

Krabbe, Heiko; Zander, Simon; Fischer, Hans Ernst  
**Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur  
Lehrerfortbildung**

Münster; New York, NY : Waxmann 2015, 125 S. - (Ganz In - Materialien für die Praxis)



Quellenangabe/ Reference:

Krabbe, Heiko; Zander, Simon; Fischer, Hans Ernst: Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster; New York, NY : Waxmann 2015, 125 S. - (Ganz In - Materialien für die Praxis) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-140312 - DOI: 10.25656/01:14031

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-140312>

<https://doi.org/10.25656/01:14031>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**WAXMANN**  
[www.waxmann.com](http://www.waxmann.com)

<http://www.waxmann.com>

#### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

#### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

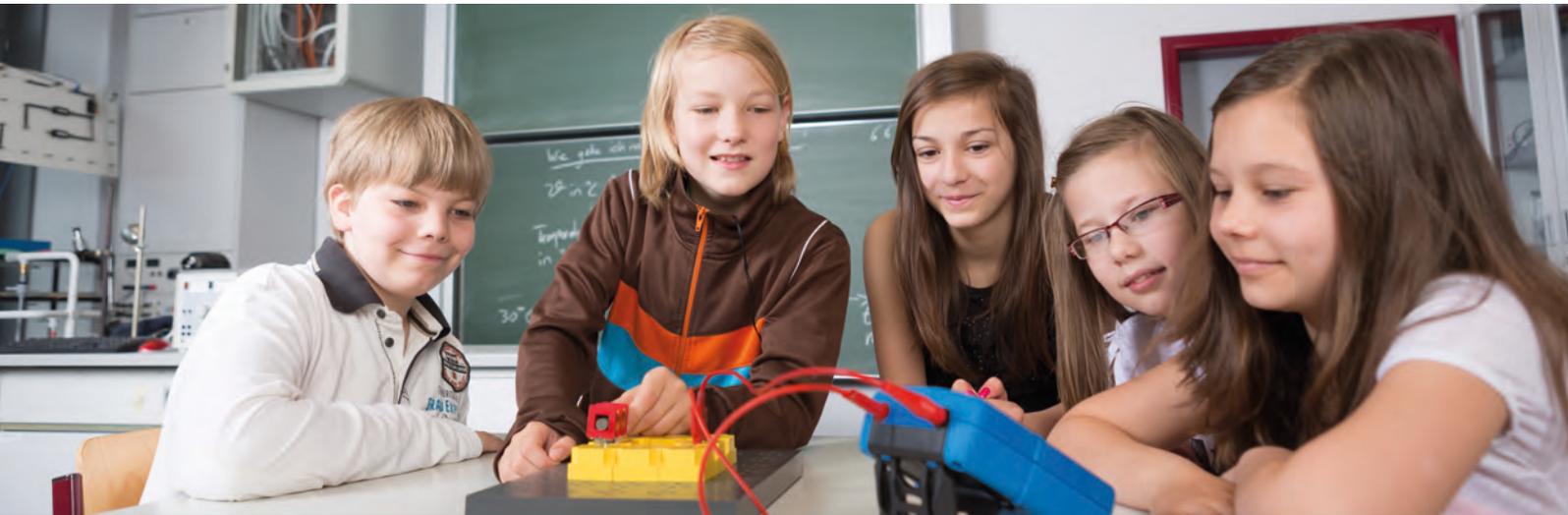
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

#### Kontakt / Contact:

peDOCS  
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation  
Informationszentrum (IZ) Bildung  
E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)  
Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft



# Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht Materialien zur Lehrerfortbildung

Heiko Krabbe, Simon Zander, Hans E. Fischer

STIFTUNG  
MERCATOR

IFS  Institut für  
Schulentwicklungs-  
forschung



Ministerium für  
Schule und Weiterbildung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



## Ganz In. Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganzttagsgymnasium NRW

Praxishefte

herausgegeben von  
Wilfried Bos und Heike Wendt

### **Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek**

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

Print-ISBN 978-3-8309-3315-1  
E-Book-ISBN 978-3-8309-8315-6

© Waxmann Verlag GmbH, 2015  
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster  
[www.waxmann.com](http://www.waxmann.com)  
[info@waxmann.com](mailto:info@waxmann.com)

Umschlaggestaltung: Inna Ponomareva, Jena  
Umschlagfoto: © Christian Schwier – Fotolia.com  
Druck: Mediaprint, Paderborn  
Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier, säurefrei gemäß ISO 9706

Printed in Germany  
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.  
Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages  
in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer  
Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

## Vorwort der Herausgeber

Die Einführung des Ganztags ist mit unterschiedlichen Herausforderungen und Anstrengungen verbunden. „Ganz In. Mit Ganzttag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW“ ist ein kooperatives Schulentwicklungsprojekt der Universitäten der Ruhrallianz, der Stiftung Mercator und des Ministeriums für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen mit dem Ziel, 30 ausgewählte Gymnasien in Nordrhein-Westfalen (NRW) auf ihrem Weg zu gebundenen Ganztagschulen in ihrer Schul- und Unterrichtsentwicklung durch Fortbildungsangebote und Netzwerkarbeit zu begleiten. Zentrale Zielstellungen sind dabei:

- durch die Verzahnung der unterschiedlichen Lerngelegenheiten eine allgemeine und fachliche Verbesserung der Schülerinnen- und Schülerleistungen zu erreichen;
- durch eine bedarfsorientierte Entwicklung von Ganztagsangeboten der auch an Gymnasien vorzufindenden Heterogenität von Schülerinnen und Schülern gerecht zu werden und durch die Ausgestaltung spezifischer Angebote verbesserte Möglichkeiten der individuellen Förderung zu schaffen, von denen insbesondere Schülerinnen und Schüler profitieren, die in ihrem häuslichen Umfeld in Bezug auf ihre individuellen Entwicklungspotenziale auf keine adäquate Unterstützung zurückgreifen können.

Eine besondere Stärke des Projektes liegt darin, unterschiedliche schulische Akteursgruppen bedarfsorientiert zu unterstützen: Schulleitungen, Ganztagskoordinatorinnen und -koordinatoren sowie ausgewählte Lehrkräfte der Projektschulen erhalten die Möglichkeit an – durch Schulentwicklungsberatung organisierten und moderierten – regionalen Netzwerktreffen teilzunehmen und hier im professionellen Diskurs mit Kolleginnen und Kollegen die eigene inhaltliche Konzeptgestaltung, organisatorisch-strukturelle sowie personelle Weiterentwicklungen zu reflektieren und zu optimieren. Mit den Angeboten der Fachdidaktiken der Fächer Deutsch, Mathematik, Englisch, Biologie, Chemie und Physik und der Lehr-/Lernpsychologie erhielten Fachlehrkräfte der Schulen zudem die Möglichkeit im Rahmen von bedarfsorientiert zugeschnittenen Fortbildungsveranstaltungen ihr Professionswissen zu stärken. Mit einer Schwerpunktsetzung auf Fachwissen und fachdidaktischem Wissen wurden speziell die Wissensbereiche fokussiert, die direkte Relevanz für die Entwicklung der Unterrichtsqualität haben.

Eine weitere besondere Stärke des Projektes liegt darin, dass im breiten Fächerkanon von drei Hauptfächern und den drei naturwissenschaftlichen Fächern für die vielfältigen Fragen nach optimierter Gestaltung von Lerngelegenheiten im Ganzttag Lösungen erarbeitet werden. In thematischer Hinsicht werden insbesondere bei Aspekten der Entwicklung von Diagnose- und Förderinstrumenten, der Erarbeitung von für den Ganzttag geeigneten Unterrichtskonzepten und für eine Verbindung der unterschiedlichen Lerngelegenheiten im Ganzttag inhaltliche Schwerpunkte gesetzt.

Darüber hinaus stehen fächerübergreifend Konzepte zur Förderung des eigenständigen Arbeitens von Schülerinnen und Schülern sowie Möglichkeiten der Stärkung von Lern-, Sozial- und Personalkompetenzen im Fokus.

Die in dieser Reihe erscheinenden Praxisbände dokumentieren mit unterschiedlichen Schwerpunkten die vielfältigen Arbeitsergebnisse aller Projektbeteiligten und stellen erarbeitete Konzepte und Erfahrungen unter anderem in Form von Fortbildungs- und Unterrichtsmaterialien, Handlungsempfehlungen, Checklisten und Prozessbeschreibungen zur Verfügung. Damit sollen gewonnene Erkenntnisse und wirksame Konzepte für zukünftige Schulentwicklungsarbeit anderer Ganztagschulen, insbesondere Gymnasien, nutzbar gemacht werden.

Gemeinsam ist allen Bänden dabei der Anspruch erfahrungsbasiert praxiserprobte Materialien auszuwählen und diese interdisziplinär mit Bezug zu aktuellen ganztagspezifischen Diskursen und dem Forschungs- und Wissensstand der zentralen Referenzdisziplinen einzuordnen. Die Bände richten sich dabei jeweils an die unterschiedlichen durch das Projekt angesprochenen Akteure.

Wilfried Bos  
Heike Wendt

## Inhalt

<b>Geleitwort von Fritz Oser</b> .....	7
<b>1. Ansätze zur Verbesserung der Unterrichtsqualität im Ganzttag</b> .....	9
<b>2. Einführung in die Basismodelle des Lernens und Lehrens</b> .....	11
2.1 Physikunterricht und die Orientierung am Lernprozess.....	11
2.2 Basismodelle für den Physikunterricht .....	12
2.3 Choreografien des Unterrichtens.....	14
2.4 Planung- und Unterrichtsverlauf.....	15
2.5 Beschreibung der Basismodelle .....	16
2.5.1 Lernen durch Eigenerfahrung.....	16
2.5.2 Konzeptbildung.....	17
2.5.3 Problemlösen .....	18
2.6 Erwartungen.....	19
<b>3. Beispielstunden zu den Basismodellen</b> .....	20
3.1 Vorgehen bei der Basismodellanalyse .....	20
3.2 Lernen durch Eigenerfahrung.....	22
3.3 Konzeptbildung.....	28
3.4 Problemlösen .....	34
<b>4. Zusammenfassung der wichtigsten Merkmale der Basismodelle</b> .....	40
4.1 Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ .....	40
4.1.1 Lernpsychologische Grundlagen .....	40
4.1.2 Kompetenzziele.....	40
4.1.3 Einbettung in den Unterricht .....	41
4.1.4 Handlungskettenschritte .....	42
4.1.5 Bemerkungen.....	43
4.2 Basismodell „Konzeptbildung“ .....	46
4.2.1 Lernpsychologischer Grundlagen .....	46
4.2.2 Kompetenzziele.....	47
4.2.3 Einbettung in den Unterricht .....	47
4.2.4 Handlungskettenschritte .....	49
4.2.5 Bemerkungen.....	51
4.3 Basismodell „Problemlösen“ .....	55
4.3.1 Lernpsychologische Grundlagen .....	55
4.3.2 Kompetenzziele .....	55
4.3.3 Einbettung in den Unterricht .....	56
4.3.4 Handlungskettenschritte .....	57
4.3.5 Bemerkungen.....	59

<b>5.</b>	<b>Aufgaben zur Unterrichtsplanung und -analyse mithilfe der Basismodelle</b> .....	61
5.1	Unterrichtsplanung nach den Basismodellen .....	61
5.1.1	Lernen durch Eigenerfahrung: Experimentelle Aufgabe .....	62
5.1.2	Konzeptbildung: Text aus Lehrbuch .....	67
5.1.3	Problemlösen: Lernaufgabe mit gestuften Hilfen.....	71
5.1.4	Ein Thema, drei Ziele, drei Stunden.....	75
5.2	Gestaltung der Sichtstruktur mithilfe kooperativer Lernformen.....	81
5.3	Unterrichtsanalyse.....	87
5.3.1	Analyse einer Unterrichtsstunde zum Thema Brechung und Totalreflexion....	88
5.3.2	Stundenanalyse aus dem Coaching.....	91
5.3.3	Studentische Stundenanalyse.....	92
5.3.4	Vergleich der beiden Stundenanalysen.....	94
<b>6.</b>	<b>Transfer in die Schulpraxis</b> .....	95
6.1	Gestaltung des Fortbildungstages .....	95
6.2	Kollegiale Beratung .....	96
6.2.1	Prinzipien der kollegialen Beratung.....	96
6.2.2	Übertragung auf die Lehrerfortbildung zu Basismodellen .....	97
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse der Lehrerfortbildung</b> .....	100
<b>8.</b>	<b>Literatur</b> .....	102
<b>9.</b>	<b>Anhang</b> .....	106
9.1	Material zur Beispielstunde für das Basismodell Konzeptbildung (Abschnitt 3.3) .....	106
9.2	Plakate zur Unterrichtsplanung (Abschnitt 5.1).....	111
9.2.1	Lernen durch Eigenerfahrung .....	111
9.2.2	Konzeptbildung.....	113
9.2.3	Problemlösen .....	114
9.3	Ergebnisse der zweiten Planungsaufgabe des Fortbildungstags (Abschnitt 6.1) .....	116
9.4	Material zur Konzeptbildungsstunde zu losen und festen Rollen (Abschnitt 5.1.4).....	120

## Geleitwort von Fritz Oser

In der hier vorliegenden Schrift von H. Krabbe, S. Zander und H.E. Fischer wird zum ersten Mal das Konzept der Choreographien des Unterrichts in einer gelungenen Form und hoch transparent auf den Physikunterricht angewandt. Die Verbindung von physikalischer Kompetenz mit lernpsychologischem Können wird dabei so vorgestellt, dass sich beide in unterschiedlicher Weise positiv beeinflussen. An den konkreten Unterrichtsvollzügen wird der Prozess gelungenen versus weniger gelungenen Lernens physikalischen Grundwissens mithilfe dreier ausgewählter Basismodelle demonstriert. Der Begriff der Qualität erhält durch eine derartige Strukturierung der Lehr-Lern-Prozesse ein neues Gesicht, und der Nachvollzug des Unterrichts wird beispielhaft modelliert und analysiert. Unterrichtspsychologisch und zugleich -praktisch wird hier sichtbar, wie eine Theorie zum Verständnis einer komplexen Wirklichkeit Substantielles beitragen kann.

Choreographie bedeutet, dass die gestaltende Person bei der inszenierenden Umsetzung des Lehr-Lern-Prozesses im Klassenraum immer mindestens zwei Verfahrensmodele gleichzeitig beachtet bzw. aufeinander bezieht, nämlich – wie hier anschaulich dargestellt – das Basismodell des Lernens, das einer verborgenen Nomothetik der Phasenfolge entspricht, und die Sichtstruktur des Unterrichts, die auf Plausibilitätsannahmen wirksamen Handelns beruht. Während das erste, die Basismodelle, das innere Handeln des Lernenden beschreibt, besteht das zweite, die Sichtstruktur, aus den durch den Unterrichtenden arrangierten Lerngelegenheiten (opportunities to learn). Das erste, die Basismodelle, werden bestimmt durch die sogenannten Lernzieltypen wie etwa Konzeptaufbau, Problemlösen oder Erfahrungslernen, wie sie in diesem Buch verwendet werden. Andere Lernzieltypen, wie etwa das Automatisieren oder das Strategielernen oder das Lernen durch Vorzeigen und Nachmachen etc., die in diesem Buch nicht zur Anwendung kommen, sind weniger geeignet für den hier beschriebenen Unterricht; und das bedeutet, dass die Autoren eine zweckmäßige und für die hier gewählten Unterrichtsziele adäquate Auswahl getroffen haben und diese sehr sorgfältig begründen.

Wir haben die verborgene Nomothetik der Ablaufschritte der Basismodelle erwähnt. Diese „innerlich“ zu vollziehenden Handlungsschritte sind von Praktikern immer wieder infrage gestellt worden. Ist es tatsächlich so, dass diese Schritte nicht in zufälliger oder umgekehrter oder anderer Reihenfolge vollzogen werden können? Welche Legitimationsvollzüge garantieren ihre Richtigkeit, und wird es nicht stets dem akademischen Diskurs anheimgestellt sein, diese Reihenfolge zu substituieren? Es gibt in der Tat eine Gruppe von Argumentationsformen, die eine mögliche Infragestellung erschweren. Dazu gehören folgende:

Man kann mit der Rationalität des „Notwendig-aber-nicht-hinreichend“ vorgehen. Dann kann z.B. gesagt werden, dass es unmöglich ist, Kriterien, die ein Konzept bestimmen, ohne dieses selber zu entwickeln (Schritt 2 und 3 des Basismodells Konzeptaufbau). Um dieses Konzept selber jedoch greifbar zu machen, sind prototypische Beispiele notwendig. Da beim Verstehen von Kriterien (Schritt 3) stets auf den Prototypen zurückgegriffen wird, geht dieser also den Kriterien voran. Selbst bei schlechtem Vorgehen dahingehend etwa, dass mit der Kriterienbestimmung als Schritt 2 begonnen wird, ist zumindest eine abstrakte Darstellung des Konzeptes eine notwendige Voraussetzung. Prototypische Beispiele sind deshalb besser, weil sie das neue Konzept ganzheitlich vorgeben. Eine gleiche Analyse lässt sich für die anderen Basismodelle durchführen. Man kann etwa schlüssig darstellen, dass es unmöglich ist ein Problem zu lösen, bevor man überhaupt ein Problem, ein Problembewusstsein oder ein Problemverständnis hat. Die logische Analyse ist so stets auf eine Sequenz von sichtbaren oder angenommenen Schritten bezogen. Es muss festgelegt werden, welche inneren Handlungen vorausgehend notwendig sind, um anschließend bestimmte andere innere Aktivitäten, die oft additiven oder inklusiven Cha-

rakter haben, bestimmen zu können. – Genau dieses wird in diesem Buch sehr sorgfältig anhand der Unterrichtsanalysen applizierend etwa bei der Analyse zur Totalreflexion vorgenommen.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, diese Sequenzanalyse empirisch zu überprüfen. Man kann sich vorstellen, dass eine größere Anzahl von Lehrpersonen in einer Art Q-Sort-Verfahren Kärtchen, auf denen verkürzt Unterrichts- bzw. unterrichtsbezogene Lernteile dargestellt sind, in der Reihenfolge legen sollen, in der sie glauben, dass sie einer bestimmten Abfolge-Logik entsprechen. Hier zeigt sich das eigenartige Phänomen, dass allgemeine Formulierungen eher der „richtigen“ Reihenfolge entsprechen als Formulierungen, die auf Konkretes bezogen sind (in diesem Buch etwa die Druckverhältnisse in unterschiedlich dicken Rohrsystemen).

Eine dritte Möglichkeit ist, dass Experten und Expertinnen etwa die Unterrichtsstunde zum Hebelgesetz in diesem Buch auf die Sichtstruktur und die Basismodellform analysieren und so die Gesetzmäßigkeiten der Basismodellabfolgen rekonstruieren. Wir haben dies mit Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern durchgeführt und sind stets auf die gleiche Sequenz gestoßen. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass die beteiligten Personen Gründe für ihre Entscheidungen angeben und so die Logik der Sequenz offenlegen.

Schließlich kann die nomothetische Sequenz innerer Handlungen auch aus der Fachliteratur abgeleitet werden, so etwa die Konzeptbildung durch ältere wissenspsychologische Arbeiten von Anderson (1976), die Arbeiten von Reinmann und Mandl (2004), oder die Arbeiten von Weinert und Waldmann (1988), das Problemlösen durch die Arbeiten von Dewey (1910), Dörner (1974) u.a.

Die in diesem Buch vorgestellten langen Prozessanalysen, die auf den ersten Blick ausführlich erscheinen, geben uns ein Instrument in die Hand, das das Befreiende eigener didaktischer Entscheidungen mit dem streng Gebundenen der gesetzmäßigen Lernverläufe zu verknüpfen ermöglicht. Dies ist die entscheidende Botschaft: Alles Kreative des Unterrichts (Inhaltsschritte, Sozialformen, Methoden, Darbietungswechsel, Funktionsrhythmus), all das hat sich einer zugrunde liegenden Lehr-Lernschrittform zu unterziehen. Das Basismodell sagt im Grunde, wozu das, was sichtbar getan wird, gut sein soll. Es gibt dem sichtbaren Oberflächentun der Lehrkraft eine unumstößliche Richtung.

Die in diesem Buch am Schluss berichteten empirischen Befunde sind überzeugend. Zwar sind sie hier nur zusammengefasst, was Sinn ergibt, aber sie zeigen, dass nicht bloß der Unterricht der Lehrpersonen eine andere Gestalt annimmt, sondern auch die Leistungen der Schüler und Schülerinnen besser werden. Das bedeutet, dass hier auch eine Langzeitwirkung der Arbeit mit den Choreographien des Unterrichts deutlich wird.

Letztlich aber hat das hier vorliegende Buch noch in einer anderen Hinsicht einen bedeutsamen Wert: Hier wird ein fundamentales und nachhaltiges Weiterbildungskonzept vorgestellt. Es ist ein neues Modell des Auffangens und Ausdifferenzierens dessen, was Lehrpersonen mitbringen. Man sagt ihnen nicht, dass das, was bis anhin gemacht wurde, falsch sei. Im Gegenteil, ihre Kompetenz ist notwendig, um zu verstehen, dass eine Strukturierung (durch Basismodelle) dessen, was da ist, diese erst verstehbar macht.

Dieses komplexe Buch ist eine pädagogisch-didaktische Neuentdeckung: gekonnter Fachunterricht wird fachdidaktisch und lernpsychologisch gewendet.

Freiburg, Schweiz im August 2015

Fritz Oser

## 1. Ansätze zur Verbesserung der Unterrichtsqualität im Ganztag

Mit der Umstellung auf den Ganztagsbetrieb werden viele Erwartungen verknüpft (Hänisch, 2011). Beispielsweise erhofft man sich durch die Verzahnung unterschiedlicher Lerngelegenheiten im Ganztag eine allgemeine Verbesserung der Schülerleistungen. Zudem sollen durch die bedarfsorientierte Entwicklung von Ganztagsangeboten verbesserte Möglichkeiten der individuellen Förderung geschaffen werden, von denen insbesondere Schülerinnen und Schüler profitieren, die in ihrem häuslichen Umfeld in Bezug auf ihre individuellen Entwicklungspotentiale auf keine adäquate Unterstützung zurückgreifen können. Damit verbunden sind zahlreiche organisatorische Veränderungen wie z.B. die Einbindung von Hausaufgaben in das Gesamtkonzept des Ganztags in Form von Lernzeiten (Boßhammer, Eichmann-Ingwersen & Schröder, 2009) oder veränderte Zeitstrukturmodelle (Bergmann & Fiegenbaum, 2009). Dabei wird betont, dass die Qualität von Hausaufgaben aus ihrer Einbindung in den Unterricht und der Hausaufgabenbegleitung erwächst. Wichtig ist neben inhaltlichem Feedback vor allem das Aufgreifen und Bearbeiten der Denk- und Lösungswege der Schülerinnen und Schüler im Unterricht (vgl. Lipowsky, 2007). Dies gilt insbesondere für Nebenfächer wie Physik, da wegen der knappen Zeitressourcen in Verbindung mit der Schulzeitverkürzung (G8) Lernzeiten im Ganztag häufig den Hauptfächern vorbehalten bleiben. Daher ist es notwendig, Konzepte zu entwickeln, wie vor- oder nachbereitende Hausaufgaben sinnvoll in den Lernprozess eingebunden werden können. Veränderte Taktungen des Unterrichts, zum Beispiel ein Doppelstundenkonzept, sollen helfen, den Schultag im Ganztagsbetrieb zu entschleunigen und an die Lebens- und Lernbedürfnisse der Schülerinnen und Schüler anzupassen. Für Nebenfächer kann das zur Konsequenz haben, dass der Unterricht nur noch einmal pro Woche stattfindet. Andererseits werden dadurch auch veränderte Unterrichtschoreographien möglich und nötig, die Lernprozesse besser unterstützen können. So ist es in 45 Minuten kaum möglich, Lernprozesse von Schülern durch den Transfer oder die Vernetzung von Inhalten abzuschließen (Borowski, Fischer, Trendel & Wackermann, 2010). Dies ist zwar bei einer verlängerten Taktung möglich, geschieht jedoch keineswegs automatisch (Stender, Geller, Neumann & Fischer, 2013). Erst durch eine intensive Lehrerfortbildung zur lernprozessorientierten Gestaltung konnte eine verbesserte Nutzung der verlängerten Taktung erreicht werden, die sich positiv auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler auswirkte (Zander, Krabbe & Fischer, 2013). Grundlage der Fortbildung war die *Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens* von Oser und Baeriswyl (2001), die sich als praktikabler Planungs- und Reflexionsrahmen für die Gestaltung von Unterrichtschoreographien bei einer auf 90 Minuten verlängerten Taktung erwies. Drei Kriterien für Unterrichtsqualität waren wesentlich für die Lehrerfortbildung: 1. Zielorientierung durch die Festlegung auf ein bis maximal zwei Basismodelle pro Doppelstunde, die nacheinander durchlaufen werden sollten, und die Explikation der Stundenziele zu Unterrichtsbeginn. Schülerinnen und Schüler nehmen die Lehr-Lern-Bedingungen in einem Unterricht mit hoher Zielklarheit und Transparenz mehr unterstützend und motivierend wahr (Seidel et al., 2006). 2. die kohärente und stringente Abfolge der von den Basismodellen beschriebenen Unterrichtsphasen, denn eine klare Strukturierung sollte insbesondere den schwächeren Schülerinnen und Schülern das Lernen erleichtern (Helmke, 2009, S. 209). 3. wurde besonderes Augenmerk auf die Transfer-, Vernetzungs- oder Reflexionsphasen gelegt, die zu einer vollständigen Umsetzung der Basismodelle gehören, sich aber nicht zwangsläufig bei verlängerter Taktung einstellen (Rektor & Wackermann, 2011).

Die Fortbildung fand im Schuljahr 2011/2012 mit 15 Gymnasiallehrkräften in Nordrhein-Westfalen statt. Von diesen wurde zu Beginn des Schuljahres eine Unterrichtsstunde als Ausgangslage auf Video aufgenommen. Dann wurden ihnen an einem Fortbildungstag

die Basismodelle vorgestellt und gemeinsam Beispiele für die Unterrichtsgestaltung nach den Basismodellen erarbeitet. In der Folge wurden quartalsweise von jeder Lehrkraft drei weitere Unterrichtsstunden aufgezeichnet, um ihre Entwicklung bei der Umsetzung der Basismodelle zu dokumentieren. Somit liegen insgesamt 60 Unterrichtsvideos vor, die zu Ausbildungszwecken gezeigt werden dürfen. Zwischen den Videoaufzeichnungen fand jeweils eine individuelle Coaching-Sitzung mit den Lehrkräften statt, in der die zuvor aufgezeichnete Stunde nachbesprochen sowie die Planung der nächsten Stunde, die videografieren sollte, durchgesprochen wurden. In der dritten Coaching-Sitzung entfiel jedoch das Planungsgespräch, sodass die letzte aufgezeichnete Unterrichtsstunde als Abbild der Fähigkeit zur eigenständigen Umsetzung der Basismodelle gewertet werden kann. Alle Unterrichtsaufzeichnungen einer Lehrkraft fanden jeweils in einer 8. Klasse statt, in der zumindest in einem Halbjahr der Schwerpunkt auf der Mechanik lag. Entsprechend beinhaltet die überwiegende Zahl der Unterrichtsvideos Mechanikunterricht. Das Thema der einzelnen Stunden war aber nicht vorgegeben. Um die Auswirkung der Lehrerfortbildung auf die Schülerleistungen zu messen, wurde mit einem Test das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler im Bereich Mechanik zu Beginn und am Ende des Schuljahres erhoben. Diese Messung des Fachwissens wurde auch in einer Vergleichsgruppe durchgeführt, die aus 15 Parallelklassen bestand, welche von nicht an der Fortbildung beteiligten Lehrkräften unterrichtet wurden.

In diesem Praxisband wird nun versucht, die Inhalte und das Konzept der Fortbildung prototypisch darzustellen, sodass sie für die eigenständige oder kollegiale Unterrichtsentwicklung adaptierbar werden. Dazu werden Materialien der Lehrerfortbildung so abgedruckt, wie sie in der Lehrerfortbildung eingesetzt wurden. Das erleichtert die Nutzung für zukünftige Fort- und Weiterbildungen. Dabei konnte teilweise auf Vorlagen aus einer vorangegangenen Fortbildung zurückgegriffen werden (Trendel, Wackermann & Fischer, 2008). Zu Beginn steht ein einführender Text, welchen die Lehrkräfte am Fortbildungstag erhalten haben. Er gibt einen ersten Überblick über die Theorie der Basismodelle und schafft das notwendige Vorwissen, um die darauf folgenden Beispielstunden zu den drei ausgewählten Basismodellen besprechen zu können. Bei diesen Stunden handelt es sich um reale Stunden, die im Verlauf der Fortbildung auf Video aufgezeichnet und danach transkribiert wurden. Zu jedem Basismodell werden anschließend die praktischen Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Lehrerfortbildung zusammengefasst. Danach werden Übungsaufgaben zur Planung und Reflexion von Unterricht nach den Basismodellen angeboten, die zum Teil in der Lehrerfortbildung eingesetzt oder in studentischen Seminaren entwickelt wurden. In diesen Beispielen wird die Verbindung mit anderen Aspekten der Unterrichtsqualität (z. B. Hausaufgaben oder kooperativen Lernformen) hergestellt. Zum Schluss werden noch Möglichkeiten für den Transfer in die Schulpraxis erörtert sowie die empirischen Ergebnisse der Lehrerfortbildung dargestellt.

## Danksagung

Wir danken Cornelia Geller, Georg Trendel und Rainer Wackermann für anregende Diskussionen und Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung der Basismodelle. Kapitel 4 baut auf Zusammenfassungen auf, die ursprünglich Georg Trendel für die AG Fischer erstellt hat. Außerdem sind wir den Lehrkräften zu Dank verpflichtet, die damit einverstanden waren, sich im Unterricht videografieren zu lassen, ihr Unterrichtsmaterial zur Verfügung gestellt haben und sich insbesondere der Diskussion über ihren Unterricht gestellt haben. Bei der Besprechung der einzelnen Unterrichtsstunden haben wir bewusst auf eine Nennung der Namen verzichtet. Schließlich gilt unser Dank auch den Studierenden der Universität Duisburg-Essen, die an den Seminaren zur lernprozessorientierten Sequenzierung teilgenommen haben und deren Unterrichtsanalysen und -entwürfe mit in diesen Praxisband eingeflossen sind. Sie werden an entsprechender Stelle namentlich genannt.

## 2. Einführung in die Basismodelle des Lernens und Lehrens

### 2.1 Physikunterricht und die Orientierung am Lernprozess

Die internationalen Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS haben offenbart, dass in Deutschland viele Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten haben, naturwissenschaftliche Zusammenhänge zu verstehen. Insbesondere haben sie häufig Probleme damit, für Naturwissenschaften typische Denkweisen und erworbenes Wissen in neuen Situationen anzuwenden. Es stellt sich also die Frage, wie Physikunterricht gestaltet werden kann, um diese Fähigkeiten zu fördern.

Ein Ansatz hierzu ist die Lernprozessorientierung auf Grundlage der *Theorie der Basismodelle des Lernens und Lehrens* (Oser & Baeriswyl, 2001). Dafür wird das folgende Grundverständnis des physikalischen Erkenntnisprozesses und des Lernens vorausgesetzt:

- Ergebnisse der Naturwissenschaften werden nicht mehr als eine (weitgehend) exakte Abbildung und Beschreibung der Realität aufgefasst, sondern als von Menschen in einem sozialen Zusammenhang geschaffene Modelle der Wirklichkeit.
- Lernen kann nicht als einfache Übertragung oder Vermittlung von Wissen durch die Lehrkraft auf Schülerinnen und Schüler verstanden werden. Vielmehr wird betont, dass jedes Individuum aktiv das angebotene Wissen in sein bereits bestehendes Wissensgefüge integrieren muss. Diese Integration erfolgt als Anpassung an „Widerstände“ und wird meist in sozialen Zusammenhängen durch Kommunikation begleitet und beeinflusst.
- Wissen ist nicht linear organisiert, sondern als eng verwobenes Netz von Konzepten aus unterschiedlichen Feldern. In diesem Netz sind neben einzelnen Begriffen Verknüpfungen mit Kontexten, Situationen und Emotionen wesentlich. Schlecht vernetztes, „träges“ Wissen bleibt fragmentarisch und ist in neuen Situationen wenig nutzbar.
- Beim Lernen verbinden sich Denken und Handeln. Eine Vernetzung von Wissen und dessen Einbau in stabile kognitive Schemata wird durch metakognitive Prozesse gefördert, also durch das Nachdenken über das eigene Lernen und die dazu notwendigen Handlungen.

Aufgabe des Physikunterrichts ist es demnach, solche Lernprozesse optimal zu fördern. Dazu muss Physikunterricht aus der Perspektive der Lernprozesse der Schüler geplant werden.

Jeder Lehrende wäre überfordert, wenn er jeden individuell möglichen Lernprozess in einer Lerngruppe berücksichtigen müsste. Kollektiver Unterricht setzt, sozusagen als Existenzberechtigung, die Annahme voraus, dass sich verschiedene Lerner und Lernprozesse typisieren lassen. Eine bereits erprobte und wenigstens teilweise wissenschaftlich fundierte Typisierung bietet die *Theorie der Basismodelle des Lehrens und Lernens*.

## 2.2 Basismodelle für den Physikunterricht

Oser und Baeriswyl (2001) nehmen in ihrer Theorie der Basismodelle an, dass Lernen in großen Gruppen nach wenigen, lernpsychologisch abgrenzbaren Grundmustern zu strukturieren ist. Sie unterscheiden je nach Lernprozessstyp insgesamt zwölf solcher Grundmuster, die sie als Basismodelle bezeichnen. Davon haben sich für den Physikunterricht die folgenden drei Basismodelle als die wichtigsten herausgestellt:

Basismodell 1:	Lernen durch Eigenerfahrung
Basismodell 3:	Problemlösen
Basismodell 4:	Konzeptbildung

Jedes Basismodell bzw. jeder Lernprozessstyp hat spezifische Bedingungen zur Voraussetzung, aus denen sich eine typische Vorgehensweise und eine jeweils andere Reflexion des Lernprozesses ergeben. Zu diesen Vorgehensweisen gibt es teilweise sehr fundierte Forschungsergebnisse aus der Kognitionspsychologie, auf deren Grundlage Oser und Mitarbeiter die einzelnen Basismodelle als lernpsychologisch notwendige, feststehende Elemente operationalisiert haben. Nach ihrer Theorie ist das **vollständige Durchlaufen** dieser Elemente in der **vorgesehen Reihenfolge** essenziell für das Erreichen des angestrebten Lehrziels. Diese Elemente definieren also eine schrittweise zu durchlaufende Handlungskette. Deshalb werden wir sie im Folgenden (in Anlehnung an Trendel, Wackermann & Fischer, 2007) als Handlungskettenschritte bezeichnen.

Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Voraussetzungen und die daraus resultierenden Handlungskettenschritte der drei Basismodelle. Die Beschreibung der Lernbedingung aus Schülerperspektive, der daraus resultierenden Aufgabe der Lernenden und möglicher Ziele macht die charakteristischen Unterschiede der drei Basismodelle deutlich und ermöglicht die Auswahl des geeigneten Basismodells für die konkrete Unterrichtsplanung. Diese Auswahl des Basismodells legt die im Unterricht funktional zu durchlaufenden Handlungskettenschritte fest. Die Beschreibung der Rolle der Lehrperson und häufiger Sichtstrukturen gibt Hinweise für die spezifischen Aufgaben der Lehrperson und die Unterrichtsplanung und -durchführung. Auf die Möglichkeiten der Gestaltung der Sichtstruktur wird im folgenden Abschnitt ausführlich eingegangen.

Tabelle 2.1: Vergleich der Basismodelle

Basismodell	Lernen durch Eigenerfahrung	Konzeptbildung	Problemlösen
Lernbedingungen aus Schülerperspektive	methodisches Ziel grob umrissen; Weg über konkreten Lerngegenstand (durch Planung) klar; inhaltliches Ziel unbekannt; Bedeutungskonstruktion im Nachhinein	inhaltliches Ziel (Konzept) grob umrissen; Weg durch Prototyp vorgegeben	unbefriedigender Anfangszustand (Deutung, Handlungsplan) und erwünschter Zielzustand bekannt; Weg offen
Aufgabe der Lernenden	handelnde Auseinandersetzung mit: <ul style="list-style-type: none"> <li>– physikalischem Weltaspekt (Beobachtung, Experiment)</li> <li>– eigenem Lernprozess bei einer Aufgaben- oder Problemstellung</li> </ul>	in Auseinandersetzung mit einem Prototyp <b>vorgegebene Struktur nachkonstruieren</b> , verallgemeinern und aktiv anwenden	durch Anwendung und Verknüpfung von Vorwissen <b>selbstständig neue Struktur aufbauen, flexibilisieren oder restrukturieren</b>
Ziel	<p><b>Minimalziel:</b> primäre, subjektive und kontextgebundene (episodische) Erfahrung</p> <p><b>Maximalziel:</b> reflektierte, relativierte, kontextfreie Perspektive</p>	<p><b>Minimalziel:</b> – Begriffe – Zusammenhänge – Konzepte im Fachwissen und Handlungsrepertoire aufbauen</p> <p><b>Maximalziel:</b> Flexible Anwendbarkeit – Erklärungen geben, Vorhersagen machen – analoge Handlungen ausführen</p>	<p><b>Minimalziel:</b> Lösungsweg (auch mittels Versuch und Irrtum) finden</p> <p><b>Maximalziel:</b> Lösungsmethode generalisieren</p>
Handlungskettenschritte	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planung der Handlungen</li> <li>2. Durchführung der Handlungen</li> <li>3. Konstruktion von Bedeutung</li> <li>4. Generalisierung der Erfahrung</li> <li>5. Reflexion von ähnlichen Erfahrungen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bewusstmachung des Vorwissens</li> <li>2. Durcharbeiten eines Prototyps</li> <li>3. Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts</li> <li>4. Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept</li> <li>5. Anwenden des neuen Konzepts in anderen Kontexten</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problem verstehen</li> <li>2. Entwicklung von Lösungswegen</li> <li>3. Testen von Lösungswegen</li> <li>4. Evaluation und Anwendung der Lösungen</li> </ol>
Merkmale	Handlungsgegenstand unmittelbarer Lebensbezug (Kontextbezug)	Strukturierung Differenzierung Analogiebildung	Problembewusstsein methodische Offenheit Suchen und Testen von Lösungswegen
Rolle der Lehrperson/Hilfestellung	Steuerung bei Planung und Systematisierung der Erfahrung	Vertreter der „Scientific Community“/Experte Prototyp als Lernangebot bereitstellen Steuerung bei Einführung und Abgrenzung	Problembewusstsein schaffen; methodische Offenheit gewährleisten Unterstützung bei Suche nach Lösungswegen
häufige Sichtstruktur	handlungsorientierter, entdeckender Unterricht; darbietender Unterricht mit Fokus auf Schülererleben	darbietender, entwickelnder Unterricht Anwendung/Transfer	forschender Unterricht
	Schülerexperiment, Demonstration eines Phänomens	Demonstrationsexperiment, Schülerexperiment	Schülerexperiment, (stellvertretendes Lehrerexperiment)
Wissensart	Erfahrungswissen – hohe Vernetzung zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis	Strukturelles Wissen – hohe Vernetzung innerhalb des semantischen Gedächtnisses	Prozedurales Wissen – hohe Anwendbarkeit des deklarativen Wissens

© Krabbe, H., Zander, S. &amp; Fischer, H. E.: Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht, Münster: Waxmann 2015

## 2.3 Choreografien des Unterrichtens

Oser unterscheidet zwischen der Sichtstruktur (Sozialformen, Methoden, Unterrichtsstil, Medien, Kontrollformen usw.) und der lernpsychologischen Tiefenstruktur des Unterrichts. In diesem Zusammenhang spricht er von den Choreografien des Unterrichts. Dabei zieht er die folgende Analogie zum Tanzen (Oser & Patry, 1990, S. 1):

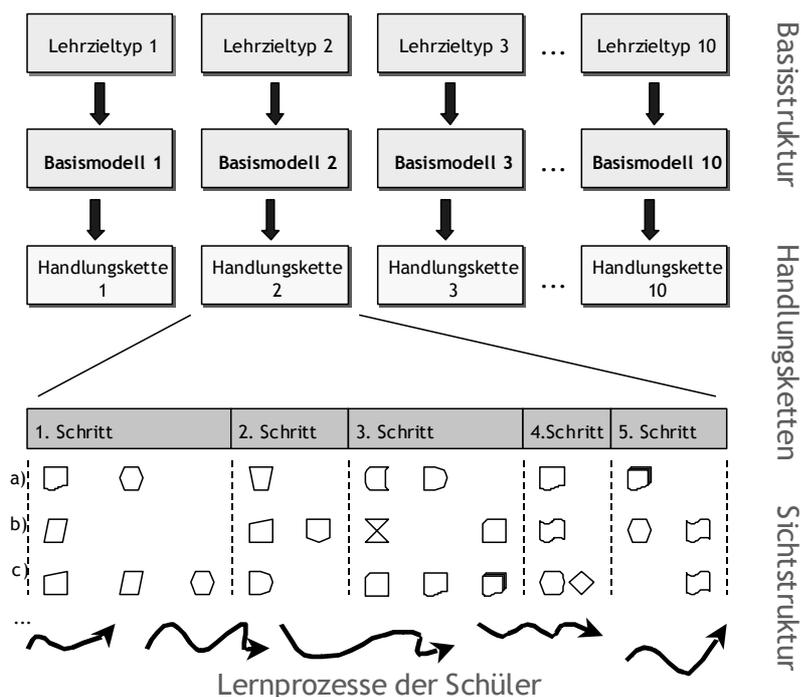
„Einesteils kann der Tänzer den Raum frei nutzen, ... andernteils ist er ... an die Tiefenstruktur des musikalischen Verlaufs gehalten.“

Übertragen auf Unterricht bedeutet das:

**Einerseits ist der Lehrer frei in seinem unterrichtlichen Handeln (Sichtstruktur), andererseits aber an die Tiefenstruktur der Lernprozesse gehalten.**

Oser meint damit, dass für den Unterrichtsfolg weniger die sichtbare Gestaltung durch die Lehrkraft entscheidend ist, als die unabdingbare Einhaltung der durch die (prozesstypabhängige) Handlungskette vorgegebenen funktionalen Schrittfolge. Dasselbe Basismodell in der Tiefenstruktur kann also in unterschiedlichen sichtbaren Strukturen realisiert werden. Das ermöglicht es jeder Lehrkraft, die Basismodelle mit dem eigenen Unterrichtsstil in Einklang zu bringen. Dieses wird in Abbildung 2.1 veranschaulicht.

Abbildung 2.1:  
Verhältnis von Sichtstruktur  
und Tiefenstruktur



Obwohl jede Lehrkraft in der Gestaltung der Sichtstruktur grundsätzlich frei ist, gibt es Unterrichtsformen, die bei den einzelnen Basismodellen in der Unterrichtsbeobachtung häufiger anzutreffen sind. Diese Unterrichtsmuster und Experimentierformen sind in Tabelle 2.1 angegeben.

## 2.4 Planung- und Unterrichtsverlauf

Bei der Planung des Unterrichts nach Basismodellen geht man am besten wie folgt vor:

### 1. Festlegung des Lehrziels und Auswahl des Basismodells:

Legen Sie sich auf **ein** Hauptlehrziel der Stunde fest. Wählen Sie dann das passende Basismodell nach den folgenden Gesichtspunkten aus.

**Lernen durch Eigenerfahrung:** Die Schülerinnen und Schüler sollen in der handelnden Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand Erfahrungen machen und dabei *individuelles, noch unstrukturiertes Wissen erwerben*.

**Konzeptbildung:** Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand eines Beispiels (Prototyp) *hochstrukturiertes Wissen erwerben*.

**Problemlösen:** Die Schülerinnen und Schüler sollen auf Basis ihres Fachwissens *Strategien für Lösungswege entwickeln*.

### 2. Planung der Unterrichtsphasen:

Nehmen Sie die Handlungskettenschritte als Grundlage für die Planung der einzelnen Unterrichtsschritte. Überlegen Sie sich dazu, durch welche Sichtstruktur die Funktion der einzelnen Handlungskettenschritte realisiert werden kann. Achten Sie dabei darauf, dass Sie in der Planung alle Handlungskettenschritte des Basismodells in der richtigen Reihenfolge abbilden. Die Handlungskettenschritte eines Basismodells müssen nicht unbedingt alle in einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden, sondern können sich auch über mehrere Stunden erstrecken. Wichtig ist nur, dass das Basismodell vollständig zu Ende geführt wird.

Im Unterrichtsverlauf wird es immer wieder zu Situationen kommen, in denen Sie von ihrer Planung abweichen müssen. Sie können dann die Basismodelle als Denkraum für ihre Unterrichtsentscheidungen nutzen, indem Sie

- überprüfen, ob alle Voraussetzung für einen Handlungskettenschritt ausreichend gegeben sind oder noch durch Einschübe oder Wiederholungen geschaffen werden müssen,
- abzuschätzen versuchen, ob die Funktion eines Handlungskettenschrittes genügend erfüllt ist, um zum nächsten Handlungskettenschritt weiterzugehen,
- bei Schwierigkeiten in einem Handlungskettenschritt überlegen, welche funktionalen Voraussetzungen möglicherweise fehlen, in welchem vorherigen Handlungskettenschritt diese geschaffen werden sollten und Sie dann gezielt diesen Handlungskettenschritt nochmal aufgreifen, bevor Sie wie geplant weitergehen,
- in ein anderes Basismodell wechseln, wenn Sie feststellen, dass wesentliche Voraussetzungen für das von Ihnen geplante Basismodell bei den Schülerinnen und Schülern noch nicht gegeben sind, z.B. das notwendige Wissen zum Problemlösen fehlt.

