

Corinna Tschentscher & Christoph Kulgemeyer

## **Mit Heterogenität beim Experimentieren umgehen: differenzierende Versuchsanleitungen erstellen**

Seit einigen Jahren steht der Umgang mit Heterogenität im Zentrum der schulpädagogischen Aufmerksamkeit. Natürlich gibt auch in der allgemeinen Didaktik und Pädagogik einige bewährte Ansätze, mit Heterogenität im Unterricht umzugehen. Ein wichtiger Sammelbegriff für ein Bündel möglicher Maßnahmen ist die innere Differenzierung. Ziel dabei ist es, den Unterricht so auszurichten, dass jeder Schülerin und jedem Schüler individuell optimale Lernchancen geboten werden. Heterogenität wurde allerdings lange als rein pädagogisches Problem gesehen. Dass damit auch speziell physikdidaktische Probleme verbunden sind, wurde vernachlässigt. Bis auf wenige Beiträge (z.B. [1], S. 4-9; [2], S. 10-15) mit dem Ansatz, der Heterogenität im Physikunterricht durch gestufte Lernhilfen zu begegnen, sind so auch kaum Maßnahmen beschrieben worden. Oft wird Heterogenität zudem auf Fachwissensunterschiede begrenzt.

Ein für den Physikunterricht äußerst relevantes Feld im Umgang mit Heterogenität stellen die experimentellen Fähigkeiten dar. Viele Physiklehrkräfte sehen das sogar das herausforderndste Problem [3]. Schülerinnen und Schüler kommen mit sehr unterschiedlichen experimentellen Fähigkeiten in den Unterricht: Einigen fällt es leicht, Versuche zu planen, durchzuführen oder auszuwerten, andere benötigen viele Hilfen und Hinweise.

In diesem Beitrag soll an einem Beispiel zum Hookschen Gesetz gezeigt werden, wie differenzierte Versuchsanleitungen konstruiert werden können. Diese Versuchsanleitungen wurden zudem in einer kleinen Studie überprüft. Dabei konnte gezeigt werden, dass sie ein vielversprechender Weg sind, Heterogenität bezüglich experimenteller Fähigkeiten zu begegnen.

### **Das Spinnenmodell – Ein Modell experimenteller Kompetenz**

Um differenzierende Versuchsanleitungen zu einem bestimmten Experiment zu gestalten, muss zunächst einmal klar sein, welcher Teil experimenteller Kompetenz bei diesem konkreten Experiment gefordert ist. Dazu ist das an der Universität Bremen entwickelte „Spinnenmodell“, ein an der Unterrichtspraxis orientiertes Modell experimenteller Kompetenz (vgl. [4], S. 42-48), sehr hilfreich. Das Modell wurde auch in diesem vorgestellt. Demnach kann Experimentierkompetenz durch sieben Facetten ausgedrückt werden (siehe auch Tab. 1). Je nach Aufgabenstellung werden unterschiedliche Facetten benötigt, um eine experimentelle Aufgabe erfolgreich zu bearbeiten. Da die Anforderungen in jeder Facette andere sind, unterscheiden sich auch die Möglichkeiten, zu differenzieren.

### **Differenzierung des Schwierigkeitsgrades von Experimentieraufgaben**

Die Grundlage für die hier vorgeschlagene Differenzierung bei experimentellen Aufgaben bildete ein Katalog von Anforderungsmerkmalen von Fischer und Draxler [5]. Dieser ist ursprünglich ganz allgemein auf Charakteristika von Aufgaben im Naturwissenschaftsunterricht bezogen, kann aber auch für viele experimentell orientierte Aufgaben verwendet werden. Wodzinski hat einigen der Anforderungsmerkmalen von Aufgaben Möglichkeiten zur Reduzierung des Schwierigkeitsgrades gegenübergestellt (vgl. [6], S. 17). Dort finden sich einige Ansätze, um Aufgaben in ihrem Schwierigkeitsgrad zu differenzieren, die auch für experimentelle Aufgaben vielversprechend sind. Zum Beispiel können zusätzliche Abbildungen den Schwierigkeitsgrad von Versuchsanleitungen reduzieren und so Schülerinnen und Schülern, denen das Verständnis einer experimentellen Situation schwer fällt, helfen, sich einen besseren Überblick zu verschaffen.

