellungen und Präkonzepte

- Unter Vorstellungen werden enaktiv, ikonisch oder symbolisch repräsentierte Bewusstseinsinhalte verstanden (Möller, 2018). Gropengießer & Marohn (2018) sprechen von subjektiv gedanklichen Konstruktionen.
- Vorstellungen können in unterschiedlicher Komplexität auftreten, z.B. als Weltbild, Theorie, Konzept oder Begriff. Sie werden als Konzept bezeichnet, wenn ihnen eine gewisse Generalisierung zugrunde liegt (Gropengießer & Marohn, 2018).
- Für vor dem Unterricht vorhandene Vorstellungen hat sich der Begriff Präkonzepte etabliert – in Abgrenzung zu sog. Zwischen- und Postkonzepten, die im Verlauf eines Lernprozesses oder danach vorhanden sind (Möller, 1999).
- Andere verwendete Begriffe für vorunterrichtliche Vorstellungen sind: Alltags- oder Vorerfahrungen, naive Theorien, «alternative frameworks», «alternative concepts» – jeder dieser Begriffe setzt eigene Akzente, die mit zugehörigen Theorien korrespondieren (Möller, 2018).

Wie entstehen Präkonzepte?

- Durch Interpretieren von Alltagserfahrungen: Licht beleuchtet Gegenstände – wir sehen diese, weil wir den Blick darauf richten. Oder: Kleidung aus Wolle wärmt.
- Durch alltagssprachliche Formulierungen: «der Strom wird verbraucht»; «morgens geht die Sonne auf»; «das Wasser wird im Strohalm aufgesaugt».
- Durch allgemeine Denkschemata wie z.B. Täter-Tat- oder Geben-Nehmen-Schema: Das Wasser ist verschwunden, weil es weggenommen wurde; es regnet, weil die Wolke platzt.
- Durch Interpretieren vermittelter Erklärungen und Darstellungen: Magnete sind magnetisch, weil sich darin kleine Magnete befinden, die sich drehen können; es regnet, wenn Wolken an einen Berg stoßen.

Wie erhalten wir Einblick in vorhandene Präkonzepte?

Präkonzepte lassen sich nicht nur aus verbalen Äußerungen (Gesprächsrunden, offenen Fragen, Multiple-choice-Antworten), sondern ebenso aus Handlungen rekonstruieren. Auch Zeichnungen können Aufschluss über vorhandene Theorien liefern. Die Lehrperson sollte sich dabei vergewissern, ob die Äußerung der Lernenden von ihr angemessen verstanden wurde (Hartinger & Murmann 2018).



Schülerin beim Kneten einer Hohlkugel

Thema: Was schwimmt, was sinkt?

Ein Beispiel für ein sozial vermitteltes Präkonzept: Eine Schülerin versucht, ein Stück Knete zum Schwimmen zu bringen. Sie knetet allerdings kein Knetschiffchen, sondern eine Knetkugel, die innen Luft enthält. Auf Nachfrage erklärt sie: «Meine Mutter hat gesagt, dass ein Schiff schwimmt, weil Luft drin ist. Und meine Mutter ist nicht dumm.» Das sogenannte Luftkonzept ist so tief verwurzelt, dass sie im Gegensatz zu den übrigen Kindern gar nicht auf die Idee kommt, aus der Knetkugel ein Schiffchen zu formen.

4.3 Die Veränderung von Vorstellungen unterstützen

Für die Unterstützung der Veränderung von Vorstellungen lassen sich drei Strategien unterscheiden:

- *Konfliktstrategien* werden angewendet, um die Lernenden davon zu überzeugen, dass ihre vorhandenen Vorstellungen Grenzen haben und verändert werden müssen. Dazu werden kognitive Konflikte provoziert, in denen die Unzulänglichkeit der vorhandenen Vorstellungen deutlich wird. Allerdings ist diese Strategie vor allem bei jüngeren Lernenden nicht unproblematisch, denn der Erfolg einer Konfliktstrategie ist entscheidend davon abhängig, ob die Lernenden bereit und fähig sind, den Konflikt wahrzunehmen. Dazu sind metakognitive Fähigkeiten notwendig, über die jüngere Lernende noch nicht unbedingt verfügen und das sich Einlassen auf kognitive Konflikte erfordert auch die emotionale Bereitschaft, scheinbar sichere Vorstellungen aufzugeben und unsichere Wege zu begehen. Auch negative Folgen von Konfliktstrategien, wie z. B. der Verlust an Selbstvertrauen, sind möglich. Wichtig ist deshalb, dass die erzeugte Unsicherheit durch eine neu gewonnene, überzeugende Vorstellung kompensiert wird.
- *Anknüpfungsstrategien* bieten sich dort an, wo die vorhandenen Vorstellungen Überschneidungsbereiche mit den wissenschaftlichen Vorstellungen aufweisen. Solche Schnittstellen können als Anker benutzt werden, um die vorhandenen Vorstellungen zu differenzieren, ggf. zu erweitern und angemessenere Vorstellungen darauf aufzubauen.
- Neben diesen beiden Strategien wird auch die *Brücken- oder By-pass-Strategie* als mögliche Vorgehensweise diskutiert: Hier verzichtet man auf das Bewusstmachen und Reflektieren der vorhandenen Vorstellungen zu Beginn des Unterrichts, um ein hartnäckiges Festhalten an vorhandenen Vorstellungen zu verhindern. Erst nach der Erarbeitung angemessener Vorstellungen werden die Ausgangsvorstellungen reflektiert und mit der neu aufgebauten naturwissenschaftlichen Sichtweise verglichen.