Ein begründetes Zurückgehen auf vorherige Handlungskettenschritte innerhalb eines Basismodells ist also ausdrücklich möglich.

## Substitution von Basismodellen

Nach Oser ist es ausdrücklich möglich, einzelne Phasen eines Basismodells durch ein anderes Basismodell zu substituieren (Oser et al., 1997, S. 22 ff.). Das eingeschobene Basismodell soll dann aber prinzipiell vollständig durchlaufen werden, bevor mit dem ursprünglichen Basismodell weitergemacht wird. Eventuell können auch Handlungskettenschritte ausgelassen werden, wenn ihre Funktion durch Schritte des anderen Basismodells erfüllt werden. So kann z.B. das Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ als Prototyp im Basismodell „Konzeptbildung“ eingeschoben werden. Ein solches Vorgehen sollte jedoch nicht der Regelfall sein, weil dadurch die klare Strukturierung der Lernprozesse gemindert wird.

## Ausprägung der Handlungskettenschritte

Oser nennt nur zwei Kriterien für die Umsetzung der Basismodelle:

1. Die Basismodelle müssen immer vollständig durchlaufen werden.
2. Die Reihenfolgen der Handlungskettenschritte muss eingehalten werden.

Er macht damit aber keine Aussage über die Ausprägung, d.h. Qualität und Quantität der einzelnen Handlungskettenschritte. Damit ist die Lehrkraft vor das Problem gestellt, selbst Kriterien entwickeln zu müssen, wann ein Handlungskettenschritt ausreichend durchgeführt wurde und zum nächsten Handlungskettenschritt weitergegangen werden kann.

## 2.5 Beschreibung der Basismodelle

### 2.5.1 Lernen durch Eigenerfahrung

Das Lernen durch Eigenerfahrung geht von einer handelnden Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand aus. Der Lerngegenstand im Physikunterricht ist in der Regel ein physikalischer Weltaspekt. Oft besteht die Handlung aus einem Experiment oder einer Beobachtung, welches interpretiert oder analysiert werden.

Gemäß dieser Definition lassen sich Schülerexperimente als Lernen durch Eigenerfahrung betrachten, sie müssen es aber nicht zwangsweise sein, denn sie können auch in einen Problemlöse- oder Konzeptbildungsprozess eingebunden sein.

Auch Aufgaben- oder Problemstellung können ein Lerngegenstand sein, an dem man sich ausprobiert. Dabei steht dann nicht die Lösung im Vordergrund, sondern die Erfahrung im Lösungsprozess wird reflektiert.

Dagegen sind viele andere Handlungen, welche die Lernenden im Unterricht vollziehen, nicht Ausgangspunkt von Erfahrungslernen im oben definierten Sinne, dies gilt z.B. für Sprech- und Schreibhandlungen, es sein denn, sie würden explizit reflektiert. Zwar sammeln die Lernenden auch durch solche Handlungen Erfahrungen, diese sind aber als „Nebeneffekte“ zu betrachten, wenn der Lehrprozess nicht gezielt danach strukturiert ist.

Das Minimalziel besteht darin, überhaupt eigene primäre Erfahrungen mit dem Lerngegenstand zu erwerben. Dazu muss ein Ziel gesetzt werden und die Handlung bis zu einem gewissen Grad geplant werden. Auch wenn die Lernenden z.B. ein Experiment mit ausführlicher, vorgegebener Anleitung durchführen, müssen sie zumindest im Kleinen die Handlung bis zu einem gewissen Grad selbst steuern, d.h. Handlungsschritte antizipieren und Handlungsentscheide treffen, auch wenn keine namhafte Planungsphase stattfindet.

Um aus einer abgeschlossenen Handlung zu lernen, müssen die Lernenden ihr Handeln und dessen Ergebnisse reflektieren. Dies geschieht zwar bis zu einem gewissen Grad

bereits während der Handlungsdurchführung. Eine umfassende Reflexion ist jedoch erst im Anschluss an die Handlung möglich, denn erst dann sind ihr gesamter tatsächlicher Verlauf und ihr Erfolg bzw. Misserfolg bekannt. Die so gewonnene Erfahrung ist subjektiv und kontextgebunden.

Deshalb ist das Maximalziel erst mit zwei weiteren Handlungskettenschritten erreicht: Die gemachte individuelle episodische Erfahrung muss einerseits mit dem eigenen Wissen verknüpft werden und andererseits mit den Erfahrungen anderer Personen verglichen werden, um die eigene Perspektive zu relativieren. Schließlich muss die Erfahrung noch hinsichtlich des Kontextes verallgemeinert werden.

Insgesamt wird also nach einer handelnden Auseinandersetzung mit einem konkreten Lerngegenstand die individuelle, episodische Erfahrung verglichen, verknüpft und verallgemeinert.

<b>Handlungskettenschritte</b>
Planung der Handlungen
Durchführung der Handlungen
Konstruktion von Bedeutung
Generalisierung der Erfahrung
Reflexion von ähnlichen Erfahrungen

## 2.5.2 Konzeptbildung

Das Ziel von Konzeptbildung ist es, die kognitiven Strukturen zu erweitern, indem Begriffe oder Konzepte aufgebaut werden (Minimalziel) und die Fähigkeit zu erlangen, sie flexibel anzuwenden (Maximalziel). Unter Konzept werden sowohl einfache Begriffe, wie z.B. der Name einer Energieform, gefasst, als auch übergreifende Konzepte, wie z.B. das Prinzip der Energieerhaltung. Außerdem können auch Beziehungen zwischen bereits bekannten Konzepten aufgebaut werden (z.B. der Zusammenhang von elektrischer Energie und Leistung) oder mit den Schülerinnen und Schülern ein neues Modell (z.B. Teilchenvorstellung) erarbeitet werden. Der Konzeptaufbau kann sich aber auch auf Handlungsschemata oder Operationen beziehen, z.B. den Umgang mit Messgeräten oder die graphische Auswertung von Messdaten.

Entscheidend ist nicht der Name des Begriffs, sondern die aufgebaute Wissensstruktur. Daher ist für diesen Lernprozess auch nicht entscheidend, dass eine neue Bezeichnung eingeführt wird, sondern dass die Struktur anwendbar auf andere Kontexte ist.

Der Aufbau dieser Begriffe oder Konzepte wird in der Regel durch die Lehrperson angeleitet, da sie als Vertreterin der Gesellschaft bzw. der ‚scientific community‘ über das allgemein anerkannte Begriffssystem verfügt, während die Lernenden es noch aufbauen müssen. Die Anleitung kann sowohl mündlich als auch schriftlich anhand eines Prototypens erfolgen, der so beispielhaft und prägnant ist, dass er auch an späterer Stelle immer wieder stellvertretend für das Konzept in Erinnerung gerufen werden kann. Ausgehend von dem Prototyp wird eine abstraktere und verallgemeinerbare Begriffsstruktur aufgebaut.

Die Lernenden müssen den Prototypen nachvollziehen, das Wissen also rekonstruieren. Die Elemente, die beim Aufbau verknüpft werden, müssen daher aus den Repertoires der Lernenden stammen, d.h. aus ihrem Vorwissen.

Damit ist aber das Ziel der flexiblen Anwendbarkeit noch nicht erreicht. Um die geforderte Beweglichkeit zu erreichen, muss das netzartige Wissenssystem kreuz und quer

durchlaufen werden, was dem aktiven Umgang entspricht. Dies wiederum ist die Voraussetzung für das Anwenden, das im letzten Handlungskettenschritt möglichst an verschiedenen Beispielen praktiziert werden soll.

Man geht also von einem konkreten Prototyp aus, baut daran das Schema exemplarisch auf und verallgemeinert bzw. abstrahiert dieses.

<b>Handlungskettenschritte</b>
Bewusstmachung des Vorwissens
Durcharbeiten eines Prototyps
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten

### 2.5.3 Problemlösen

Das Basismodell zielt auf die Lösung eines konkret gegebenen Problems ab. Ein Problem ist durch drei Komponenten gekennzeichnet:

1. unerwünschter Anfangszustand
2. erwünschter Zielzustand
3. kognitive Barriere zwischen Anfangs- und Zielzustand

Es existiert also keine Routine, mit welcher der Anfangs- in den Zielzustand überführt werden kann. Gesucht ist damit ein Weg, nicht der Zielzustand selber.

Der kognitive Anfangszustand kann eine vorläufige Deutung oder ein Handlungsplan sein und hat bezüglich des gesteckten Ziels eine unbefriedigende Struktur. Dabei ist nicht jede Schwierigkeit auch ein Problem. Nur wenn die handelnde Person formulieren kann, worin die Schwierigkeit besteht und sich bewusst ein Lösungsziel setzt, auch wenn dieses nicht scharf definiert ist (z.B. darin besteht, dass eine als unbefriedigend erkannte Situation beseitigt werden soll), stellt etwas ein Problem für sie dar. Nach Aebli (1983) lassen sich drei verschiedene Problemtypen unterscheiden: Probleme mit Lücke, mit Widerspruch und mit unnötiger Komplikation.

Da den Lernenden noch keine Methode bekannt ist, die zur Lösung führt — sonst würde für sie kein Problem bestehen, sondern eine Aufgabe —, müssen Lösungsideen gefunden werden, d.h. Lösungswege, mit denen das Problem gelöst werden oder zumindest seiner Lösung näher gebracht werden könnte. Diese Lösungswege müssen anschließend getestet werden. Auch wenn im Unterricht häufig nur ein Weg getestet wird, so ist es für die Problemstellung entscheidend, dass der Weg für die Schülerinnen und Schüler noch nicht vorgegeben ist.

Das Ziel dieses Basismodells besteht in erster Linie darin, Strategiewissen zu erwerben. Das Fachwissen wird nicht wesentlich erweitert, sondern nur durch die Verknüpfung und Anwendung von Wissen umstrukturiert und flexibilisiert.

Für das Basismodell Problemlösen müssen zwei Minimalkriterien erfüllt sein:

1. Methodische Offenheit: Im Gegensatz zur inhaltlichen Definition des Problems muss es für die Schülerinnen und Schüler noch offen sein, auf welchem Weg das Problem zu lösen ist.
2. Problembewusstsein: Man muss davon ausgehen können, dass den Lernenden das Problem bewusst ist, d.h. dass ihnen klar, worin das Unbefriedigende am Anfangszustand besteht und was das Ziel ist, auch wenn letzteres nur unscharf definiert ist. Das setzt voraus, dass das erforderliche Fachwissen bereits vorhanden ist.

Insgesamt wird an einem inhaltlichen Problem mit klarem Lösungsziel und methodischer Offenheit beim Lösungsweg eine Strategie gefunden und abstrahiert.

<b>Handlungskettenschritte</b>
Problem verstehen
Entwicklung von Lösungswegen
Testen von Lösungswegen
Evaluation und Anwendung der Lösungen

## 2.6 Erwartungen

Wir erwarten bezüglich einer Orientierung des Unterrichts an Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler folgendes:

- Die Basismodelle lassen sich zur Unterrichtsplanung nutzen, um zunächst klare Ziele des Lehrens und Lernens in den Blick zu nehmen und voneinander abzugrenzen, danach die erforderlichen Lernschritte zu strukturieren, Methoden nach diesen Gesichtspunkten begründet und gezielt auszuwählen und dafür Arbeitsmaterialien zu gestalten.
- Während des Unterrichts helfen sie dabei, das Denken und Handeln von Schülerinnen und Schülern transparent und öffentlich zu machen und so Lernschwierigkeiten besser diagnostizieren zu können. Außerdem ermöglichen sie eine reflektierte Unterrichtssteuerung.
- In nachträglichen Unterrichtsanalysen geben sie Anhaltspunkte, um das Lernen von Schülern gezielt beobachten zu können, Ursachen für Lernschwierigkeiten zu entdecken, diese zu verallgemeinern und schließlich gezielt darauf reagieren zu können.

Beim Umgang mit den Basismodellen sind uns zwei Aspekte wichtig: Zum einen kann es nicht darum gehen, ein vielleicht früher erlerntes Schema durch ein neues zu ersetzen. Es geht vielmehr darum, sich schrittweise an eine Optimierung von Lernprozessen heranzutasten und dabei die Basismodelle und das eigene Wissen über Unterricht und die eigene Unterrichtspraxis als Leitlinie zu sehen. Zum anderen ist nicht das Schema an sich wichtig, sondern die Förderung des Lernens der Schülerinnen und Schüler. Es wird sich zeigen, welche Hilfe die Basismodelle dabei sind, an welchen Stellen sie sich bewähren und an welchen Stellen sie verbessert oder durch andere Methoden ersetzt werden müssen.

### 3. Beispielstunden zu den Basismodellen

Die folgenden Beispielstunden wurden aus den 60 im Laufe der Fortbildung aufgezeichneten Stunden ausgewählt, weil sie der intendierten Umsetzung der Basismodelle am besten entsprachen. Sie wurden alle in der 8. Klasse zum Themengebiet Mechanik gehalten. Es handelt sich dabei jeweils um eine Doppelstunde. Die Auswertung der Lehrerfortbildung hat nämlich gezeigt, dass die Basismodelle nur in Doppelstunden angemessen realisierbar sind. Mithilfe der Beispielstunden soll die Umsetzungen der Basismodelle im Physikunterricht verdeutlicht werden. Bei der Darstellung der Unterrichtsstunden mittels Verlaufsplänen ist jedoch zu beachten, dass diese nur bedingt einen Eindruck über die Lernatmosphäre und die Lehrer-Schüler-Interaktion im Unterricht geben können. Bei der Besprechung dieser Stunden in studentischen Seminaren, in denen zusätzlich die Videos vorgeführt wurden, hat sich gezeigt, dass diese Unterrichtsdynamik die Gesamtwahrnehmung der Stunde deutlich beeinflusst. Deshalb werden bei Bedarf auch transkribierte Auszüge aus Unterrichtsdialogen hinzugenommen, an denen deutlich wird, wie verkürzt die Darstellung im Verlaufplan ist. Für die Analyse der Stunden aus der Perspektive der Basismodelle reichen jedoch die Verlaufspläne in der Regel aus.

In den Verlaufsplänen sind die Unterrichtsstunden zunächst in Sinnabschnitte untergliedert, die sich zum Beispiel durch einen thematischen Wechsel, einen Methodenwechsel oder eine Änderung der Sozialform ergeben. Diese Unterrichtsabschnitte sind nicht unbedingt deckungsgleich mit den Handlungskettenschritten der Basismodelle. Hierdurch soll die Entkopplung der Sichtstruktur von der Tiefenstruktur des Unterrichts verdeutlicht werden. Es hat sich gezeigt, dass es bei der Festlegung der Sinnabschnitte einen gewissen Interpretationsspielraum gibt, wenn beispielsweise inhaltliche und methodische Wechsel nicht zusammen fallen oder die Intention einer Lehreraußerung unterschiedlich bewertet wird. So kann ein Betrachter noch zusätzliche Untergliederungen wahrnehmen, wo ein anderer Betrachter einen zusammenhängenden Sinnabschnitt sieht. Bei der Zuordnung der Handlungskettenschritte zu den vorab unterschiedlich festgelegten Sinnabschnitten wurde aber immer eine hohe Übereinstimmung verschiedener Beurteiler festgestellt.

Die Analyse der Beispielstunde zum Basismodell Konzeptbildung wurde im Rahmen einer studentischen Hausarbeit von Frau Lina Holz erstellt. Man kann daran erkennen, wie gut bereits Studierende anhand der Basismodelle zu einer kriteriengeleiteten Einschätzung der Unterrichtsqualität gelangen können.

#### 3.1 Vorgehen bei der Basismodellanalyse

Zunächst wurden die Basismodelle für eine Unterrichtsstunde festgelegt, indem nach charakteristischen Handlungskettenschritten der Basismodelle gesucht wurde. Für das Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* war das die Durchführung einer (explorativen) Handlung, für das Basismodell *Konzeptbildung* das Beschreiben der wichtigsten Merkmale eines neuen Konzepts (Zwar nehmen im Basismodell Konzeptbildung das Durcharbeiten des Prototyps und der aktive Umgang mit dem neuen Konzept meist zeitlich einen größeren Zeitraum als das Beschreiben der wichtigsten Merkmale ein. Diese Phasen können aber durch die anderen beiden Basismodelle substituiert werden, sodass sie kein eindeutiges Kennzeichen sind.) und für das Basismodell *Problemlösen* das Problem verstehen und die Evaluation und Anwendung der Lösungen. Wurde eines dieser zentralen Elemente in der Unterrichtsstunde identifiziert, so wurde anschließend versucht, die Sinnabschnitte den Handlungskettenschritten des Basismodells zuzuordnen. Bei mehr als einem zentralen Handlungskettenschritt wurde geprüft, wo das Basismodell innerhalb der Stunde wechselt. Hintergrund dieses Vorgehens ist die Annahme, dass in jeder Stunde in der Regel nur ein Hauptlehrziel verfolgt und in der Ergebnissicherung festgehalten werden kann.

Dieses Hauptlehrziel muss sich in einem darauf fokussierten Unterrichtsverlauf widerspiegeln, um von Schülerinnen und Schülern bewusst wahrgenommen werden zu können. Nur dann kann der Unterricht die erwünschte Lernwirksamkeit entfalten. Zu viele Basismodelle innerhalb einer Unterrichtsstunde sind dagegen ein Indiz für eine mangelnde Zielklarheit.

Durch dieses Vorgehen konnten anhand der Basismodellanalyse auch Inkongruenzen zwischen den von Lehrkräften im Unterricht geäußerten oder als Tafelüberschrift festgehaltenen Unterrichtszielen und den durch die Schwerpunktsetzung bei der Unterrichtsgestaltung unbewusst verfolgten Zielen einer Unterrichtsstunde identifiziert werden.

Folgende Abkürzungen werden bei der Beschreibung verwendet:

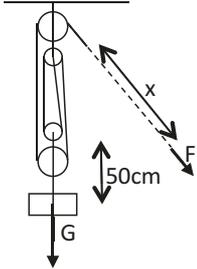
L	= Lehrkraft
Sn	= neuer Schüler/neue Schülerin, ggf. durchnummeriert
S	= derselbe Schüler nochmals
SuS	= Schülerinnen und Schüler
BM	= Basismodell
HKS	= Handlungskettenschritt
LdE	= Lernen durch Eigenerfahrung
KB	= Konzeptbildung
PL	= Problemlösen

Die einzelnen Handlungskettenschritte werden durch das Kürzel für das Basismodell gefolgt von der Nummer des Handlungskettenschritts gekennzeichnet. So steht z.B. LdE 2 für den 2. Handlungskettenschritt (*Durchführung der Handlung*) im Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* und KB 4 für den 4. Handlungskettenschritt (*Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept*) im Basismodell *Konzeptbildung*.

### 3.2 Lernen durch Eigenerfahrung

Zeit	Inhalt/Handlungen	HKS
3:00	Begrüßung und Organisatorisches	
7:30	L stellt vorbereiteten Experimentierauftrag vor: Eine Flasche Mineralwasser soll mit 5 verschiedenen Methoden 50 cm hochgezogen werden. 1. Direktes Hochziehen mit einem Seil. 2. Hochziehen mit einem Seil, das über eine feste Rolle läuft. 3. Flaschenzug mit einer festen und einer losen Rolle. 4. Flaschenzug mit zwei festen und zwei losen Rollen. 5. Seil entlang einer schiefen Ebene (Rampe) mit 50 cm Höhe. (Skizzen zu den Aufbauten sind an der Tafel angezeichnet.) Welches ist die günstigste Methode? Einteilung in Gruppen; jede Gruppe soll alle Methoden ausprobieren	LdE 1
12:30	SuS holen gruppenweise das Material (Stativmaterial, Rollen, Seil, Wasserflaschen, Bretter für schiefe Ebene, Messband) und probieren nacheinander die Methoden aus.	LdE 2
54:30	L unterbricht um sich einen Überblick zu verschaffen: 3 Gruppen sind fertig und haben alles ausprobiert. Die übrigen Gruppen sind (fast) alle bei der Rampe. L gibt weitere 10 Minuten, um Zeit für die Auswertung zu haben.	
1:02:00	SuS beginnen überwiegend abzubauen und ihre Notizen zu sortieren.	
1:08:00	L beendet das Experimentieren und eröffnet die Diskussion mit seinen Eindrücken: „Bei Aufbau 1 und 2 gab es verschiedene Meinungen. Wie waren eure Erfahrungen?“ SuS nennen alle drei Meinungen: Das Heben in Aufbau 1 war <ul style="list-style-type: none"> <li>• leichter als</li> <li>• schwerer als</li> <li>• gleichschwer wie</li> </ul> in Aufbau 2. Ein Meinungsbild per Handzeichen zeigt, dass alle drei Meinungen in etwa gleich stark in der Klasse vertreten werden. L stellt die Entscheidung zurück.	LdE 3
1:10:30	Bei Aufbau 3 sind sich alle Gruppen einig, dass das Heben einfacher wurde. Es wird vermutet, dass sich die Kraft halbiert.	
1:13:00	Bei Aufbau 4 sind sich alle Gruppen einig, dass das Heben gegenüber Aufbau 3 noch einmal einfacher wurde. Eine Gruppe hat gemessen, dass man 200 cm Seil braucht, um die Flasche 50cm hoch zu ziehen. Sie argumentiert, dass man für jede der 4 Rollen 50 cm ziehen muss. Andere SuS zweifeln das an. L stellt die Frage zurück.	
1:14:15	Ein Schüler stellt das Ergebnis seiner Gruppe zur Rampe vor. L: „Wie würdest du es einsortieren im Vergleich zu den anderen?“ S1: „Also leichter als 1 und 2.“ S2: „Ich würde es zwischen 2 und 3 einordnen, weil in der 3 dann schwebt das wirklich in der Luft und bei 5 ist dann noch Reibung mit der Rampe.“ L stellt fest: „Man könnte die Rampe also noch durch einen Schmierstoff verbessern und dadurch noch mehr Vorteile erzielen.“	
1:16:15	L: „Man kann also offensichtlich Kräfte einsparen, aber was habt ihr jetzt für einen Nachteil dabei?“ Beiträge der SuS im Unterrichtsgespräch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es dauert länger einen Flaschenzug aufzubauen und man braucht langes Seil.</li> <li>• Das Seil hat sich in den Spulen immer verheddert bzw. ist immer aus den Spulen herausgesprungen.</li> <li>• Man braucht mehr Zeit; man muss viel mehr an dem Seil ziehen.</li> </ul>	LdE 4

1:17:30	<p>L: „Wir haben Kraftersparnisse jetzt gerade kennengelernt; durch die Rampe, durch ne lose Rolle, durch zwei lose Rollen. Kennt ihr vielleicht aus dem täglichen Leben noch sowas, wo man auch, ne Erfahrung gemacht hat, dadurch komme ich leichter, ne Höhe hoch.“</p> <p>SuS nennen im U-Gespräch verschiedene Situationen, die besprochen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufzug</li> <li>• Eimer am Brunnen</li> <li>• Rolltreppe (L: „Nur Beispiele ohne elektrischen Antrieb!“)</li> <li>• Serpentin</li> <li>• Skilift</li> <li>• Gondeln</li> </ul>	LdE 5								
1:22:00	<p>L kommt auf die offene Frage zu Aufbau 4 (siehe 1:13:00) zurück. Er möchte zunächst die Vermutung als Gesetzmäßigkeit notieren, die man nachprüfen kann. Dazu zeichnet er eine Skizze an die Tafel, die die SuS zur Sicherung für die nächste Stunde abzeichnen sollen:</p> <p>Vermutung eines S: „Die Rollen mal die gehobene Strecke ergibt die Seillänge, die man am Ende gezogen haben muss.“</p> <p>L: „Das reicht aber nicht, ich muss auch noch mal prüfen, wie die Kraft da aussieht, d.h. wir müssen die Kräfte messen und die Seillängen messen.“</p> <p>L bereitet eine Tabelle für die Messwerte vor:</p> <table border="1" data-bbox="268 909 785 1008"> <thead> <tr> <th>F in N</th> <th>G in N</th> <th>h in cm</th> <th>x in cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,125</td> <td>4,25</td> <td>50</td> <td>205</td> </tr> </tbody> </table>	F in N	G in N	h in cm	x in cm	1,125	4,25	50	205	KB 1
F in N	G in N	h in cm	x in cm							
1,125	4,25	50	205							
1:28:30	<p>Wegen des begrenzten Messbereichs der vorhandenen Kraftmesser wird die Flasche durch ein kleineres Gewicht ersetzt.</p> <p>Die Messung ergibt die oben eingetragenen Werte.</p> <p>Die Diskussion der Ergebnisse wird auf die nächste Stunde vertagt.</p>									



Die Stunde soll dazu dienen, Erfahrungen zur „Goldenen Regel der Mechanik“ zu ermöglichen, die als Vorwissen für eine Konzeptbildungsstunde zur „Goldenen Regel der Mechanik“ dienen können. Die Kraftwandlung durch Rollen war im vorausgehenden Unterricht bereits besprochen worden, nicht jedoch die sich dabei ergebende Wegänderung.

**Kernelemente der Stunde**

Wesentliche Elemente der Stunde sind eine lange Phase des explorierenden Ausprobierens (insgesamt ca. 55 Minuten) mit anschließender Diskussion der Beobachtungen (ca. 9 Minuten). Damit ist das Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* zentral für diese Stunde. Das wird auch daran deutlich, dass die Lehrkraft die von einer Schülergruppe zum Zeitpunkt 1:13:00 vermutete Gesetzmäßigkeit zunächst zurückstellt. Gegen Ende der Stunde arbeitet die Lehrkraft bereits auf das Konzept der „Goldenen Regel der Mechanik“ hin, indem sie die von einem Schüler vermutete Gesetzmäßigkeit aufgreift und die Messung zu Aufbau 4 so festhält, dass sie als Ausgangspunkt für die Konzeptbildung dienen kann. Der konzeptbildende Aspekt dieser Unterrichtsphase wird dadurch deutlich, dass die Lehrkraft zur Beschreibung des Konzepts wichtige Merkmale (Messung der Kraft als wichtige Variable) ins Spiel bringt, die nicht von den Schülerinnen und Schülern selbst eingebracht werden.

## Handlungskettenschritte

### 1. Planung der Handlung

Zu Beginn der Stunde erläutert die Lehrkraft die von ihr vorgeplanten Handlungen. Diese sind bereits an der Tafel skizziert. Daran wird deutlich, dass die Planung der Handlung nicht zwingend von den Schülerinnen und Schülern geleistet werden muss. Eine langwierige Erarbeitung der Planung mit den Schülerinnen und Schülern ist sogar oft kontraproduktiv, weil dadurch Zeit für die freie Exploration und damit für Erfahrungen verloren geht. In dieser Phase geht es vor allem darum, ein gemeinsames Verständnis über die durchzuführenden Handlungen und die Handlungsspielräume herzustellen sowie ggf. den Fokus der Exploration festzulegen. Eine offene Planung der Handlungen zusammen mit den Schülerinnen und Schülern wurde dementsprechend in keiner der videografierten Unterrichtsstunden zum Basismodell *Lernen durch Eigenerfahrung* beobachtet.

Bei der Planung der Stunde wurde die Entscheidung getroffen, auf die sonst übliche Messung der Zugkraft und des Zugwegs mit Federkraftmessern und Messlatten zu verzichten und stattdessen die Aufgabe zu stellen, Wasserflaschen (700 g) um eine Höhe von 50 cm anzuheben. Dadurch sollte den Schülerinnen und Schülern eine direkte sinnliche Erfahrung der sich verändernden Kraft- und Streckenverhältnisse ermöglicht werden. Der Verzicht auf Messinstrumente – sofern möglich – hilft, auf die unmittelbar erfahrbaren Zusammenhänge zu fokussieren. Beim 4. Aufbau mit zwei losen Rollen ergibt sich beispielsweise eine deutlich merkbare Verlängerung des Zugwegs auf 2 Meter, die ein Nachgreifen erforderlich macht. Eine Handlung mit einem gewissen Erlebnischarakter erscheint uns neben ihrer motivierenden Wirkung förderlicher für das Lernen durch Eigenerfahrung zu sein, da es darum geht, die Erfahrung im episodischen bzw. autobiografischen Gedächtnis zu verankern. Auch wenn es ein Merkmal der Physik ist, dass viele Erfahrungen nur indirekt über Messgeräte vermittelt werden können (z. B. Erfahrungen über die Strom- und Spannungsverhältnisse in elektrischen Stromkreisen), sollten beim Lernen durch Eigenerfahrung nicht quantitative Messungen und daraus ggf. ableitbare abstrakte Gesetzmäßigkeiten im Vordergrund stehen, sondern allenfalls halbquantitative Je-desto-Aussagen angestrebt werden.

### 2. Durchführung der Handlungen

Bei der Durchführung der Handlungen hat die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern weitgehende Freiheit hinsichtlich der Realisierung der Aufbauten mit dem angebotenen Rollen und Stativmaterial gelassen. Auch die Reihenfolge, in der die Schülergruppen die verschiedenen Flaschenzüge aufbauen, ist nicht verpflichtend vorgeschrieben. Wichtig für diese Phase ist, dass die Lehrkraft keine konkreten Zielsetzungen vorgibt. Sie lässt den Schülerinnen und Schülern genügend Zeit und Gelegenheit zur eigenständigen Interaktion mit dem angebotenen Material, sodass sie eigenen Ideen und adhoc gebildeten Hypothesen nachgehen können. Beispielsweise stellt sie auch Messbänder zur Verfügung, sodass eine Schülergruppe von selbst eine Messung der Veränderung des Zugwegs vornimmt. Eine andere Gruppe ist auf die Idee gekommen die Neigung der Rampe zu variieren. Nach einiger Zeit geht die Lehrkraft herum und erkundigt sich nach den gemachten Beobachtungen bzw. gibt gelegentlich Beobachtungs- und Durchführungshinweise.

### 3. Konstruktion von Bedeutung

In dieser Phase fordert die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler auf, ihre Erfahrungen zu verbalisieren. Diese Verbalisierung ist wichtig, damit aus dem weitgehend unbewussten Erleben eine bewusste Erfahrung wird und semantisches Wissen gebildet wird. Bei der Gesprächsführung achtet die Lehrkraft darauf, ihre eigenen Ansichten zurückzuhalten und sie lässt widersprüchliche Schüleräußerungen stehen. Eine solche Haltung ist wichtig, weil die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler immer subjektiv wahr sind und man dementsprechend nicht ohne weiteres zwischen richtigen und falschen Erfahrungen

unterscheiden kann. Diese unvermeidliche Ambivalenz wird an der Tatsache deutlich, dass es offenbar beim Vergleich von Aufbau 1 und 2 unterschiedliche Auffassungen darüber gab, was unter „leichter“ zu verstehen ist. Während einige Schülergruppen damit argumentierten, dass der Kraftaufwand in etwa gleich bleibt, hielten andere Schülerinnen und Schüler das Hochziehen mit dem 2. Aufbau deshalb für leichter, weil sie dort anstelle der Muskelkraft ihr Gewicht einsetzen konnten, indem sie sich an das Seil hängten. Sie argumentierten also nicht physikalisch, sondern pragmatisch. In einem Prozess des sozial-konstruktivistischen Aushandelns versucht die Lehrkraft Gemeinsamkeiten zwischen den persönlichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler hervorzuheben und zwischen gegensätzlichen Erfahrungen zu vermitteln. Sie hat einige Gruppen gebeten, für die Vorstellung der Ergebnisse bestimmte Aufbauten stehen zu lassen. Dadurch besteht die Möglichkeit, strittige Erfahrungen zu überprüfen und zu einem Konsens zu gelangen.

#### **4. Generalisierung der Erfahrung**

Die oben beschriebene Konsensbildung kann bereits als erste Generalisierung der Erfahrung angesehen werden, weil die persönlichen Einzelerfahrungen an den einzelnen Aufbauten zu einer überpersönlichen Gesamterfahrung zusammengeführt werden. Eine weitere Generalisierung erfolgt dadurch, dass die Lehrkraft nun versucht, die verschiedenen Aufbauten miteinander in Beziehung zu setzen und als Gesamterfahrung über alle Aufbauten hinweg zu formulieren, dass man umso mehr am Seil ziehen muss, je mehr Kraft man einspart. Nach unserem Verständnis sollten in dieser Phase höchstens derartige halbquantitative Aussagen formuliert werden. Schülerinnen und Schüler betrachten mathematisch gefasste, quantitative physikalische Gesetze nicht als Verallgemeinerung ihrer persönlichen Erfahrung. Auf erneut angeführte pragmatische Argumente der Schülerinnen und Schüler, dass der zeitliche Aufwand zu groß ist, einen Flaschenzug zusammenzusetzen, oder die Gefahr besteht, dass sich das Seil verheddert oder aus den Rollen herausspringt, geht die Lehrkraft hier nicht weiter ein. Sie versäumt es, die zentrale physikalische Erfahrung in besonderer Weise hervorzuheben, abzugrenzen und schriftlich zu sichern. Insgesamt fällt diese Phase sehr kurz aus.

#### **5. Reflexion von ähnlichen Erfahrungen**

In der Fortbildung wurde besonderes Augenmerk auf die vollständige Umsetzung der Basismodelle gelegt. Gerade die letzten Handlungskettenschritte der Basismodelle, in denen die Lehrinhalte in sinnstiftenden Zusammenhängen miteinander vernetzt und an das bereits bestehende Wissen bzw. die vorhandenen Erfahrungen angebunden werden sollen, fördern ein kumulatives Lernen. Ziel dieses Handlungskettenschrittes ist daher das explizite Herstellen von Zusammenhängen mit Alltagserfahrungen und vergleichbaren physikalischen oder fächerübergreifenden Phänomenen. Die Umsetzung dieser Handlungskettenschritte war für die meisten Lehrkräfte in der Fortbildung jedoch ungewohnt. Das zeigt sich in dieser Unterrichtsstunde daran, dass die Lehrkraft in dieser Phase, in der ein divergierendes Denken und Entdecken von Zusammenhängen gefördert werden sollte, auf ein relativ eng geführtes fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch umschaltet. Um einen genaueren Einblick in diese Unterrichtsphase zu geben, wird die Transkription des Unterrichtsgesprächs abgedruckt:

- L: Kennt ihr – wir haben ja Kraftersparnisse gerade kennengelernt durch die Rampe, durch 'ne lose Rolle, durch zwei lose Rollen – vielleicht noch **aus dem täglichen Leben** noch sowas, wo man auch **so 'ne Erfahrung** gemacht hat, dadurch komme ich wesentlich leichter 'ne Höhe hoch. Was ist denn hier jetzt noch nicht dabei? Jetzt nicht wie beim Möbelziehen, da haben wir so 'nen Aufzug, aber manchmal haben sie auch noch so einen Flaschenzug; bei alten Bauernhöfen, da sieht man das oft noch.  
(Nimmt jetzt einen Schüler dran, der sich bereits länger meldet.)
- S1: Ich wollte zuerst Aufzug sagen.
- L: Gut, aber beim Aufzug, wenn man sich den dann mal anguckt, der hat tatsächlich diese Rollen, wenn man sich den mal anguckt.
- S2: Bei einem Brunnen, wenn man jetzt einen Eimer herunterlässt.
- L: Ich meine jetzt etwas, das wir hier überhaupt noch nicht haben. Keinen von diesen [Aufbauten] 1 bis 5 (deutet auf die Vorgaben an der Tafel).
- S3: Rolltreppe.
- L: Ich meine ohne Elektrizität, ohne Motor.
- S4: Laufen.
- L: Wie, Laufen? Du meinst jetzt irgendwie 50 Meter hochkommen, oder mit einem Auto 50 Meter hoch fahren. Wie bauen die denn die Straßen oder wie bauen die denn die Fußwege, damit ich jetzt auf so 'nen Berg hoch komme, auf 50 Meter Höhe? 50 Meter ist nicht viel, nehmen wir 200 Meter.
- S5: Also die machen die Straßen so geschlängelt.
- L: Genau, weißt du wie man das nennt?
- S: Geschlängelt!
- L: Da gibt's 'nen Fachausdruck für, für diesen Bau von Straßen.
- S6: Schlange.
- L: Wenn man Schlangenlinien fährt, ist man besoffen.
- S7: Serpentina.
- L: Richtig. Das nennt man Serpentina. Habt ihr schon mal so 'ne Straße gesehen in den Alpen oder auf Mallorca, oder so?
- S8: Österreich. Das dauert ewig.
- S9: Es gibt auch solche Himmelsleitern, oder so.
- L: Ja richtig, wo man spiralförmig hochlaufen muss.  
Da wurde gerade etwas gesagt: Das dauert ewig, wenn ich solche Serpentina hochfahre. Wieso?
- S10: Ja, die Strecke verlängert sich ja. Durch jeden einzelnen Bogen fährt man ja eigentlich nur ein bisschen höher, aber immer die gleiche Strecke, waagrecht schon die gleiche (S10 deutet den Höhenunterschied an.)
- L: Könnte man super mit dem Ziehen vergleichen. Ist spar sehr viel Kraft, aber dafür muss ich einen unheimlich langen Weg zurücklegen.  
Wo gibt es denn so was im täglichen Leben? Wo zieht man denn sowas so schräg hoch?
- S11: Skilift zum Beispiel
- L: Skilift. Noch was? – Bleiben wir beim Skilift.
- S12: Gondeln.
- L: Ja, Gondeln. Die hängen genauso wie die Flasche (weist auf die Rampe) an einem Seil, werden aber so schräg hochgezogen.
- S13: Das liegt dann aber daran, dass unten und oben eine schräg gestellte Rolle ist, und die eine hat einfach einen Motor, wo das Seil dann so reingeht. Das sind dann zwei Rollen nur und das haben wir hier eigentlich mit einer losen und einer festen Rolle gerade so gleich gemacht.
- S14: Gibt es das auch beim Fahrrad?
- L: Fahrrad, genau ja! Die verschiedenen Gänge, die ich beim Fahrradfahren habe. Schraube rein-drehen. 'ne Schraube ist auch ähnlich. Da spare ich auch Kraft, wenn ich 'ne Schraube reindrehe.

Die Lehrkraft gibt zunächst einen offenen Impuls zur Reflexion von Ähnlichkeiten mit Alltagserfahrungen. Dabei benennt sie die zu übertragende Erfahrung aber nicht mehr explizit und grenzt sie unabsichtlich auf die Kraftersparnis ein, wodurch ein wesentlicher Aspekt verloren geht. Es geht eigentlich um vergleichbare Situationen, in denen zwar Kraft gespart wird, dafür aber mehr Strecke zurückgelegt werden muss. Die Lehr-

---

kraft scheint dabei bestimmte Situationen im Sinn zu haben, auf die sie hinaus will. Sie überlässt es nicht den Schülerinnen und Schülern, die Ähnlichkeiten zwischen den Erfahrungen zu beschreiben.

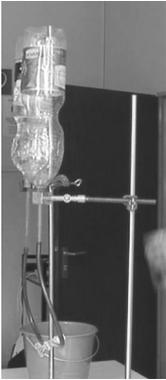
Auch die Schülerinnen und Schüler scheinen mit den Anforderungen in dieser Phase noch wenig vertraut bzw. überfordert. Ihre Beiträge fallen sehr kurz aus und sind wenig zufriedenstellend. Die Lehrkraft begnügt sich mit einer Nennung analoger Situationen, ohne im Einzelnen auf die Kraftwandlung bzw. Streckenverlängerung einzugehen. Eine Alternative wäre gewesen, ausgewählte Beispiele direkt vorzugeben und die Schülerinnen und Schüler entdecken und beschreiben zu lassen, welche ähnlichen Erfahrungen dort gemacht werden können.

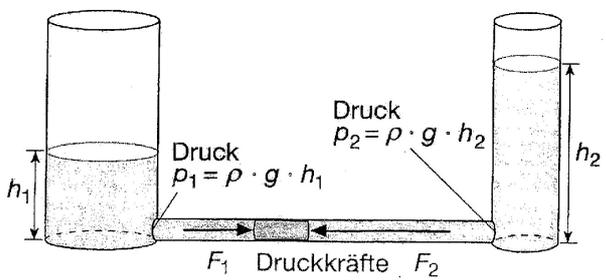
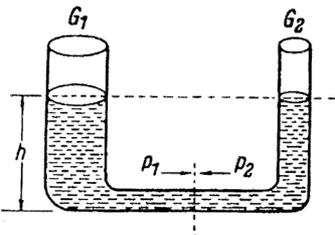
### **Zusammenfassende Beurteilung**

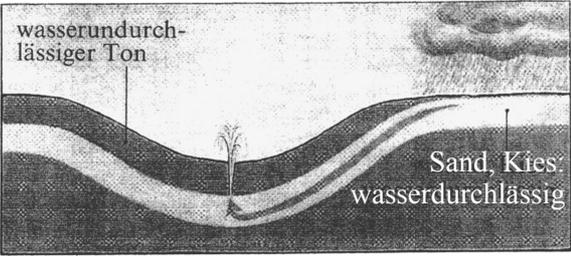
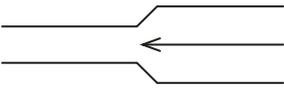
Die Lehrkraft gibt den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit, Vorerfahrungen zu „Goldenen Regel der Mechanik“ zu machen, indem sie in einem vorgegebenen Rahmen frei und kreativ mit den verschiedenen Aufbauten als Handlungsgegenstand umgehen. Die Handlungskettenschritte eins bis drei sind gut umgesetzt. Die Lehrkraft orientiert sich auf die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler und stellt ihre eigenen Ansichten zurück. Die Handlungskettenschritte vier und fünf fallen vergleichsweise kurz aus, obwohl in der Stunde durchaus mehr Zeit dafür zur Verfügung gestanden hätte. Die Generalisierung der Erfahrung (LdE 4) führt nicht dazu, dass allen Schülerinnen und Schülern bei der Reflexion ähnlicher Erfahrungen (LdE) klar ist, welche Erfahrung sie übertragen sollen. Hier bestätigt sich unsere These, dass ein nachfolgender Handlungskettenschritt nur dann gelingen kann, wenn die vorausgehenden Handlungskettenschritte ihre Funktion erfüllt haben.

### 3.3 Konzeptbildung

Der folgende Stundenverlaufsplan und die Stundenanalyse wurden im Rahmen einer studentischen Hausarbeit von Frau Lina Holz erstellt. Die Materialien zu dieser Stunde befinden sich im Anhang.