Neben dem Katalog von Wodzinski gibt es weitere Möglichkeiten, Experimentieranleitungen

zu erstellen, auf die unterschiedlichen Experimentierkompetenzen der Schüler reagieren sollen. Dabei hilft ein Blick in die Chemiedidaktik, die sich mit diesem Problem schon länger befasst hat. Experimentell schwächere Lernende benötigen z.B. mehr Bilder über den Versuchsaufbau zur eigenständigen Durchführung des Experiments [7]. Experimentell unsichere Schüler werden zudem neben den sprachlichen Anweisungen durch weitere Bilder zusätzlich in ihrem Vorgehen abgesichert (vgl. [7], S. 143). Kleinschrittige Fragen und Anweisungen zur Hinführung zur Auswertung des Versuchs können weitere unterstützende Maßnahmen (vgl. [7], S. 143) sein – wobei hier natürlich die Gefahr besteht, dass das eigentliche Denken über experimentelle Zusammenhänge durch zu kleinschrittige Anweisungen verdrängt wird. In Tabelle 1 finden sich Maßnahmen, die für die einzelnen Facetten experimenteller Kompetenz eine Variation des Schwierigkeitsgrades von Aufgaben erlauben. Sie sind aus Vorschlägen aus der Literatur sowie unterrichtspraktischen Überlegungen zusammengeführt und den einzelnen Facetten zugeordnet worden.

Facetten von Experimentierkompetenz	Niedrigerer Schwierigkeitsgrad
Fragestellung entwickeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragestellung als Lückentext</li> <li>• Satzanfänge vorgeben und ergänzen lassen</li> </ul>
Vermutung aufstellen/ Hypothese bilden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermutung als Lückentext</li> <li>• Substantive vorgeben, Satz konstruieren lassen</li> <li>• Auswahl von Vermutungen vorgeben, zu Fragestellung passende auswählen lassen</li> </ul>
Experiment planen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detaillierte Versuchsbeschreibung mit vorgegebenen Schritten</li> <li>• Einzelne Versuchsschritte als kommentierte Abfolge von Bildern („Filmstreifen“)</li> <li>• verbesserte Textstruktur durch strukturierende Überschriften und Marginalien</li> <li>• Versuchsschritte zusätzlich als Flussdiagramm angeben</li> <li>• Materialien und Geräte vorgeben (im Gegensatz zu einer Auswahl aus einem Bestand, der auch nicht notwendige Materialien und Geräte beinhaltet)</li> </ul>
Versuchsanordnung funktionsfähig aufbauen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommentierte Bilder der Aufbauschnitte</li> <li>• Hinweise zu komplizierten Schritten beim Versuchsaufbau, möglicherweise sogar Lösungsvorschläge</li> </ul>
Beobachten, Dokumentieren	Messen, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare Beobachtungsaufträge („Achte auf!“, „Beobachtet...“)</li> <li>• Detaillierte Messbeschreibung mit vorgegebenen Schritten</li> <li>• Klare Vorgabe zur Dokumentation („Tragt die Messergebnisse in die Tabelle ein“)</li> <li>• Abbildungen zum Messvorgang</li> <li>• Hinweise zu komplizierten Schritten beim Beobachten, Messen, Dokumentieren, möglicherweise sogar mit Lösungsvorschlag</li> <li>• (Teilweise) vorgegebene Messtabellen</li> <li>• Vorgabe der Einheiten</li> <li>• Umrechnungshilfen für Einheiten</li> </ul>
Daten aufbereiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Teilweise) vorgegebene Diagramme</li> <li>• Vorgabe der Achsenbeschriftung bei Diagrammen</li> </ul>
Sachgerechte Schlüsse ziehen/ diskutieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlüsse als Lückentext</li> <li>• Satzstruktur vorgeben: „Je..., desto...“, „Wenn..., dann..., weil“</li> <li>• Substantive vorgeben, Satz konstruieren lassen</li> <li>• Struktur einer Argumentationskette vorgeben</li> <li>• Auswahl von Schlüssen vorgeben und zur Fragestellung passende auswählen lassen</li> </ul>