In vielen Untersuchungen wurde gezeigt, dass Lernende trotz entsprechender Lernangebote ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen nicht vollständig ablegen (z. B. Möller, 1999). Häufig bleiben diese in gewissen Bereichen weiterhin für die Lernenden glaubwürdig; nicht selten bestehen sie parallel zu den neu erworbenen Vorstellungen weiter. Je nach Situation greifen die Lernenden dann auf eine der beiden Vorstellungsarten zurück oder verknüpfen beide Vorstellungen. Sind weitreichende Umstrukturierungen erforderlich, können insbesondere diese in einmaligen Lernprozessen kaum erreicht werden. Die Veränderung tief verwurzelter Vorstellungen sollte daher in aufeinander aufbauenden Lernsequenzen – im Sinne von kontinuierlichen Lernwegen auch über Bildungsstufen hinweg – angestrebt werden.

Ein Unterricht zum «Thema Schwimmen und Sinken» in der 3.–6. Jahrgangsstufe

(Möller, 1999, 2006)

Beispiel für eine Konfliktstrategie: Vorhandene Vorstellungen verunsichern oder widerlegen

Viele Kinder denken, kleine und leichte Dinge schwimmen, große und schwere Dinge gehen unter. Diese Vorstellung entspringt vermutlich der Erfahrung, dass große und schwere Dinge einen stärkeren Effekt bewirken können – z. B. sich in Sand tiefer eindrücken.

Die Kinder sind dagegen häufig überrascht und verwundert, wenn sie beobachten, dass ein Modellschiff aus Eisen und auch große Schiffe trotz ihrer Ladung nicht untergehen, ein kleines Stück aus Eisen dagegen sinkt.

Das unerwartete Ergebnis löst einen kognitiven Konflikt aus: Auch etwas Leichtes kann sinken, etwas Schweres schwimmen ...



Ein Schiff aus Eisen schwimmt, während ein winziges Stück Blech untergeht

Beispiel für eine Anknüpfungsstrategie: An Alltagserfahrungen anknüpfen und diese differenzieren und erweitern

Viele Kinder haben bereits die Erfahrung im Schwimmbad gemacht, dass schwere Dinge im Wasser leichter zu bewegen sind als an Land. Z. B. können sie ein anderes Kind im Wasser mühelos hochheben.

An solche Erfahrungen knüpft der Unterricht mit einfachen Versuchen an. Die Kinder erkennen: Das Wasser macht Dinge scheinbar leichter (eine Angel am Gummiband langsam in das Wasser tauchen und wieder herausziehen, einen Stein im Wasser und am Land hochheben) und es drückt leichte Dinge sogar nach oben (Bälle und Plastikbehälter ins Wasser drücken und dann loslassen).

Knetschiffchen werden umso stärker nach oben gedrückt, je mehr Platz sie im Wasser brauchen.

Die Reflexion der Versuche führt zur Erkenntnis:

Das Wasser drückt Dinge nach oben und es drückt umso stärker, je mehr Platz die Dinge im Wasser brauchen.



Ein Gummiband wird kürzer beim Eintauchen

Beispiel für eine By-pass-Strategie: Adäquate Vorstellungen aufbauen

Im Unterricht wird durch verschiedene Versuche die Einsicht aufgebaut, dass die Verdrängung vom Volumen des eingetauchten Gegenstands abhängt. Mit dem verbreiteten Präkonzept «Die Verdrängung hängt vom Gewicht des eingetauchten Körpers ab» werden die Kinder erst anschließend konfrontiert. Auf der Basis des Gelernten gelingt es ihnen, die Unzulänglichkeit dieser Vorstellung zu begründen.