Zeit	Inhalt/Handlungen	HKS
0:28	<p>L: „Was wisst ihr über den Schweredruck?“            S1: „Schweredruck herrscht in Flüssigkeiten.“            L: „Wovon hängt der Druck ab?“ SuS sollen „je-desto-Sätze“ bilden            Mehrere je-desto-Sätze werden genannt, Ergebnis: Schweredruck ist proportional zur Dichte, Druck ist proportional zur Höhe der Wassersäule, Fläche.            L fragt, worin der Unterschied in Bezug auf den Schweredruck zwischen Erde und Mond besteht.            SuS nennen den Ortsfaktor.            L gibt Formel für den Schweredruck an: <math>p = \rho \cdot g \cdot h</math>.</p>	KB 1
2:43	<p>L baut Experiment auf:            Zwei Flaschen mit unterschiedlicher Form nebeneinander, mit der Öffnung nach unten an Stativen befestigt. Flaschen befinden sich auf gleicher Höhe und sind mit einem Schlauch verbunden, in dessen Mitte ein geschlossenes Ventil ist. L gießt durch den geöffneten Boden der rechten Flasche Wasser hinein, sodass sich die Flasche füllt. Nach dem Öffnen des Ventils steigt das Wasser in die andere Flasche hoch, bis sich der Wasserspiegel in beiden Flaschen auf derselben Höhe befindet.</p> 	KB 2
6:58	<p>SuS beschreiben ihre Beobachtungen und äußern Vermutungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Wasser wurde durch den Druck aus der linken in die rechte Flasche gedrückt, bis in beiden Flaschen dieselbe Menge ist oder dasselbe Gewicht.</li> <li>• Es waren Luftblasen im Schlauch, weil vorher darin Luft war.</li> <li>• Anfangs ist das Wasser (rechts) stärker gestiegen, weil durch den Druck das Wasser schneller in die andere Flasche geflossen ist.</li> </ul> <p>L lässt die SuS feststellen, dass der Wasserspiegel in beiden Gefäßen gleich hoch ist. Die Frage ist, ob er immer bis zur selben Höhe in die andere Flasche steigt oder bis in beiden Flaschen dieselbe Masse enthalten ist. Um dies zu überprüfen werden die Flaschen auf unterschiedliche Höhen gebracht. Da beobachtet wird, dass sich der Wasserspiegel wieder ausgleicht, wird gefolgert, dass nicht die Masse entscheidend ist. Zum Abschluss werden die Flaschen wieder auf die gleiche Höhe gebracht.</p>	
12:15	L fragt, ob er noch etwas ausprobieren soll. Es wird noch mal mehr Wasser in die Apparatur gegeben.	
14:00	L verteilt ein Arbeitsblatt zum Experiment, auf dem die SuS ihre Beobachtungen notieren sollen.	
17:25	Dann baut er den Versuch ab.	
23:20	<p>SuS tragen Beobachtungen vor, L notiert Wichtiges auf dem Whiteboard.            Tafel: <i>Beobachtung:</i>  <i>Der Wasser fließt von der einen in die andere Flasche, bis der Wasserstand auf einer Höhe ist.</i></p>	

25:30	<p>L fragt nach der Erklärung für das Phänomen, nach einigen Rückfragen kommen die SuS darauf, dass ein Druckausgleich stattfindet auf Grund des Höhenunterschieds des Wassers in den beiden Flaschen. Es fließt so lange Wasser von der einen in die andere Flasche, bis in beiden derselbe Druck herrscht, auch wenn die beiden Flaschen sich auf unterschiedlicher Höhe befinden.</p>	KB 3
27:15	<p>L erläutert die weiteren Aufgaben auf dem Arbeitsblatt. Die SuS sollen einmal ohne und einmal mit Formel erklären, warum es zu dem Ausgleich kommt.</p>	
28:30	<p>L beginnt „Erklärung ohne Formel“ an die Tafel zu schreiben und lässt die Formulierung ergänzen.          Tafel: <i>Erklärung:</i>  <i>Unterschiedliche Wasserhöhen führen zu unterschiedlichen Schweredrücken. Es gibt einen Druckunterschied.</i>  <i>Das Wasser strömt ... (Schülerergänzung) ...</i>  <i>vom Ort des hohen Drucks zum Ort niedrigeren Drucks.</i></p>	
31:00	<p>L fügt eine Zeichnung am Whiteboard ein:</p>  <p>Die Bedeutung der Buchstaben in der Abbildung wird geklärt. L möchte unter Anwendung der Formeln wissen, was passiert.          S: Der Druck <math>p_2</math> größer ist als <math>p_1</math>, weil die Höhe <math>h_2</math> größer als <math>h_1</math> ist und deshalb findet ein Druckausgleich statt bis <math>p_1 = p_2</math>.          L lenkt den Fokus auf das eingerahmte „Stück Wasser“ und die Druckkräfte.          SuS antworten mithilfe weiterer Rückfragen des L, dass das Stück nach links verschoben wird, da von rechts mehr Druck darauf ausgeübt wird und damit auch eine größere Kraft von rechts wirkt. Es findet eine Beschleunigung von rechts nach links statt, deshalb gleicht der Wasserstand sich aus.          L fragt noch einmal, wie der Endzustand dann ist und die SuS antworten, dass auf beiden Seiten der Wasserstand gleich hoch ist, gleicher Druck und gleiche Kräfte wirken.          L fasst nochmal zusammen, dass der Druckunterschied für das Fließen des Wassers verantwortlich ist.          Die SuS sollen das Ergebnis auf ihr Arbeitsblatt schreiben.</p> <p>5 Minuten Pause</p>	
37:46	<p>SuS sollen auf einem Arbeitsblatt (siehe Anhang 9.1) die ersten fünf Beispiele in Partnerarbeit beantworten. L geht herum und gibt Hilfestellung.</p>	KB 4
48:30	<p>L beginnt mit der Besprechung.          Erste Abbildung: zwei Röhren mit unterschiedlichem Durchmesser, unten verbunden. Der Wasserstand ist gleich. SuS sagen, der Druck ist auf Grund derselben Wasserhöhe gleich, also fließt kein Wasser.          L fragt wie man das erklären kann, SuS meinen, dass der (Schwere-)Druck proportional zur Höhe und nicht zum Volumen ist. Ein zweiter Argumentationsweg ist die Formel für Druck, die aus dem Quotienten von Kraft und Fläche besteht.</p> 	

51:45	Zur Verdeutlichung zeigt L kommunizierende Röhren mit unterschiedlicher Form der Wassersäule.	
52:40	<p>Es folgt die Besprechung der übrigen Beispiele zum Druckausgleich.</p> <p>Beispiel 2: externe Röhre als Wasserstandsanzeiger eines Kessels Ein Schüler fragt in Bezug auf eine Gießkanne nach, ob man damit auch erklären kann, warum der Ausguss einer Gießkanne immer höher als der Körper ist.</p> <p>Beispiel 3: Schlauchwaage aus zwei kommunizierenden Röhren um Niveauunterschiede festzustellen</p> <p>Beispiel 4: Wasserturm um Wasser in den Hausleitungen hochzudrücken L fragt nach was 10m und 35m für den Druck bedeuten. SuS antworten „1 bar und 3,5 bar“.</p> <p>Beispiel 5: Schweredruck des Wassers in einem See hängt nur von der Wassertiefe, aber nicht der Form des Seebodens ab.</p>	
1:00:00	SuS sollen die Beispiele 6, 7 und 8 bearbeiten.	
1:05:50	<p>Besprechung beginnt.</p> <p>Beispiel 6: artesischer Brunnen</p>  <p>SuS fragen nach, ob die Größe des Brunnenlochs einen Einfluss auf die Geschwindigkeit hat, mit der das Wasser ausströmt und ob eine Oase ähnlich funktioniert.</p> <p>Beispiel 7: Flüssigkeitsheber zum leeren eines Aquariums</p> <p>Beispiel 8: Pipette, die ins Wasser eingetaucht wird und dann mit einem Finger oben verschlossen wird.</p>	<p>KB 5</p> <p>KB 4</p> <p>KB 5</p>
1:14:45	<p>L teilt neues Arbeitsblatt aus, SuS sollen Beispiel 9 bearbeiten.</p> <p>Eine Wassermenge soll durch ein Rohr mit unterschiedlichem Durchmesser transportiert werden:</p> 	KB 5
1:19:07	<p>Besprechung Beispiel 9:</p> <p>Das Rohr ist rechts breiter als links, es soll aber pro Minute dieselbe Menge Wasser durchfließen. SuS vermuten, dass das Wasser links schneller fließen muss, also von rechts nach links beschleunigt werden muss. Nach Rückfragen des L kommen sie darauf, dass der Druck rechts größer sein muss als links.</p> <p>Es werden weitere Beispiele mit diesem Phänomen genannt: Tür, die zuknallt, ICE der schnell durch Bahnhof oder Tunnel fährt.</p>	
1:24:20	<p>Beispiel 10: Hoch- und Tiefdruckgebiet beim Wetter. L bespricht nicht, sondern sagt, dass dies schon besprochen wurde.</p> <p>Beispiel 11: elektrischer Stromkreis. L fragt, was das wohl mit dem Thema zu tun hat. SuS sprechen über Elektronenmangel und Elektronenüberschuss. Hier werden also Ladungsunterschiede ausgeglichen, um einen Stromfluss zu ermöglichen.</p>	

1:26:20	L fasst zusammen: Druckunterschied führt zu Wasserfluss. Ladungsunterschied führt zum Stromfluss. Hausaufgabe („Beispiel 12“): Gibt es noch irgendetwas, wo ein Unterschied zu einem Strom führt?	
---------	--	--

## Kernelemente der Stunde

Der konzeptbildende Charakter der Stunde wird bei der Erstellung des Tafelbilds (31:00) und der anschließende Übungsphase deutlich.

## Handlungskettenschritte

### 1. Bewusstmachung des Vorwissens

Der erste Handlungskettenschritt in dieser Unterrichtsstunde beginnt so, dass die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler nach ihrem Vorwissen fragt. Die Lehrkraft stellt zunächst nur die Frage, was die Schülerinnen und Schüler über den Schweredruck wissen und wartet auf Antworten. Danach bittet die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler je-des-to-Sätze zu bilden, damit ihnen der Zusammenhang der verschiedenen Größen deutlich wird. Auch der Ortsfaktor wird von den Schülerinnen und Schülern genannt, nachdem die Lehrkraft nach dem Unterschied zwischen Erde und Mond fragt.

Dieser erste Handlungskettenschritt ist sehr gut verlaufen. Die Lehrkraft hat durch ihre Fragen nichts vorweggenommen, sondern den Schülerinnen und Schülern Denkanstöße gegeben, um von ihnen die richtigen Antworten zu bekommen.

### 2. Durcharbeiten eines Prototyps

Im zweiten Handlungskettenschritt beginnt die Lehrkraft mit dem bereits aufgebauten Versuch. An zwei Stativen ist jeweils eine Plastikflasche auf gleicher Höhe befestigt, mit der Öffnung nach unten. Die Flaschen haben eine unterschiedliche Form. An den Öffnungen sind Schläuche angeschlossen, durch die die beiden Flaschen mit einander verbunden sind. In der Mitte der Schläuche ist ein Ventil, welches man öffnen kann. So kann Wasser von der einen Flasche in die andere fließen. Die Böden der Flaschen sind herausgeschnitten, damit von oben Wasser in die Flaschen gegeben werden kann. Die Lehrkraft beginnt, indem sie Wasser in die eine Flasche einfüllt. Da das Ventil noch geschlossen ist, passiert zunächst nichts. Die Lehrkraft öffnet das Ventil und es fließt Wasser von der einen in die andere Flasche. Die Schülerinnen und Schüler vermuten richtig, dass das Fließen des Wassers am Druck liegt. Es stellt sich aber die Frage, wie lange das Wasser von einer Flasche in die andere läuft. Die Schülerinnen und Schüler sind sich nicht einig, ob dies von der Höhe der Wassersäule oder von der Masse des Wassers abhängig ist. Um dies herauszufinden, wird die Position der Flaschen verändert. Eine Flasche wird nach oben geschoben und man erkennt deutlich, dass es von der Höhe der Wassersäule abhängt, wie viel Wasser in die andere Flasche fließt. Nach einigen Möglichkeiten die Flaschen zu verschieben, werden diese zurück in den Anfangszustand geschoben, sodass sich der Wasserstand wieder ausgleicht.

Dieser zweite Handlungskettenschritt, das Einführen und Durcharbeiten eines Prototyps, ist hier durch ein Experiment erfolgt. Die Lehrkraft hat das Prinzip des Druckausgleichs anhand des Experiments deutlich gemacht. Das Konzept Druckunterschied bzw. Druckausgleich wird durch diesen Prototyp anschaulich erklärt und bleibt den Schülerinnen und Schülern als gutes Beispiel zu dessen Verständnis in Erinnerung. Auch diese Phase ist sehr gut gelungen. Die Lehrkraft führt den Versuch zwar vorne durch, jedoch bezieht sie die Schülerinnen und Schüler stark mit ein, sodass diese Phase nicht zu lehrerzentriert stattfindet. Die Lehrkraft wartet auf Anmerkungen und Vorschläge der Schüle-

rinnen und Schüler, wie man die gesuchten Informationen durch das Experiment herausfinden kann, anstatt alles vorzugeben.

### 3. Beschreibung der wichtigsten Merkmale des neuen Konzepts

Im dritten Handlungskettenschritt haben die Schülerinnen und Schüler nun zunächst die Aufgabe bekommen, ihre Beobachtungen zu notieren. Die Lehrkraft baut in der Zeit den Versuch ab. Danach beginnen die Schülerinnen und Schüler vorzutragen, welche Beobachtungen sie gemacht haben, während die Lehrkraft diese am Whiteboard festhält. Sie fragt die Schülerinnen und Schüler nach einer Erklärung für dieses Phänomen. Nach einigen Rückfragen kommen die Schülerinnen und Schüler darauf, dass aufgrund des Höhenunterschieds des Wassers ein Druckausgleich stattfindet. Es fließt so lange Wasser von der einen in die andere Flasche, bis der Druck in beiden Flaschen gleich groß ist. Die Lehrkraft fügt am Whiteboard eine Zeichnung ein, die die Sachlage des Experiments zeigt. Nachdem die einzelnen Buchstaben erklärt wurden, möchte die Lehrkraft wissen, was genau in diesem Aufbau passiert. Die Schülerinnen und Schüler erklären, dass der Druck in dem rechten Gefäß höher ist als in dem linken und dass ein Druckausgleich stattfindet, bis beide Drücke gleich groß sind. Außerdem gehen die Schülerinnen und Schüler darauf ein, dass Kräfte wirken, die das eingerahmte „Stück“ Wasser nach links verschieben, da die Kraft von rechts größer ist. Die Lehrkraft fragt noch einmal nach, was dann der Endzustand ist und bekommt von den Schülerinnen und Schülern die Antwort, dass der Wasserstand in beiden Gefäßen gleich hoch sein muss. Die Lehrkraft fasst am Ende dieser Phase die Ergebnisse zusammen und bittet die Schülerinnen und Schüler diese auf ihrem Arbeitsblatt festzuhalten.

In dieser Phase, der Beschreibung der wichtigsten Merkmale des neuen Konzepts, werden zunächst die Beobachtungen vom Prototyp beschrieben. Diese Beobachtungen werden dann von den Schülerinnen und Schülern, mithilfe einiger Rückfragen der Lehrkraft, erklärt. Diese Erklärungen bilden die Merkmale des neuen Konzepts. Auch in dieser Phase achtet die Lehrkraft darauf, dass viel von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet wird, und sie selber nichts verrät. Sie stellt meist Fragen, die die Schülerinnen und Schüler in die richtige Richtung lenken, aber sie nimmt dabei nichts vorweg. Zum Schluss dieser Phase fasst sie alle genannten Aspekte, die für das Verstehen des Konzepts wichtig sind, zusammen, sodass die Schülerinnen und Schüler dies auf ihrem Arbeitsblatt festhalten können. Diese Phase ist ebenfalls gut gelungen, da die wichtigsten Merkmale des Konzepts festgehalten werden. Bei der Beschreibung wird sich zunächst an dem Experiment orientiert, jedoch werden die Merkmale am Ende der Phase auch allgemeiner zusammengefasst, sodass sie auf andere Zusammenhänge übertragbar sind.

### 4. Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept

Nach einer kurzen Pause sollen die Schülerinnen und Schüler die ersten fünf Aufgaben des Arbeitsblattes bearbeiten. Nach ca. 10 Minuten beginnt die Lehrkraft mit der Besprechung. Die Aufgaben beziehen sich alle auf den Druckausgleich bei Wasser in verschiedenen geformten Gefäßen. An diesen Beispielen wird das Phänomen genauer erklärt und das Konzept so wiederholt. Nach dieser Besprechung sollen die Schülerinnen und Schüler drei weitere Aufgaben bearbeiten, die anschließend besprochen werden.

Dieser vierte Handlungskettenschritt, der aktive Umgang mit dem neuen Konzept, findet mit der Bearbeitung der Aufgaben statt. Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit diesen selbstständig auseinander und bekommen bei Fragen Hilfe von der Lehrkraft. Die ersten fünf Aufgaben, beziehen sich alle auf den Druckausgleich bei Wasser in verschiedenen Gefäßen. Auch die Aufgabe sieben, bei der es um das Leeren eines Aquariums geht, ähnelt dem Experiment zu Beginn sehr stark. Die Beispiele sechs und acht, zum artesischen Brunnen und zur Pipette hingegen sind dem Prototyp schon nicht mehr so ähnlich, weshalb man diese statt in den vierten Handlungskettenschritt, schon in den fünften Handlungskettenschritt schieben kann. Daher kann man die Grenze zwischen

Handlungskettenschritt vier und Handlungskettenschritt fünf schon vor der Bearbeitung der Aufgaben sechs bis acht ziehen, allerdings ist das Beispiel zum Leeren des Aquariums nicht als Anwendung in anderen Kontexten anzusehen, da es dem Experiment mit den Flaschen sehr ähnlich ist.

### **5. Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten**

Der fünfte Handlungskettenschritt beinhaltet das neunte Beispiel, in dem eine Wassermenge durch ein Rohr transportiert werden soll, das an verschiedenen Stellen unterschiedliche Durchmesser hat. Die Problematik an dieser Fragestellung ist, dass pro Minute immer dieselbe Menge Wasser durch das ganze Rohr fließen soll. Die Schülerinnen und Schüler vermuten richtig, dass das Wasser von rechts nach links beschleunigt werden muss, dass also der Druck rechts größer sein muss als links. Auch die Beispiele zum Hoch- und Tiefdruckgebiet sowie zum elektrischen Stromkreis werden kurz besprochen und die Schülerinnen und Schüler bekommen das zwölfte Beispiel als Hausaufgabe auf.

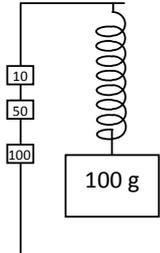
In dieser Phase wird das neue Konzept in anderen Kontexten angewendet. Besonders der Vergleich mit dem elektrischen Stromkreis liefert ein Beispiel, welches ein ähnliches Phänomen in einem vollkommen anderen Zusammenhang zeigt. So lernen die Schülerinnen und Schüler das Konzept zu verstehen und auf andere Zusammenhänge zu übertragen.

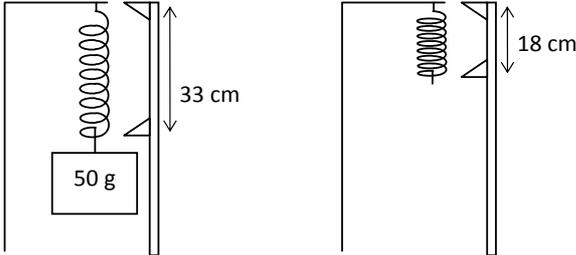
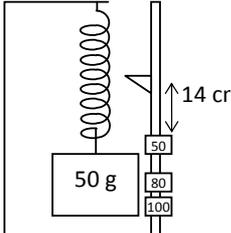
### **Zusammenfassende Beurteilung**

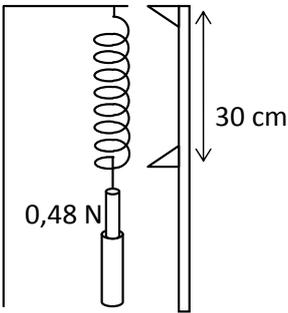
Insgesamt kann man sagen, dass diese Stunde ein gutes Beispiel für eine Stunde zur Konzeptbildung ist. Bis auf die Beispiele sechs und acht, die schon in den fünften Handlungskettenschritt gehören, sind die einzelnen Handlungskettenschritte sehr deutlich zu erkennen und nachzuvollziehen. Die Lehrkraft achtet darauf, dass möglichst viel von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet wird und der Unterricht nicht zu lehrerzentriert stattfindet. Des Weiteren geht sie gar nicht auf Zwischenbemerkungen der Schülerinnen und Schüler ein und lässt sich nicht ablenken, dadurch kann der Unterricht insgesamt ruhig und organisiert ablaufen. Die Schülerinnen und Schüler beteiligen sich stark am Unterricht und zeigen sich interessiert, sodass in der Stunde viel geschafft wird. Der Druckausgleich von Druckunterschieden ist für die Schülerinnen und Schüler in dieser Stunde also zunächst differenziert erklärt und aufgebaut worden. Außerdem haben die Schülerinnen und Schüler gelernt, dieses Konzept auf einen anderen Zusammenhang zu übertragen und anzuwenden. Die Ziele der Konzeptbildung sind damit in dieser Stunde erreicht worden.

### 3.4 Problemlösen

Der folgende Stundenverlaufsplan gibt eine Doppelstunde zum Basismodell Problemlösen wieder.

Zeit	Inhalt/Handlungen	HKS
00:00	<p>L kündigt ein Experiment an, für das die gesamte Stunde benötigt wird.</p> <p>L: „Ziel ist es, dass ihr mithilfe einer Feder (oder für Gruppen, die sich ein bisschen mehr zutrauen mithilfe eines Gummibands) einen Apparat baut, mit dem man die Masse eines von mir vorgegebenen Gegenstandes am Ende der Stunde bestimmen kann.“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materialien (Stativmaterial, Federn, Gewichte, Messstäbe, Federkraftmesser, Waage) liegen bereit.</li> <li>• <math>\frac{3}{4}</math> Stunde Zeit zur Vorbereitung.</li> <li>• Dann Vorgehensweise beschreiben und Messung vor der Klasse demonstrieren.</li> <li>• Die Ergebnisse jeder Gruppe für die Masse des Gegenstands werden notiert und zum Schluss mit dem Messergebnis einer Waage verglichen.</li> <li>• Die Gruppe, die am besten abgeschnitten hat, bekommt einen Preis (eine Tüte Gummibären).</li> </ul> <p>L: „Es ist alles ziemlich offen, weil ihr auch sehr offen arbeiten könnt.“</p>	PL 1
02:30	<p>L klärt ab, dass es keine grundsätzlichen Fragen dazu gibt.</p> <p>SuS holen Materialien und beginnen zu arbeiten.</p>	PL 3
35:00	<p>L kündigt die letzten 10 Minuten zur Vorbereitung (+ 5 Minuten Erholungspause) an.</p>	
45:30	<p>L lobt die SuS für die unterschiedlichen Herangehensweisen und erläutert das weitere Vorgehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jede Gruppe soll gemeinsam nach vorne kommen.</li> <li>• Die Messapparatur und Überlegungen zur Lösung (inklusive Irrwege) sollen vorgestellt werden.</li> <li>• Das Messverfahren soll mit einem von der Gruppe gewählten Gegenstand demonstriert werden.</li> <li>• Das Objekt des Lehrers wird gemessen und das Ergebnis an die Tafel geschrieben.</li> </ul>	PL 4
47:30	<p>Gruppe 1: „Je weiter die Feder sich ausdehnt, desto mehr muss das Gewicht wiegen. Dann haben wir mit anderen Gewichten Markierungen gemacht und dann haben wir das ausprobiert bis auf 10 g.“</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Die Messung wird demonstriert. Messergebnis: 92 g</p>	

51:00	<p>Gruppe 2: „Wir messen, wie viel sich die Feder nach unten spannt. Dann haben wir gemessen, wie viel die Feder schon gespannt ist. Das sind dann 18 cm und das müssen wir davon abziehen.“</p>  <p>Die Gruppe gibt eine Formel zur Berechnung an:  <math>50 \text{ g} / 15 \text{ cm} = 3,3 \Rightarrow m = 3,3 (x \text{ cm} - 18 \text{ cm})</math>  Messergebnis: <math>m = 3,3 (46 - 18) = 93,3 \text{ g}</math></p>	
59:00	<p>Gruppe 3: „Wir hatten die gleichen Überlegungen wie Gruppe 1.“ Im Unterschied zu Gruppe 1 hat die Gruppe ihre Markierungen auf einer Messlatte angebracht, die neben die Feder gehalten wird.</p> <p>Messergebnis: 94 g</p>	
1:02:00	<p>Gruppe 4: „Wir haben erst 50 g dran gehängt, und dann ist das 14 cm nach unten gegangen. Dann haben wir ausgerechnet, wie viel das bei einem Gramm war. Das waren 0,28. Und dann haben wir noch so ein bisschen andere Sachen beschriftet. Dann haben wir das Etui dran gehängt. Das waren 175 und auf der Waage waren das 173.“</p>  <p>Messergebnis: 86,5g</p>	
1:03:30	<p>Gruppe 5: „Wir haben sehr vieles ausprobiert, aber nichts hat funktioniert. Wir haben z.B. ausgerechnet, wie viel Gramm ein Zentimeter ist. Da haben wir aber rausgekriegt, dass unsere Rechnung falsch ist, weil sich das immer um fast 10 g vertan hat. Wir haben 50 g dran gehängt, da zeigt unser Taschenrechner 40,2 g an, und bei 20 g hat er uns 10 g angezeigt.“</p> <p>Es stellt sich heraus, dass die Gruppe einfach die Gewichtskraft durch den Ortsfaktor geteilt hat, um die Ausdehnung zu bestimmen. „Und dann haben wir das gemacht, was alle anderen auch irgendwie gemacht haben, außer dass unsere Skala nicht halten wollte. Dann haben wir versucht, es einfach so zu ermitteln, ohne Messen [...] das ist dann natürlich nur so ein Wert, [...] nur so eine Prognose.“</p> <p>Messergebnis: 81 g</p>	

1:10:00	<p>Gruppe 6: „Wir haben die Feder mit einem Federkraftmesser 30 cm gespannt und dann geguckt, wie viel Newton das macht. Das haben wir für 40 cm und 50 cm noch gemacht [...] und dann haben wir halt herausgekriegt, [...] für 120 cm sind das halt 2,4 N.“</p>  <p>(Die Gruppe misst die Gesamtlänge der Feder.)  30 cm entspricht 0,48 N  40 cm entspricht 0,84 N  50 cm entspricht 1,17 N  Wenn die Feder sich um 120 cm spannt, dann sind das halt 240 g, da 100 g ja 1 N Gewichtskraft erfordern.  Dann haben wir das mit diesem Klotz überprüft. Den haben wir gewogen (91,1g) und dann haben wir das nachgemessen (43 cm).“</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 cm entspricht 0,2075 N</li> <li>• auf 43 cm kommen : <math>0,2075\text{N} \cdot 4,3 = 0,89225</math></li> <li>• 1N entspricht 100g <math>\Rightarrow 0,89225 \cdot 100 = 89,225\text{ g}</math></li> </ul> <p>Messergebnis: 89,23 g</p>	
1:15:30	<p>Die SuS wollen jetzt wissen, wie viel der unbekannte Gegenstand wiegt.  L: „Bevor wir das jetzt wiegen, noch eine Sache: Es gibt zwei unterschiedliche Arten wie es gemacht wurde. [...] Welche zwei Methoden gibt es? Wir werden in der nächsten Stunde dann auch noch einmal über beide Methoden ein bisschen genauer reden.“</p> <p>Beträge der SuS im Unterrichtsgespräch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einmal die Methode Ablesen und einmal die Methode Ausrechnen.</li> <li>• Eine Gruppe hat bestimmt, wie viel Newton man für 1 cm oder 10 cm braucht, die andere, wie viel Gramm man für 1 oder 10 cm braucht.</li> <li>• Gruppe 6 hat mit Dreisatz gerechnet und Gruppe 2 hat eine Formel gebildet.</li> <li>• Gruppe 2 hat mit Länge und Masse gerechnet und Gruppe 6 mit Länge und Kraft.</li> </ul> <p>L signalisiert Unzufriedenheit: „Was vor allem der Unterschied war, Gruppe 2 hat die Länge gemessen, aber mit der Längenänderung weitergerechnet. Gruppe 6 hat, wenn ich das richtig gesehen habe, nur mit der Gesamtlänge gerechnet, oder? Das ist ein Unterschied!“</p>	
1:23:00	<p>Der unbekannte Gegenstand wird auf der Waage gemessen: 92,5 g.  Die Gummibärchen gehen an Gruppe 1.  SuS räumen auf, die Apparaturen bleiben jedoch für die nächste Stunde stehen.</p>	

In dieser Stunde soll eine Strategie gefunden werden, wie man bei einem vorgegebenen Messprinzip (Längenausdehnung von Körpern) die Masse eines unbekanntes Gegenstandes bestimmen kann. Damit soll das Messprinzip des Federkraftmessers erschlossen werden. Verallgemeinert geht es darum, für eine physikalische Größe (die Masse) bei gegebenem Messprinzip ein normiertes Messinstrument herzustellen.

## Kernelemente der Stunde

Die Stunde beginnt mit einer offenen Problemstellung: Es soll mithilfe einer Feder ein Apparat gebaut werden, mit dem man die Masse eines vorgegebenen Gegenstandes bestimmen kann. Schließlich werden verschiedene Lösungswege vorgestellt. In der Ergebnissicherung am Ende der Stunde (ab 1:15:30) versucht die Lehrkraft verschiedene Strategien zu vergleichen.

## Handlungskettenschritte

### 1. Problem verstehen

Die Lehrkraft stellt das Problem prägnant dar. Zudem werden die Versuchsgegenstände genannt. Es liegt ein unbefriedigender Anfangszustand vor – die Masse des Gegenstandes ist unbekannt und der gewünschte Endzustand wird klar definiert – die Masse des Gegenstandes soll mithilfe der Versuchsmaterialien bestimmt werden. Wie das Versuchsmaterial zum Erreichen des Ziels eingesetzt werden muss ist unklar und stellt damit eine kognitive Barriere, das Problem dar. Es wird keine Vorgabe über ein mögliches Vorgehen genannt. Somit besteht eine große Offenheit.

### 2. Sammeln von Lösungswegen

Der zweite Handlungskettenschritt wird nicht durchgeführt. Die Lehrkraft erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler diese Phase selbstständig durchführen und lässt die Schülerinnen und Schüler direkt mit den Materialien ausprobieren, wie man das Problem lösen kann. Dadurch ähnelt die Stunde einem Lernen durch Eigenerfahrung. Dieser Ablauf ist in vielen problemlösenden Unterrichtsstunden festzustellen. Meist scheitern die Stunden zum Problemlösen aber, wenn dieser Handlungskettenschritt weggelassen wird, da die Schülerinnen und Schüler keinen Ansatzpunkt zur Überwindung der kognitiven Barriere finden. In der vorliegenden Stunde gelingt es den meisten Schülerinnen und Schülern trotz Auslassen dieses Handlungskettenschrittes Lösungswege zu finden. Gruppe 5 konnte jedoch keine sinnvolle Lösungsidee entwickeln und hat dementsprechend nur unsystematisch herumprobiert. Für diese Gruppe war das Testen von Lösungswegen in gewisser Weise verlorene Zeit.

### 3. Testen von Lösungswegen

Die Schülerinnen und Schüler probieren ihre Lösungswege bis zur Pause aus und haben durch die präzise und zügige Phase des Problemverstehens die komplette erste Stunde Zeit ihre Ideen auszuprobieren und sich für die Präsentation vorzubereiten. Trotz des Fehlens des 2. Handlungskettenschritts kommen die Gruppen (bis auf Gruppe 5) zu interessanten Lösungen, die eine Messung ermöglichen.

### 4. Evaluation und Anwendung der Lösung

Der zweite Teil der Doppelstunde wird für die Evaluation und Anwendung der Lösungen genutzt. Die Schülerinnen und Schüler präsentieren nacheinander ihre Vorgehensweise. Man erkennt zwei verschiedene Strategien, wie sie das Problem gelöst haben: Zum einen durch Messen, zum anderen durch Ausrechnen. Dies greift die Lehrkraft nach der Präsentation der Schülerinnen und Schüler auf. Sie will nun auch Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Verfahren herausarbeiten. Dies fällt den Schülerinnen und Schülern jedoch schwer. Schließlich wird die Gruppe, welche die Masse am exaktesten bestimmt hat, belohnt.

### Zusammenfassende Beurteilung

Die Schülerinnen und Schüler hatten zu Beginn der Stunde schon ein konzeptuelles Verständnis vom Kraftbegriff. Nun ging es in der Problemlösestunde darum das vorhandene Wissen einzusetzen, um eine Strategie zu finden, mit der eine unbekannte Masse ermitteln werden kann. Es zeigte sich, dass es trotz Fehlen des 2. Handlungskettenschritt fast allen Schülerinnen und Schülern gelang Lösungsansätze zu generieren. Jedoch war diese Stunde die einzige Unterrichtsstunde, in der das Fehlen des 2. Handlungskettenschrittes nicht nachteilig war. In den anderen videografierten Unterrichtsstunden der Fortbildung, probierten die Schülerinnen und Schüler teilweise 45 bis 60 Minuten herum und fanden keinen Ansatz zur Lösung des Problems, sodass die Lehrkraft am Ende abbrechen musste und die Lösung aufzeigte. Dies führte dazu, dass die Ziele des Problemlösens nicht umgesetzt werden konnten. Dass sich hier verschiedene Lösungen zeigten, belegt, dass es sich um eine offene Problemstellung handelt. Die Lehrkraft nimmt sich viel Zeit, um die verschiedenen Lösungsansätze zu vergleichen und zu charakterisieren. Dabei ist vorteilhaft, dass sie den Reflexionsprozess durchführt, bevor sie den unbekanntem Gegenstand misst. In anderen Stunden hat sich gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler in erster Linie an der Lösung, nicht aber an der Reflexion des Lösungsweges auf einer Metaebene interessiert sind und abschalten, sobald die Lösung bekannt ist. Bei der Reflexion des Lösungsprozesses werden verschiedene Wege thematisiert. Für einen besseren Eindruck von dieser Unterrichtsphase wird das Unterrichtsgespräch wiedergegeben:

- L: Bevor wir das jetzt wiegen noch eine kurze Sache.  
Es gibt im Wesentlichen zwei Arten, wie es gemacht wurde. Und jetzt möchte ich, dass das noch einmal genannt wird. Welche zwei Methoden gibt es? Und wir werden in der nächsten Stunde dann auch noch einmal über beide Methoden ein bisschen genauer reden.
- S1: Einmal die Methode ‚AbleSEN‘ und einmal die Methode ‚AusrechnEN‘.
- L: Beim AbleSEN, die waren ja vom Prinzip her ziemlich ähnlich. Die Rechner, die hatten auch noch mal zwei unterschiedliche Varianten genutzt. Ich hoffe, es ist aufgefallen. Was war da der Unterschied?
- S2: Die eine Gruppe hat das, wieviel Newton man für ein Zentimeter braucht oder für zehn, und die anderen, wieviel Gramm man für einen oder zehn Zentimeter braucht.
- L: Okay, das ist eine Sache.
- S3: <Schülername> hat mit Dreisatz gearbeitet und die erste Gruppe, die haben ja auch gemessen und da dann so eine Formel gebildet.
- L: Irgendwann werdet ihr auch noch merken, dass Dreisatzrechnen und Formel eigentlich das Gleiche ist.
- S4: Ich fand die Rechnung bei der ersten Gruppe irgendwie verständlicher.
- L: Aber es gab noch einen wesentlichen Unterschied. Was habt ihr denn gemessen, welche Größe habt ihr den gemessen? Ihr habt die Länge der Feder gemessen. Die haben auch die Länge der Feder gemessen. Mit welcher Größe habt ihr gerechnet? Das ist mir wirklich noch mal wichtig. Da gab es einen ganz kleinen Unterschied.
- S5: Das erste Team hat mit Länge und Masse gerechnet und das zweite Team hat mit Länge und Kraft gerechnet.
- L signalisiert Unzufriedenheit*
- L: Was vor allem der Unterschied war, ihr [Team 1] habt ja die Länge gemessen, aber mit der Längenänderung weitergerechnet.  
Ihr [Team 2] habt, wenn ich das richtig gesehen habe, nur mit der Gesamtlänge gerechnet. Oder? Das ist ein Unterschied. Jetzt wird gemessen ...

Die Schülerinnen und Schüler können Unterschiede zwischen den Messverfahren benennen, sind jedoch nicht in der Lage, die von der Lehrkraft gewünschte Unterscheidung zu treffen. Es fehlt ihnen die Begrifflichkeit, um die verschiedenen Strategien angemessen verbal zu charakterisieren. Dieses scheint jedoch Voraussetzung für die Wahrnehmung zu sein. Dementsprechend müssen die Strategien von der Lehrkraft eingebracht und benannt werden. Es ist nicht verwerflich, dass die Lehrkraft als Experte den Schülerinnen und Schülern behilflich sein muss, sich der Strategien bewusst zu werden. Der bewusste

Umgang mit Strategien macht gerade den Unterschied zwischen Novizen und Experten aus. Im Basismodell Problemlösen sollen die Schülerinnen und Schüler Unterstützung erhalten, um selbst Experten zu werden. Es könnte jedoch manchmal nützlich sein, die Strategien bereits beim Sammeln der Lösungswege (PL 2) zu charakterisieren und abzugrenzen. Dann können die Schülerinnen nach dem Ausprobieren der Lösungswege besser selbst die Strategien vergleichen.

Im vorliegenden Fall geht es darum, eine Messskala zu erstellen. Dazu sind folgende strategische Schritte notwendig:

1. Festlegung des Nullpunkts,
2. Festlegung der Einheit,
3. Festlegung der Vielheit, d.h. wo das doppelte, dreifache usw. der Einheit auf der Skala zu finden ist,
4. ggf. Normierung der Skala bzw. Validierung mit bereits bekannten Messverfahren.

Gruppe 6 macht einen typischen Fehler, indem sie die Gesamtlänge der Feder abliest. Sie hat also vergessen den Nullpunkt für die Messung richtig festzulegen. Auch Gruppe 1 und 3 legen keinen Nullpunkt fest. Gruppe 2 dagegen zieht die Ausgangslänge als Nulllage ab, ohne dies jedoch bewusst so zu benennen. Gruppe 4 misst ebenso relativ zu der markierten Nulllage. Die Stunde bietet daher Potential über die Notwendigkeit der Nullfestlegung zu sprechen. Legt man jedoch durch Normkörper Skalenpunkte fest und interpoliert dazwischen, so ist eine Nullfestlegung gar nicht zwingend erforderlich.

Als Einheit der Skala werden sowohl Gramm als auch Newton verwendet. Da den Schülerinnen und Schüler 50 g Gewichtsstücke zur Verfügung standen, hätte als Einheit für die Skala auch die Anzahl der Gewichtsstücke verwendet werden können. Alle Gruppen nehmen implizit die Linearität der Längenausdehnung an. Das war möglich, weil keine Gruppe ein Gummiband genommen hat. Dort hätte sich wegen der nicht proportionalen Ausdehnung die Problematik ergeben, die Vielheit der Skala festzulegen. Dies wäre nur durch die Markierung vieler Messpunkte, d.h. der Ausdehnung bei 50 g, 100 g usw. möglich gewesen, zwischen denen dann hätte interpoliert werden müssen. Nur Gruppe 4 nimmt eine Validierung bzw. Normierung vor, indem sie eine Vergleichsmessung mit einer Waage durchgeföhrt.

Bei der Bewertung der Schülerlösungen anhand der Messung der Masse des unbekanntes Körpers kamen selbst die Gruppen dem mit der Waage bestimmten Wert nahe, die eine unzureichende Lösung gefunden hatten. Dieses Kriterium erwies sich also als wenig trennscharf. Weitere Bewertungskriterien könnten die Genauigkeit (Auflösung) der Skalierung oder die Größe des Messbereichs sein.

## 4. Zusammenfassung der wichtigsten Merkmale der Basismodelle

### 4.1 Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“

#### 4.1.1 Lernpsychologische Grundlagen

Eigenerfahrungen sind kontextgebundene Erlebnisse, die zunächst sehr persönlich, unstrukturiert und unsystematisch sind. Das dadurch erworbene Erfahrungswissen ist persönlich bedeutungsvoll und meist tief im episodischen Langzeitgedächtnis verankert. Es ist prägend für die Persönlichkeit eines Lernenden. Eigenerfahrungen können zielorientiert gemacht werden, aber auch durch überraschendes, spontanes Entdecken. Sie erweitern in der Regel einen vorhandenen konzeptionellen Rahmen und erlauben die Assimilation von Wissen, wenn die Erfahrungen in geeigneter Weise reflektiert werden.

Eigenerfahrungen haben folgende Kennzeichen:

- Sie sind gebunden an real erlebte Situationen.
- Sie können nur persönlich, durch eigenes aktives Handeln, gemacht werden.
- Die Lernenden können nicht immer angemessen darüber kommunizieren, sie können aber sehr wohl andere Erfahrungen mit ihren eigenen vergleichen.
- Sie sind in eine bestimmte Kultur oder in soziale Zusammenhänge eingebettet (z.B. naturwissenschaftliche Betrachtungsweise der Welt).
- Sie dienen der Einführung in die Kultur einer bestimmten Gemeinschaft (Gebrauch von Sprache, Werkzeugen, Handlungsweisen, Ritualen).
- Das Handeln ist ein Teil des damit erworbenen Wissens, wenn es thematisiert und der Handlungsablauf zum Gegenstand des Lernens gemacht wird.
- Die Verdichtung von Wissen und Können geschieht durch fortgesetzten und situierten Gebrauch in Zyklen des Erfahrungslernens.
- Wissensaufbau kann durch den Handlungsablauf: Interesse wecken – Fragestellung formulieren – Fragestellung bearbeiten – Wissen generieren – Wissen intuitiv anwenden – moderiert werden (Aufbau von *tacit knowledge*).

Theoretische Grundlagen: *Experiential learning* (Kolb, 1984), *Cognitive apprenticeship* (Collins, Brown & Newman, 1987), *Situated learning theories* (Brown, Collins & Duguid, 1989; Lave & Wenger, 1991), Gedächtnistheorien zum episodischen Gedächtnis (Tulving, 1985; Conway, 2001).

#### 4.1.2 Kompetenzziele

Erfahrungslernen dient dazu, Beobachtungen zu machen und einzuordnen, Ankerpunkte für Fragen und Ideen zu schaffen und Beobachtungsbegriffe zu bilden. Es erfordert die Bildung von (spontanen) Hypothesen und deren Überprüfung. Es schult die Fähigkeit, mit konkreten Handlungen auf neue Situationen zu reagieren. Es führt schrittweise zu größerer Sicherheit in Formen des naturwissenschaftlichen Arbeitens. Es dient dem Aufbau von Handlungsschemata, die unter anderem in Anwendungssituationen oder zum Problemlösen benutzt werden können.

Mit Lernen durch Eigenerfahrung werden vor allem folgende Prozesskompetenzen der Bildungsstandards gefördert:

- Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen (*Beobachten, Beschreiben, Fragen*)
- (Herstellen von und) Umgang mit Evidenz (*Planen, Untersuchen, Schlussfolgern*)
- Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (*Reflektieren, Verknüpfen, Anwenden*)

### 4.1.3 Einbettung in den Unterricht

Lernen durch Eigenerfahrung gelingt nur selten in isolierten Einzelereignissen, sondern meist in Zyklen, in denen Vorerfahrungen benutzt und durch neue Erfahrungen erweitert werden. Für den Unterricht in den Naturwissenschaften bedeutet dies: Erfahrungen, die in einem Zusammenhang gemacht wurden, sollten möglichst auch in anderen Handlungszusammenhängen nützlich sein, Wissen und Können müssen horizontal und vertikal vernetzt werden. Dieses findet seinen Ausdruck im Kreislauf des Erfahrungslernens nach Lewin bzw. Kolb (1984).

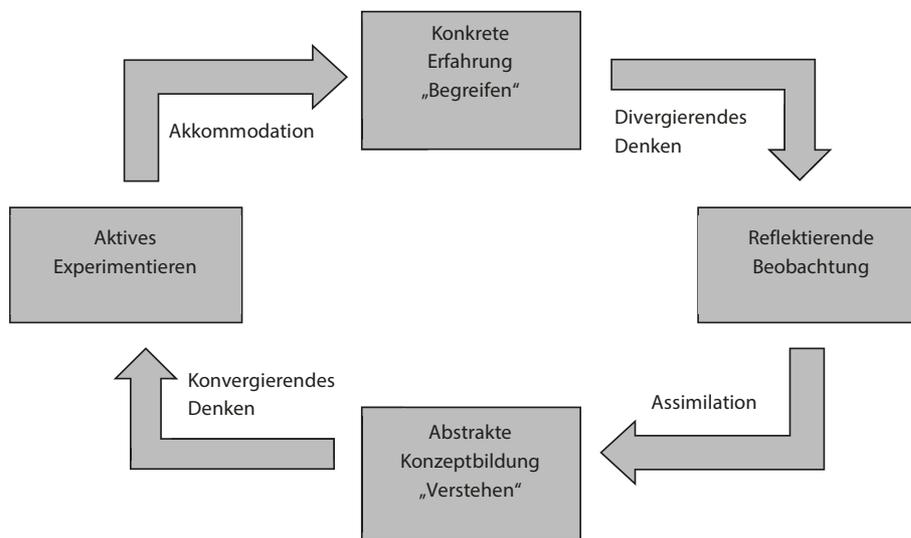


Abbildung 4.1:  
Kreislauf des Erfahrungslernens nach Kolb (1984).

Die konkrete Erfahrung korrespondiert mit direkter praktischer Erfahrung, also dem „Begreifen“, im Gegensatz zur abstrakten Konzeptbildung, d.h. dem theoretischen „Verstehen“. Die reflektierende Beobachtung konzentriert sich auf die Bedeutung der Erfahrung für den Beobachter, d.h. seine assoziativen Konnotationen mit der Erfahrung. Dagegen werden beim aktiven Experimentieren (subjektive oder physikalische) Theorien empirisch überprüft. Das aktive Experimentieren kann sowohl explorativ als auch hypothesengeleitet sein. Während das explorative „aktive Experimentieren“, die „konkreten Erfahrungen“ und die „reflektierende Beobachtung“ Bestandteil des Basismodells Lernen durch Eigenerfahrung sind, kann der Abschnitt der „abstrakten Konzeptbildung“ durch das Basismodell „Konzeptbildung“ ergänzt werden. Das hypothesengeleitete „aktive Experimentieren“ im Anschluss an eine „abstrakte Konzeptbildung“ kann im Basismodell Problemlösen realisiert werden.