Tabelle 1: Variation von Anforderungen in Experimentieraufgaben

### Ein Beispiel zur inneren Differenzierung bei einem Experiment zum Hookschen Gesetz

Für den Bereich „Beobachten, Messen und Dokumentieren“ zeigen wir anhand eines Beispiels zum Hookschen Gesetz, wie eine einzige konkrete Aufgaben nach dem Katalog in Tabelle 1 variiert werden kann. Wichtig zu erwähnen ist, dass es sich um eine Aufgabe in einer Reihe handelt, die nicht für sich alleine im Unterricht verwendet wurde und somit kein abgeschlossenes Experiment darstellt.

Um Versuchsanleitungen zu differenzieren, empfiehlt es sich als erstes, festzulegen, wie viele Schwierigkeitsstufen angeboten werden sollen. Im vorliegenden Fall wurde sich für drei Stufen (V1, V2, V3) entschieden: Dabei sind die Anleitungen bezüglich der Schwierigkeit von leicht nach schwer differenziert, d.h. V1 ist die Anleitung für die experimentierschwachen Schüler, V2 die Anleitung für diejenigen Schüler, deren Experimentierfähigkeiten mittelmäßig sind, V3 ist die Anleitung für die experimentierstarken Schülerinnen und Schüler. Beispielhaft sind die Differenzierungsmaßnahmen für Aufgabe in Abbildung 1 in Tabelle 2 dargestellt, die Maßnahmen sind die für die Facette „Beobachten, Messen und Dokumentieren“ in Tabelle 1 angeführten.

Maßnahme	V1	V2	V3
Klare Beobachtungsaufträge („Achte auf!“, „Beobachtet...“)	Klarer Beobachtungsauftrag: „beobachtet, wie sich die Feder durch die Belastung um die Strecke $s$ verlängert“.	Kein Hinweis zum Beobachtungsauftrag	Kein Hinweis zum Beobachtungsauftrag
Detaillierte Messbeschreibung mit vorgegebenen Schritten	Detaillierte Messbeschreibung mit vorgegebenen Schritten: Erst Messdaten für Feder 1 aufnehmen, dann für Feder 2.	Detaillierte Messbeschreibung mit vorgegebenen Schritten: Erst Messdaten für Feder 1 aufnehmen, dann für Feder 2.	Keine detaillierte Messbeschreibung mit vorgegebenen Schritten: „Messt jeweils die Längenänderungen für die beiden Federn“.
Klare Vorgabe zur Dokumentation („Tragt die Messergebnisse in die Tabelle ein“)	Klare Vorgabe zur Dokumentation: „Tragt [...] in die 3. Spalte der Tabelle ein“.	Relativ klare Vorgabe zur Dokumentation: „Tragt [...] in die Tabelle ein“.	Offene Vorgabe zur Dokumentation: „Dokumentiert eure Ergebnisse“.
Abbildungen zum Messvorgang	Abbildung zur Längenänderung	Abbildung zur Längenänderung	Keine Abbildung zur Längenänderung
Hinweise zu komplizierten Schritten beim Beobachten, Messen, Dokumentieren, möglicherweise sogar mit Lösungsvorschlag	Angabe der Nullstellung in der Abbildung und Hinweis, dass es helfen kann, die jeweilige Verlängerung der Feder auf dem Kreppband einzuzichnen und diese mit dem Maßband zu messen.	Keine Hinweise	Keine Hinweise
Vorgegebene Messtabellen	Vorgegebene Messtabelle	Vorgegebene Messtabelle	Keine vorgegebene Messtabelle
Vorgabe der Einheiten	Einheiten in Messung und Tabelle vorgegeben	Einheiten in Tabelle vorgegeben	Keine Vorgaben
Umrechnungshilfen für Einheiten	Hinweis, dass 1000g einem Kilogramm entsprechen.	Hinweis, dass beim Eintragen der Werte in die Tabelle auf die richtigen Einheiten geachtet werden sollte.	Keine Hinweise