Eintauchen gleich großer und unterschiedlich schwerer Würfel

4.4 Conceptual-Change-Theorien als theoretische Basis

Aus konstruktivistischer Perspektive wird Lernen von Naturwissenschaften als ein Conceptual-Change-Prozess betrachtet. Die Übersetzung als Konzeptwechsel ist unglücklich, da Conceptual Change nicht nur bei einem Austausch unzureichender gegen wissenschaftliche Vorstellungen auftritt, sondern auch bei Erweiterungen und (Aus-)Differenzierungen der vorhandenen Vorstellungen. Der Begriff «konzeptuelle Veränderung» oder «Wandel» scheint deshalb angemessener zu sein. Um zwischen eher geringfügigen und erheblicheren Konzeptveränderungen zu unterscheiden, sprechen einige Autoren auch von einem sogenannten «harten» bzw. «weichen» Conceptual Change (Carey 1985). Trotz jahrzehntelanger Forschung existiert bisher kein Konsens bzgl. der Theorien zum Conceptual Change. Die wichtigsten Theorieansätze werden im Folgenden skizziert (vgl. dazu ausführlicher Gropengießer & Marohn, 2018, und Hardy & Meschede, 2018).

Die sogenannten klassischen Conceptual-Change-Theorien

Seit Beginn der 1980er-Jahre widmet sich die Forschung zu Conceptual Change der Frage, unter welchen Bedingungen Lernende bereit sind, vorhandene Konzepte zu verändern oder sogar aufzugeben, um angemessenere Konzepte zu entwickeln. Die Pioniere der Conceptual-Change-Forschung, Posner et al., unterscheiden in einer viel beachteten Veröffentlichung (1982) vier Bedingungen für konzeptuelle Veränderungen:

- Die Lernenden müssen mit den vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein (*dissatisfaction*).
- Das neue Konzept, das erarbeitet wird, sollte für den Lerner bzw. die Lernerin nachvollziehbar und verständlich sein (*intelligible*).
- Das neue Konzept sollte darüber hinaus auch glaubwürdig sein – der bzw. die Lernende muss von der Angemessenheit des Konzepts überzeugt sein (*plausible*).
- Das neue Konzept sollte das Erklären und Deuten vieler Zusammenhänge ermöglichen, also anwendbar sein (*fruitful*).

In der Folgezeit wurde dieser Ansatz wegen seiner Beschränkung auf kognitive Prozesse kritisiert; er wurde auch als «cold conceptual change theory» bezeichnet. Pintrich et al. (1993) erweiterten die Bedingungsfaktoren für einen Conceptual Change um motivationale Bedingungen und Kontextfaktoren. Sie wiesen darauf hin, dass sowohl Ziele, Wünsche und Bedürfnisse von Lernenden als auch situationale und soziale Faktoren, wie z. B. die Ausstattung der Klasse mit Lernmaterialien und die Kooperationsfähigkeit der Lernenden, die Veränderung von Konzepten beeinflussen können. In Abgrenzung zur Theorie von Posner et al. bezeichneten Pintrich et al. ihre Theorie daher als «hot conceptual change theory».

Ein Beispiel (2.–5. Klasse): Wie kommt es, dass ein Ball springt?

(in Anlehnung an ein Unterrichtsbeispiel von Siegfried Thiel)



Fragt man Kinder danach, wie es kommt, dass einige Gegenstände beim Aufprall auf einen harten Untergrund wieder hochspringen, andere Gegenstände – z. B. ein Klumpen Knete – nicht, so gehen sie dieser Frage interessiert nach. Häufig äußern sie folgende Vorstellungen:

- Gegenstände, die rund, weich oder leicht sind oder Luft in sich haben, springen.
- Gegenstände, die schwer oder hart sind, nicht rund sind oder keine Luft in sich haben, springen nicht.

Durch Untersuchen verschiedener Gegenstände finden die Kinder heraus,

- dass es runde/ weiche/ leichte/ mit Luft gefüllte Gegenstände gibt, die *nicht* springen (ein Jonglierball, Watte, Feder, eine hohle Knetkugel);
- dass es schwere/ harte/ eckige Gegenstände und Gegenstände ohne Luft gibt, die springen (Medizinball, Golfball, Radiergummi, Flummi), und
- dass es auch Gegenstände ohne Luft gibt, die nicht springen (eine Knetkugel).

Im Unterricht wird im gemeinsamen Gespräch erarbeitet, dass die geäußerten Vermutungen nicht aufrechterhalten werden können, da es Beispiele gibt, die nicht mit den Vermutungen übereinstimmen. Die entsprechenden Vermutungen wurden also widerlegt (*dissatisfaction*). Sind Vorstellungen tief verwurzelt, fällt das Ablegen unzureichender Vorstellungen besonders schwer. Zum Beispiel wissen die Kinder aus dem Spiel, dass luftgefüllte Bälle besonders gut springen. Viele Kinder glauben deshalb, dass allein die Luft für das Springen verantwortlich ist und dass sich auch in einem Flummi in kleinen Ritzen Luft befinden muss (sonst könnte er nicht springen).