## 4.1.4 Handlungskettenschritte

### 1. Planung der Handlungen

Aktionen:

- Entwicklung eines Handlungsplans bezüglich einer naturwissenschaftlichen oder technischen Fragestellung die durch eine konkrete Handlung bearbeitet werden soll
- Erinnern an Vorerfahrungen in vergleichbaren Situationen
- Darstellung der durchzuführenden Handlung
- Planen eines Experiments oder einer Vorgehensweise
- Absprache von Arbeitsschritten und Arbeitsaufträgen (Ziel der Stunde)

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Habe ich darauf geachtet, dass jeder Schüler/jede Schülerin weiß, was er/sie machen soll oder will, warum er/sie das machen soll („Forschungsfrage“), dass jeder Schüler/jede Schülerin eine genaue Vorstellung vom Ablauf hat und dass jeder Schüler/jede Schülerin weiß, was am Ende als Ergebnis erwartet wird (Ziel der Untersuchung)?*

### 2. Durchführung der Handlungen („aktives Experimentieren“)

Aktionen:

- Durchführung der geplanten Handlung
- unstrukturiertesexploratives Ausprobieren und Beobachten
- Interaktion mit einem Handlungsgegenstand
- Sammeln von differenzierten Teilergebnissen
- Dokumentieren von Erfahrungen und Ergebnissen

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Welche Handlungen werden die Schülerinnen und Schüler voraussichtlich unternehmen? Was werden sie verändern? Sollen sie ihre Beobachtungen dokumentieren? In welcher Form? Wie können sie die Ergebnisse ordnen? Welche Zwischenschritte müssen erledigt sein, bevor sie weiterarbeiten? Welche Produkte sollen sie erarbeiten?*

### 3. Konstruktion von Bedeutung („konkrete Erfahrung“)

Aktionen:

- Beschreiben und Festhalten konkreter Erfahrungen
- genaue Beobachtung und Analyse der durchgeführten Handlungen; nach ersten Handlungsergebnissen wird festgestellt, ob die Vorgehensweise sinnvoll und ziel führend ist
- Vergleich mit Erwartungen; prozessbegleitende Plausibilitätsüberlegungen können ggf. zu Modifikationen der Handlungen führen (→ LdE 2)

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*An welchen Stellen wird zusammengefasst/gesammelt? In welcher Form sollen diese Ergebnisse festgehalten werden? Ist zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Arbeitsergebnisse auf die Zielsetzung beziehen oder könnten sie diese aus dem Auge verlieren? An welcher Stelle ist es notwendig oder sinnvoll, dass meine Schülerinnen und Schüler eine erste Ausdifferenzierung vornehmen, am Schluss oder sollen schon Zwischenergebnisse diskutiert werden? In welcher Form, in der Gruppe, im Plenum?*

#### 4. Generalisierung der Erfahrung („reflektierende Beobachtung“)

Aktionen:

- Auswertung der Handlungen
- Ziehen von Schlüssen aus den Erfahrungen
- Vergleich mit den Erfahrungen anderer Personen, auch aus schriftlichen Quellen oder Lehrbüchern
- Überprüfen auf intersubjektive Stimmigkeit
- Feststellen von Regelmäßigkeiten
- Loslösung von Einzelbeobachtungen und Erkennen von Trends
- Formulierung von Wenn-Dann- oder Je-Desto-Aussagen

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Gibt es überhaupt etwas zu verallgemeinern? Welche Verallgemeinerungen erwarte ich von den Schülerinnen und Schülern? Hilft es, vorher beim Versuch noch etwas zu variieren, damit unterschiedliche Erfahrungen verallgemeinert werden können?*

#### 5. Reflexion von ähnlichen Erfahrungen

Aktionen:

- Vergleichen der Lernergebnisse mit Ergebnissen aus anderen, aber ähnlichen Zusammenhängen (innerfachlich oder fächerübergreifend)
- Herausarbeiten von Gemeinsamkeiten und Unterschieden,
- Herstellen von Alltagsbezügen
- Schlüsse ziehen aus der (gedanklichen) Variation von Parametern
- Erklärung der Zusammenhänge mit schon bekannten Konzepten
- Aufstellen von weiterführenden Hypothesen, Entwicklung von Ideen zur möglichen Überprüfung der Hypothesen, Planen von weiteren Handlungen

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*In welchen Zusammenhängen können die Schülerinnen und Schüler bereits ähnliche Erfahrungen gemacht haben? Welche Konsequenzen ergeben sich wahrscheinlich für die Schülerinnen und Schüler aus den gemachten Erfahrungen und den gezogenen Schlüssen? Wie können die Schülerinnen und Schüler die Ergebnisse weiter nutzen? Welche Antworten auf die Ausgangsfrage können gegeben werden? Welche weiteren Fragen schließen sich an?*

#### 4.1.5 Bemerkungen

Aus der fachdidaktischen Forschung ist bekannt, dass insbesondere kognitiv fordernde Aktivitäten beim Experimentieren wichtig für den Lernerfolg sind (Millar, 2004; Hofstein & Lunetta, 2004; Minner, Levy & Century, 2009). In der PISA-Studie wurde 2006 die Wirksamkeit verschiedener Unterrichtsskripte verglichen. Demnach erreichte ein Unterrichtsskript, in dem weniger Gewicht auf die Durchführung von Experimenten und vor allem das Planen von Experimenten gelegt wird, die besten Ergebnisse für die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen und naturwissenschaftsbezogener Interessen. Die Autoren folgern daher, dass Unterricht dann förderlich ist, wenn Schülerinnen und Schüler „zwar die Gelegenheit zum eigenständigen Experimentieren haben, aber in einem ähnlich hohen Umfang Schlussfolgerungen aus Experimenten ziehen, eigene Erklärungsansätze entwickeln und naturwissenschaftliche Konzepte auf den Alltag übertragen“ (Seidel, Prenzel, Wittwer & Schwindt, 2007, S. 11).

In deutschem Physikunterricht kommt das Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung mit einem Anteil von 30% bis 40% der Unterrichtszeit vor (Reyer, 2004, Trendel, Wacker-  
mann & Fischer, 2007).

In einem Ländervergleich zwischen Deutschland, Finnland und der Schweiz wurden jedoch Unterrichtsstunden mit dem Schwerpunkt auf „Lernen durch Eigenerfahrung“ fast nur in Deutschland gefunden (Geller, Neumann & Fischer, 2014). Gleichzeitig fiel der Lernzuwachs für Deutschland deutlich schlechter als für die anderen beiden Länder aus, sodass für Klassen, in denen der Unterricht auf Lernen durch Eigenerfahrung fokussierte, ein signifikant geringerer Lernerfolg festgestellt wurde. Die Autoren betonen jedoch, dass dieser Zusammenhang nicht mehr nachweisbar ist, wenn der Ländereffekt herausgerechnet wird. Somit kann dieser Befund nur als Hinweis dahingehend bewertet werden, dass ein vor allem auf Lernen durch Eigenerfahrung aufbauender Unterricht weniger lernwirksam sein könnte. In derselben Studie wurden außerdem (länderübergreifend) zwei grundsätzliche Typen für die Kombination von Lernen durch Eigenerfahrung beschrieben: Dabei dominierte der Typus „Konzeptarbeit“, bei dem Lernen durch Eigenerfahrung zur Vorbereitung der Konzeptbildung (z.B. zur Generierung von Vorwissen oder als Prototyp) stattfindet, gegenüber dem Typus „Konzeptsicherung“, bei dem das Lernen durch Eigenerfahrung im Nachgang zum aktiven Umgang mit dem neuen Konzept eingesetzt wird. Das bedeutet, dass Erfahrungen in erster Linie mit Alltagsbegriffen erfasst werden, weniger aber physikalische Konzepte zur Beschreibung von Erfahrungen herangezogen werden. Letzteres erscheint aber wichtig, um die Sinnhaftigkeit und den Nutzen physikalischer Modelle zu verdeutlichen (v. Aufschnaiter & Rogge, 2010).

In unserer Lehrerfortbildung haben wir den Lehrkräften geraten, eine Substitution einzelner Handlungskettenschritte durch ein anderes Basismodell möglichst zu vermeiden, weil dadurch zwei Zielsetzungen mit unterschiedlicher Gewichtung überlagert werden. Dadurch kommt das Ziel des eingebetteten Basismodells in der Regel zu kurz. Stattdessen ist es immer auch möglich, die beiden Basismodelle gleichwertige nacheinander durchzuführen. Die relative Gewichtung der Basismodelle und ihrer Ziele ist aber letztlich eine didaktische Entscheidung.

Tabelle 4.1: Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung

HKS	Lernen durch Eigenerfahrung	Aktion	Ergebnis
1	Planung der Handlungen	Vorgabe oder Erarbeitung eines Handlungsplans; keine Begriffsklärung, Variablenklärung oder bewusste Hypothesenbildung	Handlungsplan
2	Durchführung der Handlungen	unstrukturiertes exploratives Ausprobieren und Beobachten an einem Handlungsgegenstand ohne konkrete inhaltliche Zielsetzung	konkrete personale Erfahrung als implizites, unstrukturiertes, episodisches Wissen
3	Konstruktion von Bedeutung	Bewusstmachung der Erfahrung durch Benennen relevanter Erfahrungen	explizites deklaratives Wissen
4	Generalisierung der Erfahrung	Vergleichen der Erfahrungen und Herausarbeiten gemeinsamer und unterschiedlicher Erfahrungen; qualitative oder halbquantitative Formulierung konkreter Beobachtungen ohne darüber hinausgehende Deutungen	entpersonalisiertes Wissen
5	Reflexion von ähnlichen Erfahrungen	Transfer in andere Erfahrungssituationen; Dekontextualisierung des episodischen Wissens	dekontextualisiertes, entpersonalisiertes, explizites, unstrukturiertes deklaratives Wissen

Nach handelnder Auseinandersetzung mit einem konkreten Lerngegenstand wird die individuelle, episodische Erfahrung verglichen und verallgemeinert.

## 4.2 Basismodell „Konzeptbildung“

### 4.2.1 Lernpsychologische Grundlagen

Wissen wird nach der Vorstellung der kognitiven Psychologie in Netzwerken bedeutsam aufeinander bezogener Begriffe und Konzepte gespeichert (vgl. Zimbardo, 1995). Lernen bedeutet demnach entsprechende Netzwerke aufzubauen. Piaget beschreibt kognitive Entwicklungen als einen Prozess der Äquilibration, d.h. der Anpassung an die Umwelt durch die Integration neuer Informationen in die bestehenden Wissensstruktur (Assimilation) oder den Umbau der Wissensstruktur (Akkommodation). Die Äquilibration dient also der Organisation von Wissen und Erkenntnis durch Differenzierung und Modifikation der kognitiven Strukturen in Richtung auf Stimmigkeit und flexible Anwendbarkeit. Ein radikaler Konzeptwechsel (Akkommodation), bei dem durch einen kognitiven Konflikt eine Desäquilibration ausgelöst wird, geschieht eher selten. Eine allmähliche Erweiterung bzw. Modifikation (Assimilation) durch neue Erfahrungen erfolgt dagegen häufig. Dabei findet Konzepterweiterung durch Aufbau von neuem Wissen und Konzeptbildung durch Integration des Neuen in ein bestehendes Wissenssystem statt. Wissen wird anscheinend in Schemata organisiert, die generelle begriffliche Rahmen oder Wissensstrukturen darstellen und Vorannahmen über bestimmte Gegenstände, Menschen und Situationen und die Art ihrer Beziehungen enthalten. Neue Informationen werden vor dem Hintergrund der Erwartungen bereits bestehender Schemata interpretiert. Dadurch kann es zu Verzerrungen in der Wahrnehmung kommen. Beim Konzeptlernen werden Arten von Gegenständen, Ereignissen, Eigenschaften oder Zusammenhängen kategorisiert und mit einem Begriff benannt. Dem Prototypen-Ansatz zufolge wird ein Konzept als Mitglied einer Kategorie identifiziert, wenn es dem Prototyp dieser Kategorie ähnlicher ist als dem Prototyp jeder anderen Kategorie. Viele Begriffe und Konzepte in unserem Alltagsleben sind nämlich so beschaffen, dass es ein Bündel von Merkmalen gibt, die von unterschiedlichen Beispielen des Konzepts geteilt werden, es jedoch kein Merkmal gibt, das alle Beispiele gemeinsam aufweisen. Die Schemata enthalten vorgefasste Meinungen und Erwartungen darüber, welche Attribute für bestimmte Konzepte oder Kategorien typisch sind. In diesem Rahmen ist Verstehen (wie Wahrnehmen und Erinnern) ein konstruktiver und rekonstruktiver Prozess, bei dem wir uns auf bestehende kognitive Strukturen verlassen, um neue Informationen mit so viel Sinn wie möglich auszustatten. Dementsprechend sind Konzepte nicht nur Wissenselemente, sondern dienen auch als Ankerpunkte für unterschiedliche Sichtweisen, mit denen man Gegenstandsbereiche betrachten kann: Untersucht man z.B. elektrische Stromkreise aus der Perspektive („mit der Brille“) des Materiekonzepts, so ergeben sich andere Gesichtspunkte und Zusammenhänge als bei einer Perspektive unter Verwendung des Systemkonzepts oder Energiekonzepts. Manche Dinge können erst gründlich verstanden werden, wenn man mehrere dieser Sichtweisen miteinander kombiniert.

Konzepte haben folgende Eigenschaften:

- Konzepte erlauben die Reduktion der Erlebnisvielfalt, indem sie unterschiedliche Dinge mit übereinstimmenden Attributen zu einer gemeinsamen Klasse zusammenfassen. (Weinert und Waldmann, 1988).
- Konzepte werden gemäß neuerer Vorstellungen nicht mehr nur in möglichst exakten Aufzählungen ihrer Merkmale repräsentiert, sondern sie definieren sich vor allem über Prototypen als repräsentative Beispiele.
- Konzepte umfassen dementsprechend in einem größeren Rahmen Sichtweisen der Welt, Wissensinhalte, Begriffe und mit ihnen verknüpfte Bilder, Vorstellungen über Gültigkeitsbereiche und Annahmen über Zusammenhänge zwischen Wissenselementen.

- Konzepte können auf verschiedenen Ebenen formuliert werden. Leitideen wie die naturwissenschaftliche Sichtweise der Welt oder die Einteilung der Naturwissenschaften in ihre Teildisziplinen sind Konzepte mit einem sehr hohen Abstraktionsniveau und Komplexitätsgrad. So genannte *Basiskonzepte* wie Materie, Energie, System besitzen einen hohen Vernetzungsgrad und damit eine große Erklärungsmächtigkeit. Einfache Fachbegriffe stehen am anderen Ende der Komplexitätsskala.
- Konzepte sind in sozialen Kontexten entstanden und dienen der Kommunikation in einer Sprachgemeinschaft. In unterschiedlichen Kontexten können die gleichen Begriffe oder Wörter unterschiedliche Bedeutungen repräsentieren.
- Schülerinnen und Schüler verfügen bereits über eine Vielzahl von stabilen Konzepten, die im Alltag erworben wurden und sich dort bewährt haben, aber auch über wenig belastbare Wissensfragmente.
- Manche Konzepte sind sehr beständig und lassen sich schwer durch andere ersetzen. Ein dafür erforderlicher Konzeptwechsel verlangt eine Erschütterung von Denkmustern (Desäquilibration) durch einen kognitiven Konflikt. Solch ein radikaler Konzeptwechsel geschieht eher selten, eine allmähliche Erweiterung bzw. Modifikation durch neue Erfahrungen dagegen häufig. Kognitive Konflikte sind für den Unterricht kaum planbar.

In der Physikdidaktik wird nicht mehr der Anspruch erhoben, Alltagskonzepte von Schülerinnen und Schülern durch wissenschaftliche Konzepte ersetzen zu wollen, sondern lediglich, die wissenschaftlichen Konzepte zusätzlich neben den Alltagskonzepten aufzubauen. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, die verschiedenen Konzeptualisierungen zu unterscheiden und zwischen beiden Perspektiven wechseln zu können.

Theoretische Grundlagen: Schema-Theorien nach Piaget z.B. bei Aebli (1983); Theorien zum Konzeptwechsel und zur Konzeptentwicklung (Posner et al., 1982; Thagard, 1992; diSessa, 1993; Weinert und Waldmann, 1988), Theorien des Konstruktivismus nach v. Glasersfeld (1996).

### 4.2.2 Kompetenzziele

Die Entwicklung von Konzeptkompetenzen ist vor allem notwendig zum Verständnis von Zusammenhängen, für die Entstehung von vernetztem Wissen und für den sicheren Gebrauch dieses Wissens in Anwendungssituationen.

Mit Konzeptbildung werden vor allem folgende Prozess-Kompetenzen gefördert:

- Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (Reflektieren, Verknüpfen, Anwenden)
- Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen und Argumente (Kooperieren, Kommunizieren, Argumentieren, Präsentieren)

### 4.2.3 Einbettung in den Unterricht

Strategien für Konzeptbildung sind typischerweise:

- „Anknüpfen“: Alltagserfahrungen werden als Ausgangspunkt für eine kontinuierliche, bruchlose Konzeptentwicklung genommen, wenn sie wenig oder überhaupt nicht mit wissenschaftlichen Erklärungen kollidieren.
- Bestehende, schon im Unterricht erworbene Konzepte werden aufgegriffen und bewusst gemacht, anschließend wird dargestellt, in welcher Hinsicht sie erweitert werden sollen. Dies geschieht mit der Vorstellung oder Bearbeitung eines Prototyps für das neue Konzept.

- Konzeptentwicklung ist meist das Produkt eines Aushandelns von Bedeutung in einer Gemeinschaft oder zwischen Gemeinschaften (z.B. zwischen Physikerlehrkräften und Schülerinnen und Schülern). Dieses schließt eine Vergewisserung ein, ob das Aushandeln erfolgreich war.
- Im Unterricht verlangt Konzeptentwicklung meist eine relativ starke Strukturierung durch die Lehrkraft. Auch wenn Experimente oder Demonstrationen zur Verdeutlichung des Konzepts genutzt werden, hat Konzeptentwicklung mehr den Charakter des Zeigens und Erklärens als den der Eigenerfahrung der Schülerinnen und Schüler. Trotzdem ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler den Prozess der Konzeptbildung verstehen. Dazu ist es notwendig, sich dieses an einem Beispiel klar zu machen, dann aber zu dekontextualisieren und die Fruchtbarkeit in anderen Anwendungsbereichen zu überprüfen.
- Das Gelingen von Konzeptbildung wird wesentlich erleichtert, wenn Lehrkräfte gut informiert sind über typische „Alltagskonzepte“, typische Verständnisschwierigkeiten und Missverständnisse von Schülerinnen und Schülern. Informationen darüber sind aus einer reichhaltigen Forschungsliteratur dazu zu gewinnen und vor allem auch aus eigenen Lehrerfahrungen bei sorgfältiger Beobachtung der Lernenden.

Das Basismodell Konzeptbildung entspricht im Wesentlichen dem von Aebli (1983) postulierten vollständigen Lernprozess mit den Phasen „Problemlösender Aufbau“, „Durcharbeiten“, „Üben“, „Anwenden“ (PADUA). Dieser wurde von Reusser (1999) weiter aufgeschlüsselt in das KAFKA-Modell der Lernaktivitäten der Schülerinnen und Schüler und das SAMBA-Modell der Lehraktivitäten der Lehrperson:

Tabelle 4.2:  
Das KAKFA-Modell von  
Reusser, 1999

Das KAFKA-Modell der Artikulation vollständiger Lernprozesse (Schülerperspektive)	
<b>K</b> Kontakt herstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ein Problem erfahren, sich darauf einlassen</li> <li>- eine Gegebenheit aufsuchen</li> <li>- Konfrontation mit einem Gegenstand</li> </ul>
<b>A</b> Aufbauen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strukturbildung/Konstruktion</li> <li>- Wissens- und Konzeptaufbau</li> <li>- Verstehen, Verknüpfen, Einsicht, Klarheit</li> </ul>
<b>F</b> Flexibilisieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beweglichkeit, Vernetzung, Vertiefung</li> <li>- Durcharbeiten</li> <li>- Integration ins Vorwissen</li> <li>- Systembildung</li> </ul>
<b>K</b> Konsolidieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einüben, Einprägen</li> <li>- Festigen, Wiederholen</li> </ul>
<b>A</b> Anwenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transfer, Lernübertragung</li> <li>- Wissensnutzung</li> <li>- Ausführen</li> </ul>

Das SAMBA-Modell als Grundfigur des lernunterstützenden didaktischen Handelns (Lehrerperspektive)	
<b>S</b> Situieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lernumgebung, Lernsetting schaffen</li> <li>– Konstruktion/Design von Lernaufgaben</li> <li>– Ausrichten auf ein Ziel</li> </ul>
<b>A</b> Anstoßen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anknüpfen an/Aktivieren von Vorwissen</li> <li>– Aufmerksamkeit wecken</li> <li>– Motivieren</li> </ul>
<b>M</b> Modellieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorzeigen, Modellierung von Zieltätigkeiten</li> <li>– Strukturbildung initiieren</li> </ul>
<b>B</b> Begleiten, Beraten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Unterstützung, adaptive Hilfe</li> <li>– Coaching, Scaffolding</li> <li>– Lernberatung</li> </ul>
<b>A</b> Auswerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Artikulation von Lernergebnissen</li> <li>– Erfolge auswerten, Defizite feststellen</li> <li>– Arbeitsrückschau (inhaltlich, methodisch)</li> </ul>

Tabelle 4.3:  
Das SAMBA-Modell von  
Reusser, 1999

1. Zuerst wird ein *Kontakt mit dem Lerngegenstand* hergestellt, indem die Lehrperson ein *Setting* schafft. Durch eine Inhaltsangabe, Aktivierung des Vorwissens oder eine Problemstellung wird dem Lernenden die Bedeutung, der Zweck einer Lektion bewusst und er ordnet die Anforderungen, die an ihn gestellt werden, ein.
2. Weiter gilt es beim Lernenden *Lernprozesse anzuregen*: Die Lehrperson hält interessantes Material und Problemstellungen bereit, um den Lernenden die Gelegenheit zu geben, aktiv zu werden und neue Strukturen zu bilden. Der Lernende sucht Zugang zum Material und baut Wissen auf. Damit erweitert er auch sein Können. Dies kann während fragend-entwickelnder Unterrichtsphasen oder beim selbstständigen Lösen komplexer Probleme, beim anspruchsvollen Üben oder gar Entdecken geschehen.
3. Sodann muss das aufgebaute Wissen *flexibilisiert* werden; zentral dabei ist das Herausarbeiten der Struktur beim operativen Durcharbeiten, etwa beim gemeinsamen Lösen eines Problems im Klassenverband oder bei der Sicherung eines Lernergebnisses. Ebenso sind für diese Phase im Lehr-Lernprozess Unterrichtssequenzen des Austauschs und der Systematisierung zentral. Verschiedene Sichtweisen und Lösungswege sollten besprochen, reflektiert und verglichen werden.
4. Die *Konsolidierung* des Wissens erfolgt im Zuge verschiedener Übungsphasen.
5. Darauf folgt die *Anwendung* des Wissens auf neue Kontexte, in welchen ein konkreter Lösungsweg aufgrund des erlangten Wissens selbst entwickelt werden muss. (nach Hugener, 2006, S. 89)

#### 4.2.4 Handlungskettenschritte

##### 1. Bewusstmachung des Vorwissens

Aktionen:

- Motivation für die Einführung eines neuen Begriffs oder Konzepts (Ziel der Stunde),
- Aktualisierung und Aktivierung des notwendigen Wissens,
- Advance Organizer: Der fachliche Rahmen, in dem ein neuer Begriff oder ein neues Konzept entwickelt werden soll, wird abgesteckt, indem das vorhandene Wissen im Zusammenhang wiederholt und zusammengefasst wird. Bestehende Vorstellungen und (neue) Erfahrungen werden erhoben, Gründe für die Einführung eines neuen Begriffs oder Konzepts werden erarbeitet (z.B. Präzisierung oder Verallgemeinerung).

meinerung/Erweiterung). Dadurch wird im Sinne eines Advance Organizers das weitere Vorgehen vorstrukturiert.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Habe ich darauf geachtet, dass jeder Schüler/jede Schülerin weiß, auf welchem Wissen das zu lernende neue Konzept aufbaut bzw. welche Erfahrungen in ihm zusammengefasst werden sollen? Müssen neue Phänomene bzw. neues Wissen berücksichtigt oder neue Erfahrungen gemacht werden, die die Notwendigkeit der Konzepterweiterung verdeutlichen? Wie ist meine Rolle als Lehrkraft? Was muss ich einfach zeigen und erklären, was können Schülerinnen und Schüler selbst leisten?*

## 2. Durcharbeiten eines Prototyps

Aktionen:

- Erarbeitung des neuen Begriffs oder Konzepts: Ein neuer Begriff oder ein neues Konzept wird anhand eines gut gewählten Beispiels oder prototypischen Musters vorgestellt und erarbeitet, z.B.
  - durch die Lehrkraft oder als Selbstlernaufgabe der Schülerinnen und Schüler,
  - mit einer Beispielaufgabe oder einem Lernarrangement,
  - durch ein Demonstrationsexperiment oder ein Schülerexperiment,
  - durch ein Unterrichtsgespräch oder mithilfe von Fachliteratur (Fachtext).

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Welches prototypische Muster kann ich wählen, an dem alle wesentlichen Elemente des neuen Konzepts deutlich werden? Ist dieser Prototyp einsichtig, fachlich relevant, eindeutig genug, in Komplexität und Schwierigkeit meiner Lerngruppe angemessen?*

## 3. Beschreiben der wichtigsten Merkmale des neuen Konzepts

Aktionen:

- Abstrahierung des neuen Konzepts aus dem Prototypen,
- Analyse/Synthese/Vergleichen/In-Beziehung-Setzen/Abgrenzen: Es wird beschrieben, was an dem vorgestellten Begriff oder Konzept neu und wesentlich ist, wie es sich in das bestehende Wissen einordnet und was den Unterschied zum Vorwissen ausmacht,
- Sicherung: Festhalten des neuen und Abgrenzen gegen das alte Wissen.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Wie kann allen Schülerinnen und Schülern klar werden, was die wesentlichen Merkmale und Prinzipien sind? Wie kann ich mich darüber vergewissern? Wo gilt das neue Konzept eventuell nicht? In welcher Form muss/kann das neue Konzept gesichert werden?*

#### 4. Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept

Aktionen:

- Der Prototyp wird systematisch abgewandelt.
- Übungsaufgaben mit ansteigender Schwierigkeit, die sich zunehmend vom Prototyp entfernen. Die Aufgaben sollten sich zunächst nah an den Prototyp halten, um das neue Konzept zu stützen und nicht gleich Sonder- und Spezialfälle zu behandeln
- Experimentelle Überprüfung von Vorhersagen des neuen Konzepts
- Ausdifferenzierung: Vergleichen/In-Beziehung-Setzen/Abgrenzen mit anderen, bereits bekannten Konzepten und Beispielen auf verschiedenen Repräsentationsebenen.
- Beispiele zur Anwendung werden genutzt, um zu analysieren, welche Elemente des neuen Begriffs oder Konzepts zum Verständnis und zur Bearbeitung der Anwendungssituation wesentlich sind und wie sie genutzt werden.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Welche Fähigkeiten hinsichtlich des neuen Konzepts müssen geübt werden? In welchen Bereichen ist ein aktiver Umgang sinnvoll, welche physikalischen oder technischen Probleme können Schülerinnen und Schüler damit lösen? Welche Wechsel der Darstellungsebene sind möglich? Welche neuen Perspektiven können sich daraus ergeben? Welche Sonder- oder Spezialfälle sollten behandelt werden?*

#### 5. Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten

Aktionen:

- Transfer und Vernetzung: Es wird in verschiedenen Kontexten geprüft, inwieweit ein Begriff oder Konzept zur Klärung oder Erklärung von Zusammenhängen fruchtbar ist.
- Ein neues Konzept wird in einen komplexeren Zusammenhang eingebettet und mit bestehendem Wissen (horizontal und vertikal) vernetzt.
- Es werden Bezüge zur Alltagswelt aufgezeigt.
- Es werden Querverbindungen zu anderen Themenbereichen hergestellt.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Welche übergreifenden Prinzipien kann man mit der konzeptuellen Erweiterung demonstrieren? Wie lässt es sich in ein fachliches Gebiet einordnen? Warum ist es wichtig für fachliches oder technisches Verständnis? Wie weitgehend und wie erweiterungsfähig ist dieses Konzept? Wann kann man es in zukünftigen Zusammenhängen wieder aufgreifen?*

#### 4.2.5 Bemerkungen

Zentral für das Basismodell Konzeptbildung ist, dass die Lehrkraft als „Experte“ neuartige Informationen einbringt und für die Schülerinnen und Schüler aufbereitet. Ein derartiges Vorgehen der „direkten Instruktion“ (direct instruction) hat sich – insbesondere für strukturelles Wissen – vielfach als sehr lernwirksam erwiesen (Gruehn, 2000; Hattie, 2008). Damit wird aber keineswegs der Lehrervortrag als Vermittlungsmethode präferiert. Vielmehr kann das direkte Lernangebot auch durch stärker kognitiv aktivierende Unterrichtsmethoden wie z.B. kooperative Lernformen realisiert werden (vgl. Abschnitt 5.2).

Das übende Lernen anhand von Beispielaufgaben (worked examples) ist gut erforscht. Demnach sind Lösungsbeispiele besonders in den ersten Phasen des Wissenserwerbs hilfreich, während herausfordernde Aufgaben das Lernen erst in den letzten Phasen des Wissenserwerbs unterstützen (Kalyuga, Renkl & Paas, 2010). Es sollte eine Serie von Beispiele und Übungsaufgaben geben, in denen zunehmend Lösungsschritte weggelassen werden bzw. langsam der Schwierigkeitsgrad ansteigt. Dadurch werden Selbsterklärungen für die Lösungsschritte angeregt (Renkl, Atkinson & Große, 2004). Zusätzlich sind Hinweise (Prompts) nützlich, die Selbsterklärungen einfordern (Renkl, 2005). Dahinter steckt das Prinzip, das neue Konzept zunächst durch einfache, zum Prototyp ähnliche Übungsaufgaben zu stabilisieren, bevor es durch komplexe Aufgabenstellungen herausgefordert oder in Frage gestellt wird.

Der Handlungskettenschritt 5 erwies sich in der Fortbildung als ausgesprochen fruchtbar für eine Kompetenzorientierung des Unterrichts. Die Suche nach Transfermöglichkeiten lenkt den Blick auf die übergeordneten Kompetenzen und führt zu einer besseren Unterscheidung zwischen dem Unterrichtsinhalt, d.h. dem Konzept, und dem Unterrichtsgegenstand, an dem das Konzept erarbeitet wird. So wurde aus einer Stunde zum Hook'schen Gesetz dann eine Stunde zum Konzept der linearen Zusammenhänge am Beispiel des Hook'schen Gesetzes mit Transfer zur Gewichtskraft und zum Ohm'schen Gesetz.

Das Basismodell Konzeptbildung kommt in deutschem Physikunterricht der Sekundarstufe I und vor allem der Sekundarstufe II mit einem Anteil von ca. 45% am häufigsten vor (Reyer, 2004; Trendel, Wackermann & Fischer, 2007; Gerber 2007; Geller, Neumann & Fischer, 2014). Zum Basismodell Konzeptbildung wurden zwei unterschiedliche Umsetzungstypen identifiziert (Gerber, 2007; Geller, 2014): Im ersten Typus „Konzepterarbeitung“ liegt der Schwerpunkt auf dem Durcharbeiten den Prototyps (KB 2). Dies erfolgt oft fragend-entwickelnd. Beim zweiten Typus „Konzeptsicherung“ dagegen wird der aktive Umgang mit dem neuen Konzept stärker betont. Der erste Typus ist der in Deutschland vorherrschende, wogegen der zweite Typus häufiger in finnischem Unterricht umgesetzt wird. Dort wird ungefähr nur halb so viel Zeit auf die Erarbeitung verwendet wie in deutschem Unterricht und dafür etwa das Vierfache der Zeit auf den aktiven Umgang mit dem neuen Konzept und die Verallgemeinerung (Geller, 2014). Aus der Tatsache, dass in derselben Studie die finnischen Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt einen höheren Lernzuwachs hatten als die deutschen, könnte man die Empfehlung ableiten, Konzepte im Unterricht weniger zu erarbeiten und mehr zu üben (vgl. auch Herweg, 2006; Navjar, Navjarova & Janik, 2009). Beim aktiven Umgang wird der Prototyp nämlich im Rückbezug von den Schülerinnen und Schülern mit rekonstruiert. In unserer Fortbildung bewirkte das Coaching dagegen, dass die Lehrkräfte mehr Zeit auf den Prototyp verwendet haben als vorher. Auch das scheint gut funktioniert zu haben. Entscheidend ist vermutlich, mit welcher Verarbeitungstiefe sich die Schülerinnen und Schüler mit den Beispielen und Übungen zum Konzept jeweils auseinandergesetzt haben.

Entsprechend der beiden Typen Konzepterarbeitung und Konzeptsicherung findet man auch typische Formen der Einbettung der beiden Basismodelle Lernen durch Eigenerfahrung bzw. Problemlösen im regulären Unterricht. Lernen durch Eigenerfahrung wird sowohl bei der Erarbeitung vor der Generalisierung des Konzepts (Handlungskettenschritt 3) als auch danach bei der Anwendung und Sicherung des Konzepts eingeschoben. Hierzu sei auf die Anmerkungen in Abschnitt 4.1.5 verwiesen. Problemlösen findet man dagegen vorwiegend als Problemaufriss in der Erarbeitung (Geller, 2014). Dies entspricht dem forschend-entwickelnden Unterricht nach Schmidtkunz und Lindemann (1976), das als eine Form des dynamischen Problemlösens angesehen werden kann (vgl. Kapitel 4.3). Maurer und Rincke (2014) haben das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (Konzeptaufbau mit eingebettetem Problemlösen) mit einem Unterrichtsgang verglichen, der als Konzeptaufbau mit eingebettetem Lernen durch Eigenerfahrung gestaltet war. Dabei

---

wurde letzterer positiver von den Schülerinnen und Schülern beurteilt und führte auch zu besseren Lernerfolgen.

Den Einfluss der Taktung auf die Strukturiertheit und Vollständigkeit regulärer Stunden (damit sind Stunden von Lehrkräften gemeint, denen die Basismodelle nicht bekannt sind) haben Stender, Geller, Neumann und Fischer (2013) untersucht. Sie stellten fest, dass in Stunden zu 45 Minuten die Handlungskettenschritte 1 und 2 anteilig weniger häufig vorkommen als in Doppelstunden, der Handlungskettenschritt 4 (aktiver Umgang) dafür aber mehr. Die Handlungskettenschritte 2 und 5 hatten in etwa den gleichen Anteil. Dies scheint darauf zurückzuführen zu sein, dass nach der Beschreibung der Merkmale (Handlungskettenschritt 3) eine natürliche Abbruchstelle liegt. Bei zwei Einzelstunden wurden daher die ersten Handlungskettenschritte stärker zusammengedrängt, um in der zweiten Stunde direkt mit dem aktiven Umgang beginnen zu können. Bei einer Doppelstunde dagegen kann der Handlungskettenschritt 3 in die zweite Hälfte hineinreichen. Außerdem wurde in den nicht gecoachten Doppelstunden die Zeit eher für eine iterative Erarbeitung weiterer Inhalte genutzt, anstatt das Basismodell zu einem Inhalt zu Ende zu führen. In unserer Lehrerfortbildung dagegen konnte für gecoachte Unterrichtsstunden eine höhere Vollständigkeit der Basismodelle für Doppelstunden in dem Sinn gefunden werden, dass nur ein Basismodell zu einem Inhalt, dafür aber bis zum letzten Handlungskettenschritt, durchgeführt wurde.

HKS	Konzeptbildung	Aktion	Ergebnis
1	Bewusstmachung des Vorwissens	a) Bewusstmachung des bereits vorhandenen Wissens über das neue Konzept b) Aktivierung der notwendigen Vorkenntnisse für den Prototypen	a) explizite Präkonzepte b) explizites, verfügbares Vorwissen
2	Durcharbeiten eines Prototyps	Einführen und Durcharbeiten eines prägnanten Prototyps als valides Beispiel des neuen Konzepts	explizites Wissen über den Prototypen
3	Beschreiben der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	Analyse, Abgrenzung und Eingliederung der wesentlichen Kategorien und Prinzipien, die das neue Konzept definieren, durch Vergleichen, in Beziehung setzen, Einschließen, Trennen usw. mit anderen (Prä-)Konzepten	strukturiertes, explizites Wissen über das Konzept und seine Grenzen
4	Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	Anwenden des Konzepts in verschiedenen Beispielen, die Variationen des Prototyps sind	inaktive, ikonische oder symbolische Repräsentationen des Konzepts; unstrukturiertes Wissen über den Anwendungsbereiche des Konzepts
5	Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	Transfer des Konzepts auf andere zum Prototyp analoge Beispiele und Gebiete	explizites, strukturiertes, vernetztes (deklaratives bzw. prozedurales) Wissen über das Konzept und seine Anwendungsbereiche

Aus einem konkreten Prototyp wird ein exemplarisches Schema entwickelt, verallgemeinert und abstrahiert.

Tabelle 4.4: Basismodell Konzeptbildung

## 4.3 Basismodell „Problemlösen“

### 4.3.1 Lernpsychologische Grundlagen

Man kann zwei verschiedene Arten des Problemlösens unterscheiden, das *analytische* und das *dynamische oder explorative Problemlösen* (Leutner et al., 2004). Beim *analytischen Problemlösen* wird bestehendes Konzept- und Handlungswissen genutzt, um einen Lösungsweg für wohldefinierte Probleme zu finden. *Dynamisches Problemlösen* ist dagegen durch das Fehlen von Informationen in der Problemstellung gekennzeichnet (Leutner et al., 2004). Durch das Erschließen der fehlenden Informationen auf Grundlage von Vorwissen und Erfahrung in einem feedbackgesteuerten Prozess wird neues Wissen generiert. Probleme sind somit theoretische oder praktische Aufgabenstellungen, die sowohl als reine Problemlösung (ohne Lernerwartung) als auch als Lernaufgaben gedacht sein können. Im ersten Fall steht die Aneignung von fachlichen Problemlösefähigkeiten als Zweck im Vordergrund. Das neu aufgebaute Wissen wird als Prozess erfahren und in der reflektierenden Arbeitsrückschau in Strategiewissen transformiert. Im zweiten Fall ist das Problem Mittel zum Erwerb von Grundlagenwissen als fachliches Produkt. Hierunter fällt auch das forschend-entwickelnde Lehrverfahren von Schmidtkunz und Lindemann (1976), das als eine Kombination von Problemlösen mit anschließender Konzeptbildung betrachtet werden kann. In unserer Lehrerfortbildung haben wir als Problemlösekompetenz dagegen das analytische Problemlösen für das Basismodell Problemlösen in den Mittelpunkt gestellt.

Problemlöseaufgaben sind nach Dörner (1979) und Smith (1991) durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

- Sie erfordern analytisches Denken und zielgerichtetes Argumentieren im Hinblick auf eine angestrebte Lösung.
- Sie besitzen einen Anfangszustand und einen Endzustand und eine kognitive Barriere, die den Übergang zwischen den Zuständen zunächst verhindert.
- Die Lösung von Problemen verlangt mehr als einfaches Wiedererkennen oder Erinnern einer Abfolge von Handlungsschritten.
- Sie können nicht vollständig durch ein bekanntes oder vorgegebenes Verfahren (algorithmisch) gelöst werden (in Abgrenzung zu Aufgaben, die der Routinebildung dienen).
- Die Lösung eines Problems ist nur auf der Basis eines tieferen Verständnisses des zugrundeliegenden Inhaltsbereichs möglich.

Zur weiteren Abgrenzung von einfachen Aufgabenstellungen wird oft noch gefordert, dass eine Problemaufgabe verschiedene Lösungswege ermöglichen sollte.

Theoretische Grundlagen: Problemlösetheorien (Dewey, 1910; Duncker, 1935; Wertheimer, 1945; Dörner, 1979; Smith, 1991; Klausner, 1998; Friege, 2001; Leutner et al., 2004).

### 4.3.2 Kompetenzziele

Problemlösen als aktive Lernform wird benötigt zur Bearbeitung komplexerer, häufig anwendungsbezogener Aufgaben und Vorhaben. Es dient dazu, die Tragweite und den Nutzen von erworbenen Konzepten auszuloten und die Expertise darin zu steigern. Es greift auf vernetztes Wissen zurück und dient gleichzeitig dazu, vorhandenes Wissen zu vertiefen und weiter zu vernetzen. Problemlösen setzt wenigstens partiell Faktenwissen und strukturelles Wissen im zu behandelnden Inhaltsbereich voraus.

Durch Problemlösen werden vor allem folgende Prozesskompetenzen der Bildungsstandards gefördert:

- (Herstellen von und) Umgang mit Evidenz (Planen, Untersuchen, Schlussfolgern).
- Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (Reflektieren, Verknüpfen, Anwenden).

### 4.3.3 Einbettung in den Unterricht

Von Dewey (1910) stammen die folgenden fünf Phasen eines reflektierenden Denkaktes:

Tabelle 4.5:  
Die Phasen eines vollständigen reflektierenden Denkaktes von Dewey (1910) mit erläuternder Ausarbeitung von Reusser (2005) (rechte Spalte).

1) Bemerkung einer Schwierigkeit: Beunruhigung, Ungewissheit, Zweifel, Staunen, Irritation („a felt difficulty“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spüren eines Problems: kognitive Lücke, Konflikt, Widerspruch, Ungleichgewicht, Diskrepanz zwischen Zielen und Mitteln</li> <li>- Problemkonfrontation: erste, in der Regel noch unscharfe Wahrnehmung des Problems</li> </ul>
2) Abgrenzung der Schwierigkeiten („its location and definition“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemdefinition, sprachlich-begriffliche Analyse von Gegebenheiten und Zielen</li> <li>- Identifikation, Abgrenzung und Präzisierung von Teilproblemen und Erfordernissen</li> </ul>
3) Entstehung einer möglichen Erklärung/ Lösung („suggestion of possible solutions“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösungsansätze suchen, Aktualisierung und Erarbeitung von Wissen</li> <li>- Hypothesen generieren, Einsicht, „Aha!“</li> <li>- Lösungs- und Arbeitsplan erstellen</li> </ul>
4) Durcharbeiten der Lösung, logische Entwicklung der Konsequenzen („development by reasoning of the bearings of the suggestion“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hypothesen, Vermutungen sorgfältig überprüfen, kritisch durchdenken</li> <li>- Synthese der Lösungsschritte, Konkretisierung, Umsetzung der Lösung</li> </ul>
5) Prüfung, Bewährung, Bestätigung, Annahme der Lösung („further observation and experiment leading to its acceptance or rejection“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verifikation, Evaluation, Erprobung und Reflexion</li> <li>- Entscheidung (Akzeptieren, Ablehnen), Kommunikation der Lösung</li> </ul>

In den ersten Veröffentlichungen zu den Basismodellen (Oser & Patry, 1990) werden diese fünf Schritte im Basismodell Problemlösen aufgegriffen, aber in späteren Veröffentlichungen auf vier Handlungskettenschritte reduziert, indem der erste und zweite Schritt zusammengefasst werden (Oser & Baeriswyl, 2001). Den Autoren scheint dabei eher ein analytisches Problemlösen vorzuschweben, bei dem das Problem wohldefiniert ist und der gewünschte Zielzustand vollständig angegeben werden kann. Ein solches Problemlösen zielt vor allem auf den Erwerb von prozeduralem Strategiewissen ab. Die Lösung des Problems bringt aber kaum fachlichen Zugewinn (Reinhold, Lind & Friege, 1999).

Beim problembasierten Lernen sollen die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig das Problem lösen. Es findet also im Gegensatz zur Konzeptbildung keine Phase der Belehrung statt, sondern es wird ein selbstständiges Lernen der Schülerinnen und Schüler erwartet. Problemstellungen können beispielsweise sein:

- offene Experimentieraufgaben,
- Egg-Race-Aufgaben und Optimierungsaufgaben,
- das Herstellen von Geräten mit einer bestimmten gewünschten Funktionsweise (z.B. elektronische Schaltungen, Flugzeuge, Heißluftballons, Raketen, Fernrohre usw.),
- die Entwicklung von Mess- und Untersuchungsverfahren.

Gute Problemlöseaufgaben sind inhaltlich klar und zielbezogen formuliert und knüpfen an Erfahrungen und Vorwissen der Lernenden an. Sie sollten als subjektiv bedeutsam

erlebt werden, neugierig machen, Fragen aufwerfen und herausfordernd sein, indem sie nicht nur eine, sondern mehrere richtige Lösungen ermöglichen und Freiräume für alternative Lösungswege anbieten.

Auf der Metakognitionsebene ist es wichtig, dem hohen Grad an Selbstständigkeit und Kooperation der Lernenden durch die Unterstützung von Arbeitsrückschau, Selbstreflexion und Selbstdiagnose Rechnung zu tragen. Es sollte eine Reflexion und Feedback darüber geben, wie z.B. Wissen (ko-)konstruiert, wie zusammengearbeitet und kommuniziert wurde und welche Strategien sich dabei bewährt haben, aber auch welche Schwierigkeiten aufgetaucht und welche Fehler gemacht worden sind (nach Reusser, 2005).