Tabelle 2: Variationen in Aufgabe 2 (Facette von Experimentierkompetenz: Beobachten, Messen, Dokumentieren)

### Erfahrungen im Unterricht in einer Fallstudie

Um zu untersuchen, ob nach dem Schwierigkeitsgrad differenzierte Versuchsanleitungen wirksam sind, um der Heterogenität hinsichtlich experimenteller Kompetenzen im

Physikunterricht erfolgreich zu begegnen, wurde eine Fallstudie in einer siebten Klasse eines Osnabrücker Gymnasiums durchgeführt. Alle Schülerinnen und Schüler haben nach der Unterrichtsreihe, in der mit dieser Art von Versuchsanleitungen gearbeitet wurde, bessere Ergebnisse in einem Test zur Experimentierkompetenz erzielt. Insbesondere die experimentierschwachen Schülerinnen und Schüler zeigten signifikant verbesserte Ergebnisse, sie haben sogar mehr gelernt als die experimentierstarken. Es scheint, als ob sie durch die differenzierten Anleitungen besonders gefördert werden. Vermutlich können die in dieser Fallstudie aufgezeigten Erfolge nicht in jeder Klasse erzielt werden. Jedoch scheinen differenzierte Versuchsanleitungen Potenzial zu bieten, um Kompetenzen aller Schüler, insbesondere die der schwachen Schüler, beim Experimentieren zu fördern und zu fordern.

Ein Problem bei vielen Differenzierungsmaßnahmen soll hier allerdings nicht verschwiegen werden: Dadurch, dass durch zusätzliche Informationen Aufgaben zwar leichter werden können muss auch gleichzeitig mehr gelesen werden muss. Wenn gerade die Schülerinnen und Schüler, die ohnehin Probleme haben, Fachsprache zu verstehen, nun noch längere Aufgaben bekommen, kann dies auch kontraproduktiv sein. Hier hilft es, Abbildungen anstelle von mehr Fließtext zu verwenden. Zudem sollte auf Kriterien der Textverständlichkeit geachtet werden. In dem hier gezeigten Beispiel unterscheidet sich die Länge der Aufgaben stark – es hat sich aber gezeigt, dass die Aufgabenreihen, in die sie integriert wurden, etwa gleich viel Unterrichtszeit benötigt haben.

## **Literatur**

- [1] Wodzinski, Rita & Wodzinski, Christoph T.: Unterschiede zwischen Schülern - Unterschiede im Unterricht? In: Unterricht Physik (2007), 99/100, S. 4-9
- [2] Wodzinski, Christoph T. & Wodzinski, Rita: Ansätze für Differenzierung im Physikunterricht. Diagnose von Differenzen und mögliche Konsequenzen für den Unterricht. In: Unterricht Physik (2007), 99/100, S. 10-15
- [3] Tschentscher, Corinna (2012): Umgang mit Heterogenität im Physikunterricht – Analyse der Problemfelder und Fallstudie über die Wirksamkeit von differenzierten Versuchsanleitungen. Masterarbeit an der Universität Osnabrück.
- [4] Nawrath, Dennis & Maiseyenko, Veronika & Schecker, Horst: Experimentelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule (2011), S. 42-48
- [5] Fischer, Hans E. & Draxler, Dennis: Konstruktion und Bewertung von Aufgaben. In: Kircher, E.; Girwitz, R.; Häußler, P. (2007): Physikdidaktik: Theorie und Praxis. Baltmannsweiler: Schneider, S. 639-655
- [6] Wodzinski, Rita: Varianten. Aufgaben für Differenzierung umarbeiten. In: Unterricht Physik (2007), 99/100, S. 16-21
- [7] Schmitt-Sody, Barbara; Kometz, Andreas: Differenzierung im Chemieunterricht. In: Eisenmann, M.; Grimm, T. (Hrsg.) (2011): Heterogene Klassen – Differenzierung in Schule und Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider, S. 137-154