Während die Veränderung dieser Vorstellung einen harten Conceptual Change erfordert, können andere Vorstellungen, die lediglich «weiche» Veränderungen erfordern, ausdifferenziert werden: Die Beobachtung, dass Bälle beim Aufprallen unten «platt» werden, dient als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen. Das Eindellen beim Aufkommen des Balles und das Wiederausdehnen nach dem Aufprall, also das elastische Verhalten des Balles, wird zunächst an weichen Bällen, dann auch an harten Bällen (mithilfe eines Blaupapiers) untersucht (*intelligible*). Dennoch fällt es Kindern (und auch Erwachsenen) schwer zu glauben, dass auch harte Bälle beim Aufprall eine sich wieder zurückformende «Delle» bekommen und deswegen springen. Eine Zeitlupen-Filmaufnahme eines sich beim Abschlag ein- und ausdellenden Golfballs (z. B. bei youtube) vermag die Glaubwürdigkeit der Dellen-Vorstellung bei harten Bällen zu erhöhen (*plausible*). Mit der neu erworbenen Vorstellung zum Verhalten von elastischen und plastischen Materialien können die Kinder nun auch weitere Alltagsphänomene, wie z. B. das Verhalten von Federn und Plastilin, verstehen (*fruitful*).

Weiterentwicklungen der Conceptual-Change-Theorien

Vosniadou und Brewer wandten sich schon 1992 gegen die sogenannten klassischen Conceptual-Change-Modelle und damit gegen die Vorstellung, dass konzeptuelle Veränderungen durch einen abrupten Wechsel von einer falschen zu einer richtigen Vorstellung zustande kommen. Sie betrachten Conceptual Change als einen graduellen Prozess der Umstrukturierung, der über Zwischenvorstellungen verläuft. Hewson und Hewson (1992) wiesen ebenfalls schon früh darauf hin, dass sich Konzeptveränderungen in einer Veränderung des Status der Konzepte äußern können; so können Lernende neu erarbeiteten Konzepten im wissenschaftlichen Kontext einen höheren Status zubilligen als den Alltagsvorstellungen, ohne dass diese in gewissen Kontexten ihre Bedeutung verlieren müssen.

Auch Theorien zur situierten Kognition (Stark, 2003) räumen den Kontexten, in denen Konzepte erworben oder angewendet werden, Bedeutung für die Veränderung von Konzepten ein. In Anknüpfung an sozial-konstruktivistische Theorien wird verstärkt die Bedeutung sozialer Interaktionen für Conceptual Change betont. Kooperative Denkprozesse in problemhaltigen, möglichst authentischen Lernsituationen geben Anstöße für die individuelle konzeptuelle Entwicklung (Duit & Treagust, 1998; Palincsar, 1998). Lin et al. (2016) konnten in einer Metastudie zeigen, dass sich das kooperative Lernen neben der kognitiven Konfliktstrategie als besonders wirksam im Hinblick auf die Förderung konzeptueller Veränderungen erwiesen hat (vgl. auch Gropengießer & Marohn, 2018).

Über die Art der Veränderung von Vorstellungen existieren unterschiedliche Theorieansätze: Vertreter des Kohärenzansatzes (Vosniadou & Brewer, 1992; Vosniadou et al., 2008) nehmen an, dass Vorstellungen aus theorieähnlichen Strukturen bestehen, die in sich durchaus sinnvoll und kohärent sind. Bekannt geworden sind die Untersuchungen dieser Arbeitsgruppe zu Schülervorstellungen über die Form der Erde; sie zeigen, dass auf den ersten Blick inkonsistente Vorstellungen in theorieähnliche Strukturen eingebettet sind und konzeptuelle Veränderungen eine Veränderung übergreifender Rahmentheorien erfordern. Vertretende des Fragmentierungsansatzes (diSessa, 2013) sehen das anfängliche Wissen von Kindern dagegen aus vielen unverbundenen Einzelementen bestehend an (*knowledge in pieces*). Aus Sicht dieses Ansatzes erfordert die konzeptuelle Entwicklung eine zunehmende Integration der ursprünglich fragmentierten Wissens Elemente. Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass beide Ansätze nicht alternativ zu sehen sind, sondern unterschiedliche Wissensentwicklungen bei Kindern beschreiben (vgl. Hardy & Meschede, 2018).