#### 4.3.4 Handlungskettenschritte

##### 1. Problem verstehen

Aktionen:

- Die Schüler entdecken ein „Hier-und-Jetzt-Problem“ in ihrem Erfahrungsbereich.
- Die Lehrkraft vermittelt ein Problem, indem sie z.B. Diskrepanzerlebnisse zwischen Erwartung und Erfahrung erzeugt.
- Identifizierung von Gegebenem und Gesuchtem.
- Problempräzisierung: Das Problem wird möglichst exakt formuliert, indem die Ausgangsbedingungen und das anzustrebende Ziel (der Stunde) deutlich gemacht werden; die Mittel (der Lösungsweg) sind unbekannt und werden gesucht.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Wie kann allen Schülerinnen und Schülern klar werden, was das Problem ist? Wie kann ich mich darüber vergewissern? Wo gilt das neue Konzept eventuell nicht? In welcher Form kann das Problem präsentiert und festgehalten werden (umgangssprachliche oder fachliche Darstellung, Nutzung von Fachtermini und üblichen Idealisierungen, qualitative oder quantitative Darstellung, Skizzen, Graphen, Formeln)? Wie kann das Ziel eindeutig operationalisiert werden, sodass die Zielerreichung überprüft werden kann?*

##### 2. Entwicklung von Lösungswegen

Aktionen:

- Die Schülerinnen und Schüler schlagen (auch von der Lehrperson als unangemessen beurteilte) Lösungswege vor oder stellen Hypothesen, die sie unter Nutzung von Faktenwissen begründen.
- Es werden mehrere unterschiedliche mögliche Lösungswege (Variation) oder Problemlöseschemata einander gegenübergestellt.
- Für die Lösungswege werden charakteristische Merkmale sowie ihre Vor- und Nachteile benannt.
- Es findet ein Vergleich mit vorher gelösten Beispielproblemen oder Problemschemata statt. Bei fehlenden Problemschemata wird nach (fachlichen) Ordnungsmustern gesucht.
- Es findet eine Auswahl aussichtreicher Lösungswege statt.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Gibt es unterschiedliche Lösungswege für das Problem? Welche Lösungswege können die Schülerinnen und Schüler mit ihrem Wissen vorschlagen? Besteht eine Ambivalenz zwischen den Lösungswegen oder kann man unmittelbar erkennen, welcher Lösungsweg der Beste ist?*

*Nach welchen Kriterien kann man die Lösungswege unterscheiden und sortieren? Welche Lösungswege sollen exemplarisch zum Testen ausgewählt werden? Ist eine Zwischensicherung der Lösungswege erforderlich?*

### 3. Testen von Lösungswegen

Aktionen:

- Durcharbeiten der vorgeschlagenen Lösungswege. Dabei werden eventuell weitere untergeordneter Probleme (Erkennen und Beschaffen fehlender Informationen) bearbeitet.
- Wenn kein zielführender Lösungsweg formuliert werden konnte, besteht die Möglichkeit mittels Trial-und-Error Lösungswege zu explorieren.
- Die Ergebnisse verschiedener Lösungswege werden für den anschließenden Vergleich dokumentiert und für die Präsentation vorbereitet.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*Soll jede Gruppen einen oder mehrere Lösungswege erproben? Werden ausgewählte Lösungswege auf (mehrere) Gruppen verteilt oder soll jede Gruppe ihren eigenen Lösungsweg weiterverfolgen? Welche Hilfen für die Umsetzung der Lösungswege müssen gegeben werden? Welcher experimentelle Aufbau bzw. welches experimentelle Design(Kontrollansatz) ist notwendig, um den Lösungserfolg feststellen zu können und einen Vergleich der Lösungswege zu begünstigen? Welches Material muss vorgehalten werden? Welche Probleme bei der Auswertung und Darstellung können entstehen?*

### 4. Evaluation und Anwendung der Lösungswege

Aktionen:

- Vergleichende Präsentation verschiedener Lösungswege und abwägende Beurteilung.
- Ziel- oder Funktionskontrollen, Kontrolle der Einheiten und Größenordnungen, Plausibilität oder Widersprüche zu Fakten, Grenzfallbetrachtungen; bei Misserfolg eines Lösungsansatzes prüfen, woran es gelegen haben könnte (z.B. unzureichende Problempräzisierung usw.).
- Abstrakte Verallgemeinerung des Lösungswegs als Problemlöseschema; die Übertragbarkeit oder Verallgemeinerbarkeit des gewählten Lösungsweges wird analysiert.
- Bewusstmachen von Problemlösestrategien; Erkennen von Problemklassen, in denen ein solches Schema angewendet werden kann; Vergleich und Abgrenzung von bestehenden Schemata.
- Anwendung des Lösungswegs auf neue Probleme des gleichen Typs.

*Folgende Fragen sollte man sich stellen:*

*In welcher Form können die Schülerinnen und Schüler Ihre Lösungen für das Problem präsentieren? Wie lassen sich die Schülerlösungen vergleichen und einordnen? Was an der erfolgreichen Problemlösung ist übertragbar? Welche vergleichbaren Problemstellungen gibt es? Wie kann das Problemlöseschema dokumentiert und gesichert werden?*

### 4.3.5 Bemerkungen

Das Basismodell Problemlösen bereitete den Lehrkräften in der Fortbildung die größten Schwierigkeiten bei der Umsetzung. Es fiel ihnen schwer, geeignete Problemstellungen zu finden. Vielfach wurde der zweite Handlungskettenschritt nicht explizit durchgeführt. Dem lag das Verständnis zugrunde, dass die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig zur Problemlösung kommen sollten. Dadurch wurden aber die erforderlichen Problemlösekompetenzen bereits vorausgesetzt. Ziel des Basismodells Problemlösen ist aber der angeleitete Erwerb der Problemlösekompetenzen. Hierfür erscheint es unbedingt erforderlich, sich über mögliche Lösungswege auszutauschen, bevor diese durchgeführt werden. Schwächeren Schülergruppen, die zu keinen eigenständigen Lösungsideen gelangen konnten, wird erst durch diese Phase die Möglichkeit gegeben, einen sinnvollen Lösungsweg auszuprobieren. Die wechselseitige Befruchtung führt auch zu besseren Lösungsergebnissen. Außerdem zeigte es sich, dass die Charakterisierung der verschiedenen Lösungswege bereits im zweiten Handlungskettenschritt stattfinden sollte. Dadurch wird von Anfang an der Fokus stärker auf den Lösungsprozess und weniger auf das Lösungsprodukt gelegt. Andernfalls geben sich die Schülerinnen und Schüler im letzten Handlungskettenschritt schnell mit der erfolgreichen Lösung des Problems zufrieden und zeigen wenig Bereitschaft, ihr strategisches Vorgehen zu reflektieren. Aber auch für die Lehrkräfte war es schwierig und ungewohnt, statt der Lösung das Lösungsverhalten auf der Metaebene zu reflektieren.

Das Basismodell Problemlösen nimmt nur einen geringen Anteil von um die 5% bis 10% im regulären deutschen Physikunterricht ein. Zumeist wird es nur wie beim forschend-entwickelnden Unterricht von Schmidt Kunz und Lindemann (1976) verkürzt als Problemaufriss in das Basismodell Konzeptbildung eingebettet (Geller, Neumann & Fischer, 2014). Ein solcher problembasierter Unterricht trägt aber gar nicht oder sogar negativ zum Erwerb deklarativen Wissens bei (Reyer, 2004; Geller, 2014). Das könnte an der unvollständigen Umsetzung des Basismodells liegen. Vor allem der zweite Handlungskettenschritt (Entwickeln von Lösungswegen), der häufig nicht ausreichend umgesetzt wird, ist bedeutsam für den Erwerb von deklarativem Wissen (Vollmeyer & Funke, 1999).

Dagegen scheint es durchaus positive Wirkungen auf das prozedurale Wissen zu geben (Gruehn, 2000; Hattie, 2008). In unserer Fortbildung wurde daher anstelle des Erwerbs von fachlichem Wissen, die Förderung von strategischem Wissen zum Problemlösen in den Mittelpunkt gestellt. Hierfür wird das fachliche Wissen bereits vorausgesetzt. Maynes (2012) weist darauf hin, dass ein solches Problemlösen zur Ausgestaltung der Anwendungsphase bei der direkten Instruktion bzw. dem aktiven Umgang im Basismodell Konzeptbildung geeignet ist. Wir haben in der Fortbildung empfohlen, die beiden Basismodelle nicht zu verschachteln, sondern nacheinander zu durchlaufen. Erstens ist sonst nicht klar, ob die Sicherung des fachlichen Konzeptwissens oder des strategischen Problemlösewissens das Ziel ist und zweitens sollte zunächst das Konzept durch Aufgaben gefestigt werden, die ähnlich zum Prototyp sind, bevor es durch eine komplexe Aufgabenstellung herausgefordert wird (vgl. Abschnitt 4.2.5).

Tabelle 4.6: Basismodell Problemlösen

HKS	Problemlösen	Aktion	Ergebnis
1	Problem verstehen	Formulierung eines Problems durch die Klärung relevanter Unterschiede zwischen Ist- und Sollzustand	explizites Wissen über den Problemraum und seine Grenzen
2	Entwicklung von Lösungswegen	Suchen und Sammeln von Handlungsmöglichkeiten; (implizite oder explizite) Vermutungen über ihre Ergebnisse	explizites, unstrukturiertes Wissen <u>von</u> Lösungswegen im Problemraum
3	Testen von Lösungswegen	Abwägen von Handlungsmöglichkeiten; Auswahl und Realisation einer oder mehrerer konkreter Handlungen	explizites, unstrukturiertes Wissen <u>über</u> Lösungswege im Problemraum
4	Evaluation und Anwendung der Lösungswege	Vergleich und Bewertung der Handlungen und ihrer Ergebnisse; Bewusstmachung und Einordnung der Strategien	explizites, strukturiertes Wissen über Lösungswege in einem bestimmten Problemraum

An einem inhaltlichen Problem mit klarem Lösungsziel und methodischer Offenheit beim Lösungsweg wird eine Strategie gefunden und abstrahiert.

## 5. Aufgaben zur Unterrichtsplanung und -analyse mithilfe der Basismodelle

Im Folgenden werde einige Angebote zur eigenständigen Anwendung und Übung der Basismodelle gemacht. Zunächst werden sechs Planungsaufgaben zu den Basismodellen wiedergegeben, die im Rahmen der Lehrerfortbildung eingesetzt wurden. Zu jeder Aufgabe folgt eine kurze Lösungsskizze anhand von Postern, die von Lehrkräften erstellt wurden.

Anschließend werden Möglichkeiten aufgezeigt, kooperative Lernformen in Verbindung mit den Basismodellen einzusetzen. Dieses Material wurde beim Nachtreffen zur Lehrerfortbildung eingesetzt.

Es folgt eine weitere Transkription einer videografierten Unterrichtsstunde aus der Lehrerfortbildung, anhand derer die kriteriengeleitete Analyse von Unterricht geübt werden kann. Die Aufgabe besteht darin, die vorkommenden Basismodelle und deren Handlungskettenschritte zu identifizieren, kritisch zu reflektieren und gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge zu machen. Zum Vergleich werden im Anschluss zwei Stundenanalysen zur Verfügung gestellt. Die erste wurde von Frau Lina Holz im Rahmen einer studentischen Hausarbeit angefertigt, die zweite gibt die Rückmeldung an die Lehrkraft im Rahmen der Fortbildung wieder. Sie geht insbesondere auf die Problematik ein, einzelne Handlungskettenschritte durch ein anderes Basismodelle zu ersetzen oder als Hausaufgabe aus dem Unterricht auszulagern.

### 5.1 Unterrichtsplanung nach den Basismodellen

Die folgenden drei Arbeitsblätter sollen Gelegenheit geben, selbst die Planung von Unterrichtsstunden nach den Basismodellen durchzuführen. Für jedes Basismodell wird Material zur Verfügung gestellt, das in Hinblick auf die Umsetzung des Basismodells analysiert und ggf. modifiziert werden soll. Wichtiger als die genaue methodische und zeitliche Planung einer Unterrichtsstunde ist dabei, dass alle Handlungskettenschritte als Unterrichtsphase in der richtigen Reihenfolge in der Planung abgebildet werden. Dazu wird jeweils ein Planungsraster zur Verfügung gestellt. Wir empfehlen, zunächst dieses Planungsraster auszufüllen und erst dann unseren Lösungsvorschlag zur Selbstkontrolle damit zu vergleichen.

### 5.1.1 Lernen durch Eigenerfahrung: Experimentelle Aufgabe

Sie wollen folgendes Arbeitsblatt zum Hebelgesetz nutzen:

- Welche Phasen sind in diesem Material vorhanden?
- Welche Phasen fehlen in diesem Material oder gehen über das Basismodell hinaus?
- Wie könnte man die fehlenden Phasen ergänzen?

#### Die Wippe

##### Aufgabe A

- Du hast bestimmt schon einmal auf einer Wippe gespielt. Erinner dich und baue die Situation im Modellexperiment nach.  
Dazu bekommst du ein Lineal als Wippe, einen Stift als Auflage und Münzen als Gewichte.

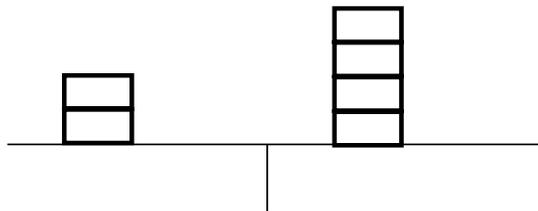
##### Aufgabe B

- Erkunde durch Ausprobieren die Gesetzmäßigkeiten an der Wippe. Wann entsteht ein Gleichgewicht?

##### Hilfe

- Zeichne eine Skizze des Hebels, in der die Position und die Anzahl der Münzen deutlich werden.

Beispiel:



##### Aufgabe C

- Stelle eine Gleichung mit Variablen auf, die diese Gesetzmäßigkeit widerspiegelt.

Quelle: Nielsen, T. (2006). Die Balance des Geldes. In H. Gropengießer et al. (Hrsg.), Mit Aufgaben lernen. Seelze: Friedrich Verlag, S. 49.

## Planungsraster Lernen durch Eigenerfahrung

Phase	Handlung
Planung der Handlungen	
Durchführung der Handlungen	
Konstruktion von Bedeutung	
Generalisierung der Erfahrung	
Reflexion von ähnlichen Erfahrungen	

Nach unserer Auffassung ist das Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung kein Abbild der induktiven Methode. Ein Unterricht der diesem „didaktischen Normalverfahren“ folgt, gaukelt einen Empirismus vor, mit dem von Daten auf Gesetze oder sogar auf Theorien geschlossen werden soll, vernachlässigt aber den diskursiven Charakter von Wissenschaft. Er bildet keineswegs die tatsächliche naturwissenschaftliche Experimentierpraxis ab (Hötteke, 2000, S. 27). Der Induktionsschritt, d.h. das Erkennen von Regelmäßigkeiten und ihre Verallgemeinerung zu einer Gesetzmäßigkeit folgt nicht logisch zwingend aus den Daten, sondern ist ein kreativer, geistiger Prozess, um den oft lange historisch gerungen wurde. Es erscheint daher geradezu vermessen, eine solche Leistung innerhalb einer Unterrichtsstunde von den Schülerinnen und Schülern zu erwarten. Zudem ist die im Unterricht aus wenigen Messreihen gewonnene, begrenzte Datengrundlage kaum geeignet, eine Verallgemeinerung zu rechtfertigen. In der Regel bedarf es daher einer geschickten Anleitung durch die Lehrkraft, damit die Schülerinnen und Schüler bereits vorher feststehende Gesetzmäßigkeiten nachentdecken. Derartig im Unterricht gewonnene Gesetzmäßigkeiten sind nicht Ausdruck der Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler und besitzen für sie keine lebenspraktische Bedeutung. Die Zielsetzung sollte daher nicht sein, induktiv z.B. das Hebelgesetz herzuleiten. Der besondere Wert des Basismodells Lernen durch Eigenerfahrung liegt vielmehr im Erkennen subjektiv bedeutsamer Zusammenhänge, im diskursiven Aushandeln gemeinsamer Erfahrungen und im Herstellen eines Lebensweltbezugs. Das Hebelgesetz kann stattdessen anschließend (z.B. im Basismodell Konzeptbildung) eingeführt und durch Beispielexperimente und Anwendungsbeispiele bestätigt und geübt werden.

Die Abbildung 5.1 gibt eine mögliche Unterrichtsgestaltung mit dem angebotenen Material wieder. Der Handlungsplan ist durch Aufgabe A und B vorgegeben, kann aber möglicherweise offener gestaltet werden, wenn man nicht auf das Hebelgesetz abzielt. Deshalb wurde die Frage nach dem Gleichgewicht zunächst weggestrichen, kann aber als weitere Hilfestellung nachgereicht werden, wenn die Schülerinnen und Schüler von selbst keine Zusammenhänge erkennen.

Bei der Durchführung der Handlung kommt es darauf an, dass die Schülerinnen und Schüler in einem zyklischen Prozess eigenen Vermutungen nachgehen können, indem sie diese in der Interaktion mit dem Lerngegenstand prüfen und bestätigen oder verwerfen. Dabei sind vor allem sinnliche Erlebnisse wichtig, die ein situatives Interesse wecken. Das hier vorgesehene Freihandexperiment ist dafür geeignet.

Der Schritt vom Erlebnis (hands-on) zur Erfahrung (minds-on) wird durch die Konstruktion von Bedeutung geleistet. Die Schülerinnen und Schüler sollen mit eigenen Worten ihre Erlebnisse beschreiben. Diese Phase ist durch ein Ringen nach Worten gekennzeichnet. Hierbei kann die Lehrkraft Hilfestellung geben, indem sie die Schüleräußerungen behutsam überformt. Wichtig ist aber die Rückversicherung, dass sich die Schülerinnen und Schüler in den Formulierungen wiederfinden. Dabei sind alle individuellen Erfahrungen gleich wertvoll und wahrhaftig.

Phase	Handlung
Planung der Handlungen	<p><b>Aufgabenstellung durch Lehrer/in:</b> Die Wippe</p> <p><i>Aufgabe A</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Du hast bestimmt schon einmal auf einer Wippe gespielt. Erinnerung dich und baue die Situation im Modellexperiment nach.</li> </ul> <p><i>Aufgabe B</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkunde durch Ausprobieren die „Gesetzmäßigkeiten“ an der Wippe. Wann entsteht ein Gleichgewicht?</li> </ul> <p><i>Hilfe</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeichne eine Skizze des Hebels, in der die Position und die Anzahl der Münzen deutlich werden.</li> </ul> <p style="text-align: right;">L.-impuls</p>
Durchführung der Handlungen	<p><b>Schüler experimentieren und dokumentieren, z.B. auf Folie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wippenmodell</li> <li>• Variation von Abstand und/oder Gewichten</li> </ul> <p style="text-align: right;">Gruppenarbeit</p>
Konstruktion von Bedeutung	<p><b>Präsentation einzelner Gruppen</b></p> <p style="text-align: right;">Plenumsphase</p>
Generalisierung der Erfahrung	<p><b>Diskussion über Gemeinsamkeiten und Unterschiede</b> Skizze und Je-desto-Beziehungen</p>
Reflexion von ähnlichen Erfahrungen	<p><b>Erfahrungssammlung über ähnliche Situationen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waage</li> <li>• eventuell Kraftwandler</li> <li>• Stein heben mit Hebel, ...</li> <li>• Farbdose öffnen mit Schraubendreher</li> </ul>

Abbildung 5.1:  
Lösungsvorschlag (grüne Schrift) einer Lehrergruppe am Fortbildungstag (vgl. Abbildung 9.2.1 im Anhang).

Die von dem vorgegebenen Material nahegelegte Aufgabe C, die Gesetzmäßigkeit als Gleichung zu formulieren, ist, wie oben dargelegt, nicht das Ziel der Generalisierung der Erfahrung (siehe Abbildung 9.2.2.). Vielmehr geht es um das diskursive Aushandeln gemeinsamer, also etwas allgemeinerer Erfahrungen. Die Erfahrungen bekommen dadurch einen intersubjektiven Charakter, dies ist ein erster Schritt zur Verallgemeinerung. Die Lehrkraft sollte in erster Linie den Diskurs moderieren. Sie kann dabei bestimmte Erfahrungen als besonders bedeutsam hervorheben, sollten aber vermeiden, zwischen richtigen und falschen Erfahrungen zu unterscheiden. Die Erfahrungen werden als qualitative Phänomene bzw. als halbquantitative Zusammenhänge (Je-desto-Sätze) festgehalten. Entsprechend findet in dieser Phase oft eine (Zwischen-)Sicherung statt.

Bei der Reflexion von ähnlichen Erfahrungen geht es schließlich darum, gleichartige Erfahrungen zu entdecken und miteinander zu vernetzen. Die Schülerinnen und Schüler können einerseits von selbst assoziativ Verbindungen zu ähnlichen Erfahrungen herstellen und andererseits können sie für ihre Umwelt sensibilisiert werden, indem man ihnen Si-

tuationen aufzeigt, in denen dieselben Erfahrungen eine Rolle spielen und sie diese darin wiedererkennen. Hierfür wurde kein Material angeboten, sodass eine eigenständige Ergänzung notwendig ist.

Aus den angedeuteten Sozialformen geht hervor, dass der Wechsel des Handlungskettenschritts oft auch mit einem Methodenwechsel oder Wechsel der Sozialformen einhergeht. Es besteht aber eine große Freiheit in der Gestaltung der Sichtstruktur. So könnte beispielsweise die Konstruktion von Bedeutung genauso gut in neu zusammengesetzten Gruppen erfolgen, in denen die Erfahrungen ausgetauscht werden, um dann eine gemeinsame Erfahrung zu formulieren, die im Plenum vorgetragen wird.

## 5.1.2 Konzeptbildung: Text aus Lehrbuch

Sie wollen die folgende Seite aus einem Lehrbuch nutzen:

- Welche Phasen sind in diesem Material vorhanden?
- Welche Phasen fehlen in diesem Material oder gehen über das Basismodell hinaus?
- Wie könnte man die fehlenden Phasen ergänzen?

### Lichtquellen und Lichtausbreitung

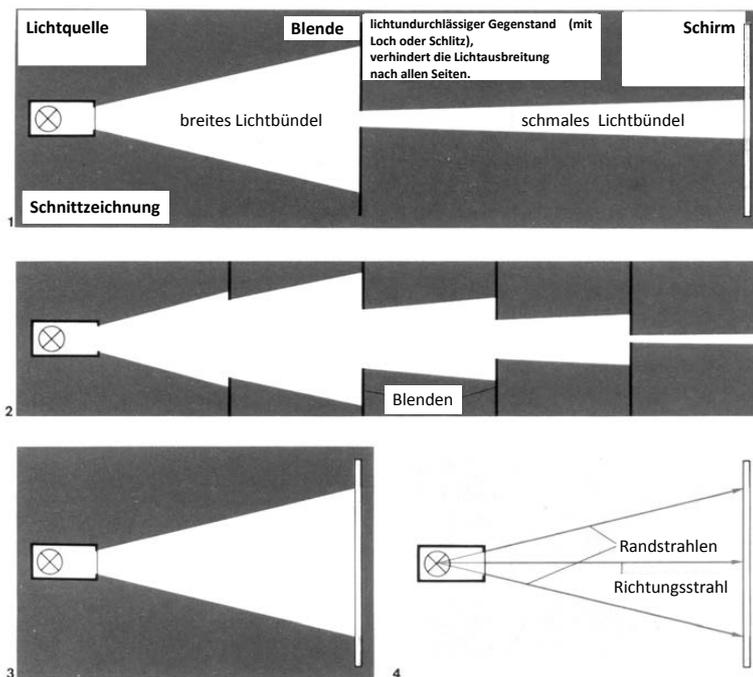
Kleine Kinder zeichnen das Sonnenlicht mithilfe von Strahlen. Man spricht auch oft in der Umgangssprache z.B. vom „Lichtstrahl“ eines Autoscheinwerfers. Halte aber einmal ein Blatt Papier in das Licht eines Scheinwerfers – du wirst immer nur den Scheinwerferkegel sehen, nie aber einzelne Strahlen!

In der Physik spricht man von einem **Lichtbündel**, wenn sich Licht ausbreitet und dabei durch den Rand einer Öffnung begrenzt ist, z.B. durch eine Blende. (Mit dem Wort *Bündel* verbindet man eigentlich die Vorstellung, dass darin viele Strahlen zusammengefasst sind. In Lichtbündeln kann man aber nie einzelne Strahlen unterscheiden.)

Bild 2 zeigt, wie ein Lichtbündel durch mehrere Blenden immer weiter eingeengt wird. Aber selbst wenn es schließlich so dünn ist, dass wir es mit dem Auge nicht mehr sehen können, ist es immer noch ein Bündel (und kein Strahl) – es hat ja noch einen Durchmesser.

Den Begriff **Lichtstrahl** wollen wir nicht zur Beschreibung sichtbaren Lichtes verwenden. Wir benutzen Strahlen nur, um den *Weg* des Lichtes zu beschreiben.

Weil sich Licht geradlinig ausbreitet, kannst du seinen Weg mit einem Lineal zeichnen. Den *gezeichneten Weg* eines Lichtbündels nennt man Lichtstrahl.



Lichtbündel zeichnen wir mithilfe geeigneter Strahlen, meist mit den *Randstrahlen*; so müssen wir nicht jedes Mal das gesamte Licht zeichnen. Die Randstrahlen laufen *auseinander* (wie in Bild 4) oder *parallel* oder *auf einen Punkt zu*. Oft genügt es, wenn wir statt der beiden Randstrahlen den einen Strahl zeichnen, der die Mitte des Lichtbündels darstellt (Bilder 3 u. 4).

**Aufgabe:** Wie verläuft das Licht hinter einer Lochblende, wenn die Lichtquelle sehr weit von der Blende entfernt ist?

Quelle: Heepmann et al. (2000). Natur und Technik Physik für Gesamtschulen 2. Berlin: Cornelsen, S. 124.

**Planungsraster Konzeptbildung**

Phase	Handlung
Bewusstmachung des Vorwissens	
Durcharbeiten eines Prototyps	
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	

Oser ordnet dem Wissensaufbau (Begriffsbildung) und der Konzeptbildung zwei unterschiedliche Lehrzieltypen mit je eigenem Basismodell zu. Diese sind sich in ihrer Schrittfolge aber so ähnlich, dass wir sie unter das Basismodell Konzeptbildung zusammengezogen haben. Im vorliegenden Fall geht es um die Bildung der Begriffe Lichtbündel und Lichtstrahl (Randstrahl, Richtungsstrahl).

Im ersten Absatz des Textes wird, durch die Bezugnahme auf Sonnenstrahlen und Lichtstrahlen eines Autoscheinwerfers, das bisherige umgangssprachliche Verständnis bewusst gemacht.

Danach wird anhand von Bild 2 (bzw. dem entsprechenden Demonstrationsexperiment) im zweiten und dritten Absatz ein konkretes Beispiel als Prototyp ausführlich besprochen.

Aus diesem Beispiel können dann die wesentlichen Merkmale von Lichtbündeln und Lichtstrahlen abgeleitet werden. Lichtbündel sind real und haben immer einen gewissen Durchmesser. Sie werden als Bündel von Lichtstrahlen aufgefasst. Lichtstrahlen besitzen dagegen keine Ausdehnung und sind eine gedankliche Konstruktion, um den Weg des Lichtes zu konstruieren. Diese Beschreibung und Abgrenzung der beiden Begriffe kann beispielsweise dadurch gesichert werden, dass die Absätze vier bis sechs des Textes gelesen werden. In Bild 4 werden zudem die Begriffe Randstrahl und Richtungsstrahl veranschaulicht und festgehalten.

Für den aktiven Umgang mit den neuen Begriffen bietet sich die im Text angebotene Aufgabe an. Sie kann zu Übungszwecken durch weitere Aufgaben (z.B. die zeichnerische Konstruktion von Lichtbündeln bei unterschiedlichem Abstand von Blende und Lichtquelle) ergänzt werden, die sich zunächst noch eng am Prototyp anlehnen. Weiterführende Aufgaben können sich dann vom Prototyp entfernen. Hier wird beispielsweise vorgeschlagen, die Ausleuchtung eines Raumes mit Lampen zu planen. Durch solche Aufgaben mit Alltagsbezug findet ein (oft fließender) Übergang zur Anwendung der Begriffe in anderen Kontexten statt.

In der letzten Phase sollen schließlich die vertikale Vernetzung innerhalb der Physik und die horizontale Vernetzung über Fächergrenzen hinweg stattfinden, um kumulatives Lernen zu fördern und das Wissen zu flexibilisieren. Ein Beispiel für die vertikale Vernetzung wäre die Nutzung der Randstrahlen zur Konstruktion von Schattenbereichen. Für die horizontale Vernetzung kann der Bezug zum Zahlenstrahl bzw. zum Strahl in der Geometrie hergestellt und diskutiert werden, dass z.B. ein Wasserstrahl eigentlich als Wasserbündel bezeichnet werden müsste.

Abbildung 5.2:  
Lösungsvorschlag (grüne  
Schrift) einer Lehrergruppe  
am Fortbildungstag (vgl.  
Abbildung 9.2.3 im Anhang).

Phase	Handlung
Bewusstmachung des Vorwissens	<p>Bezug: Abs. 1 im Text</p> <p>Demonstration: Scheinwerfer erzeugt Lichtkegel, nicht Lichtstrahl</p> <p>-&gt; Ist Schülern bekannt, wird aber nochmals durch Demoexperiment aktiviert.</p>
Durcharbeiten eines Prototyps	<p>Bezug: Abs. 2+3 im Text, Bild 2</p> <p>Demonstration: Lichtkegel, Nebenmaschine, Blenden ....</p> <p>Schüler lesen Text + betrachten Bild 2.</p>
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	<p>Bezug: Abs. 4, 5, 6 im Text, Bild 4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schüler lesen Text</li> <li>• UG: Abgrenzung -&gt; Lichtbündel, Lichtstrahl, Randstrahlen</li> </ul>
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	<p>Bezug: Aufgabe am Ende des Textes</p> <p>kreative, gestalterische Aufgaben zur Beleuchtung von Räumen.</p>
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	<p>Anwendung des Prototyps auf das Thema „Schatten“</p>

### 5.1.3 Problemlösen: Lernaufgabe mit gestuften Hilfen

Sie wollen folgende Lernaufgabe mit gestuften Hilfen nutzen:

- Welche Phasen sind in diesem Material vorhanden?
- Welche Phasen fehlen in diesem Material oder gehen über das Basismodell hinaus?
- Wie könnte man die fehlenden Phasen ergänzen?

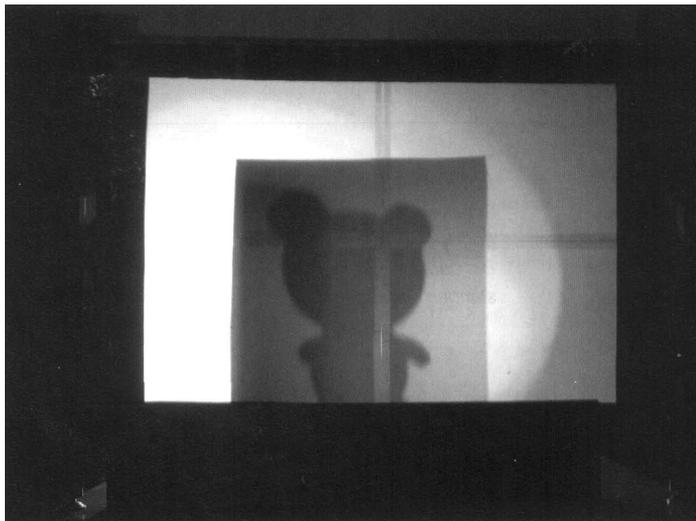
#### Magischer Durchblick

Bei einer Zaubervorführung stellt der Magier seinen magischen Durchleuchtungs-Apparat vor. Es ist ein großer Kasten, in dessen Vorderseite sich ein Fenster befindet, das mit Pergamentpapier zugeklebt ist.

„Mit diesem Apparat kann ich Dinge durchleuchten. Ich kann z.B. sehen, was in einem Geschenk drin ist, bevor ich das Geschenk auspacke. Alles, was ich dafür brauche, sind zwei ganz normale Lampen, wie Sie sie hier sehen.“

Mit großer Geste zeigt er dem Publikum zwei normale Schreibtischlampen. Neugierig beobachtet das Publikum, wie die zwei Lampen in der Kiste verschwinden. Nun zeigt er dem Publikum einen bunt eingepackten Geschenkkarton.

Er stellt den Karton aufrecht in die Kiste und schaltet die beiden Lampen gleichzeitig ein. Das staunende Publikum sieht nun folgendes Bild:



Durchschaut ihr den Trick?

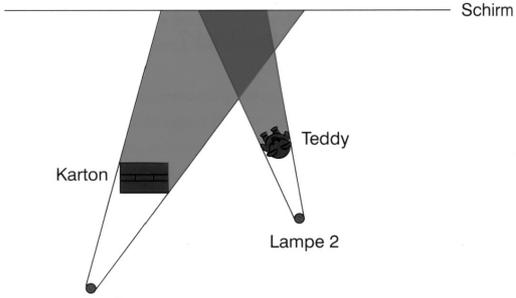
AUFGABE:

Überlegt, wie es in der Kiste aussehen könnte.

Macht eine Skizze, in der deutlich wird, wie das Schattenbild entsteht.

Quelle: Wodzinski & Stäudel (2009, S. 16)

Dazu stehen Ihnen die folgenden fünf Hilfekarten zum Auslegen am Lehrerpult zur Verfügung. Die Hilfen sollen in der Reihenfolge der Nummerierung benutzt werden. Sie bestehen aus einer Frage oder einem Denkanstoß und der Antwort dazu (Hilfe und Antwort sind jeweils auf der Vorder- und Rückseite der Karten zu finden). Die Schülerinnen und Schüler sollen erst überlegen, wie man die Hilfe gebrauchen kann, dann die Antwort lesen.

<p><i>Hilfe 1</i> Erklärt euch gegenseitig, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und besprecht, was euch noch unklar ist.</p>	<p><i>Antwort 1</i> Wir sollen den Aufbau in der Kiste skizzieren und erklären, wie das Bild vom Teddy im Karton entsteht.</p>
<p><i>Hilfe 2</i> Überlegt: Wie würde der Schatten eines Kartons, in dem ein Teddy ist, tatsächlich aussehen? Wie muss das Bild des Teddys demnach entstanden sein?</p>	<p><i>Antwort 2</i> Das Licht kann nicht durch den Karton hindurch, deshalb würde nur der Schatten des Kartons sichtbar sein. Der Teddy muss also irgendwo außerhalb des Kartons sein und von dort einen Schatten werfen.</p>
<p><i>Hilfe 3</i> Welche Informationen könnt ihr aus den unterschiedlichen Helligkeiten des Bildes gewinnen? Beachtet zur Beantwortung dieser Frage auch die Informationen im Aufgabentext.</p>	<p><i>Antwort 3</i> Im Aufgabentext erfahren wir, dass der Zauberer zwei Lampen verwendet. Der Teddy erscheint ganz schwarz. Hier kommt also von keiner Lampe Licht hin. Der Karton erscheint grau. Hier kommt von einer Lampe noch Licht hin, von der anderen Lampe aber nicht. Um den Karton ist es ganz hell. Hier kommt Licht von beiden Lampen hin.</p>
<p><i>Hilfe 4</i> Erinnert euch daran, was ihr aus dem Unterricht über Kern- und Halbschatten wisst. Was ist dabei anders als bei dem Zaubertrick?</p>	<p><i>Antwort 4</i> Beim Kern- und Halbschatten werfen zwei Lampen Schatten von einem Gegenstand. Im dunklen Kernschatten überlagern sich die Schatten. Bei diesem Zaubertrick werden Schatten von verschiedenen Gegenständen überlagert.</p>
<p><i>Hilfe 5</i> Nun habt ihr alle Informationen zusammen, um den Aufbau des geheimnisvollen Durchleuchtungsapparates aufzuzeichnen.</p>	<p><i>Antwort 5</i> Von oben gesehen könnte der Aufbau z.B. so aussehen:</p>  <p>Das Diagramm zeigt eine Draufsicht auf den Versuchsaufbau. Ein horizontaler Schirm ist oben beschriftet. Darunter befinden sich zwei Lampen (Lampe 1 und Lampe 2) und ein schwarzer Teddy. Ein grauer Karton steht zwischen den Lampen und dem Schirm. Die Schatten der Lampe 1 und des Kartons überlagern sich auf dem Schirm.</p>

Quelle: Wodzinski & Stäudel (2009, S. 17)

**Planungsraaster Problemlösen**

Phase	Handlung
Problem verstehen	
Entwicklung von Lösungswegen	
Testen von Lösungswegen	
Evaluation und Anwendung der Lösungen	

Kennzeichnend für das Basismodell Problemlösen ist eine Problemsituation, deren Lösung (Zielzustand) zwar klar beschrieben werden kann, bei der für die Erreichung des Zielzustands aber eine kognitive Barriere überwunden werden muss und unterschiedliche Lösungswege zur Verfügung stehen. Das angebotene Material beschreibt eine derartige Problemsituation, wobei der gewünschte Zielzustand durch eine Abbildung deutlich gemacht wird. Allerdings ist im Prinzip nur ein Lösungsweg möglich, nämlich die Erkenntnis, dass der Teddy im Kernschatten zweier Lampen stehen muss. Dementsprechend kann der analytische Weg durch die Hilfekarten vorstrukturiert werden. Alternative Lösungswege ergeben sich jedoch bei der praktischen Umsetzung der Lösung. Dabei können unterschiedliche Positionen und Abstände der Lampen, des Schirms und des Teddys gewählt werden, um die im Bild dargestellten Proportionen zu erzielen.

Abbildung 5.3 zeigt einen möglichen Vorschlag für die Gestaltung einer Stunde nach dem Basismodell Problemlösen, der von Lehrkräften in der Fortbildung entwickelt wurde.

Abbildung 5.3:  
Lösungsvorschlag (grüne  
Schrift) einer Lehrergruppe  
am Fortbildungstag (vgl.  
Abbildung 9.2.5 im Anhang).

Phase	Handlung
Problem verstehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemgenerierung (s. Aufgabenstellung)</li> <li>• Problempräzisierung               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vorschlag: Was für ein Schattenbild erwartet ihr? (Sollzustand)</li> <li>Was seht ihr? (Istzustand)</li> <li>=&gt; Wie funktioniert der Trick?</li> </ul> </li> </ul>
Entwicklung von Lösungswegen	<p>Kritik: Nur ein Lösungsweg möglich, stark geführt durch Hilfekärtchen</p> <p>Vorschlag: Versuchsmaterial zur Verfügung stellen</p>
Testen von Lösungswegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht vorhanden</li> <li>• Vorschlag: siehe „Entwicklung von Lösungswegen“</li> </ul>
Evaluation und Anwendung der Lösungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hier: nur ein Lösungsweg -&gt; kein Vergleich möglich</li> <li>• Vorschlag: Arbeitsauftrag: Stellt euren Lösungsweg dar!</li> </ul>

Die Lehrergruppe hat zunächst die fehlende Präzisierung der Problemstellung dahingehend festgestellt, dass mit den zwei Lampen ein Schattenbild erzeugt werden soll. Diese Präzisierung erfolgt erst schrittweise durch die Hilfekarten 1 und 2.

Die Hilfekarten 3 und 4 unterstützen die Entwicklung von Lösungsideen, indem zwei Strategien vorgeschlagen werden. Zum einen kann versucht werden, ausgehend vom Zielzustand, anhand der Helligkeit der verschiedenen Schattenbereiche, rückwärts auf die Anordnung der Lampen und des Teddys zu schließen. Zum anderen kann bereits vorhandenes Wissen über Kern- und Halbschatten dazu genutzt werden, um sich dem Zielzustand deduktiv anzunähern.

Die vorgeschlagene Skizze erscheint weniger geeignet, um die Lösungsidee wirklich zu testen. Stattdessen würde es sich empfehlen, den Schülerinnen und Schülern das notwendige Experimentiermaterial an die Hand zu geben, um in Kleingruppen den Zielzustand nachzustellen (siehe Abbildung 9.2.4). Dadurch haben die Schülerinnen und Schüler zusätzlich auch die Möglichkeit, sich iterativ dem Zielzustand anzunähern, indem sie die Ergebnisse erster Fehlversuche genau beobachten, sie analysieren und daraus lernen.

Zur Evaluation der Lösung gehört neben der Feststellung, welche Schülergruppe wie gut das Ziel erreicht hat, die Überlegung, auf welchem Weg sie zur Lösung gekommen sind und was der entscheidende Hinweis dafür war. Dabei können unterschiedliche Strategien, wie z.B. das Rückwärtsarbeiten, das Ausschließen von Lösungswegen, die logische Deduktion und die Variation der Darstellung durch eine Skizze thematisiert werden.

Die Sicherung der Lösungsidee durch die Skizze sollte dementsprechend durch das Beschreiben und Festhalten der erfolgreich eingesetzten Strategien ergänzt werden.

#### 5.1.4 Ein Thema, drei Ziele, drei Stunden

Am Beispiel des Themas *lose und feste Rollen beim Flaschenzug* soll nun verdeutlicht werden, wie beim gleichen Thema die Festlegung auf unterschiedliche Unterrichtsziele durch die Verwendung des entsprechenden Basismodells als Planungsgrundlage zu einer vollständig anderen Gestaltung der Unterrichtsstunde führt.

##### **Aufgabe:**

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Lernen durch Eigenerfahrung**, in der die Schülerinnen und Schüler den Unterschied zwischen fester und loser Rolle erfahren.

Beim Lernen durch Eigenerfahrung kommt es darauf an, dass die Schülerinnen und Schüler die Wirkung der festen und losen Rolle möglichst direkt (sinnlich) erfassen und als Regeln (Erfahrungsgesetze) formulieren. Dazu muss ihnen einerseits Gelegenheit zum explorierenden Umgang mit festen bzw. losen Rollen gegeben werden und andererseits muss ein Rahmen geschaffen werden, in dem die Schülerinnen und Schüler ihre Erfahrungen verbalisieren, austauschen, strukturieren und mit Vorerfahrungen verknüpfen können. Eine fachliche Systematisierung im Sinne eines Konzepts wird (noch) vermieden. Als Ergebnis der Stunde wird eine für die Schülerinnen und Schüler bedeutsame Erfahrung festgehalten. Der Grobentwurf einer Lehrergruppe (Abbildung 5.4) beinhaltet diese wesentlichen Elemente.

Abbildung 5.4:  
Lösungsvorschlag (grüne  
Schrift) einer Lehrergruppe  
am Fortbildungstag (vgl.  
Abbildung 9.3.1 im Anhang).

Phase	Handlung
Planung der Handlungen	<p>Material vorgeben: feste, lose Rollen Seil, Massestück, Kraftmesser, Stativmaterial</p> <p>Handlungsplan: Massestück soll gehoben werden</p>
Durchführung der Handlungen	SuS experimentieren unstrukturiert (evtl. L-Impuls zur losen Rolle)
Konstruktion von Bedeutung	<p>Erfahrungen Einzelner</p> <p>a) feste Rolle: Kraftumlenkung b) lose Rolle: Kraftaufteilung</p>
Generalisierung der Erfahrung	<p>Vergleich der Einzelerfahrungen, Generalisierung durch Feststellen von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gemeinsamkeiten</li> <li>- Unterschieden</li> </ul>
Reflexion von ähnlichen Erfahrungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frage nach (anderen) Anwendungen (z.B. Kran, Rollla- den)</li> <li>- Feststellen, Erkennen von Prinzipien in Anwendungsbei- spielen (z.B. auf Foto)</li> </ul>

Auf der Oberflächenebene lassen sich zahlreiche methodische Alternativen diskutieren. So stellt sich die Frage nach dem Grad der Offenheit bei der Planung der Handlung. Im Lösungsverschlagn werden den Schülerinnen und Schülern die Materialien und ein Arbeitsauftrag vorgegeben. Handlungsspielraum besteht bei der Anordnung der Rollen und dem konkreten Aufbau. Die Verwendung des Kraftmessers ist auch nicht zwingend vorgeschrieben. Auf die Möglichkeit, die indirekte Erfahrung über die Kraftmessung zu vermeiden, indem anstatt kleiner Massestücke Gewichte mit spürbarer Belastung (zum Beispiel Wasserflaschen) verwendet werden, wurde bereits in Abschnitt 3.2 hingewiesen. Die Konstruktion von Bedeutung kann mündlich erfolgen, wie es der obige Vorschlag nahelegt, oder auch schriftlich z.B. auf Karteikarten, wie es eine andere Lehrergruppe vorgeschlagen hat. Die Lehrkraft soll in dieser Phase nur moderieren und die Schülerinnen und Schüler anregen und bestärken, unterschiedlichste Erfahrungen zu beschreiben. Dabei ist zu überlegen, ob die Begriffe *feste Rolle* und *lose Rolle* für die Verbalisierung bereits eingeführt und verwendet werden sollen. Karteikarten erleichtern die anschließende Strukturierung der Erfahrungen. Zur Sicherung kann schließlich gemeinsam eine Erfahrungsregel zum Beispiel in Form eines Je-Desto-Satzes formuliert werden oder die Schüler können mit eigenen Worten die gemeinsamen Erfahrungen in ihren Heften zusammenfassen und wechselseitig kontrollieren. Für die Reflexion der Erfahrung in anderen Kontexten sollte die Lehrkraft darauf vorbereitet sein, dass dieser Transfer den Schülerinnen und Schülern schwer fällt, und Beispiele parat haben, in denen die Analogien identifiziert werden können.

#### Aufgabe:

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Konzeptbildung**, in der die Schülerinnen und Schüler das Konzept der festen und losen Rolle erlernen.

Konzeptbildung hat die Vermittlung fachlicher Begriffe und Zusammenhänge zum Ziel, die nicht unmittelbar aus der Erfahrung gewonnen werden können, sondern das kreative Ergebnis einer historischen Entwicklung sind. Konkret sollen hier folgende drei Erkenntnisse den Schülerinnen und Schülern mitgeteilt und von ihnen nachvollzogen werden:

- Die Unterscheidung von reiner Kraftumlenkung bei der festen Rolle und zusätzlicher Kraftreduzierung (Kraftwandlung) bei der losen Rolle.
- Das Prinzip der Kraftaufteilung auf zwei Seilstücke bei der losen Rolle bzw. auf mehrere Seilstücke bei komplexeren Flaschenzügen.
- Der antiproportionale Zusammenhang zwischen Kraftreduzierung und Verlängerung des Zugwegs am Seil („Goldene Regel der Mechanik“).