**Abbildung 1**

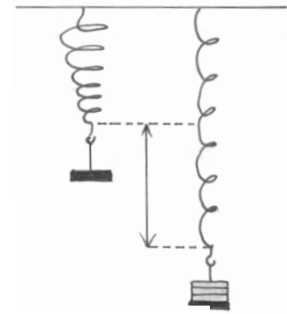
**V1: Aufgabe 2**

**a)** Markiert die Nullstellung der Spiralfeder mit dem Stift auf dem Krepppapier. Die Nullstellung ist die Stellung, in der noch kein Schlitzgewicht auf dem Gewichtsteller liegt. Legt nun Schlitzgewichte auf den Gewichtsteller und beobachtet, wie sich die Feder durch die Belastung um die Strecke  $s$  (siehe Abbildung 1) verlängert.

**b)** Legt auf den Gewichtsteller nacheinander 10g, 20g, 30g, 40g und 50g und messt jeweils die Längenänderung der Feder 1. Dabei hilft es euch vielleicht, wenn ihr jeweils auf dem Kreppband markiert, wie weit sich die Feder nach unten verlängert. Mit dem Maßband könnt ihr dann die Werte für die Längenänderung abmessen. Tragt die Massen 10g, 20g, 30g, 40g und 50g in die erste Spalte und die dazu ermittelten Werte für die Längenänderung  $s$  für die Feder 1 in die dritte Spalte der Tabelle ein.

Achtung: Ihr müsst das Gewicht in Kilogramm umrechnen! Hinweis:  $1\text{kg}=1000\text{g}$

**c)** Tauscht nun die Feder 1 gegen die Feder 2 aus und führt den Versuch mit Feder 2 durch. Verwendet bei Feder 2 die gleichen Massen wie bei Feder 1. Tragt die Werte der Längenänderung  $s$  für die Feder 2 in die fünfte Spalte der Tabelle ein.

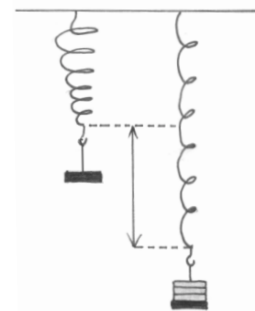


Masse $m$ in kg	Gewichtskraft $F_G$ in N	Längenänderung $s$ in cm für Feder 1	Längenänderung $s$ in cm für Feder 2

**V2: Aufgabe 2**

**a)** Ihr sollt nun jeweils die Längenänderung der Spiralfeder messen, wenn man verschiedene Schlitzgewichte auf den Gewichtsteller legt. Überlegt euch, wie euch dabei das Kreppband auf dem Stativ, der Stift und das Maßband helfen können. Legt auf den Gewichtsteller verschiedene Massestücke und messt jeweils die Längenänderung der Feder 1 (siehe Abbildung 1). Tragt die Massen und die ermittelten Werte für die Längenänderung  $s$  für die Feder 1 in die Tabelle ein. Achtet auf die richtigen Einheiten!

**b)** Führt den Versuch nun mit Feder 2 durch. Verwendet bei Feder 2 die gleichen Massen wie bei Feder 1. Tragt die Werte der Längenänderung  $s$  für die Feder 2 in die Tabelle ein.



Masse $m$ in kg	Gewichtskraft $F_G$ in N	Längenänderung $s$ in cm für Feder 1	Längenänderung $s$ in cm für Feder 2

**V3: Aufgabe 2**

Messt für verschiedene Massestücke jeweils die Längenänderungen  $s$ . Führt den Versuch mit den beiden Federn durch. Verwendet bei Feder 2 die gleichen Massen wie bei Feder 1. Dokumentiert eure Ergebnisse.

**Abbildung 1: Variation einer einzelnen Aufgabe in einer Experimentieranleitung**