Ein weiteres aktuelles Forschungsgebiet besteht aus Untersuchungen zum Einfluss bereichsübergreifender Faktoren auf Conceptual-Change-Prozesse. So gibt es Hinweise darauf, dass sowohl das Wissenschaftsverständnis, das schlussfolgernde Denken und die Argumentationsfähigkeit der Lernenden Conceptual-Change-Prozesse beeinflussen (vgl. Gropengießer & Marohn 2018; Hardy & Meschede, 2018).

Veränderungen von Vorstellungen diagnostizieren

Unterricht hat u. a. die Aufgabe, Gelegenheit zu bieten, vorhandene Vorstellungen zu erweitern, zu differenzieren oder umzustrukturieren, wenn diese nicht mit der naturwissenschaftlichen Sichtweise auf Phänomene übereinstimmen, also z. B. lückenhaft sind, eine geringe Reichweite haben oder eine nicht haltbare Sichtweise beinhalten. Häufig gelingen diese Veränderungen nur teilweise. Erreichte Zwischenvorstellungen können jedoch als Anknüpfungspunkte für weitere Lernprozesse genutzt werden. Eine Gegenüberstellung der vor- und nachunterrichtlichen Konzepte, also ein Vergleich der Prä- und Postkonzepte, vermittelt einen Einblick in die erfolgten konzeptuellen Veränderungen. Im Unterrichtsverlauf erhobene Zwischenvorstellungen geben zudem Aufschluss über individuelle Lernwege und etwaige Lernschwierigkeiten. Zur Erhebung eignen sich vor allem individuelle Methoden wie Einzelinterviews oder individuell zu bearbeitende Aufgaben. Aber auch aus gemeinsamen Unterrichtsgesprächen lässt sich ein Einblick in die Veränderung von Vorstellungen gewinnen (vgl. Hartinger & Murmann, 2018).

Wir stellten 9- bis 10-jährigen Kindern vor und nach einem Unterricht zum Thema Schwimmen und Sinken die (schriftliche) Frage, wie es kommt, dass ein großes schweres Schiff nicht untergeht. Die unten stehenden Antworten zeigen, dass Lernende sehr individuelle Wege in der Veränderung ihrer Vorstellungen gehen. Teilweise geben sie bestehende Vorstellungen auf, häufig kombinieren sie auch ihre Ausgangsvorstellungen mit neu erworbenen Vorstellungen. Die Antworten zeigen jedoch, dass die Kinder nach dem Unterricht der Rolle des Wassers eine entscheidende Rolle zusprechen, während sie vor dem Unterricht die Form, die Luft im Schiff oder auch die Motoren als ursächliche Faktoren ansprechen (Möller, 2006).

PRÄ-Konzepte	POST-Konzepte
Vär leicht wegen den Luft	Das ligt Nicht an der luft das ligt auch Nicht an das glach(Gleich)gewicht, es ligt an den Wasser.
Weil das (Schiff) flach ist und aus Eisen gemacht ist!	Weil es so groß ist, wegen dem Wasser, weil das Wasser schwerer ist als das Schiff.
Weil Störopor in das Schiff gelegt wirt und viel Luft (im Schiff) ist.	Weil das Schiff leichter ist wie das Weckedengte (weggedrängte) Wasser.
So ein Schiff hat einen Motor und der Motor treibt das Schiff.	Das Wasser drückt das Schiff hoch, weil das Schiff leichter als das weggedrängte Wasser ist.
Weil in dem Schiff ganz viel Luft ist, und Luft schwimmt.	Weil das Schiff leichter ist, als genauso viel Wasser. Der Wasserdruck ist wichtig. In dem Schiff ist viel Luft. Weil das Schiff viel Wasser wegdrängt, und das Wasser möchte seinen Platzwiederhaben, und drückt das Schiff nach oben
Weil vielleicht im Schiff Luft drin ist oder weil es bestimmte Motoren hat.	Das Schiff drängt ja Wasser weg und dieses Wasser trägt das Schiff. Weil das Wasser schwerer und stärker ist, hat es mehr Kraft das Schiff zu tragen. Wenn das Wasser weniger wiegt als das Schiff dann würde das Schiff untergehen.

(Originale Schüleraussagen aus einem schriftliche Test vor und nach dem Unterricht.)

4.5 Conceptual Change fördernden Unterricht gestalten

In der fachdidaktischen Diskussion kristallisiert sich – auch in der Tradition Wagenscheins – ein als konstruktiv-genetisch bzw. kognitiv-konstruktiv bezeichneter Unterricht als Conceptual Change fördernd heraus (Kap. 7, Köhnlein 1999, Möller 2006).