Dazu werden diese abstrakten Erkenntnisse auf Basis des vorhandenen theoretischen Vorwissens an einem konkreten Prototyp verdeutlicht, bevor sie abstrakt formuliert werden und ihre Anwendung geübt wird. Als Ergebnis der Stunde werden einerseits Begriffsdefinitionen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten als deklaratives Fachwissen gesichert und andererseits Handlungskompetenzen (prozedurales Wissen) bei der Anwendung des Fachwissens erworben. Beispielsweise müssen die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit entwickeln, feste und lose Rollen zu identifizieren und die Kraftreduzierung und Wegverlängerung bei verschiedenen Flaschenzügen zu bestimmen. Abbildung 5.5 zeigt den Stundenentwurf einer Lehrerarbeitsgruppe in der Lehrerfortbildung. Darin steht anscheinend die Unterscheidung zwischen der Kraftumlenkung und der Kraftwandlung im Zentrum der Stunde. Diese soll offenbar prototypisch am Gegensatz der festen und losen Rolle mithilfe von Kraftpfeilen verdeutlicht werden, die als theoretisches Vorwissen vorausgesetzt werden. Inwiefern auch die beiden anderen oben genannten Erkenntnisaspekte (Kraftaufteilung, goldene Regel) angesprochen werden, bleibt unklar, weil die Beschreibung der wichtigsten Merkmale nicht explizit ausgeführt wird. Ebenso findet für den aktiven Umgang und den Transfer in andere Kontexte nur eine methodische Planung (Schülerexperimente, Übungsaufgaben) statt, die für beide Phasen gleich ausfällt. Für das Basismodell Konzeptbildung ist es wichtig, sich im Vorfeld das fachliche Konzept wie oben dargestellt

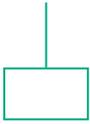
Phase	Handlung
Bewusstmachung des Vorwissens	<p>Tafelskizze: Wiederholung und Einzeichnen der Begriffe: Kraftpfeil, Gewichtskraft, Verlagerung des Angriffspunktes</p> 
Durcharbeiten eines Prototyps	<p>Demonstrationsexperiment (mit Skizze)</p> <p>feste Rolle                      lose Rolle</p> 
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	Arbeitsblatt ergänzt durch Unterrichtsgespräch, dabei: Herausarbeiten der Unterschiede zum Seil ( <i>keine Rolle</i> )
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	praktische und theoretische Aufgaben zum Flaschenzug <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schülerexperimente</li> <li>– Übungsaufgaben</li> <li>– eventuell Hausaufgabe</li> </ul>
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	redundant ( <i>zum aktiven Umgang</i> )

Abbildung 5.5: Lösungsvorschlag (grüne Schrift) einer Lehrergruppe am Fortbildungstag (vgl. Abbildung 9.3.2 im Anhang).

vollständig bewusst zu machen und dann genau festzulegen, welche Aspekte des Konzepts anhand des Prototyps thematisiert und später angewendet werden sollen. Hieraus resultiert die inhaltliche Ausrichtung der einzelnen Phasen und nur bedingt die methodische Gestaltung. Entsprechend müsste in dem Stundenentwurf die Unterscheidung zwischen Kraftumlenkung und Kraftreduzierung geübt werden, indem in verschiedenen Flaschenzügen die festen und die losen Rollen identifiziert werden. Hierbei sollte die Darstellung der Flaschenzüge zunächst beim aktiven Umgang noch große Ähnlichkeit zur Darstellung des Prototyps aufweisen (Übungskontext = Lernkontext). Erst danach wird die Identifikation in anderen Kontexten geübt z. B. anhand von Abbildungen verschiedener Kräne. Eine andere Lehrergruppe (siehe Abbildung 9.3.3 im Anhang) setzt dagegen die Unterscheidung zwischen loser und fester Rolle bereits als Vorwissen voraus und fokussiert auf den antiproportionalen Zusammenhang. Als Prototyp wird dabei ein Flaschenzug verwendet, der bereits eine lose und eine feste Rolle kombiniert. Entsprechend müsste beim aktiven Umgang und Transfer in andere Kontexte die Bestimmung der Kraftreduzierung und Zugwegverlängerung (ohne und mit Ausnutzung der antiproportionalen Beziehung) im Mittelpunkt stehen. Interessant ist auch eine Stundenkonzeption (Abbildung 5.6), die aus einem Seminar mit Studierenden hervorgegangen ist (siehe Anhang 9.4). Darin wird der Flaschenzug als ein System aus festen und losen Rollen betrachtet und die Systemanalyse durch Rückführung auf bekannte Teilstrukturen und deren schrittweise Auswertung in den Mittelpunkt der Stunde gerückt. Der Flaschenzug als Unterrichtsgegenstand dient dabei als Prototyp für die Systemanalyse, die das eigentliche Thema der konzeptbildenden Stunde ist. Entsprechend müssten generelle Aspekte der Systemanalyse bei der Beschreibung der Merkmale des Konzepts noch stärker betont werden. Auslöser für diesen Stundenentwurf waren Überlegungen, in welcher Form anstelle einer Alltagssituierung auch Bezüge zu anderen physikalischen Themengebieten im letzten Handlungskettenschritt hergestellt werden können. Im Laufe der Lehrerfortbildung zeigte sich mehrfach, dass die Planung des letzten Handlungskettenschritts oft Anlass für eine solche Verschiebung des Unterrichtsthemas von den fachlichen Inhalten hin zu allgemeineren Konzepten bzw. Kompetenzen bot. Daran zeigt sich, dass die lernprozessorientierte Unterrichtsgestaltung auch einen Beitrag zur Kompetenzorientierung leisten kann. Gleichzeitig wird an diesem Beispiel deutlich, wie eine Vernetzung von fachlichen Inhaltsbereichen erfolgen kann, wenn man die in den Bildungsstandards beschriebenen Basiskonzepte (Materie, Energie, Wechselwirkung, System) in den Vordergrund stellt.

#### **Aufgabe:**

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Problemlösen**, in der die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen über feste und lose Rollen zur Konstruktion eines Flaschenzuges mit einer fixen Anzahl von Rollen nutzen.

Ziel einer Problemlösestunde ist es, dass Schülerinnen und Schüler strategisches Wissen (Heuristiken und Problemlösestrategien) und metakognitives Wissen (Wissen zur Kontrolle und Steuerung von Problemlöseprozessen) erwerben bzw. anwenden. Dies ist nur möglich, wenn sie bereits über fachliches Vorwissen in Bezug auf die Problemstellung verfügen, das in den Heuristiken und Problemlösestrategien verwendet werden kann. Deshalb werden hier die bei der Konzeptbildung genannten drei Erkenntnisse zu festen und losen Rollen (siehe Seite 84) als Wissen vorausgesetzt. Entscheidend ist, eine geeignete Problemstellung zu finden, die eine kognitive Barriere darstellt, die auf verschiedene Weise mit dem Vorwissen überwunden werden kann. Gleichzeitig müssen klare Kriterien angegeben werden können, wann das Problem als gelöst gilt und vor allem, wie verschiedene Lösungswege hinsichtlich ihrer Qualität verglichen und bewertet werden können.

Phase	Handlung
Bewusstmachung des Vorwissens	L erinnert an die beiden Arten von Rollen SuS haben kurz Zeit für die Bearbeitung eines Arbeitsblatts zur Wiederholung der Eigenschaften fester und loser Rollen (z.B. Arbeitsblatt 1 in Abbildung 9.4.2 im Anhang)
Durcharbeiten eines Prototyps	L erläutert, wie man Flaschenzüge mit komplizierten Anordnungen von losen und einfachen Rollen schrittweise auf bekannte Anordnungen zurückführt und dann den Faktor der Kraftwandlung bestimmt.   (vgl. Abbildung 9.4.3 und 9.4.4 im Anhang)
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	SuS tauschen sich in Partnerarbeit über wesentliche Charakteristika bei der Vereinfachung eines Flaschenzugs aus; Sammeln der Charakteristika an der Tafel, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wechsel von fester und loser Rolle</li> <li>– die Seilführung bleibt gleich</li> <li>– Anzahl der festen und losen Rollen bleibt immer gleich</li> <li>– die Ergebnisse der Kraftverteilung sind immer gleich</li> </ul>
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	Eigenständiges Bearbeiten einer Aufgabe zur Vereinfachung eines Flaschenzugs
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	L stellt Bezug zur schrittweisen Vereinfachung komplizierter elektrischer Stromkreise her. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umordnung der Schaltung</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schrittweise Bestimmung des Gesamtwiderstands durch Zusammenfassen von Widerständen zu Ersatzwiderständen</li> </ul> Die SuS identifizieren Analogien bei der Analyse elektrischer Schaltungen, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wechsel von parallel und in Reihe geschalteten Widerständen</li> <li>– die Kabelführung bleibt gleich</li> <li>– Anzahl der Widerstände bleibt immer gleich</li> <li>– die Ergebnisse der Stromverteilung sind immer gleich</li> </ul>

Abbildung 5.6:  
Stundenkonzeption einer  
Studentengruppe (vgl. 9.4  
Anhang).

Für die Konstruktion von Flaschenzügen bieten sich Problemstellungen an wie

- die Minimierung des Kraftaufwands beim Heben eines Körpers mit einer vorgegebenen Anzahl an Rollen aber beliebiger Seillänge,
- die Minimierung des Kraftaufwands beim Heben eines Körpers um eine bestimmte Höhe bei begrenzter Seillänge aber beliebiger Anzahl an Rollen,
- das Heben eines bestimmten Gewichts mit einem Seil geringerer, vorgegebener Reißfestigkeit bei minimalem Zugweg und beliebiger Anzahl an Rollen.

Abbildung 5.7 zeigt einen entsprechenden Unterrichtsentwurf einer Lehrergruppe in der Fortbildung.

Abbildung 5.7:  
Lösungsvorschlag (grüne  
Schrift) einer Lehrergruppe  
am Fortbildungstag (vgl.  
Abbildung 9.3.4 im Anhang).

Phase	Handlung
Problem verstehen	<p>Generierung: L-Vortrag</p> <p>Cola-Flasche heben von Boden auf Tisch</p> <p>Präzisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– minimaler Kraftaufwand</li> <li>– begrenztes Material: 5 Rollen</li> </ul>
Entwicklung von Lösungswegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schüler wählen Material</li> <li>– tauschen sich aus</li> <li>– bilden Hypothesen</li> <li>– eventl. Skizze</li> </ul> <p>PA</p>
Testen von Lösungswegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Aufbau + Funktion prüfen</li> <li>– Kraft messen</li> </ul> <p>PA</p>
Evaluation und Anwendung der Lösungen	<p>Problem gelöst? ————— nein</p> <p>ja ↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Flasche heben</li> </ul> <p>verschiedene Problemlösungen werden innerhalb der Kleingruppen UND im Plenum evaluiert</p>

Zunächst wird eine Problemstellung formuliert, dann werden die Kriterien für die Problemlösung präzisiert. Die Planung der folgenden Phase verbleibt jedoch auf der methodischen Oberflächenebene. Sie ist daher sehr allgemein und bezieht sich nicht konkret genug auf die Problemstellung. Hier zeigt sich, wie schwierig es für Lehrkräfte ist, im Vorfeld Strategien und Lösungswege zu antizipieren. Das ist eine grundsätzliche Schwierigkeit beim Problemlösen. Ein guter Ansatzpunkt ist, sich zu überlegen, in welcher Weise das Vorwissen eingesetzt werden muss, um zur Lösung zu kommen (Mittel-Zweck-Analyse). Entsprechend sollte in der Phase der Entwicklung von Lösungswegen das vorhandene Fachwissen rekapituliert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit auf geeignete generelle Lösungsstrategien wie systematisches Probieren, Mittel-Zweck-Analyse, Perspektivwechsel, Rückführung von Unbekanntem auf Bekanntes usw. (Bruder, 2002) hinzuweisen, um die Schülerinnen und Schüler zu einem strategischen Problemlösen zu animieren. Eine solche vorbereitende Phase vor dem Testen von Lösungsversuchen ist daher sehr wichtig.

Für die Minimierung des Kraftaufwands ist vor allem das Prinzip der Kraftaufteilung von Nutzen, aus dem sich beispielsweise zwei Strategien ableiten lassen:

1. Es sollten möglichst viele lose Rollen eingesetzt werden.
2. Das Gewicht des zu hebenden Körpers sollte sich auf möglichst viele Seilstücke verteilen.

Die erste Strategie führt zum Potenzflaschenzug, bei dem alle Rollen als lose Rollen eingesetzt werden (siehe Abbildung 9.4.5). Er ist die beste Lösung, hat aber den Nachteil, dass er nur schlecht auf unterschiedliche Hubhöhen angepasst werden kann, da alle Seilstücke dabei nachjustiert werden müssen. Deswegen findet er wenig praktische Anwendung. Zum Testen der Lösungswege ist es zweckmäßig, wenn die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen ihre Version des optimalen Flaschenzugs aufbauen. Dabei besteht bei einer Optimierungsaufgabe die Schwierigkeit, dass die Lösung der Problemstellung nicht unmittelbar festgestellt werden kann. In diesem Zusammenhang ist zu überlegen,

ob den Kleingruppen bereits die Kraftmessung ermöglicht werden soll. Damit wird die Möglichkeit eines systematischen Ausprobierens eröffnet, bei dem die Schülerinnen und Schüler zu zahlreichen Mischformen des konventionellen Faktorenflaschenzugs und des Potenzflaschenzugs kommen können. Die einzelnen Gruppen können aber damit nicht ermitteln, ob die bestmögliche Lösung erzielt wurde. Das kann nur (bezogen auf die Klasse) im Plenum evaluiert werden, indem die Lösungen der Gruppen verglichen werden. Wichtiger als die Präsentation der Lösungen wäre aber, dass die Gruppen beschreiben, wie sie zu ihrer Lösung gekommen sind. Nur daraus kann Strategiewissen erwachsen. Es fällt aber den Schülerinnen und Schüler erfahrungsgemäß schwer, ihr Vorgehen in Worte zu fassen, wenn sie nicht bereits über ein begriffliches Repertoire an Problemlösestrategien verfügen. Hilfreich ist, wenn wie oben beschrieben bereits bei der Entwicklung der Lösungswege eine Auswahl an Strategien benannt werden kann, die die Schülerinnen und Schüler ausprobieren sollen und auf die sie sich bei der Evaluation beziehen können.

Vergleicht man abschließend die Stunden zu den drei Basismodellen, so stellt man fest, dass sie sich gut zu einer Unterrichtsreihe kombinieren lassen. Zunächst werden Erfahrungen mit festen und losen Rollen generiert, dann werden die Konzepte dazu vermittelt und diese schließlich zur Problemlösung eingesetzt.

## 5.2 Gestaltung der Sichtstruktur mithilfe kooperativer Lernformen

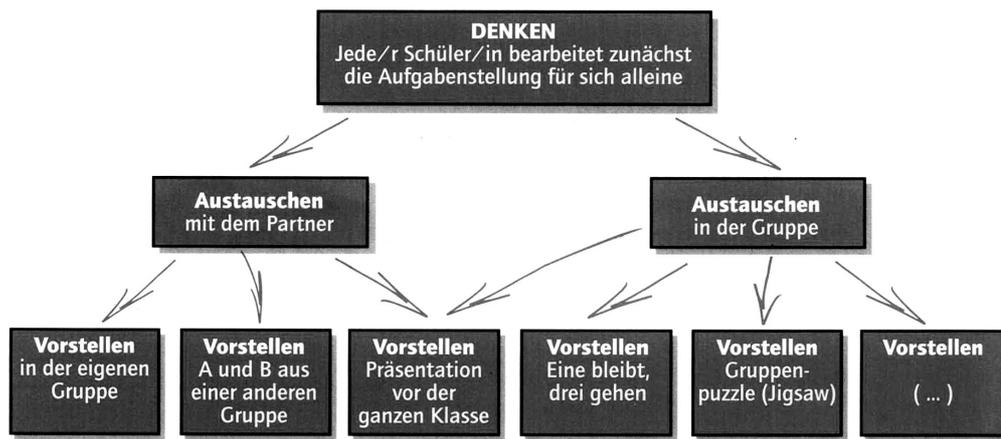
Eine These von Oser ist, dass die Tiefenstruktur der Basismodelle durch unterschiedliche Methoden und Sozialformen auf der Oberfläche realisiert werden kann. Da in den Unterrichtsanalysen ein relativ großer Anteil an Unterrichtsphasen mit Klassengespräch und hohem Redeanteil der Lehrkräfte festgestellt werden konnte, wurden in der Abschlussveranstaltung der Lehrerfortbildung die Einsatzmöglichkeiten kooperativer Lernformen in Verbindung mit den Basismodellen als Alternative vorgestellt, um die kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler zu steigern.

Das Grundprinzip kooperativer Lernformen besteht aus drei Schritten (Brüning & Saum, 2007):

1. Denken (Think): In dieser Phase arbeiten die Schülerinnen und Schüler alleine.
2. Austauschen (Pair): Jetzt findet der Vergleich von Ergebnissen, die Diskussion abweichender Resultate usw. in Partner- oder Kleingruppenarbeit statt.
3. Vorstellen (Share): Die Gruppenergebnisse werden in der Klasse vorgestellt, diskutiert, verbessert, korrigiert usw.

Der Vorteil eines solchen Vorgehens besteht darin, dass die kognitive Durchdringung der Inhalte durch die Kommunikation in der Austauschphase vertieft wird. Zunächst wird jeder Schüler bzw. jede Schülerin mit der Aufgabe allein gelassen. Dadurch wird die individuelle Verantwortung für das Lernergebnis gefördert. Dies ist Voraussetzung, damit die Schülerinnen und Schüler sich aktiv in der Austauschphase einbringen können. In der Austauschphase wird die aktive Mitwirkung aller Gruppenmitglieder eingefordert, sodass die Schülerinnen und Schüler wechselseitig für das Gelingen dieser Phase verantwortlich sind. So wird gegenseitige Rücksichtnahme und Kommunikation gefördert. Die Ergebnisse aus der Austauschphase werden schließlich im Plenum vorgestellt, wobei nicht per Meldung sondern durch die Lehrkraft bestimmt wird, wer aus der Gruppe berichten soll. Alle Schülerinnen und Schüler müssen sich darauf einstellen, die Gruppenergebnisse zu präsentieren. Gleichzeitig gibt dieses Vorgehen stillen und schwächeren Schülerinnen und Schülern eine größere Sicherheit bei der Beteiligung am Klassengespräch, da sie in der

Abbildung 5.8:  
Das universelle Muster  
kooperativen Unterrichtens  
entnommen aus Brüning &  
Saum (2007, S. 18).



Austauschphase Gelegenheit haben, sich Unterstützung zu holen und ihr Verständnis abzusichern. Dadurch wird insgesamt die Beteiligung am Unterrichtsgeschehen erhöht.

Das Denken-Austauschen-Vorstellen-Prinzip kann ohne großen Aufwand in der Unterricht integriert werden. Eine Wiederholungsphase zum Stundenbeginn kann zum Beispiel so gestaltet werden, dass die Schülerinnen und Schüler zwei Minuten zum Nachdenken über Inhalte der vorangegangenen Stunden bekommen, sich dann drei Minuten mit dem Tischpartner austauschen, bevor eine Schülerin bzw. ein Schüler aufgerufen wird. In gleicher Weise kann die Bearbeitung eines Textes so erfolgen, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst den Text lesen, sich dann kurz mit dem Tischnachbarn über Verständnisprobleme austauschen, bevor sie in Einzelarbeit eine Aufgabe zum Text bearbeiten. Ihre Lösung der Aufgabe können sie zunächst wieder mit ihrem Tischnachbarn besprechen und ergänzen, bevor ein Schüler bzw. eine Schülerin aufgerufen wird, der Klasse die Antwort vorzustellen.

Den Dreischritt Denken-Austauschen-Vorstellen in den eigenen Unterricht zu integrieren bedeutet nicht, ihn immer in derselben Form zu wiederholen. Es gibt eine Fülle von Variationen dieser Struktur. Für die weitere Vertiefung zum Einsatz kooperativer Lernformen empfehlen wir das Buch von Brüning und Saum (2007), das auch einen Einblick in die zugehörigen Methoden (Gruppenpuzzle, Kugellager usw.) gibt.

#### **Aufgabe:**

Lesen Sie sich nun die Beschreibung einer Mathematikstunde in Abbildung 5.5/5.6 durch.

1. Analysieren Sie, welches Basismodell in der Mathematikstunde abgebildet ist und legen Sie fest, wann welcher Handlungskettenschritt erfolgt.
2. Analysieren Sie, an welchen Stellen ein Think-Pair-Share-Zyklus in der Stunde vorkommt und legen Sie fest, wann welche Phase des Zyklus' erfolgt.
3. Erstellen Sie einen Verlaufsplan der Stunde, aus dem ersichtlich wird, in welchen Handlungskettenschritten welche Think-Pair-Share-Phasen vorkommen.

## Ein Blick ins Klassenzimmer



### Mathematik – Dreiecke unterscheiden

In einer 7. Klasse eines Oberhausener Gymnasiums geht es in dieser Stunde um Dreiecke, genauer gesagt, um die Unterscheidung von gleichschenkligen und gleichseitigen Dreiecken. Dazu arbeitet die Lehrerin mit dem eingeführten Schulbuch, in dem eine recht anschauliche und didaktisch aufbereitete Hinführung angeboten wird. Die Lehrerin hat sich dazu entschieden, die grundsätzlichen Inhalte zu erklären und die Vertiefung und Anwendung kooperativ zu gestalten.

#### Zusammensetzung der Gruppenmitglieder

Die Schülerinnen und Schüler sitzen gewöhnlich an vierer-Gruppentischen, so auch im Mathematikunterricht. Mit Beginn der neuen Einheit wurden die Gruppen durch Abzählen neu gemischt. Der Sitzplan hängt neben der Tür im Klassenraum.

#### Transparenz schaffen

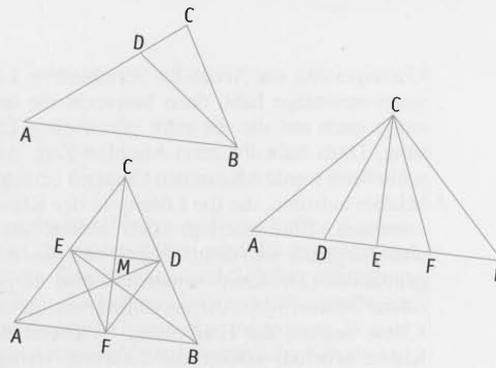
Die junge Lehrerin teilt ihren Schülerinnen und Schülern mit, dass sie in dieser Stunde ein weiteres Beschreibungs- bzw. Unterscheidungsmerkmal von Dreiecken kennenlernen werden.

#### Aktivierung des Vorwissens

In der vorherigen Stunde wurde zu spitzwinkligen, rechtwinkligen und stumpfwinkligen Dreiecken gearbeitet. Diese Kenntnisse werden aktiviert, indem die Lehrerin die Schülerinnen auffordert, in einer ersten Einzelarbeitsphase zu jedem der oben aufgeführten Dreiecksmerkmale ein Beispiel ins Heft zu skizzieren. Die Überschrift sei: „Wir wiederholen Dreiecksformen“. Nach fünf Minuten vergleichen die Schüler am Tisch ihre Skizzen und besprechen auftretende Widersprüche. Einige Schülerinnen und Schüler beginnen, in ihren Skizzen zu radieren. Nach weiteren fünf Minuten werden einzelne Schüler aufgerufen, die Merkmale der drei Dreiecksformen mündlich zu referieren. Eine Schülerin geht dazu an die Tafel und zeichnet das von ihr vorgestellte stumpfwinklige Dreieck an die Tafel.

#### Ein Modell geben

In einer informierenden Phase stellt die Lehrerin zunächst das gleichschenklige Dreieck mithilfe einer Tafelskizze vor. Dabei



führt sie Begriffe wie achsensymmetrisch, Schenkel und Basis ein bzw. wiederholt diese. Bevor sie mit der weiteren Darbietung fortfährt, klappt sie die Tafel zu und fordert die Schülerinnen und Schüler auf, noch einmal zu überlegen, was die zentralen Merkmale gleichschenkliger Dreiecke sind. Nach nur einer Minute tauschen sich die Schüler mit ihrem Tischnachbarn über ihre Erinnerungen aus – ebenfalls in einer Minute. In einem dritten Schritt ruft die Lehrerin einzelne Schüler auf, ihre Ergebnisse bzw. Erinnerungen vorzustellen, dabei fordert sie immer wieder den Gebrauch der eingeführten Fachbegriffe ein. Die Ausführungen der Schüler bilden den Ausgangspunkt für die zweite Darbietung, in der die Kollegin auf der linken Tafelseite das gleichseitige Dreieck skizziert und für die Schüler erläutert. Auch an diese Phase schließt sich eine kurze Phase aktiver Verarbeitung („Denken – Austauschen – Mitteilen“) des neuen Stoffes an, bevor die Schüler sich der Vertiefung des Gegenstandes zuwenden.

#### Strukturierte Arbeitsaufträge geben

Die Vertiefung und Anwendung wird durch einen Arbeitsauftrag eingeleitet, der Ihnen bereits bekannt vorkommen wird. Es ist der bereits vorgestellte Arbeitsauftrag H von Seite 14.

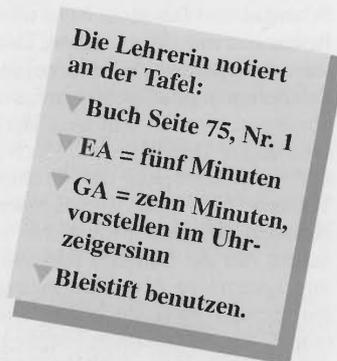
Die Lehrerin erteilt den Arbeitsauftrag. „Ihr wisst, was wir unter einem spitzwinkligen, rechtwinkligen und unter einem stumpfwinkligen Dreieck verstehen. Und gerade habe ich erklärt, was ein gleichschenkliges und ein gleichseitiges Dreieck unterscheidet. Bearbeitet jetzt die Aufgabe Nr. 1 im Buch Seite 75.“

Dort sind neun verschiedene Dreiecke gezeichnet. Ordnet sie in der Tabelle den verschiedenen Dreiecken zu. Diese Aufgabe löst jeder von euch zunächst alleine. Dazu gibt es fünf Minuten. Ich gebe ein Zeichen und dann stellt ihr eure Lösungen in der Gruppe vor. Immer der Größte in der Gruppe beginnt mit dem ersten Dreieck; die anderen Lösungen 1 bis 9 stellt ihr in der Gruppe nacheinander im

Abbildung 5.9:  
Beschreibung einer  
Mathematikstunde, aus  
Brüning & Saum (2007, S. 19).

Abbildung 5.10:  
Beschreibung einer  
Mathematikstunde, aus  
Brüning & Saum (2007, S. 20).

Uhrzeigersinn vor. Wenn ihr verschiedene Lösungsvorschläge habt, dann besprecht sie und einigt euch auf die für euch plausibelste Lösung. Dazu habt ihr zehn Minuten Zeit. Anschließend werde ich aus den Gruppen einzelne Schüler aufrufen, die die Lösung in der Klasse vorstellen. Bitte überlegt noch einmal kurz, was ihr gleich tun sollt!“ Nach wenigen Augenblicken „Denkzeit“ wiederholt eine aufgerufene Schülerin den Arbeitsauftrag und in der Klasse beginnt die Erarbeitung. Während die Klasse arbeitet, notiert die Lehrerin wenige Hinweise zum Arbeitsauftrag an die Tafel.



### Üben und anwenden

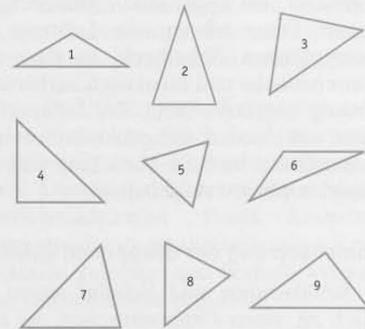
Erst gegen Ende der Einzelarbeit geht die Lehrerin durch die offensichtlich an das Kooperative Lernen bereits gewöhnte Klasse. Das schrille Piepen einer Uhr signalisiert, dass die Einzelarbeitsphase jetzt beendet ist. In den Gruppen fangen die Mitglieder an, ihre Ergebnisse vorzustellen. Zwei Gruppen muss die Lehrerin offensichtlich darauf hinweisen, dass der Austausch im Uhrzeigersinn erfolgen soll. Die junge Kollegin wirkt sehr ruhig und konzentriert. Sie bleibt bei einzelnen Gruppen stehen und hört zu, was die Schüler sagen, ohne dass sie hier interveniert. Am Ende setzt sie sich an einen Dreiergruppentisch und folgt einer sich dort entwickelnden Diskussion.

### Präsentation und Ergebnissicherung

Ein Signal der Lehrerin macht deutlich, dass die Ergebnisse in der Klasse vorzustellen sind. Dazu ruft die Kollegin gezielt einzelne Schüler auf, die angeben, wo jeweils die Kennnummern der Dreiecke in die als Folie aufgelegte Tabelle einzutragen sind. Bei zwei Beispielen entwickelt sich ein kurzes Unterrichtsgespräch, da der Schülerbeitrag offensichtlich nicht richtig ist. Am Ende hat die Lehrerin alle Ergebnisse in die Tabelle eingetragen, sodass die Schüler ihre Ergebnisse mit den Eintragungen auf der Folie vergleichen können.

Schreibe im Heft die Kennnummern der Dreiecke ins richtige Feld der Tabelle.

	spitzwinklig	rechw.	stumpfw.
gleichseitig			
gleichschenkl., nicht gleichseitig			
unsymmetrisch			



### Reflexion

Zehn Minuten vor Ende der Doppelstunde fordert sie die Schüler auf zu überlegen, wo jeder Schwierigkeiten hatte. Diese sollen unter der Überschrift „Stolpersteine“ ins Heft notiert werden.

### Üben und anwenden

Als Hausaufgabe erhalten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, aus dem Schulbuch die Aufgaben Nr. 2 und 3 schriftlich zu bearbeiten und sie so vorzubereiten, dass sie zu Beginn der kommenden Stunde ihre Ergebnisse in der Tischgruppe vorstellen können.<sup>1</sup>

### Kommentar

Der beobachtete Unterricht in der 7. Klasse ist im Grunde wenig spektakulär und dennoch hochwirksam. Immer wieder sind die Schüler angehalten, zunächst von der Lehrerin vorgestelltes Wissen in ihre eigenen mentalen Strukturen aktiv zu integrieren. Leitendes Prinzip dabei ist immer „Denken – Austauschen – Mitteilen“. Der Wechsel mit frontalen Unterrichtssituationen oder gelenkten Unterrichtsgesprächen in der Sicherungsphase macht deutlich, dass Kooperatives Lernen nicht allein Arbeit in Gruppen bezeichnet. Kooperatives Lernen ist mehr, es ist die Verbindung unterschiedlicher Handlungsmuster des Unterrichtens.

<sup>1</sup> Für die fachdidaktischen Hinweise zu dieser Stunde bedanken wir uns bei Sabine Brüning, Oberhausen, und Gerd Konietzko, Hagen.

An den Zwischenüberschriften erkennt man schnell, dass die Mathematikstunde nach dem Basismodell Konzeptbildung konzipiert ist. Die Zuordnung der Handlungskettenschritte ist in Tabelle 5.1 angegeben.

HKS	Stundenabschnitt / Handlung	Sozialform / Kooperativer Lernschritt
	<b>Transparenz schaffen</b> Beschreibungs- und Unterscheidungsmerkmal von Dreiecken kennenlernen	
KB 1	<b>Aktivierung des Vorwissens</b> <b>„Wir wiederholen Dreiecksformen“</b> Zu den Dreiecken der vorangegangenen Stunde (spitzwinkliges, stumpfwinkliges und rechtwinkliges Dreieck) ein Beispiel ins Heft skizzieren Vergleichen und Korrigieren der Skizzen Widersprüchen besprechen SuS referieren mündlich die Merkmale der Dreiecksformen Schülerin zeichnet ein stumpfwinkliges Dreieck an Tafel	Einzelarbeit (Think) 5 Minuten  Gruppenarbeit (Pair) 5 Min.  Klassenunterricht (Share)
KB 2	<b>Ein Modell geben (Information)</b> L stellt gleichschenkliges Dreieck vor und führt die Begriffe „achsensymmetrisch“, „Schenkel“ und „Basis“ ein  SuS rekonstruieren die zentralen Merkmale gleichschenkliger Dreiecke  Austausch über ihre Erinnerungen	Klassenunterricht / Tafelskizze  Einzelarbeit (Think) 1 Minute  Partnerarbeit (Pair) 1 Minute
KB 3	einzelne SuS stellen unter Gebrauch der eingeführten Begriffe ihre Ergebnisse vor	Klassenunterricht (Share)
KB 2	L stellt gleichseitiges Dreieck vor  SuS rekonstruieren die zentralen Merkmale gleichseitiger Dreiecke  Austausch über ihre Erinnerungen	Klassenunterricht / Tafelskizze Einzelarbeit (Think) 1 Minute  Partnerarbeit (Pair) 1 Minute
KB 3	einzelne SuS stellen unter Gebrauch der eingeführten Begriffe ihre Ergebnisse vor	Klassenunterricht (Share)
KB 4	<b>Strukturierte Arbeitsaufträge geben</b> Bearbeitet S. 75, Aufgabe 1 <b>Üben und Anwenden</b> Einordnung spitzwinkliger, stumpfwinkliger, rechtwinkliger, gleichschenkliger, gleichseitiger Dreiecke in eine Tabelle Vergleich der Einzellösungen Einigung auf plausibelste Lösung  <b>Präsentation und Ergebnissicherung</b> Zusammentragen der Ergebnisse in Tabelle auf einer Folie Unterrichtsgespräch über falsche Beiträge der SuS	Einzelarbeit (Pair) 5 Minuten  Gruppenarbeit (Pair) 10 Minuten  L geht herum ohne zu intervenieren Klassenunterricht (Share)
KB 5	<b>Reflexion (Vernetzung mit eigenem Wissen)</b> „Stolpersteine ins Heft notieren“	Einzelarbeit 10 Minuten
KB 4	<b>Üben und Anwenden</b> Hausaufgabe S. 75, Aufgabe 2 und 3	

Tabelle 5.1:  
Gegenüberstellung der Handlungskettenschritte und der Think-Pair-Share-Zyklen.

Man erkennt, dass das Durcharbeiten des Prototyps (KB 2) und die Beschreibung der wichtigsten Merkmale des neuen Konzepts zweimal jeweils in einem Think-Pair-Share-Zyklus durchlaufen werden. Das Kriterium der korrekten Reihenfolge der Handlungskettenschritte muss also insofern relativiert werden, als auch das iterative Durchlaufen von Handlungskettenschritten möglich ist. Entscheidend ist jedoch, dass in der Progression kein Handlungskettenschritt übersprungen wird. Lässt sich ein neues Konzept in mehrere Teilaspekte untergliedern, so kann man also für jeden Teilaspekt das Basismodell einzeln vollständig (KB 2 bis KB 5) durchlaufen, die Teilaspekte einzeln einführen (KB2 + KB 3) und gemeinsam üben und anwenden (KB 4 + KB5) oder die Teilaspekte einzeln einführen und üben (KB2 bis KB 4) und gemeinsam auf andere Kontexte übertragen (KB 5). Solche Muster wurden auch in den Unterrichtsstunden der Lehrerfortbildung beobachtet. Die Struktur der Stunde muss dabei für die Schülerinnen und Schüler nachvollziehbar bleiben und sinnvoll erscheinen und das Basismodell sollte insgesamt vollständig durchlaufen werden. Gleiches gilt natürlich auch für die anderen Basismodelle. In Bezug auf die Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklen kann für die Mathematikstunde festgehalten werden, dass zum Teil ein kompletter Zyklus innerhalb eines Handlungskettenschritts stattfindet (KB 1, KB 4) und zum Teil zwei Handlungskettenschritte (KB2 + KB3) durch einen Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklus verklammert werden. Das Fortschreiten von einem Handlungskettenschritt zum nächsten ist immer auch eine gute Gelegenheit für einen Wechsel der Sozialform. Genauso wie es für die Handlungskettenschritte aber keine zeitlichen Vorgaben gibt, gibt es für die Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklen auch keine zeitlichen Vorgaben. So kann jeder Handlungskettenschritt einen kompletten Zyklus oder nur eine Phase daraus enthalten. Denkbar sind daher auch größer angelegte Zyklen. So kann auch das Fortschreiten zu einem neuen Handlungskettenschritt eine gute Gelegenheit für einen Wechsel der Sozialform sein.

**Aufgabe:** Geben Sie für die in den Abbildungen 5.1, 5.2 und 5.3 dargestellten Unterrichtsstunden an, wie bzw. wo sich dort Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklen integrieren lassen.

In der Stunde zum Lernen durch Eigenerfahrung (Abbildung 5.1) sind bereits einige Sozialformen angedeutet worden. Demnach wird die Durchführung der Handlung (LdE 2) als Pair-Phase und die anschließende Konstruktion von Bedeutung (LdE 3) als Share-Phase durchgeführt. Denkbar wäre aber auch ein Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklus, bei dem die Durchführung der Handlung in Einzelarbeit erfolgt (Denken), die Konstruktion von Bedeutung in Partnerarbeit stattfindet (Austauschen) und anschließend in Kleingruppen die Erfahrungen verglichen und Generalisierungen formuliert werden (Austauschen 2). Erst dann erfolgt die Vorstellen Phase, in der die generalisierten Erfahrungen im Plenum vorgestellt und verglichen werden. Die abschließende Reflexion ähnlicher Erfahrungen könnte wiederum durch einen vollständigen Zyklus untergliedert werden.

In der Konzeptbildungsstunde (Abbildung 5.2) kann in jedem Handlungskettenschritte die Arbeit mit dem Text als Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklus gestalten werden. So könnte zum Beispiel das Durcharbeiten des Prototyps in der Form geschehen, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst einzeln den Text (Absatz 2 und 3) lesen (Denken), sich dann mit ihrem Tischnachbar/ihrer Tischnachbarin austauschen und gegenseitig Bild 2 erklären (Austauschen) bevor das entsprechende Demonstrationsexperiment im Klassenverband durchgeführt wird und einzelne Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, das Experiment zu erklären (Vorstellen). Auch beim aktiven Umgang können die Schülerinnen und Schüler zunächst aufgefordert werden, in Einzelarbeit die Aufgabe am Ende des Textes zu bearbeiten (Denken). Anschließend können sie ihre Ergebnisse in Kleingruppen vergleichen (Austauschen), bevor ein Schüler sein Ergebnis im Plenum vorstellt (Vorstellen).

In der Problemlösestunde (Abbildung 5.3) könnte ein Denken-Austauschen-Vorstellen-Zyklus beispielsweise darin bestehen, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst einzeln versuchen, eine Lösungsidee zu entwickeln, ihre Ideen dann in Kleingruppen diskutieren und sich auf eine Lösungsidee einigen müssen, die ein Gruppenmitglied schließlich im Plenum präsentiert. Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst einzeln versuchen, das Problem zu verstehen, sich dann in Kleingruppen über die Problemstellung austauschen und Lösungsideen entwickeln und schließlich im Plenum unterschiedliche Lösungsansätze diskutieren, bevor diese getestet werden.

An diesen Beispielen wird deutlich, dass es trotz festgelegter Tiefenstruktur vielfältige Wege gibt, die Sichtstruktur zu gestalten.

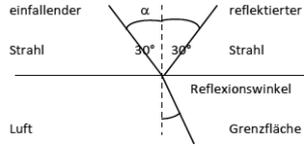
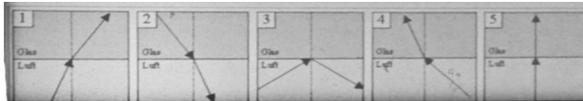
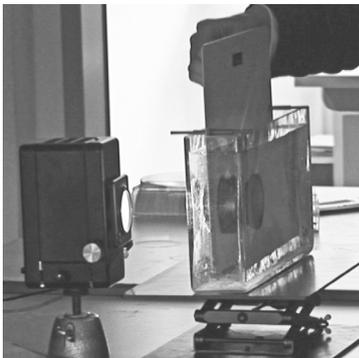
### 5.3 Unterrichtsanalyse

Der folgende Verlaufsplan einer Unterrichtsstunde aus der Lehrerfortbildung soll die Möglichkeit bieten, die Reflexion und Beurteilung von Unterricht aus der Perspektive der Basismodelle an komplexeren Beispielen zu üben. Dazu ist es erforderlich, im Stundenverlaufsplan die rechte Kommentarspalte mit den Handlungskettenschritten abzudecken, um sich ein eigenes Bild von der Stunde zu machen. Das Ergebnis der eigenen Analyse kann schließlich mit der Analysen verglichen werden, die im Coaching an die Lehrkraft zurückgemeldet wurde. Es folgt eine zweite Analyse, die von Frau Lina Holz im Rahmen einer studentischen Hausarbeit anhand des Videos erstellt wurde. Sie macht deutlich, dass es bereits Studierenden gelingt, mithilfe der Basismodelle Stundenverläufe in Bezug auf ihre Lernprozessstruktur angemessen zu analysieren und Verbesserungspotentiale zu identifizieren.

### 5.3.1 Analyse einer Unterrichtsstunde zum Thema Brechung und Totalreflexion

#### Stundenverlaufsplan

Phase	Sichtstruktur	Kommentar
1 0:04:00	L will HA besprechen (Übertragung einer unbeschrifteten Skizze aus dem Buch und Messung von Einfallswinkel, Reflexions- und Brechungswinkel). Die SuS haben die Hausaufgaben nur unzureichend erledigt, insbesondere haben sie keine Winkel ausgemessen. Ursache kann sein, dass sie sich nicht ausreichend mit den HA beschäftigen. Es wird aber auch deutlich, dass es grundsätzliche Verständnisprobleme gibt, die die Lösung der HA verhindern haben. Die SuS konnten die Skizze nicht angemessen interpretieren.	Aktiver Umgang war in die HA verlegt und soll nun direkt aufgegriffen werden  KB 4
2 0:09:00	Die Skizze wird (unbeschriftet) auf die Tafel übertragen. L versucht im U-Gespräch zu klären, was dargestellt ist.  Es wird geklärt, – von wo das Licht einfällt (Pfeilrichtungen ergänzt). – dass für die Messung des Winkels das Lot eingezeichnet werden muss. Die zu messenden Winkel werden durch Bögen angedeutet.	Lehrer greift auf die Merkmale des Prototypen zurück  KB 3
3 0:16:00	Arbeitsauftrag: Die SuS sollen die Winkel in ihren Skizzen bestimmen. Die Messungen werden verglichen.	Anhand der HA wird ein Prototyp noch einmal durchgearbeitet KB 2
4 0:18:30	Die weiteren 3 Fragen der HA sollen nun besprochen werden: <i>HA-Frage 1: Auf welcher Seite der Grenzfläche befindet sich das Glas?</i> S-Antwort: „Auf der linken Seite.“ Die Grenzfläche wird im Bild bezeichnet. S-Antwort: „Das Glas ist oben, die Luft ist unten.“ L verlangt eine Begründung. S1 meint, das Glas sei oben, weil das Licht nur beim Austrittsversuch reflektiert wird. S2 meint, das Glas sei unten, weil das Licht nur beim Austrittsversuch reflektiert wird. S3 weist darauf hin, dass im Buch steht, „Das Lichtbündel geht von Glas in Luft über.“ L stellt fest, dass das keine ausreichende Antwort sei. L: „Woran kann man feststellen, von wo nach wo das Lichtbündel geht?“	Anhand der HA wird ein Prototyp noch einmal durchgearbeitet KB 2
5 0:23:00	L verweist auf die Ergebnisse der letzten Stunde und was dort zum Einfallswinkel und Brechungswinkel in Zusammenhang mit verschiedenen Medien festgestellt wurde. Eine S referiert aus dem Heft, dass beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium eine Brechung zum Lot stattfindet und bei einem Übergang vom optisch dünneren zum optisch dichteren Medium eine Brechung vom Lot weg stattfindet.	Vorwissen aus der letzten Stunde wird reaktiviert  KB 1
6 0:25:00	In der Skizze werden der einfallende, reflektierte und gebrochene Lichtstrahl beschriftet. Anhand der wiederholten Gesetzmäßigkeiten kann geklärt werden, dass das optisch dünnere Medium, also die Luft, oben sein muss.	Die Skizze wird schrittweise beschriftet. Es steht offenbar keine (im Heft) gesicherte vollständig beschriftete Skizze zur Verfügung, auf die zurückgegriffen werden könnte: KB2
7 0:29:00	<i>HA-Frage 2: Von welcher Seite kommt das Licht?</i> (Die Frage wurde schon in Phase 2 geklärt) Die S-Antwort ist schlecht formuliert, meint aber das Richtige. Der L erläutert noch einmal abschließend den Strahlenverlauf.	KB 2
8 0:30:30	<i>HA-Frage 3: Wo sind einfallender, reflektierter und gebrochener Strahl? Wo sind Einfallswinkel, Reflexions- und Brechungswinkel?</i> L stellt fest, dass dies nun einfach ist und die SuS dies bitte in ihrer HA-Skizze korrigieren sollen. S arbeiten in EA. Der L geht zur Kontrolle herum.	KB 2

Phase	Sichtstruktur	Kommentar
9 0:33:30	<p>L unterbricht, um</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– den Unterschied zwischen den „Schenkeln eines Winkels“ und dem „Winkel“ zu klären: Schenkel entsprechen den Strahlen, Winkel der Fläche dazwischen.</li> <li>– einen falschen Sprachgebrauch zu korrigieren: Winkel werden nicht reflektiert, sondern Strahlen.</li> </ul> <p>In der Tafelskizze werden die Strahlen mit gelber und die Winkelbögen mit orangefarbener Farbe verdeutlicht.</p>	<p>KB 2 – Endgültige Skizze:</p> 
10 0:40:30	<p>L benennt zusammenfassend die Lernschwierigkeiten der SuS:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Unterscheidung Strahl/Winkel</li> <li>2. Lage des optisch dichteren und dünneren Mediums</li> <li>3. Verlauf des Lichts (einfallende und ausfallende Strahlen)</li> <li>4. Lage des Lots</li> </ol>	<p>Die einzelnen Lösungen bzw. Lösungswege werden nicht noch einmal herausgestellt. Könnte als KB 3 interpretiert werden, aber die Merkmale werden nicht noch einmal herausgestellt.</p>
11 0:43:00 (Pause: 0:46:00 bis 0:53:00)  0:58:30	<p>L legt zur Vertiefung eine Folie auf, in der 5 verschiedene Strahlenverläufe dargestellt sind.</p> <p>Die SuS sollen in EA entscheiden, welche Bilder korrekt und welche falsch sind:</p>  <p>Sammlung im KU, Schülerantworten:</p> <p>Bild 1: S begründet, dass die Darstellung falsch sei, weil Luft optisch dichter als Glas sei und die Brechung zum Lot hin erfolgen müsste.</p> <p>Bild 2: S begründet, dass die Darstellung falsch sei, weil „der Einfallswinkel vom optisch dichteren zum optisch dünneren geht“ und die Brechung vom Lot weg erfolgen müsste.</p> <p>Bild 3: S1 vermutet Totalreflexion; S2 widerspricht. Glas sei lichtdurchlässig. Deshalb könne es dort keine Totalreflexion geben. L stellt das Bild zurück, weil Totalreflexion noch nicht ausreichend behandelt wurde.</p> <p>Bild 4: S begründet, dass die Darstellung richtig sei, weil Luft optisch dünner sei als Glas und der Strahl vom Lot weggebrochen wird. Einfallswinkel und Brechungswinkel werden eingezeichnet und mit a und b gekennzeichnet.</p> <p>Bild 5: S erläutert, dass das Bild richtig sei, aber Einfallswinkel und Brechungswinkel nicht eingezeichnet werden können, weil sie 0° betragen.</p>	<p>Der aktive Umgang mit dem zuvor erarbeiteten Konzept kann jetzt von den SuS geleistet werden KB 4</p>
12 1:06:30	<p>L kündigt ein Demonstrationsexperiment zur Totalreflexion an.</p>  <p>Es wird geklärt, wo sich beim Versuchsaufbau das Lot befindet, wo sich das optisch dichtere/dünnere Medium befindet, welche Brechung (vom Lot weg) erwartet wird, dass man beim Übergang Wasser/Luft die Perspektive eines Tauchers einnimmt (<i>sachlich falsch</i>), dass der Einfallswinkel des Lichts kontinuierlich variiert werden kann.</p>	<p><i>In einem Wasserbehälter tritt ein Lichtbündel durch eine Lochblende aus und trifft auf die Wasseroberfläche. Dort wird das Lichtbündel gebrochen. Mit der beweglichen Lochblende kann der Einfallswinkel des Lichtbündels kontinuierlich verändert werden.</i></p> <p>Das L-Experiment soll als Prototyp dienen. KB 2 Vorwissen muss nicht mehr aktiviert werden, weil es durch den bisherigen Verlauf der Stunde zur Verfügung steht. Anhand des Demonstrationsexperiments sollen die SuS die notwendige Erfahrung zur Totalreflexion machen.</p>

Phase	Sichtstruktur	Kommentar
13 1:11:00	Der Einfallswinkel wird mehrfach von der Ausgangslage bis zur Totalreflexion und zurück variiert. Die SuS beschreiben die erwartete Brechung (vom Lot weg) und die Totalreflexion bei großem Einfallswinkel.	KB 2
14 1:12:00  1:21:00	L: „Der gebrochene Lichtstrahl ist verschwunden. Was ist mit dem denn passiert?“ SuS beschreiben die Grenzsituation, wenn der Brechungswinkel $90^\circ$ erreicht wird und wie sich der gebrochene Strahl verändert. Eigenschaften des gebrochenen Lichtstrahls werden zusammenfassend an der Tafel festgehalten:  <u>Totalreflexion:</u> <i>Vorgang bei Vergrößerung des Einfallswinkels:</i> – der gebrochene Lichtstrahl wird schwächer. – der reflektierte Lichtstrahl wird stärker – der gebrochene Lichtstrahl wird immer breiter und ungenauer L: „Jetzt will ich es noch genauer wissen. Wann haben wir denn Totalreflexion?“ SuS nennen nochmals die Bedingung Brechungswinkel $>90^\circ$ und vermuten, dass das ab einem Einfallswinkel von $45^\circ$ passiert. L bemerkt, dass der Einfallswinkel nicht genau $45^\circ$ sei und klärt in einem fragend-entwickelnden U-Gespräch, dass da ein Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium erforderlich ist und dass der Winkel, ab dem Totalreflexion entsteht, als „Grenzwinkel der Totalreflexion“ bezeichnet wird.	KB 2  Sicherung der Beobachtung  Das Experiment wird als Prototyp weiter durchgearbeitet, um die Merkmale der neuen Konzept herauszuarbeiten. L steuert U-Gespräch durch Impulsfragen.
15 1:28:30	Sicherung durch Tafelanschrift des Lehrers <i>Ab einen bestimmten Grenzwinkel wird der Brechungswinkel <math>&gt; 90^\circ</math>.</i> – <i>Der gebrochene Lichtstrahl „klappt“ unter die Grenzfläche, das Licht wird vollständig reflektiert.</i> <i>Dieser Grenzwinkel liegt beim Lichtübergang von Wasser nach Luft bei <math>49^\circ</math>. Für jeden Einfallswinkel <math>&gt; 49^\circ</math> tritt nur Totalreflexion auf! Das findet nur beim Übergang vom optisch dichteren ins optisch dünnere Medium statt.</i>  <i>Der Grenzwinkel hängt vom Medium ab:</i> Wasser – Luft: $49^\circ$ Glas – Luft: $42^\circ$ Diamant – Luft $24^\circ$	Die Merkmale des Konzepts Totalreflexion werden zusammengefasst: KB 3  L gibt zusätzliche Informationen.
16 1:35:30	L stellt fest, dass ein Rückbezug auf Bild 3 (Phase 11) zeitlich nicht mehr möglich ist und erteilt stattdessen die HA. – letzte HA sorgfältig überarbeiten – S. 26 im Buch lesen und S. 30, Aufgabe 26 bearbeiten.	HA zum aktiven Umgang (KB 4)

### 5.3.2 Stundenanalyse aus dem Coaching

#### Beschreibung des Stundenverlaufs

In der vorangehenden Stunde wurde offenbar das Konzept der Lichtbrechung beim Übergang zwischen Medien unterschiedlicher Dichte behandelt, d.h. vom Basismodell Konzeptbildung wurden die Handlungskettenschritte KB 1 bis KB 3 durchgeführt. Der aktive Umgang (KB 4) mit dem neu erworbenen Konzept wurde in die Hausaufgabe verlegt.

Zu Beginn der Stunde möchte die Lehrkraft das Basismodell Konzeptbildung fortsetzen und direkt mit Handlungskettenschritt KB 4, d.h. der Hausaufgabe beginnen. Sie stellt jedoch fest, dass die Schülerinnen und Schüler die Hausaufgabe mehrheitlich nicht leisten konnten. Es zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler die unbeschriftete Skizze aus dem Buch nicht richtig zu interpretieren vermochten. Deshalb fragt die Lehrkraft zunächst anhand einer Skizze die Merkmale des Konzepts ab (KB 3). Als dies auch nicht gelingt, wird ein Teil der Hausaufgabe wie ein Prototyp durchgearbeitet (KB 2 ab Phase 3), um schließlich die Merkmale des neuen Konzept zusammenfassen zu können (KB 3 in Phase 10). Dann wird der Rest der Hausaufgaben besprochen (KB 4 in Phase 11).

Im zweiten Teil der Stunde (ab Phase 12) wird ebenfalls das Basismodell Konzeptbildung verfolgt. Ziel ist die Erarbeitung des Konzepts der Totalreflexion. Als erster Handlungskettenschritt *Bewusstmachung des Vorwissens* (KB 1) kann der bisherige Stundenverlauf gelten. Dementsprechend wird mit der Durcharbeitung eines Demonstrationsexperimentes als *Prototyp* begonnen (KB 2).

In Phase 14 und 15 wird ein weiteres Merkmal des Basismodells *Konzeptbildung* deutlich, nämlich, dass die Lehrkraft als Experte die Konzeptbildung spätestens bei der Beschreibung der wichtigen neuen Merkmale (KB 3) aktiv in die beabsichtigte Richtung steuern muss. Dies geschieht hier durch die Impulse beim fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch (Phase 14) oder die Mitteilung zusätzlicher Informationen (Phase 15). Gegen Ende der Stunde (Phase 15) findet eine ausführliche schriftliche Sicherung des Prototyps statt. Außerdem wird wieder eine Hausaufgabe gestellt (Phase 16). Unklar bleibt, ob die Hausaufgabe wieder vertiefenden oder eher wiederholenden bzw. sichernden Charakter hat.

#### Beurteilung aus Sicht der Basismodelle

Eine Hypothese im Theorierahmen der Basismodelle besagt, dass Schülerinnen und Schüler die Anforderungen eines Handlungsschritts immer dann nicht leisten können, wenn ein vorhergehender Handlungskettenschritt seine Funktion nicht ausreichend erfüllt hat. In solchen Fällen muss dieser vorhergehende Handlungskettenschritt aufgearbeitet werden, um die aktuellen Schwierigkeiten zu überwinden.

Indem die Lehrkraft in den Phasen zwei bis fünf schrittweise in den Handlungskettenschritten zurückgeht, die jeweiligen Phasen aufarbeitet und dadurch schließlich die Schülerinnen und Schüler dahin führt, dass sie den aktiven Umgang mit dem neuen Konzept leisten können (Phase 11 im Stundenverlaufsplan), reagiert sie im Sinne der Basismodell-Theorie richtig.

Allerdings hat die Hausaufgabenbesprechung nahezu eine ganze Schulstunde benötigt, sodass zu überlegen ist, wie dieser Prozess beschleunigt oder vermieden werden könnte.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob es am Stundenanfang zur Anknüpfung ausreicht, den letzten Handlungskettenschritt der vorhergehenden Stunde aufzugreifen, oder ob es sinnvoller ist, das ganze begonnene Basismodell in knapper Form zu wiederholen. Diese Frage kann nicht pauschal beantwortet werden. Sofern die vorange-

gangenen Handlungskettenschritte ihren Zweck erfüllt haben, sollte auch ein direkter Einstieg mit dem neuen Handlungskettenschritt möglich sein.

In der Stunde besteht offenbar nicht die Möglichkeit auf einen ausreichend durchgearbeiteten und gesicherten Prototyp aus der vorhergehenden Stunde zurückzugreifen. Ein solcher konkreter Prototyp mit entsprechend beschrifteter Skizze hätte den Schülerinnen und Schülern vermutlich bei der Hausaufgabe helfen und die Wiederholungsphase stark verkürzen können. Ein gut verankerter Prototyp, auf den immer wieder zurückgegriffen werden kann, spielt eine zentrale Rolle im Basismodell Konzeptbildung. Vor diesem Hintergrund sollte überlegt werden, ob die hier gestellte weiterführende Hausaufgabe nicht besser durch eine reproduzierende Hausaufgabe ersetzt worden wäre, die zunächst den Prototyp bzw. die Merkmale des Konzepts gesichert hätte.

Es deutet sich eine generelle Strategie der Lehrkraft an, den aktiven Umgang mit einem neuen Konzept regelmäßig in die Hausaufgaben auszulagern. Möglicherweise erhofft sie sich dadurch eine Zeitersparnis im Unterricht. Dadurch wird jedoch das Basismodell stets ungünstig in der Mitte unterbrochen. Außerdem ist fraglich, ob eine vollständige Auslagerung des aktiven Umgangs aus dem Unterricht möglich ist. Das Stundenbeispiel zeigt vielmehr, dass genügend Zeit für den aktiven Umgang bei der Besprechung der Hausaufgaben eingeplant werden muss, damit die Hausaufgaben lernwirksam werden.

Nach der Besprechung der Hausaufgaben wird mit dem neuen (eigentlichen) Thema der Stunde begonnen, der Totalreflexion. Dadurch wird das Basismodell Konzeptbildung für die Lichtbrechung nicht zu Ende geführt. Es fehlt die Anwendung des Konzepts in anderen Kontexten (KB 5), also die Vernetzung mit dem Langzeitgedächtnis.

Der Sinn dieses Handlungskettenschrittes besteht darin, den Schülerinnen und Schülern den Blick für ihre Umwelt zu öffnen. Erst dadurch entsteht aus dem fachlichen Verfügungswissen ein sinnstiftendes vernetztes Orientierungswissen. Ein mögliches Beispiel aus dem Alltag wäre u.a. wie (in welche Richtung) ein Bein optisch bricht, wenn man in die Badewanne steigt.

Die Sicherung Ende der Stunde (Phase 15) könnte noch um eine Skizze als weitere Darstellungsform ergänzt werden. Der Wechsel der Darstellungsform mit ihren unterschiedlichen Ebenen der Abstraktion erweist sich oft als Schlüssel zum fachlichen Verständnis. Das flexible Anwenden verschiedener Darstellungen ist eine wichtige Fähigkeit bei Problemlöseprozessen. Er ist außerdem eine typische Fachmethode der Physik.

Bei der Hausaufgabe in Phase 16, scheint es ratsam sein, eine wiederholende bzw. sichernde Aufgabe zum Prototyp zu stellen, die alle Schülerinnen und Schüler leisten können müssten. Eine vertiefende Hausaufgabe würde bedeuten, dass die Schülerinnen und Schüler ohne unterstützende Begleitung durch die Lehrkraft zum nächsten Handlungskettenschritt weitergehen müssen und möglicherweise erneut scheitern.

### 5.3.3 Studentische Stundenanalyse

Die Unterrichtsstunde beginnt mit der Besprechung der Hausaufgabe. Zunächst sieht es so aus, als ob die Lehrkraft mit dieser Besprechung das Vorwissen aktivieren möchte (KB 1). Da den Schülerinnen und Schülern das Prinzip der Lichtbrechung aber nicht richtig klar ist, kann man davon ausgehen, dass in der vorangegangenen Stunde zwar schon das Konzept der Lichtbrechung eingeführt wurde, aber keine Zeit mehr war, dieses durch die Handlungskettenschritte KB 4 und KB 5 einzuüben. Diese Schritte wurden in die Hausaufgabe verschoben. Da zunächst ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler zu spät zum Unterricht erscheint und die Lehrkraft dies direkt mit den betreffenden Schülerinnen und Schülern vor der Tür bespricht, geht hier Zeit verloren. Die Besprechung der Hausaufgabe gestaltet sich schwierig, weil viele Schülerinnen und Schüler sie gar nicht und der größte Teil der Schülerinnen und Schüler sie nur sehr oberflächlich bearbeitet hat. Die

Schülerinnen und Schüler haben die Winkel nicht richtig gemessen und die Maße nicht aufgeschrieben, sodass dies während der Unterrichtsstunde nachgeholt werden muss. Nach der Besprechung der Hausaufgabe (33:40) werden noch einmal die allgemeinen Begriffe erklärt. Die wichtigsten Fachausdrücke werden besprochen und an der Zeichnung erläutert. Hier geht die Lehrkraft also wieder einen Schritt zurück, zu Handlungskettenschritt KB 3, um den Schülerinnen und Schülern noch einmal die wichtigsten Merkmale des Konzepts Lichtbrechung zu erklären. Die Bearbeitung des Aufgabenteils a) hat gezeigt, dass in der vorangegangenen Stunde nicht nur die Fachausdrücke der Lichtbrechung, sondern auch die Brechung von einem Medium in ein anderes gelernt wurden, da alle Schülerinnen und Schüler den Merksatz zur Brechung von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium in ihrem Heft hatten. Dies verdeutlicht die Vermutung, dass die Handlungskettenschritte KB 1, KB 2 und KB 3 in der letzten Stunde bearbeitet wurden, KB 4 und KB 5 aber fehlten. Die anschließende Bearbeitung der Aufgaben auf den Folien wäre dann Handlungskettenschritt KB 5, also die Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten. Das Abschließen des Konzepts der letzten Stunde nimmt eine ganze Zeitstunde in Anspruch, da den Schülerinnen und Schülern das Konzept durch die fehlende Anwendung nicht klar war.

Nachdem das Konzept der Lichtbrechung abgeschlossen ist, beginnt die Lehrkraft mit dem Versuch zur Totalreflexion. Sie startet hier also direkt mit dem zweiten Handlungskettenschritt. Man kann das vorangegangene Konzept zur Lichtbrechung als Vorwissen für das neue Konzept sehen. Der Versuch ist der Prototyp zum Konzept „Totalreflexion“. Sie zeigt den Versuch mehrmals und die Schülerinnen und Schüler beschreiben währenddessen was sie gesehen haben. Dieser Schritt veranschaulicht das Prinzip der Totalreflexion gut, sodass die Schülerinnen und Schüler bereits ein Bild im Kopf haben. Sie beginnen direkt zu beschreiben was sie sehen, was die Überleitung zum dritten Handlungskettenschritt darstellt.

Der Handlungskettenschritt KB 3, die Beschreibung der wichtigsten Merkmale des Konzepts, beginnt damit, dass die Lehrkraft die ersten Merksätze an die Tafel schreibt. Da sie noch genauere Informationen zur Totalreflexion haben möchte, fragt sie nach, bis die Schülerinnen und Schüler darauf kommen, dass die Grenzwinkel der Totalreflexion immer von den Medien abhängig sind und dass Totalreflexion nur stattfinden kann, wenn das Licht von einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium fällt. Die Beschreibung endet mit einem Tafelanschrieb der Lehrkraft, in dem sie die wichtigsten Informationen zusammenfasst.

Die Handlungskettenschritte KB 4 und KB 5 fehlen in dieser Stunde vollkommen. Es findet kein Umgang mit dem Konzept „Totalreflexion“ statt und die Übertragung auf einen anderen Kontext fehlt.

Weil die Schülerinnen und Schüler nicht mit den Fachbegriffen umgehen konnten, hat die Lehrkraft aus dem Konzept zur Lichtbrechung mithilfe der Zeichnung an der Tafel und der Aufgaben auf der Folie die Handlungskettenschritte KB 3, KB 4 und KB 5 ausführlich wiederholt. Dieses Abschließen des letzten Konzepts kann als Vorwissensaktivierung für das neue Konzept „Totalreflexion“ gesehen werden. Die Besprechung des alten Konzepts führte zwar dazu, dass die Lehrkraft die Stunde zur Totalreflexion nach dem Basismodell Konzeptbilden nicht zu Ende führen konnte, sie war jedoch notwendig, damit die Schülerinnen und Schüler Gelegenheit hatten, das Prinzip der Lichtbrechung zu verstehen. Ohne dieses Vorwissen wäre die Erarbeitung der Totalreflexion nicht erfolgreich verlaufen.

Die Handlungskettenschritte KB 2 und KB 3 zur Totalreflexion sind dann mit jeweils knapp 15 Minuten recht kurz abgehandelt worden, was eventuell etwas ausführlicher hätte stattfinden können, aber in Anbetracht der Zeit nicht mehr möglich war. Die Beschreibung der wichtigsten Merkmale hat schon während des zweiten Handlungskettenschritts stattgefunden, diese beiden Phasen sind also vermischt worden. Die Schülerinnen und Schüler haben nur zögerlich auf die Fragen der Lehrkraft geantwortet und sie musste viel

nachfragen, um die richtigen Antworten von den Schülerinnen und Schüler zu bekommen. Am Ende des dritten Handlungskettenschritts verfasst die Lehrkraft zum Mitschreiben einen kurzen Text an der Tafel, der die wichtigsten Merkmale der Totalreflexion enthält. Dies ist sinnvoll, damit die Schülerinnen und Schüler diesen zu Hause nachlesen können.

Da die Stunde danach bereits vorbei ist, gibt die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern eine Hausaufgabe, allerdings ist für uns nicht ersichtlich, ob diese auf den aktiven Umgang mit dem Konzept (KB 4) abzielt oder nicht. Während sie die Hausaufgaben aufgibt, sind die Schülerinnen und Schüler laut und hören kaum zu.

Der aktive Umgang (KB 4) und die Übertragung (KB 5) in einen anderen Kontext ist in dieser Stunde also nicht gelungen. Bevor die Lehrkraft die Hausaufgaben aufgibt, sagt sie, dass sie jetzt eigentlich noch einmal auf die Folie zu sprechen kommen wollte, um zu sehen, ob das dritte Beispiel eine Totalreflexion ist oder nicht; da die Stunde zu Ende ist, kommt sie nicht dazu. Die Betrachtung weiterer Beispiele (wie die auf der Folie) wäre eine gute Möglichkeit für den aktiven Umgang mit dem neuen Konzept gewesen. So hätten die Schülerinnen und Schüler die Totalreflexion noch einmal an anderen Beispielen erklären und verstehen können. Für die Übertragung in einen anderen Kontext hätte man die Glasfasertechnik als Beispiel nehmen können. Die Übertragung von Licht und Bildern bei der Endoskopie oder die Übertragung von Daten und Informationen durch Glasfaserkabel, wie zum Beispiel bei Telefongesprächen stellen einen neuen Kontext dar, in dem die Totalreflexion genutzt wird. Dazu kann man ein Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler erstellen, welches sie alleine oder in Gruppen bearbeiten, sodass sie auch in diesem neuen Kontext die Totalreflexion und deren Nutzung im Alltag erklären können.

### 5.3.4 Vergleich der beiden Stundenanalysen

Beide Stundenanalysen kommen grundsätzlich zu einer gleichen Einschätzung der Unterrichtsstunde, auch wenn hier und da die Zuordnung der Handlungskettenschritte anders ausfällt. So wird in der ersten Analyse ein zurückschreiten bis Handlungskettenschritt KB 1 erkannt (Phase 5), wogegen die zweite Analyse nur ein Zurückgehen bis KB 3 beobachtet. Die 11. Phase wird in der zweiten Analyse als Handlungskettenschritt KB 5 interpretiert in der Erwartung, dass damit das Basismodell Konzeptbildung zu Ende geführt werden soll. Die erste Analyse sieht darin nur Handlungskettenschritt KB 4, weil die Ähnlichkeit zum Prototyp sehr groß ist. Derartige Abweichungen sind letztlich für die Gesamtbewertung der Stunde nicht entscheidend. Ein Grund für die unterschiedlichen Einschätzungen mag sein, dass der ersten Analyse eine manualbasierte Kodierung der Stunde in 30 Sekundeneinheiten zu Grunde lag, während in der zweiten Analyse eher größere Zeiteinheiten auf einer intuitiveren Basis betrachtet wurden. Welche der beiden Analysen das Verhalten bzw. die Intentionen der Lehrkraft besser erfasst hat, kann letztlich nur die Lehrkraft selbst im Beratungsgespräch entscheiden. So könnte der zweite Teil der Stunde zur Totalreflexion auch als Erfahrungslernen intendiert sein, bei dem Regelmäßigkeiten bei einem unbekanntem Phänomen entdeckt und beschrieben werden sollen. Hierfür ist aber die handelnde Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit dem Lerngegenstand schwach ausgeprägt, da sie demonstrierend von der Lehrkraft durchgeführt wird und die Beobachtungen durch ein fragend-entwickelndes Gespräch gelenkt werden. Der Wert solcher Analysen besteht dabei nicht in ihrer Genauigkeit, sondern darin, dass sich aus ihnen plausible Hypothesen für die Verbesserung der Unterrichtsqualität ergeben. Hierfür bieten die Analysen eine gute Grundlage. Die Tatsache, dass die zweite Analyse ohne eine aufwendige Kodierung auskommt, lässt hoffen, dass ähnlich gute Ergebnisse auch bei einer kollegialen Beratung erreicht werden können, wenn der Stundenverlauf direkt bei der Hospitation protokolliert wird (vgl. Abschnitt 6.2).

## 6. Transfer in die Schulpraxis

### 6.1 Gestaltung des Fortbildungstages

Zu Beginn der Fortbildung wurden die teilnehmenden Lehrkräfte an einem Fortbildungstag mit den Basismodellen von Oser vertraut gemacht. Die Konzeption des Fortbildungstags wird im Folgenden erläutert.

Nach der Begrüßung wurde eine Kartenabfrage mit folgendem Auftrag durchgeführt:

Notieren Sie die drei wichtigsten Punkte, nach denen Sie Ihren Unterricht strukturieren.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden gebeten, ihre Antworten auf einzelne Karten zu schreiben, sie vorzustellen und die Karten an die Tafel zu heften. Dabei sollten sie gleichartige Karten möglichst zusammen hängen. Es wurde erwartet, dass u. a. Unterrichtsphasen wie Einstieg, Erarbeitung, Vertiefung, Üben oder Sicherung genannt werden, die zwar eine Strukturierung von Unterricht, nicht aber von Lernprozessen beschreiben. Die Karteikarten wurden danach sortiert, ob sie Aspekte der Sichtstruktur oder der Tiefenstruktur des Unterrichts beinhalteten. Ziel der Kartenabfrage war es deutlich zu machen, dass die Lehrkräfte bereits über ein Methodenrepertoire zur Gestaltung unterschiedlicher Unterrichtsphasen verfügen und in der Fortbildung nun lernen sollen, dieses zur lernprozessorientierten Gestaltung des Unterrichts einzusetzen.

Anschließend wurde in einem Kurzvortrag der konzeptuelle Rahmen der Basismodelle von Oser vorgestellt. Dabei wurde insbesondere auf die Basismodelle *Lernen durch Eigenerfahrung*, *Konzeptbildung* und *Problemlösen* sowie die Qualitätskriterien Reihenfolge, Vollständigkeit und innere Kohärenz eingegangen. Die Lehrkräfte bekamen ergänzend ein Handout, das den Text aus Kapitel 2 enthielt.

Danach sollten die Lehrkräfte Unterricht nach den Basismodellen planen. Hierzu wurden sechs Gruppen gebildet, die die Aufgabenstellungen aus Kapitel 5.1 bearbeiteten. Die Ergebnisse wurden auf Postern festgehalten (vgl. Anhang 9.2) und per „Museumsgang“ besprochen.

In einer zweiten Gruppenarbeitsphase wurden die folgenden drei Arbeitsaufträge auf sechs Gruppen verteilt:

- Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Lernen durch Eigenerfahrung**, in der die Schülerinnen und Schüler den Unterschied zwischen fester und loser Rolle erfahren.
- Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Konzeptbildung**, in der die Schülerinnen und Schüler das Konzept der festen und losen Rolle erlernen.
- Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Problemlösen**, in der die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen über feste und lose Rollen zur Konstruktion eines Flaschenzuges mit einer fixen Anzahl von Rollen nutzen.

Als Hilfestellung erhielten sie nur noch die Planungsraster aus Abschnitt 5.1. Die Ergebnisse der sechs Gruppen wurden auf Folie gesichert, am Tageslichtprojektor präsentiert und ausführlich diskutiert (vgl. Anhang 9.3). Die Lösungen wurden bereits ausführlich in Abschnitt 5.1.4 besprochen.

Der Fortbildungstag endete mit Informationen zum Design der wissenschaftlichen Begleitstudie, der Organisation der nächsten Videografie- und Coaching-Termine sowie einer Feedbackrunde.

## 6.2 Kollegiale Beratung

In der Fortbildung wurden individuelle, videobasierte Coaching-Sitzungen mit den Lehrkräften durchgeführt. Dazu wurden Unterrichtsstunden der Lehrkräfte auf Video aufgezeichnet und auf der Grundlage eines Kodiermanuals von studentischen Hilfskräften kodiert. Die grafische Aufbereitung dieser Kodierung wurde den Lehrkräften vorgelegt. Außerdem wurde in den Coaching-Sitzungen die Planung der nächsten aufzuzeichnenden Unterrichtsstunde vorbesprochen. Dieses Vorgehen hat sich zwar als sehr wirkungsvoll erwiesen, es ist aber zu aufwendig, um die lernprozessorientierte Gestaltung des Physikunterrichts im größeren Maßstab in die Schulpraxis zu bringen. Deshalb wird hier die Möglichkeit der kollegialen Beratung erörtert.

### 6.2.1 Prinzipien der kollegialen Beratung

Die kollegiale Beratung oder Supervision hat zum Ziel, Lehrkräften ein möglichst unabhängiges, neutrales Feedback über ihren Unterricht zu geben. Solch ein Feedback reicht oft aus, um einen Selbstverbesserungsprozess in Gang zu setzen, akute Probleme festzustellen und Alternativen zu entwickeln. Darüber hinaus ermöglicht sie durch das Feedback-gesteuerte Einüben bewährter Unterrichtsstrategien (wie den Basismodellen) eine Erweiterung des Handlungsrepertoires. Vielfach wird dadurch eine positive Grundeinstellung zu kontinuierlicher Weiterbildung und Professionalisierung gefördert. Allerdings ist die kollegiale Beratung im Schulalltag oft schwer zu realisieren, wenn es an der notwendigen organisatorischen und ideellen Unterstützung fehlt.

Die kollegiale Beratung oder Supervision beruht auf drei Schritten:

1. Planungssitzung zur Klärung der Erwartungen und Methoden
2. Unterrichtsbeobachtung
3. Feedbacksitzung

Die **Planungssitzung** dient der Beschreibung des Real- und Idealbildes der beratenen Lehrkraft von ihrem Unterricht. Die Lehrkraft äußert ihre persönlichen Bedenken, Anforderungen und Zielsetzung bzgl. ihres Unterrichts. Die Beraterin bzw. der Berater hilft, die Selbstwahrnehmung der Lehrkraft zu klären, sodass am Ende beide ein klares Bild über den derzeitigen Unterricht, ihr Ideal von Unterricht und mögliche Diskrepanzen aufzeigen können. Danach suchen die beratene Lehrkraft und die Beraterin bzw. der Berater nach geeigneten Techniken und Modellen, die die Lehrkraft ausprobieren könnte, um ihrem Ideal näher zu kommen. Ergebnis der Planungssitzung ist die kooperative Entscheidung, objektive Daten über den Unterricht in Hinblick auf die gewünschte Veränderung zu erheben. Damit verbunden ist die gemeinsame Festlegung auf bestimmte Beobachtungsschwerpunkte und Aufzeichnungsmethoden, z.B. selektive Wortprotokolle von Lehreräußerungen (Fragen, Feedback, strukturierende oder organisierende Ansagen) oder die Aufzeichnung von Dialogabläufen und Schülerbeteiligung in einen Sitzplan.

Bei der **Unterrichtsbeobachtung** werden gezielt die vereinbarten Aufzeichnungen gemacht. Dadurch werden immer nur die unter Beobachtung stehenden Aspekte des Unterrichts erfasst, sodass die Aufzeichnungen einen Ausschnitt der Unterrichtsrealität wiedergeben.

In der **Feedbacksitzung** werden der Lehrkraft die Aufzeichnungen vorgelegt. Die Beraterin bzw. der Berater ermutigt die Lehrkraft, eigene Schlüsse aus den Daten zu ziehen. Anstatt eigene Lösungsansätze zu entwickeln und mitzuteilen, sollte die Beraterin bzw. der Berater nur seine Wahrnehmung des Unterrichts und seine Interpretation der Daten beisteuern. Beim Sichten der Beobachtungsdaten durch die beratene Lehrkraft ergeben

sich häufig weitere Ziele für die Selbstentwicklung, sodass gemeinsam mit der Beraterin bzw. dem Berater weitere Entwicklungsziele und Erhebungen von Beobachtungsdaten vereinbart werden können. Die Feedbacksitzung geht dann in eine neue Planungssitzung über.

Die kollegiale Beratung oder Supervision geht von der Annahme aus, dass eine Lehrkraft sich nur in den Bereichen entwickeln kann, in denen sie selbst einen Entwicklungsbedarf empfindet. Der Entwicklungsprozess wird durch eine Schulung der Selbstwahrnehmung und Hinweise auf Handlungsalternativen gesteuert. Die beratene Lehrkraft muss daraus für sich die passenden Lösungen selbst entwickeln.

Literatur:

Gall, M. D. & Acheson, K. A. (2010)

Horster, L. (2008)

## 6.2.2 Übertragung auf die Lehrerfortbildung zu Basismodellen

Eine Übertragung der Prinzipien der kollegialen Beratung auf die Lehrerfortbildung ist nicht ohne weiteres möglich, weil das Entwicklungsziel einer lernprozessorientierten Unterrichtssequenzierung bereits vorgegeben ist und nicht erst in der Planungssitzung festgelegt wird. Die kollegiale Beratung kann daher nur dann Wirkung erzielen, wenn die zu beratende Lehrkraft dieses Entwicklungsziel als sinnvoll akzeptiert und ein Interesse daran hat, eine bessere Umsetzung der Basismodelle zu erlernen.

Dennoch ist eine Planungssitzung nicht überflüssig. Sie hilft konkrete Fragestellungen und Beobachtungsschwerpunkte festzulegen. Das können z.B. sein:

- Wird die Zielsetzung der Stunde für die Schülerinnen und Schüler deutlich?
- Ich möchte oft zu viel erreichen. Dadurch gibt es in meiner Stunde konkurrierende Ziele und eine Vermischung von Basismodellen. Gelingt es mir, mich besser zu fokussieren?
- Wie gelingt es mir, den Lernweg für die Schülerinnen und Schüler transparent zu machen?
- Mir passiert es immer, dass ich zu schnell weitergehe und die Schülerinnen und Schüler am Ende nicht mehr folgen können. Wie kann ich das verändern?
- Welche Handlungskettenschritte gestalte ich zu ausführlich, welche zu knapp?
- Ich habe das Gefühl, dass ich zwar die Abfolge der Handlungskettenschritte einhalte, der Übergang aber oft nicht logisch und stringent ist. Irgendwie fehlt der rote Faden.
- Ich bin mir nicht sicher, ob die Ergebnissicherung am Stundenende zum intendierten Ziel (Basismodell) meiner Stunde passt.
- Sind die eingesetzten Unterrichtsmethoden für die einzelnen Handlungskettenschritte geeignet?
- Wie ist das Verhältnis von Lehrerinstruktion und Schülerrekonstruktion in den einzelnen Unterrichtsphasen?

Durch die Festlegung von Beobachtungsschwerpunkten wird der beratenden Lehrkraft die Selektion und Aufzeichnung relevanter Informationen erleichtert. Eine gemeinsame Planung oder Vorbesprechung der Stunde ist nicht vorgesehen. Es kann aber im Einzelfall Sinn machen, wenn die beratende Lehrkraft in der Planungssitzung den geplanten Stundenverlauf ausgehändigt bekommt. Dadurch können konkrete, stundenbezogene Beobachtungen vereinbart werden, und die beratende Lehrkraft wird bei der Dokumentation der Stunde entlastet, indem sie die Notizen auf die wichtigsten Aspekte (Abweichungen vom Plan, Probleme bei der Umsetzung) beschränken kann. Andererseits betrachtet der Berater bzw. die Beraterin die Stunde dann nicht mehr unvoreingenommen.

Die Dokumentation der Unterrichtsstunde kann je nach Schwerpunktsetzung (und Vereinbarung zwischen beratender und der beratenen Lehrkraft) unterschiedlich ausfallen. Grundlage der Dokumentation sind stundenbegleitende (anekdotische) Kurznotizen. Dazu sollte der vorbereitete Beobachtungsbogen (Abbildung 6.1) eingesetzt werden. Hier auf macht die beratende Lehrkraft z.B. folgende Einträge:

- Machen Sie einen waagerechten Strich, wenn nach ihrem Eindruck ein neuer Stundenabschnitt beginnt. Halten Sie den Zeitpunkt fest. Einen neuen Abschnitt kann man z.B. daran erkennen, dass die Lehrkraft eine Frage oder einen Arbeitsauftrag mit neuer Intention formuliert, oder sich die Sozialform, Unterrichtsmethode oder das verwendete Medium ändert.
- Notieren Sie zu jedem Unterrichtsabschnitt möglichst den neuen Impuls (Lehrerfrage, Lehrerauftrag) oder eine kurze Charakterisierung. Erfassen Sie ggf. auch wichtige Schülerreaktionen bzw. das Schülerverhalten (z.B. Verständnisprobleme, Vorschläge oder Gedankenblitze).
- Sie werden die Lehrer- und Schüleräußerungen nicht vollständig und in wörtlicher Rede erfassen können. Konzentrieren sie sich auf die Kernaussagen.
- Halten Sie möglichst das Tafelbild im Beobachtungsbogen fest.
- Notieren Sie, welche Informations- und Arbeitsblätter an welcher Stelle eingesetzt werden und welche Funktion bzw. welcher Handlungskettenschritt damit anscheinend realisiert wird. Die Blätter sollten später in der Feedbacksitzung als Teil der Beobachtungsdaten analysiert werden.
- Halten Sie unmittelbar nach der Stunde das vermutete Hauptziel schriftlich fest.
- Notieren Sie, welches Basismodell/welche Basismodelle sie in der Stunde erkannt haben und ordnen Sie die einzelnen Unterrichtsschritte den Handlungskettenschritten der Basismodelle zu.

*Bitte beachten Sie: Die Anwendung der kollegialen Beratung zur Einübung der Basismodelle ist eine Weiterentwicklung der bisherigen Fortbildungspraxis mit videogestütztem Coaching. Bisher haben wir wenig Erfahrung, ob die vorgeschlagene Dokumentationsmethode praktikabel ist. Dies ist derzeit Gegenstand weiterer Forschung.*

In der Feedback-Sitzung erhält die beratene Lehrkraft die Gelegenheit, ihre Planungsinentionen mit den Notizen der beratenden Lehrkraft abzugleichen. Anlässe zur Reflexion sind

- gravierende Abweichungen zwischen der Planung und den Beobachtungsdaten,
- ein unklares Stundenziel,
- unvollständige oder vermischte Basismodelle,
- übersprungene oder schwach ausgeprägte Handlungskettenschritte,
- offensichtliche Lernschwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler, d.h. Phasen, in denen die Schülerinnen und Schüler die erwarteten Leistungen nicht erbringen konnten. Diese sind i.d.R. ein Anzeichen dafür, dass in vorangegangenen Handlungskettenschritten nicht die notwendigen Voraussetzungen geschaffen wurden.

Aus der Reflexion lassen sich konkrete Verbesserungsmöglichkeiten ableiten, die in Folgestunden geübt oder ausprobiert werden sollten.

Klasse:	Datum:	Blatt:	Lde							
			Handlung planen	Handlung durchführen	Bedeutung konstruieren	Generalisierung	ähnl. Erfahrung	Vorwissen aktivieren		
Zeit	Sichtstruktur (Inhalt/Handlung/ Methode/Sozialform)	Kommentar	Vorwissen aktivieren							
			Prototyp durcharbeiten							
			Merkmale definieren							
			aktiver Umgang							
			anderer Kontext							
			Problem verstehen							
			Lösung entwickeln							
			Lösung ausprobieren							
			Lösung auswerten							
			Ziel unklar							

Abbildung 6.1: Beobachtungsbogen für kollegiale Beratung

## 7. Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse der Lehrerfortbildung

Zum Schluss sollen noch die empirischen Ergebnisse zur Lehrerfortbildung zusammengefasst werden.

Die Fortbildung wurde mit 15 Gymnasiallehrkräften durchgeführt, die jeweils eine 8. Klasse unterrichteten. Sie dauerte ein ganzes Schuljahr, in dem die Lehrkräfte nach einem Fortbildungstag zu Beginn des Schuljahres quartalsweise ein individuelles Coaching zur Planung und Analyse ihres Unterrichts mit Bezug auf die Basismodelle erhielten. In diesem Zeitraum wurde in allen Klassen das Themengebiet Mechanik behandelt.

Der Erfolg der Lehrerfortbildung wurde auf zwei Ebenen untersucht. Erstens wurden auf der Ebene der Lehrkräfte Veränderungen des Unterrichts im Verlauf der Fortbildung mittels Unterrichtsanalysen erfasst. Dazu wurden die Unterrichtsstunden hinsichtlich der Umsetzung der Basismodelle kodiert und bewertet. Qualitätskriterien waren die Orientierung auf zentrale Lehrziele durch die Fokussierung auf die entsprechenden Basismodelle sowie eine gute Strukturierung in Form der korrekten und vollständigen Abfolge der Handlungskettenschritte. Zweitens wurde die Auswirkung auf der Schülerebene mit einem Fachwissenstest zur Mechanik gemessen, der zu Beginn und zum Ende des Schuljahres in den Klassen der Lehrkräfte sowie zum Vergleich in Parallelklassen eingesetzt wurde. In der Analyse wurde das Fachwissen sowohl zwischen der Fortbildungs- und der Vergleichsgruppe verglichen als auch innerhalb der Fortbildungsgruppe mit der Entwicklung auf der Lehrerebene in Zusammenhang gebracht.

Auf Ebene der Lehrkräfte zeigte sich, dass die Unterrichtsstunden am Ende der Fortbildung klarere Ziele und eine bessere Struktur als zu Beginn der Fortbildung hatten. Die Anzahl an Basismodellen pro Stunde nahm ab. Ebenso verringerte sich die Anzahl an Wechseln zwischen den Handlungskettenschritten eines Basismodells, d.h. die Lehrkräfte sprangen seltener zwischen Handlungskettenschritten vor und zurück bzw. vermischten ihre Funktionen weniger. Entsprechend verbesserten sich die Maßzahlen für die Reihenfolge und Vollständigkeit der Handlungskettenschritte.

Dabei wurde festgestellt, dass Lehrkräfte der Fortbildungsgruppe, die ihre Klassen 90 Minuten unterrichteten, die Basismodelle vollständiger umsetzen konnten als Lehrkräfte, die nur 45 Minuten Zeit hatten. Dies steht dahingehend im Einklang mit bisherigen Ergebnissen, dass eine vollständige Umsetzung der Basismodelle in 45 Minuten nicht möglich ist, aber auch in 90-minütigen Stunden ohne eine entsprechende Anleitung nicht beobachtet wird. Normalerweise wird die verlängerte Unterrichtszeit dazu genutzt, weitere Ziele anzusteuern oder Handlungskettenschritte auszudehnen.

Bei einzelnen Basismodellen konnten für bestimmte Handlungskettenschritte Veränderungen zwischen Beginn und Ende des Schuljahres festgestellt werden. So wurde bei *Lernen durch Eigenerfahrung* mehr Zeit zum Reflektieren (Elemente 3 bis 5) genutzt. Beim Basismodell *Konzeptbildung* zeigte sich, dass mehr Zeit für den Prototyp verwendet wurde.

Auf Schülerebene zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler in Vergleichs- und Fortbildungsgruppe zu Beginn des Schuljahres mit dem gleichen Wissen starteten. Nach der Fortbildung schnitten die Schülerinnen und Schüler der Fortbildungsgruppe besser ab als die Vergleichsgruppe. Analysiert man genauer, welche Schülergruppen besonders von der Fortbildung profitieren, so zeigt sich, dass man drei Schülergruppen „schwach“, „Durchschnitt“ und „stark“ identifizieren kann. Zu Beginn der Fortbildung unterscheidet sich die Verteilung zwischen Vergleichs- und Fortbildungsgruppe bezüglich dieser drei Schülergruppen nicht. Nach der Fortbildung sind in der Fortbildungsgruppe weniger Schülerinnen und Schüler in der Schülergruppe „schwach“. Es zeigt sich, dass es gerade in

der Fortbildungsgruppe den schwächeren, aber auch den durchschnittlichen Schülerinnen und Schülern gelang, sich zu verbessern.

Zudem wurde innerhalb der Fortbildungsgruppe (nur dort ist Unterricht aufgezeichnet worden) geprüft, inwiefern das Fachwissen mit der Umsetzung der Basismodelle im Unterricht zusammenhängen. Es konnten positive Zusammenhänge zwischen der Reihenfolge bzw. der Handlungskettenschritte und dem Fachwissen der Klassen festgestellt werden. Dies kann so interpretiert werden, dass die bessere Umsetzung der Basismodelle am Ende der Fortbildung zu Unterschieden im Fachwissen führte.

Die Ergebnisse der Fortbildung zeigen verschiedene Veränderung auf, die den Zielen des Ganz-In-Projekts entsprechen. Auf Ebene der Lehrkräfte zeigt sich hinsichtlich der Zielorientierung und Strukturiertheit die intendierte veränderte Unterrichtspraxis vor allem für Doppelstunden. Somit konnte eine Steigerung der Unterrichtsqualität insbesondere bei einer verlängerten Taktung erreicht werden, die mit der Umstellung auf den Ganztagsbetrieb an den meisten Schulen eingeführt wurde. Auf Ebene der Schülerinnen und Schüler sieht man ein verbessertes Fachwissen im Vergleich zum normalen Unterricht. Dass insbesondere schwächere Schülerinnen und Schüler profitiert haben, deutet darauf hin, dass die Fortbildung das Potential hat, die Heterogenität der Schülerschaft zu reduzieren und der Abhängigkeit des Bildungserfolgs vom häuslichen Umfeld entgegen zu wirken. Durch eine verbesserte Unterrichtsstrukturierung wird gerade für schwächere Schülerinnen und Schüler das Lernen von Fachwissen verbessert.