Folgende Merkmale kennzeichnen einen solchen Unterricht:

- Die Lernenden sind durch die Möglichkeit, eigenen Fragen nachzugehen und zu experimentieren, aktiv am Lernprozess beteiligt (Kap. 9).
- Der Unterricht thematisiert für Lernende interessante Fragestellungen und wendet das Erarbeitete in neuen Zusammenhängen an.
- Die Lehrkraft aktiviert vorhandene Vorstellungen, greift diese auf und konfrontiert sie gegebenenfalls mit Evidenz.
- Die Lernenden werden ermutigt, eigene Ideen zu formulieren und diesen nachzugehen. Eigenen Lernwegen wird Raum gegeben.
- Der Unterricht stellt Materialien bereit, um Gelegenheit zu geben, die Angemessenheit von Vorstellungen zu überprüfen.
- Im Klassen- wie auch im Gruppengespräch werden Vermutungen und mögliche Erklärungen diskutiert und geprüft (Kap. 16).
- Arbeitsweisen und Lernprozesse werden reflektiert.

Wichtig ist die Herausforderung der kognitiven Aktivität der Lernenden, die eine Vorbedingung für die Veränderung bestehender Vorstellungen ist. Da ein solch kognitiv aktivierender Unterricht hohe Anforderungen an die Lernenden stellt, besteht für jüngere und leistungsschwächere Lernende sowie bei anspruchsvollen Inhalten leicht die Gefahr einer Überforderung. Unterricht sollte daher nach Vygotsky (1978) in der «Zone der nächsten Entwicklung» der Lernenden gestaltet werden, wobei notwendige Hilfen bereitgestellt werden. Die Unterstützung der Lernenden in dieser Zone wird nach Wood et al. (1976) auch als «Scaffolding» bezeichnet. Die Lehrperson hat in einem solchen Unterricht eine anspruchsvolle Rolle: Sie sollte ein optimales Level an Unterstützung bereitstellen, also so viel Hilfe wie notwendig und so wenig Hilfe wie möglich anbieten, um konzeptuelle Veränderungen bei den Lernenden zu unterstützen, jedoch auch genügend Möglichkeiten für eigene kognitive Aktivitäten der Lernenden einräumen (Möller, 2016, 2018). In der Forschung zur Qualität von Unterricht wurde als Bezeichnung für ein geeignetes Scaffolding innerhalb des deutschen Sprachraumes der Begriff «Lernunterstützung» eingeführt (Kap. 12; Kleickmann, 2012; Möller, 2016; Steffensky & Neuhaus, 2018), im englischen Sprachraum findet sich der Begriff *instructional support* (Pianta & Hamre, 2009). Beide Begriffe beziehen sich sowohl auf kognitiv aktivierende wie auch auf inhaltlich strukturierende Maßnahmen der Lehrperson (Möller 2016; Kap. 12).

Ein Beispiel für die 8. Klasse zum Thema «Luftdruck»: Die «Angst vor der Leere» oder das «Drücken der Luft»?

(nach Martin Wagenschein und Eyer & Aeschlimann, 2013)



Ein erstaunliches Phänomen präsentieren:

Wie kommt es, dass das Wasser nicht aus einem Glas herausfließt, wenn man dieses gefüllt umgekehrt aus dem Wasser zieht? Die Lernenden staunen und beobachten: Erst wenn die Luft hineinkann, kann das Wasser hinaus.

Erste Vermutungen äußern und diskutieren lassen:

Als Erklärung erwägen die Lernenden zwei unterschiedliche Theorien: Es ist der Luftdruck, der so stark ist, dass er das Wasser in das Glas hochdrückt – das Wasser kann nicht heraus, weil sonst ein Vakuum, ein luftleerer Raum entstehen würde und das nicht sein kann.

Das Problem herausarbeiten:

Ist es «die Abscheu der Natur vor der Leere» («horror vacui») oder «die Schwere der Luft» (Pascal), die das Wasser im Bierglas am Ausfließen hindert?

Vorschläge zur Prüfung, diese Theorie zu diskutieren:

«...man könnte aus dem Bierglas das Wasser mit einem Rohr herausaugen und so prüfen, ob es ein Vakuum geben kann.» Mit einem Schlauch wird das Wasser herausgesaugt – aber das Glas bleibt gefüllt. «Susanne: «Wenn du Wasser herausaugst, drückt der Druck wieder Wasser in das Glas.» «Ja, aber man könnte auch sagen, das Wasser fließt in das Glas, weil es kein Vakuum geben darf. Wir sind also nicht weitergekommen.» (Aeschlimann, 1999, S. 24)

Der weitere Verlauf des Unterrichts in Stichworten:

- Wie könnte man den Druck des Wassers erhöhen, damit dieser stärker ist als der vermutete Druck der Luft? Ein höheres Gefäß nehmen? Es werden ausprobiert: Ein 50 cm hoher Standzylinder, ein 1 m hohes Rohr. Auch hier die Frage: Kann das Wasser nicht ausfließen oder ist der Druck der Luft noch immer größer als der Druck der Wassersäule? Ein zimmerhoher Schlauch – derselbe Effekt!
- Ein 15 m langer, wassergefüllter, mit dem offenen Ende in einem Becken stehender Schlauch wird (in einem Treppenhaus) nach oben gezogen. Die Wassersäule im Schlauch bleibt bei ca. 10 m stehen.
- Über die Berechnung des Wasserdrucks der 10 m hohen Wassersäule zur Berechnung des Luftdrucks; Messen des Gewichts der Luft; Pascals Entdeckung des Luftdrucks; Luftdruck und Wetter (Aeschlimann, 1999, S. 29–36).

4.6 Tests zur Selbstkontrolle – Anstöße zum Weiterdenken

1. Diskutieren Sie in Anknüpfung an die Erzählung aus dem Kleinen Prinzen: Warum ist es für Lehrpersonen wichtig, etwas über Denkweisen und Präkonzepte von Lernenden in Erfahrung zu bringen?
2. Prä- und Postkonzepte erfassen: Bei der Erschließung von Präkonzepten sprechen wir von Re-Konstruktion – das heisst: Wir konstruieren in unseren Köpfen Vorstellungen über die Vorstellungen der Lernenden aufgrund von sprachlichen, bildlichen oder aktionalen Äußerungen der Lernenden. Diskutieren Sie: Welche Schwierigkeiten könnten in einem solchen Rekonstruktionsprozess auftauchen?
3. Prä- und Postkonzepte erheben: Erproben Sie an Beispielen das Rekonstruieren von Prä- bzw. Postkonzepten unter Nutzung verschiedener Repräsentationsformen (sprachlich – mündlich bzw. schriftlich, ikonisch, aktional) und Erhebungsformen (z. B. Unterrichtsgespräch, Interview, Multiple Choice).
4. Prä- und Postkonzepte unterscheiden sich nach dem Grad ihrer wissenschaftlichen Angemessenheit. Ordnen Sie die von Ihnen erfassten Vorstellungen verschiedenen Leveln der Angemessenheit zu. Begründen Sie Ihre Entscheidung.
5. Viele jüngere Lernende haben die Vorstellung, dass Luft nichts ist. Luft existiert für sie nur, wenn sie spürbar ist, z. B. wenn der Wind weht. Mit welchen Experimenten könnten Sie als Lehrperson die Veränderung dieses Konzeptes hin zu einem Erfassen der Eigenschaften der statischen Luft unterstützen?
6. Wenn sie eine konkrete Unterrichtseinheit planen: a) Analysieren Sie zunächst, welche Vorstellungen bei den Lernenden vor Beginn der Lernsituation vorhanden sind (eigene Befragungen, Literatur). b) Welche Konzeptveränderungen sind notwendig, damit Lernende eine angemessene Vorstellung erwerben? Handelt es sich um «weiche» oder «harte» Veränderungen? c) Welche Lernschwierigkeiten könnten beim Erwerb einer wissenschaftsnahen Vorstellung auftreten? d) Liegen die von Ihnen angestrebten Veränderungen in der «Reichweite» der Lernenden, also in der Zone der nächsten Entwicklung? Oder stellen die angestrebten Veränderungen eine Überforderung dar? Welche Hilfen und Lernaufgaben können Sie arrangieren, um die Lernenden in der Veränderung ihrer Vorstellungen zu unterstützen?

Lösungen

1. Folgende Aspekte könnten in der Diskussion berücksichtigt werden: Zur Ermittlung möglicher Anknüpfungspunkte (Ausdifferenzierung bereits vorhandener Vorstellungen) bzw. notwendiger Umstrukturierungen; zur Ermittlung von Interessenspräferenzen; um Äußerungen von Lernenden besser zu verstehen; um Lernsituationen in der Zone der nächsten Entwicklung ansiedeln zu können; um Differenzierungsmaßnahmen planen zu können.