Trotz der positiven Ergebnisse der Studie müssen einige Punkte angemerkt werden. Der Aufwand der Fortbildung mit individuellem Videocoaching der Lehrkräfte war recht hoch. Es müssen daher andere Wege gefunden werden, um die positiven Ergebnisse auch in der Breite zu implementieren. Weiterhin umfasste die Stichprobe je 15 Klassen aus Vergleichs- und Fortbildungsgruppe. Es dauerte ein Jahr, bis genug Lehrkräfte für die Fortbildung geworben werden konnten, die mit einer Videoaufzeichnung ihres Unterrichts einverstanden waren. Dagegen war es relativ leicht an den Schulen der beteiligten Lehrkräfte andere Lehrkräfte für die Erhebung in den Parallelklassen zu gewinnen. Vor diesem Hintergrund kann es sich bei den fortgebildeten Lehrkräften um eine Positivauswahl handeln. Demografisch konnten nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Auch in der Fortbildungsgruppe waren alle Altersgruppen und die ganze Bandbreite vom Seiteneinsteiger, Berufsanfänger, von der Lehrkraft mit langjähriger Berufspraxis bis hin zum Fachseminarleiter vertreten. Ebenso ist zu beachten, dass es sich bei den Parallelklassen um eine Vergleichsgruppe, nicht aber um eine echte Kontrollgruppe handelt, da dort keine Videografie durchgeführt wurde und die Lehrkräfte keine alternative Fortbildung bzw. Betreuung im gleichen Umfang erhalten haben. Beide Schülergruppen wiesen jedoch ein vergleichbares Vorwissen auf. Auch kann angenommen werden, dass weder die Videografie noch die individuelle Betreuung der Lehrkräfte einen so großen Einfluss auf die Höhe des Fachwissens der Schülerinnen und Schüler hat, dass damit die Leistungsunterschiede zwischen der Fortbildungs- und Vergleichsgruppe erklärt werden könnten. Die verbesserte Strukturierung scheint deshalb eine wesentliche Ursache für den Effekt zu sein. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass sich Zusammenhänge des Fachwissens mit der Umsetzung der Basismodelle (d.h. mit den Inhalten der Fortbildung) auch allein innerhalb der Fortbildungsgruppe nachweisen lassen.

## 8. Literatur

- Aebli, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory, and thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bergmann, H.-P. & Fiegenbaum, D. (2009). Rhythmisierung und Zeitstrukturmodelle im Ganzttag. In K. Althof (Hrsg.), *Der Ganzttag in der Sekundarstufe I. Der GanzTag in NRW, Heft 12*, 9–16. Münster: Serviceagentur „Ganztägig lernen in Nordrhein-Westfalen“.
- Borowski, A., Fischer, H. E., Trendel, G. & Wackermann, R. (2010). Guter Fachunterricht braucht seine Zeit. *Pädagogik*, 62(3), 26–29.
- Boßhammer, H., Eichmann-Ingwersen, G. & Schröder, B. (2009). Ganzttagsschule – Von Hausaufgaben zu Lernzeiten. In K. Althof (Hrsg.), *Der Ganzttag in der Sekundarstufe I. Der GanzTag in NRW, Heft 12*, 17–20. Münster: Serviceagentur „Ganztägig lernen in Nordrhein-Westfalen“.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher*, 18(1), 32–42.
- Bruder, R. (2002). Heuristik – Problemlösen lernen. *Mathematik lehren*, Heft 115.
- Brüning, L. & Saum, T. (2007). *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen. Strategien zur Schüleraktivierung*. Essen: Neue deutsche Schule.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1987). Cognitive Apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing and mathematics (Technical Report No. 403). *BBN Laboratories*, Cambridge, MA. Centre for the Study of Reading, University of Illinois.
- Conway, M.A. (2001). Sensory-perceptual episodic memory and its context: autobiographical memory. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 2001, 1375–1384.
- Dewey, J. (1910/2002). *Wie wir denken*. Mit einem Nachwort. Neu hrsg. von Rebekka Horlacher. Zürich: Pestalozzianum.
- DiSessa, A. (1993). Towards an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10(2–3), 105–225.
- Dörner, D. (1974). *Die kognitive Organisation beim Problemlösen*. Bern: Hans Huber.
- Dörner, D. (1979). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Duncker, K. (1935/1974). *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen*. Berlin: Logos Verlag.
- Gall, M.D. & Acheson, K.A. (2010). *Clinical Supervision and Teacher Development* (6. Aufl.). New York: Wiley.
- Geller, C. (2014). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb – eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*. Dissertation Universität Duisburg-Essen.
- Geller, C., Neumann, K. & Fischer, H.E. (2014). A Deeper Look inside Teaching Scripts: Learning Process Orientations in Finland, Germany and Switzerland. In H.E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (S. 81–92). Münster: Waxmann.
- Gerber, B. (2007). Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen [Structuring of teaching-learning-sequences]. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Bern.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.
- Haenisch, H. (2011). *Gebundene Ganzttagsschule – Ansätze zur Gestaltung. Der GanzTag in NRW, Heft 12*, 9–16. Münster: Serviceagentur „Ganztägig lernen in Nordrhein-Westfalen“.
- Hattie, J. A. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.

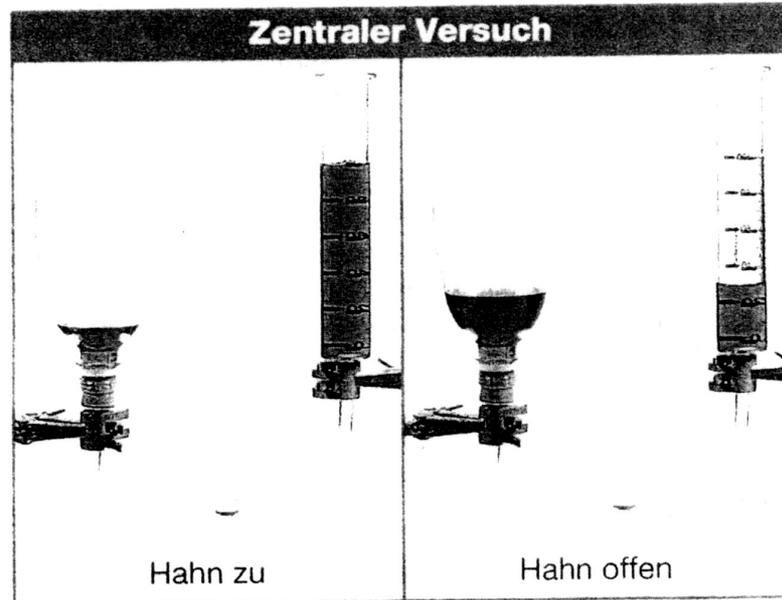
- Heepmann, B., Muckenfuß, H. Schröder, W. & Stiegler, L. (Hrsg.) (2000). *Natur und Technik. Physik für Gesamtschulen 2*. Berlin: Cornelsen.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität, Evaluation und Verbesserung der Unterrichtsqualität*. Seelze: Klett-Kallymeyer.
- Herweg, C. (2008). *Zielorientierung im deutschen und schweizerischen Unterricht – Eine Videostudie*. Kiel: Universitätsbibliothek.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Horster, Leonhard (2008). *Unterrichtsanalyse und Nachbesprechung. SchulVerwaltung. Spezial*, 3, 24–26.
- Höttecke, D. (2000). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen*. Berlin: Logos Verlag.
- Hugener, I. (2006). Funktionen im Lernprozess. In I. Hugener, P. Pauli & K. Reusser (Hrsg.). *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“*. 3. Videoanalysen (S. 89–110). Frankfurt/Main: GFPE.
- Kalyuga, S., Renkl, A. & Paas, F. (2010). Facilitating flexible problem solving: A cognitive load perspective. *Educational Psychology Review*, 22, 175–186.
- Klauser, F. (1998). Problem-Based Learning. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1(2), 273–293.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Leutner, D., Klieme, E., Meyer, K. & Wirth, J. (2004). Die Problemlösekompetenz in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2003. Der zweite Vergleich der Länder in Deutschland – Was wissen und können Jugendliche?* (S. 125–146), Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2007). Hausaufgaben: auf die Qualität kommt es an! Ein Überblick über den Forschungsstand. *Lernende Schule* 39, 7–9.
- Maurer, C. & Rincke, K. (2014). Strukturierung von Lehr-Lern-Prozessen. Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Maynes, N. (2012). Examining a False Dichotomy: The role of Direct Instruction and Problem-Solving Approaches in Today's Classrooms. *International Journal of Business and Social Science*, 3(8), 40–46.
- Millar, R. (2004). *The Role of Practical Work in the Teaching and Learning of Science*. Paper prepared for the Committee: High School Science Laboratories – Role and Vision, National Academy of Sciences, Washington DC. York: University of York.
- Minner, D.D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction – What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Najvar, P., Najvarova, V. & Janik, T. (2009). Lesson structure in different school subjects in the Czech Republic. In T. Janik & T. Seidel (Hrsg.), *The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom* (S. 113–127). Münster: Waxmann.
- Nielsen, T. (2006). *Die Balance des Geldes*. In H. Gropengießer, D. Höttecke, T. Nielsen & L. Stäudel (Hrsg.), *Mit Aufgaben lernen* (S. 48–50). Seelze: Friedrich Verlag.
- Oser, F.K. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction of Learning. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (4. Aufl., S. 1031–1065). Washington: American Educational Research Association.
- Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts*. Freiburg (CH): Pädagogisches Institut der Universität Freiburg.

- Oser, F., Patry, J.-L., Elsässer, T., Sarasin, S. & Wagner, B. (1997). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Schlussbericht an den Schweizer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Freiburg (CH): Pädagogisches Institut der Universität Freiburg.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change. *Science Education* 66(2), 211–227.
- Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 5(1), 41–62.
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2004). *Psychologie des Wissensmanagements*. Göttingen: Hogrefe
- Rektor, J. & Wackermann, R. (2012). Der Einfluss von 60-Minuten-Stunden auf den Physikunterricht – Vorstellung des Forschungsvorhabens und erste Ergebnisse. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011* (S. 176–178). Berlin: LIT-Verlag.
- Renkl, A. (2005). The worked-out examples principle in multimedia learning. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Renkl, A., Atkinson, R. K., & Große, C. S. (2004). How fading worked solution steps works – a cognitive load perspective. *Instructional Science*, 32(1–2), 59–82.
- Reusser, K. (1999). KAFKA und SAMBA als Grundfiguren der Artikulation des Lehr-Lerngeschehens. Aus: *Skript zur Vorlesung Allgemeine Didaktik*. Zürich: Pädagogisches Institut der Universität.
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(2), 159–182.
- Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*. Berlin: Logos Verlag.
- Schmidtkunz, H. & Lindemann, H. (1976). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren*. 1. Aufl. München: List Verlag, 2. Aufl. 1982 und folgende Essen: Westarp Wissenschaften.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., Dalehefte, I.M., Herweg, C., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 798–821.
- Seidel, T., Prenzel, M., Wittwer, J. & Schwindt, K. (2007). Unterricht in den Naturwissenschaften. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 147–179). Münster: Waxmann.
- Smith, M.U. (1991). *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains*. Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates.
- Stender, A., Geller, C., Neumann, K. & Fischer, H.E. (2013). Der Einfluss der Unterrichtstaktung auf die Strukturiertheit und Abgeschlossenheit von Lernprozessen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 189–202.
- Thargard, P. (1993). *Conceptual Revolutions*. Princeton: University Press.
- Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H.E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 9–31.
- Trendel, G., Wackermann, H. & Fischer, H.E. (2008). Lernprozessorientierte Fortbildung von Physiklehrern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 322–340.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40, 385–398.
- v. Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Misconceptions or missing conceptions? *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 6(1), 3–18.
- v. Glaserfeld, E. (1996). *Der Radikale Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Vollmeyer, R. & Funke, J. (1999). Personen- und Aufgabenmerkmale beim komplexen Problemlösen. *Psychologische Rundschau*, 50(4), 213–219.

- 
- Weinert, F.E. & Waldmann, M.R. (1988). Wissensentwicklung und Wissenserwerb. *Wissenspsychologie*, 161–199.
- Wertheimer, M. (1945/1964). *Produktives Denken*. Frankfurt/Main: Kramer.
- Wodzinski, R. & Stäudel, L. (2009). *Aufgaben mit gestuften Hilfen im Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H.E. (2013). Lernzuwächse in der Mechanik im Rahmen der Lehrerfortbildung „Sequenzierung von Lernprozessen“. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 503–505). Kiel: IPN.
- Zimbardo, P. G. (1995). *Psychologie*. 6. Aufl. Berlin u.a.: Springer.

## 9. Anhang

### 9.1 Material zur Beispielstunde für das Basismodell Konzeptbildung (Abschnitt 3.3)<sup>1</sup>

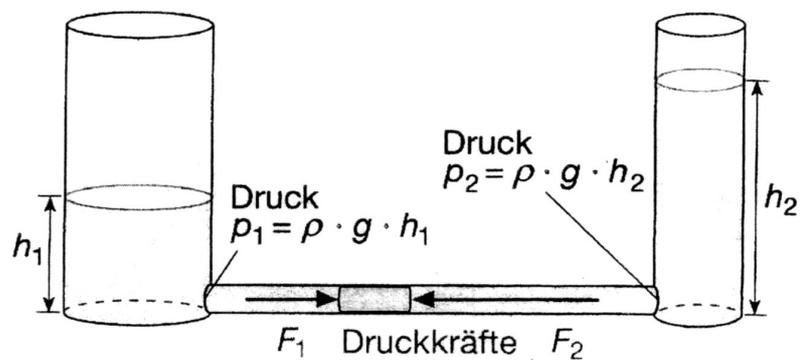


#### Beobachtung:

#### Erklärung:

1.) Ohne Formeln

2.) Etwas genauer:



<sup>1</sup> Da das Originalmaterial der Lehrkraft eingescannt wurde, konnte keine bessere Qualität der Abbildungen erreicht werden.

Ergebnis:



Beschreibe die im Folgenden dargestellten Situationen und erkläre sie:

1.

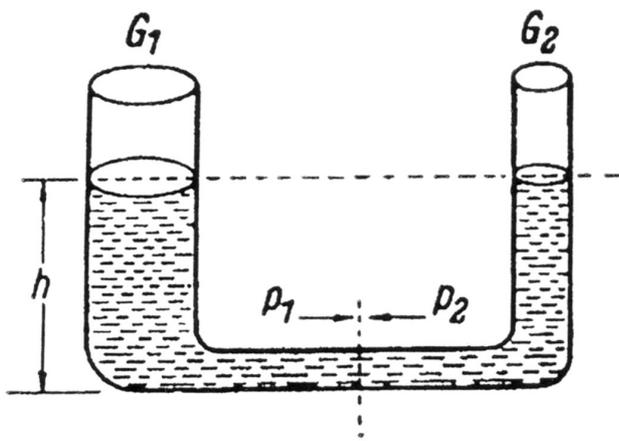


Abb. VI, 20. Kommunizierende GefäÙe

2.

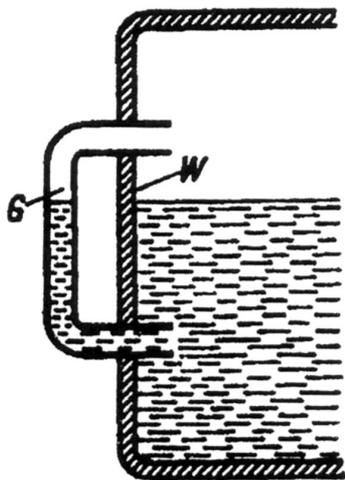


Abb. VI, 22. Wasserstandsanzeiger

3.

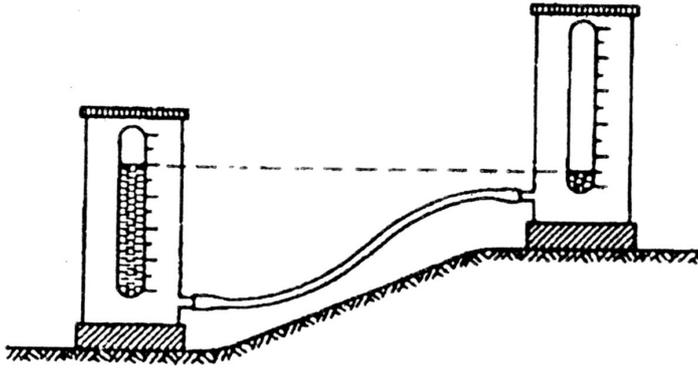
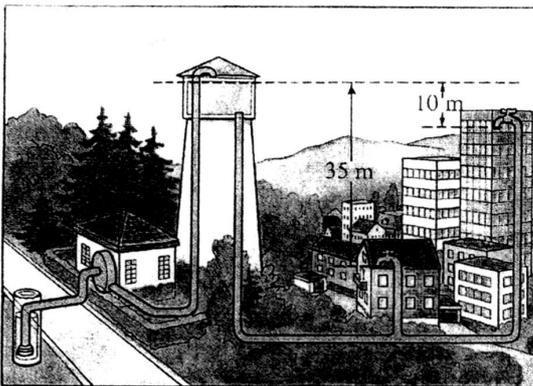


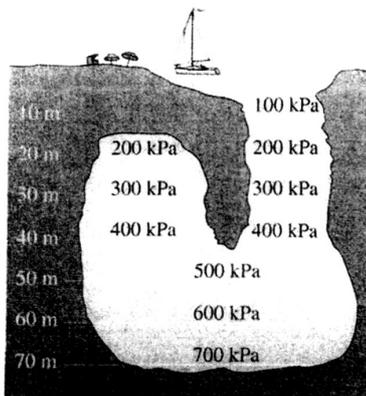
Abb. VI, 21. Einfache Ermittlung der gleichen Höhe durch kommunizierende Röhren

4.



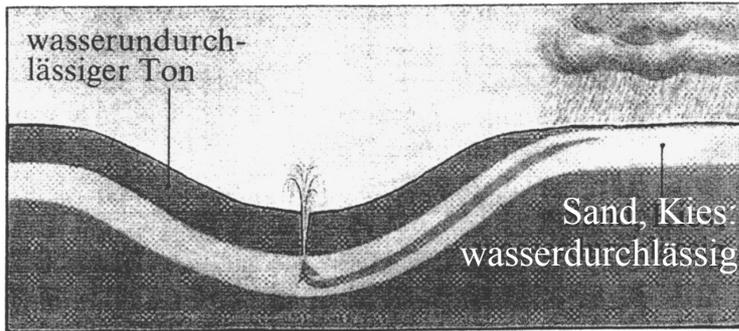
89.3 Wasserversorgung. Der Hochbehälter muß dem oft stoßweisen Wasserverbrauch gewachsen sein.

5.



1 Schweredruck des Wassers

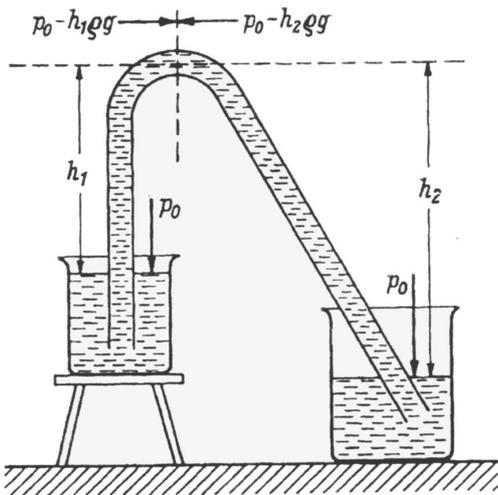
6.



89.4 Artesischer Brunnen

7.

Flüssigkeitsheber  
(Bergmann-Schäfer, Bd. I, S.286)



8.

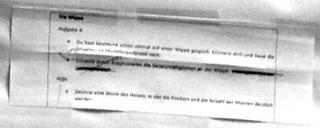




## 9.2 Plakate zur Unterrichtsplanung (Abschnitt 5.1)<sup>2</sup>

### 9.2.1 Lernen durch Eigenerfahrung

Hebelgesetz

Phase	Lernen durch Eigenerfahrung	Handlung
1	Planung der Handlungen	Aufgabenstellung durch Lehrer/in: 
2	Durchführung der Handlungen	L.-impuls Schüler experimentieren und dokumentieren, z.B. auf Folie (Wippenmodelle Variation von Abstand und/oder Gewichten) 6A
3	Konstruktion von Bedeutung	Präsentation einzelner Gruppen
4	Generalisierung der Erfahrung	Plenarphase ⊕ Skizze und "Je... , desto, ..." ⊕ Diskussion über Gemeinsamkeiten und Unterschiede
5	Reflektion von ähnlichen Erfahrungen	Erfahrungssammlung über ähnliche Situationen ↳ Waage ↳ event. Kraftwandler ↳ Stein heben, ... ↳ Fachleute m. Sicht- oder Hörbehinderung

<sup>2</sup> Die Poster wurden zur Dokumentation der Fortbildung fotografiert. Trotz ihrer teils geringeren Qualität werden sie zum Nachweis der Authentizität des Materials abgedruckt.

Gruppe 1

Phase	Lernen durch Eigenerfahrung	Handlung
1	Planung der Handlungen	Durchführung der gegebenen Vorgabe (aus Aufg. text)
2	Durchführung der Handlungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur partiell in (2) enthalten</li> <li>• Frage ist weitreichender als das Basismodell</li> <li>• Zusammenfassung der Beobachtung (einzeln)</li> </ul>
3	Konstruktion von Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabenstellung berücksichtigt nicht Phase (3)</li> <li>• Austausch mit Nachbarn, Gruppe</li> </ul>
4	Generalisierung der Erfahrung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgabe 1 geht über Phase 4 hinaus</li> <li>• eigentliche 4. Phase fehlt</li> </ul>
5	Reflektion von ähnlichen Erfahrungen	fehlt

Abbildung 9.2.2: Poster vom Physiklehrertag in Kamen 23.02.2012 (Gruppe 1)

## 9.2.2 Konzeptbildung

Anmerkung: Am Lehrerfortbildungstag wurden noch teilweise andere Bezeichnungen für die Handlungskettenschritte verwendet.

Phase	Konzeptbildung	Handlung
1	Bewusstmachung, <del>was der Lerner schon über das neue Konzept weiß</del> des Vorwissens	Bezug: Abs. 1 im Text Demonstration: Scheinwerfer erzeugt Lichtkegel, nicht Lichtstrahl. → Ist Schülern bekannt, wird aber nochmals durch Demoexp. aktiviert.
2	<del>Einführen und</del> Durcharbeiten eines Prototyps als <del>valides Beispiel des neuen Konzepts</del>	Bezug: Abs. 2 + 3 im Text, Bild 2 Demonstration: Lichtkegel, Nebelmaschine, Blenden... Schüler lesen Text + betrachten Bild 2.
3	Beschreibung der <del>Analyse von wichtigen</del> wichtigen Merkmale des <del>Kategorien und</del> Prinzipien, die das <del>neuen Konzepts</del> definieren	Bezug: Abs. 4, 5, 6 im Text, Bild 4 Unterricht = Schüler lesen Text, • UG: Abgrenzung → Lichtbündel, Lichtstrahl, Randstrahlen
4	Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	Bezug: Aufgabe am Ende des Textes. kreative, gestalterische Aufgaben zur Beleuchtung von Räumen.
5	Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	Anwendungen des Prototyps auf das Thema "Schatten"

Abbildung 9.2.3: Poster vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 4)

### 9.2.3 Problemlösen

Anmerkung: Am Lehrerfortbildungstag wurden noch teilweise andere Bezeichnungen für die Handlungskettenschritte verwendet.

Gruppe 3

Phase	Problemlösen	Handlung
1	Problem- <del>erstellung</del> generierung und Problempräzisierung	Schulkerung eines Zaubertricks Lesen gegenseitige Erklärung d. Aufgabe (Hilfe 1) (Hilfe 1)
2	Entwicklung von <del>Hypothesen</del> Lösungswegen	<u>Anregung</u> verschiedener Lösungswege (Hilfe 3: genauere Analyse) (Hilfe 4: Aktivierung v. Vorwissen)
3	Testen von <del>Lösungswegen</del> <del>Hypothesen testen</del>	Konkretes Aufbau/Durchf. eines Expt. zum Test (Hilfe 2)
4	Evaluation und Anwendung der Lösungen	Zusammenfassung in einer Skizze (Hilfe 5)

Abbildung 9.2.4: Poster vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 5)

56

Phase	Problemlösen	Handlung
1	Problem <del>verstehen</del> - generierung und Problempräzisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemgenerierung ✓ (s. S. 5)</li> <li>• Problempräzisierung fehlt!</li> </ul> <p>→ Abhilfe: Was für ein Schattenbild erwartet ihn? (Sollzustand) Was seht ihr? (Istzustand) → Wie funktioniert der Trick</p>
2	Entwicklung von <del>Hypothesen</del> Lösungswegen	<p>Kritik: Nur ein Lösungsweg möglich, stark geführt durch Hilfekärtchen</p> <p>Vorschlag: Versuchsmaterial zur Verfügung stellen</p>
3	Testen von Lösungswegen <del>Hypothesen testen</del>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nicht vorhanden</li> <li>• Vorschlag: siehe (2)</li> </ul>
4	Evaluation und Anwendung der Lösungen	<p>• hier: nur <u>ein</u> Lösungsweg → kein Vergleich möglich</p> <p>Vorschlag: Abbauftrag: Stellt einen Lösungsweg dar!</p>

Abbildung 9.2.5: Poster vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 6)

### 9.3 Ergebnisse der zweiten Planungsaufgabe des Fortbildungstags (Abschnitt 6.1)<sup>3</sup>

#### Planung von Unterricht nach Basismodellen

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Lernen durch Eigenerfahrung**, in der die Schülerinnen und Schüler den Unterschied zwischen fester und loser Rolle erfahren.

Phase	Handlung
Planung der Handlungen	<p>Material vorgeben: feste, lose Rollen Seil, Massestück Kraftmesser Stativmat.</p> <p>Hand- lungsplan: Masse- stück soll geschrieben werden</p>
Durchführung der Handlungen	<p>Sus exper. unstrukturiert (evtl. L-Input zur losen Rolle)</p>
Konstruktion von Bedeutung	<p>Erfahrung Einzelner → v/ feste R.: Kraftumlenkung → v/ lose R.: " aufteilung</p>
Generalisierung der Erfahrung	<p>Vgl. der Einzelerfahrungen → Generalisierung durch Feststellen v. - Gemeinsamkeiten - Unterschieden</p>
Reflektion von ähnlichen Erfahrungen	<p>- Frage nach (anderen) Anwendungen (z.B. Kran, Rollade ...)</p> <p>- Feststelle, Erkennen v. Prinzipien in Anwendungsbsp. (z.B. Foto...)</p>

Abbildung 9.3.1: Folie vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 1)

<sup>3</sup> Die Folien wurden nach dem Fortbildungstag zur Dokumentation eingescannt. Trotz ihrer Unschärfe werden sie zum Nachweis der Authentizität des Materials abgedruckt.

**Planung von Unterricht nach Basismodellen**

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Konzeptbildung**, in der die Schülerinnen und Schüler das Konzept der festen und losen Rolle erlernen.

Phase	Handlung
Bewusstmachung des Vorwissens	<p>Tafel Skizze:</p>  <p>Wiederholung und Einzeichnen der Begriffe: Kraftpfeil, Gewichtskraft, Verlagerung des Angriffspunktes,</p>
Durcharbeiten eines Prototyps	<p>Demo experiment: (mit Skizze)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p> feste Rolle</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p> lose Rolle</p>  </div> </div>
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	<p>Arbeitsblatt ergänzt durch U-Gespräch.</p> <p>Dabei: Herausarbeiten der Unterschiede zum Seil.</p>
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	<p>Praktische und theoretische Aufgaben zum Flaschenzug</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schülerexperimente</li> <li>- Übungsaufgaben</li> <li>- evtl. ITA</li> </ul>
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	<p>redum dand</p>

Abbildung 9.3.2: Folie vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 3)

### Planung von Unterricht nach Basismodellen

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Konzeptbildung**, in der die Schülerinnen und Schüler das Konzept der festen und losen Rolle erlernen.

Phase	Handlung
Bewusstmachung des Vorwissens	• Feste R. lenkt um; lose Rolle ändert die Kraft
Durcharbeiten eines Prototyps	
Beschreibung der wichtigen Merkmale des neuen Konzepts	Anteilung von $F$ und „Seillänge“ betrachten
Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	x - Aufsetzen zu verschiedenen Flaschenrängen
Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten	→ Alltag Kran, ...

Abbildung 9.3.3: Folie vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 4)

Planung von Unterricht nach Basismodellen

Konzipieren Sie eine Stunde mit allen Phasen des Basismodells **Problemlösen**, in der die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen über feste und lose Rolle zur Konstruktion eines Flaschenzuges mit einer fixen Anzahl von Rollen nutzen.

Phase	Handlung	
Problemgenerierung und Problempräzisierung	<p>Generierung: Cola-Flasche, heben vom Boden auf Tisch.</p> <p>Präzisierung:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• minimaler Kraftaufwand</li> <li>• begrenztes Material: 5 Rollen.</li> </ul> </p>	Lehrer vortra.
Entwicklung von Lösungswegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schüler wählen Material</li> <li>• Tauschen sich aus</li> <li>• Bilden Hypothesen</li> <li>• eventl. Skizzen</li> </ul>	PA R
Testen von Lösungswegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbauen + Funktion prüfen</li> <li>• Kraft messen</li> </ul>	PA nein
Evaluation und Anwendung der Lösungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problem gelöst ↓ ja</li> <li>• Flasche heben</li> </ul>	PA
<p>verschiedene Problemlösungen werden innerhalb der Kleingruppen UND im Plenum evaluiert</p>		

Abbildung 9.3.4: Folie vom Fortbildungstag am 22.11.2011 (Gruppe 5)

## 9.4 Material zur Konzeptbildungsstunde zu losen und festen Rollen (Abschnitt 5.1.4)

Der folgende Verlaufsplan und das zugehörige Material wurden von den Studenten Daniel Bobe, Johannes Deutsch und Yasin Gönç im Rahmen eines Seminars zur lernprozessorientierten Unterrichtsgestaltung an der Universität Duisburg-Essen erstellt.

In dem Seminar wurden dazu folgende Anmerkungen gemacht:

- In der Stunde dienen lose und feste Rollen bzw. Flaschenzüge nur als Unterrichtsgegenstand. Das eigentliche Thema der Stunde ist die Systemanalyse.
- Es ist ausreichend, dass nur das nötige Vorwissen für den Prototyp (Flaschenzug) aktiviert wird, aber kein Vorwissen über das Konzept, d.h. die Vereinfachung komplexer Systeme durch Umordnung und Zusammenfassung von Teilsystemen.
- Der Prototyp (Abbildung 9.4.3 und 9.4.4) ist zu umfangreich. Die Schritte 7 und 8 bringen keine wesentlichen neuen Erkenntnisse.
- Die Merkmale beziehen sich nur auf den Flaschenzug. Die Schülerantworten werden nur festgehalten, aber nicht auf eine höhere Abstraktionsebene gebracht. Es werden keine Begrifflichkeiten zur Systemvereinfachung eingeführt, z.B. Umordnen, Teilsysteme zu resultierendem System zusammenfassen.
- Der Potenzflaschenzug ist ein ungünstiger Sonderfall, bei dem die am Prototyp eingeführten Prinzipien „Umordnen und Zusammenfassen von Rollen“ nicht in gleicher Weise Anwendung finden können. Stattdessen sollten komplexe normale Flaschenzüge (Faktorenflaschenzüge) behandelt werden, die z.B.
  - die Aufhängung des Seilanfangs am Gewicht statt an der Decke haben. Daraus ergibt sich die Erkenntnis, dass nicht die Anzahl der losen Rollen, sondern die Verteilung des Gewichts auf die vertikalen Seile wichtig für die Bestimmung der Kraftreduktion ist.
  - zwei direkt hintereinander vorkommende feste bzw. lose Rollen besitzen, die zu einer resultierenden Rolle zusammengefasst werden können.

Der Transfer bezieht sich auf die Systemvereinfachung durch Umordnen der Elemente und Zusammenfassen von Teilsystemen. Eine Alternative zu den elektrischen Schaltungen könnte das schrittweise Zusammenfassen von Kraftvektoren zu einer resultierenden Kraft bei der grafischen Vektoraddition sein.

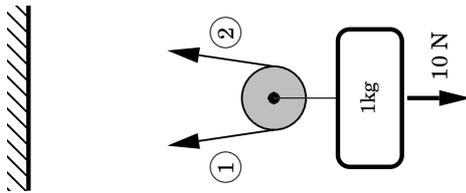
## Geplanter Unterrichtsverlauf

HKS	Inhalte	Lehrertätigkeit	Schülertätigkeit	Methode/ Sozialform
Bewusstmachung des Vorwissens	Bezugnahme auf vorangegangene Stunde, Ankündigung des Stundenthemas und Bewusstmachung des wichtigen Vorwissens anhand Blatt 1.	Anfängliches Gespräch mit Schülern; Verteilen des Arbeitsblattes und Vergabe des Auftrages zum Bearbeiten des Arbeitsblattes gemäß Methode/ Sozialform.	Zuhören; bearbeiten des Arbeitsblattes gemäß Methode/ Sozialform	Unterrichtsgespräch mit anschließender Think-Pair-Share-Phase
Durcharbeiten des Prototyps	Schrittweise Erklärung des Wirkprinzips eines komplexen Flaschenzuges aufbauend auf der Erfahrung, die mit einfachen Seil-Rollenkombinationen gesammelt wurden.	Wenn machbar, dann schrittweise Vereinfachung des komplexen Flaschenzuges hin zu einem gleichwertigen einfacher zu handhabenden Modell am Overheadprojektor mittels Blatt 2.	Schüler wiederholen die Schritte am eigenen Arbeitsblatt	Lehrervortrag mit geringen Gesprächsanteilen
Bewusstmachung der wesentlichen Merkmale des Prototyps	Aufarbeiten der wesentlichen Schritte unter Einhaltung der Rahmenbedingungen, aus denen sich die spezielle Charakteristik des untersuchten Flaschenzuges ergibt.	Vergabe des Auftrages zur Bewusstmachung der wesentlichen Merkmale gemäß Methode/ Sozialform	Schülertätigkeit gemäß Lehrerauftrag und Sozialform/ Methode	Think-Pair-Share
Aktiver Umgang mit neuem Konzept	Lösen und Besprechen einer Aufgabe	Austeilen des Arbeitsblattes und Leitung der anschließenden Besprechung	alleiniges Lösen der Aufgaben	Einzelarbeit mit anschließendem Gespräch
Vernetzung mit Bekanntem	Thema auf höhere Abstraktionsebene führen (Analyse eines physikalischen Systems/ Zerlegung in Bestandteile und Wirkbeziehung zw. den Bestandteilen); Angabe von Problemstellungen mit ähnlichem Komplexitätsgrad.	Lehrer führt Thema auf höhere Abstraktionsebene (Analyse eines physikalischen Systems/ Zerlegung in Bestandteile und Wirkbeziehung zw. den Bestandteilen).	Schüler suchen Anwendungsmöglichkeiten in anderen Kontexten	Lehrergespräch mit anschließender Think-Pair-Share-Phase

Abbildung 9.4.1: Verlaufsplan

# Flaschenzüge

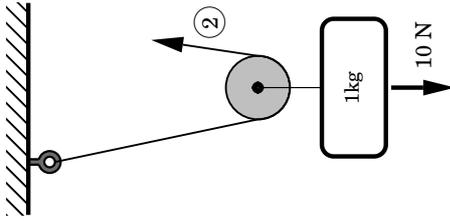
Freie Rolle



Laura hält das Seil an ① und Emil hält das Seil an ②.

- A-1) Die Gewichtskraft, die an Laura zieht, beträgt \_\_\_\_\_
- A-2) und die Gewichtskraft, die an Emil zieht, beträgt \_\_\_\_\_
- A-3) Würden Laura und Emil eine andere Kraftwirkung in ihren Armen empfinden, wenn man das jeweilige Seilende durch ein Gewicht von 0,5kg ersetzen würde \_\_\_\_\_

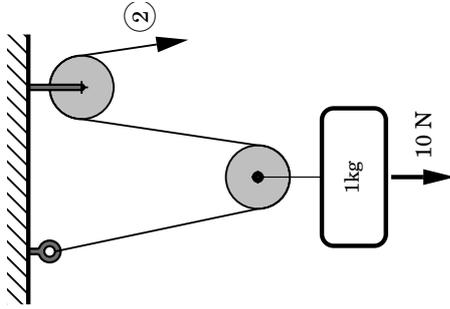
Einseitig befestigte freie Rolle



Laura hat ihr Seilende an eine Öse an der Decke geknotet. Emil hält das Seil an ② weiterhin.

- B-1) Zieht an Emil immer noch die gleiche Kraft \_\_\_\_\_
- B-2) Wer/Was zieht jetzt an dem Seilende an dem Laura gezogen hat \_\_\_\_\_

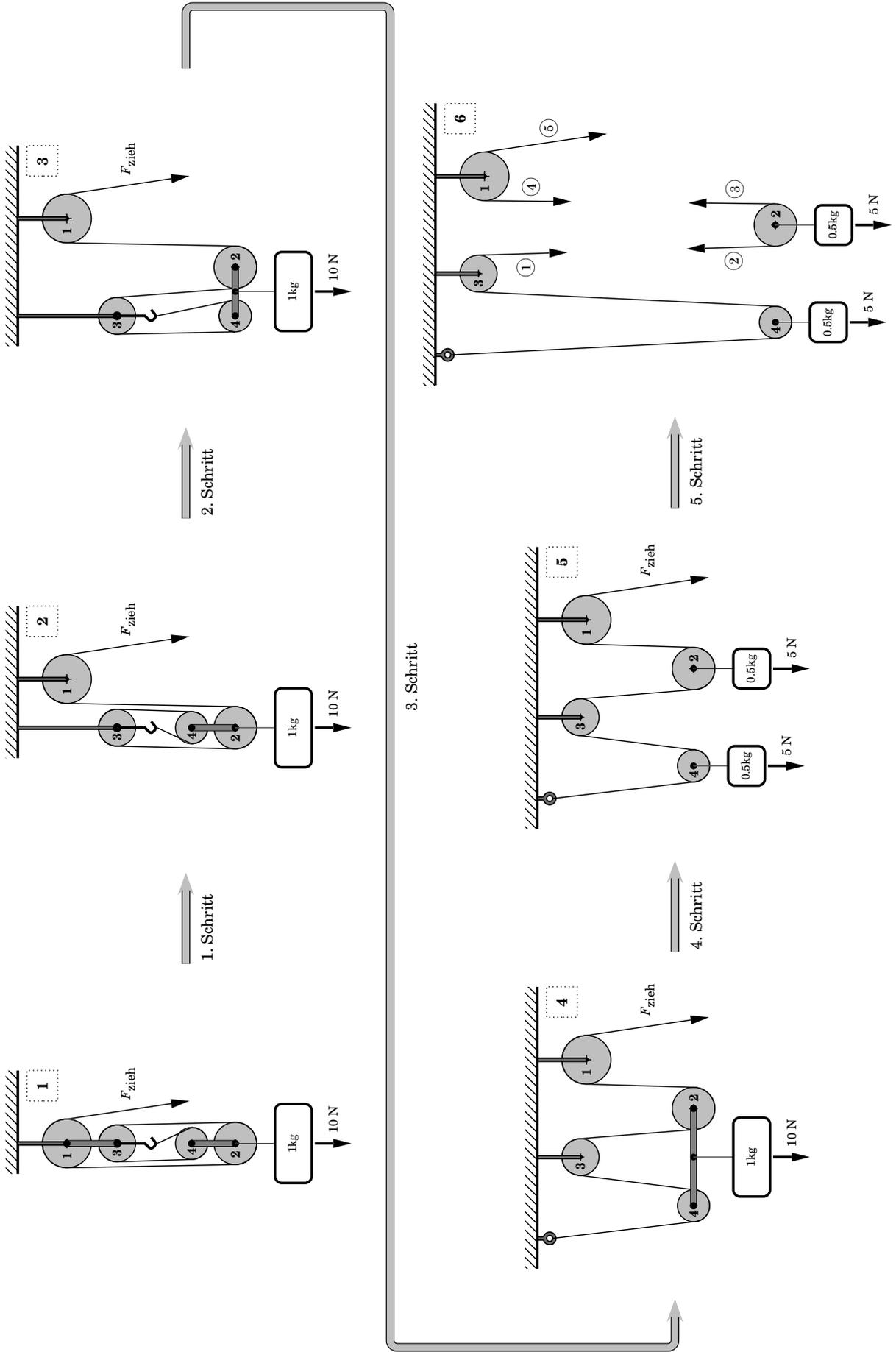
Einseitig befestigte freie Rolle mit befestigter Umlenkrolle



Emil bekommt Rückenschmerzen und lenkt sein Seilende über eine zusätzliche, mit der Decke verbundene Rolle. Jetzt kann er ausgehend von ② leichter von unten ziehen.

- C-1) Deckt sich Emils empfinden mit den Aussagen, die man mit einem Kraftmesser finden würde \_\_\_\_\_
- C-2) Was bewirkt die zusätzliche feste Rolle \_\_\_\_\_
- C-3) Welches Gewicht müsste man an ② hängen, so dass man ein Gleichgewicht erhält \_\_\_\_\_

Abbildung 9.4.2: Arbeitsblatt 1 zur Aktivierung des Vorwissens



A

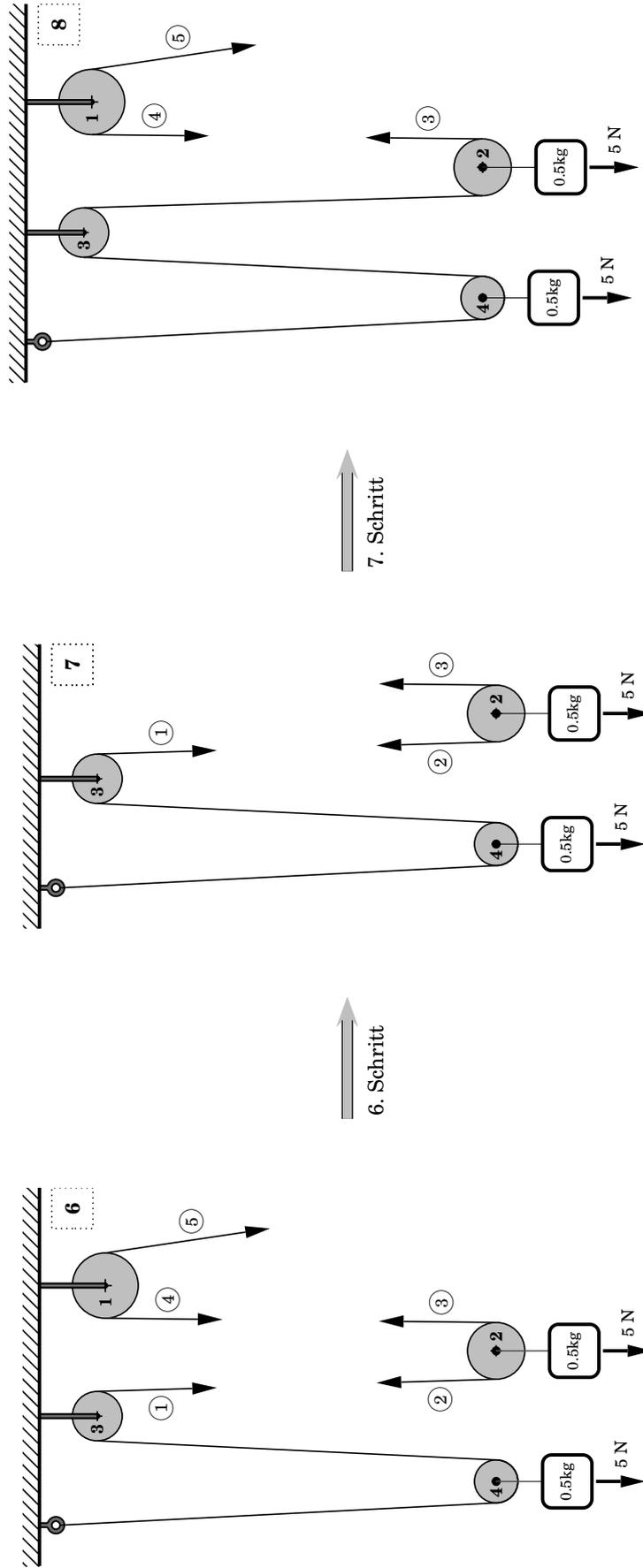
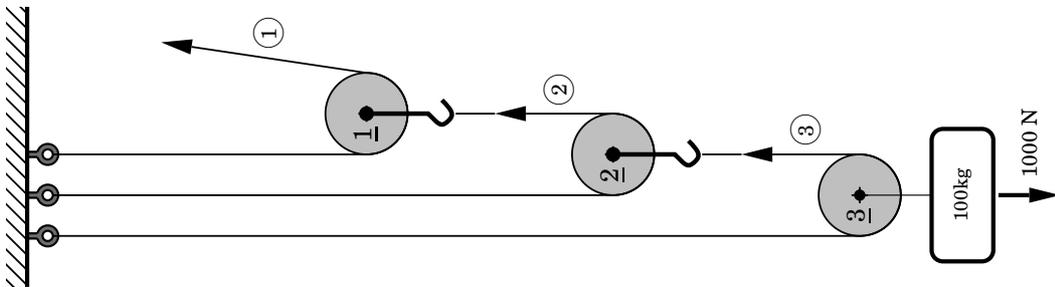


Abbildung 9.4.4: Arbeitsblatt 3 mit dem 2. Teil des Prototyps

## Aufgabe



(a) Verschaffe dir einen Überblick über die Funktionsweise des links dargestellten Flaschenzuges, indem du ihn in dir bekannte Flaschenzüge zerlegst (Wenn du Schwierigkeiten hast, schaue nochmal auf Blatt 1). Fertige dazu ein Schaubild an.

(b) Untersuche jetzt die Übergänge zwischen den zerlegten Bestandteilen und gib an, welche Kräfte dort im Gleichgewichtszustand wirken.



Erinnere dich daran, dass es keinen Unterschied macht, wenn du gedanklich die jeweiligen Kräfte durch ein passendes Gewicht ersetzt.

Abbildung 9.4.5: Arbeitsblatt 4 mit Potenzflaschenzug für den aktiven Umgang