2. Rekonstruktionsprobleme sind z. B.:
- Bei den schriftlichen, mündlichen, zeichnerischen oder aktionalen Repräsentationen der Lernenden handelt es sich nicht um ihre Vorstellungen, sondern um die in Sprache, Bild oder Handlung übersetzten Vorstellungen. Insbesondere jüngere Lernende verfügen unter Umständen noch nicht über hinreichende Äußerungskompetenzen.
 - Der Kontext der Erhebung kann Äußerungen beeinflussen.
 - Schüchterne und sprachschwache Lernende haben Probleme, ihre Vorstellungen zu präsentieren.
 - Bei der Interpretation der Äußerungen blicken wir häufig durch eine «Erwachsenenbrille» – dadurch können Fehldeutungen auftreten (Beispiel: Kleiner Prinz).
3. Formen sprachlich basierter Repräsentationen: Beobachtung oder Aufzeichnung von Unterrichtsgesprächen bzw. offenen Gesprächen, Einzel- und Gruppeninterviews, schriftliche Aufgaben mit Multiple Choice oder offenem Aufgabenformat, Analyse von schriftlichen Produkten (z. B. schriftliche Erklärungen bei einem Versuchsprotokoll), Strukturlegetechniken.
- Formen ikonischer Repräsentationen: Von den Lernenden angefertigte Zeichnungen oder Skizzen (z. B. Lage der Kontinente auf der Erde, Funktionsweise des Fahrrads).
 - Formen handelnder Repräsentationen: Demonstration von Abläufen; gestische Veranschaulichungen; experimentelles Tun.
4. Eine mögliche Levelteilung:
- Level 1: Keine oder nicht haltbare Vorstellungen; Nennen von Schlagworten ohne weiteren inhaltlichen Zusammenhang, im Wesentlichen unvollständige Aussagen.
 - Level 2: Teilweise oder ansatzweise richtige, aber noch sehr wenig differenzierte, kaum generalisierte Aussagen, nur begrenzt zutreffende Alltagsvorstellungen.
 - Level 3a: Im Wesentlichen sachadäquate Aussagen; zwar noch nicht in allen Teilen ausdifferenziert, aber schon ansatzweise generalisierte und begründete Aussagen.
 - Level 3b: Im Wesentlichen sachadäquate, differenzierte, begründete und weitgehend generalisierte Aussagen.
5. Hilfreiche Experimente: Luft hat Gewicht (Luft wiegen); Luft nimmt jeden Raum ein (Taubversuche); wo Luft ist, kann nichts anderes sein (Luftballon in Flasche aufblasen); gepresste Luft kann Dinge in Bewegung versetzen (Fahrradpumpe unter Büchherstapel); Luft «wegnehmen»: Vakuumversuche (mit Strohhalm trinken, Glas an Mund ansaugen).
6. Hilfreich für die Planung: in Abschnitt 4.7 unter b), c) und c) angegebene Materialien.

4.7 Anregungen für die Schulpraxis und zum Weiterstudium

a) Zur theoretischen Perspektive bzgl. Conceptual Change:

- Aktuelle Übersichten mit vielen Quellenverweisen bei Gropengießer & Marohn (2018) sowie Hardy & Meschede (2018)
- Überblick zu Conceptual Change: Treagust & Duit (2008)
- Zur Betonung der Situieren Kognition: Stark (2003)
- Zur Betonung der sozial-konstruktivistischen Perspektive: Palincsar (1998)

b) Vorunterrichtliche Vorstellungen und ihre Bedeutung:

- Eine Übersichtsdarstellung zur Bedeutung von Präkonzepten und Conceptual Change: Duit (2002)
- Eine internationale Bibliographie: Duit (2009)
- Schecker et al. (2018)
- Für den Primarbereich: Heran-Dörr (2011) und Wodzinski (2006)

c) Zur lernunterstützenden Rolle der Lehrkraft in einem Conceptual Change fördernden Unterricht:

- Beschreibung lernunterstützender Maßnahmen und Zuordnung zu Merkmalen von Unterrichtsqualität: Kleickmann (2012), Möller (2016) und Steffensky & Neuhaus (2018)
- Beschreibung lernunterstützender Maßnahmen im VIU Videoportal der WWU Münster (www.uni-muenster.de/Koviu/), dort auch Videos zu Conceptual Change förderndem Unterricht)
- Kapitel 12 in diesem Band

d) Beispiele für einen Conceptual Change-fördernden Unterricht

- Zum Thema Schwimmen und Sinken: Übersichten bei Möller (1999, 2006); Forschungsergebnisse zu Conceptual Change und entsprechenden Fortbildungen für Lehrpersonen in Möller et al. (2006)
- Beschreibung eines genetisch-konstruktiven Unterrichts zu verschiedenen Themen bei Aeschlimann (1999)
- Hinweise, Unterlagen und Praxisbeispiele zu einem Conceptual Change fördernden Unterricht: Lehrmittelreihe NaTech 1|2, 3|4, 5|6 (<http://www.na-tech.ch>); Lehr- und Lernmaterialien «Natur–Mensch–Mitwelt» (<http://www.nmm.ch>); KINT-Boxen (<https://verlage.westermanngruppe.de/spectra/reihe/KINTBOX/Die-Kint-Boxen-Kinder-lernen-Naturwissenschaft-und-Technik>); Handbücher, zum Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen (2013), Friedrich Verlag, herausgegeben von K. Möller.