

© Dennis Kirstein & Claudia Corell (August 2023)

Die Durchführung eines Experiments verstehen

Impulse und Anregungen zur produktiven Arbeit mit der Textsorte „Versuchsvorschrift“ im Chemieunterricht der Sekundarstufe I

1 Warum ist das überhaupt wichtig?

Dem Experimentieren kommt im Chemieunterricht eine Schlüsselrolle für kompetenzorientiertes Lernen zu (Wirth et al., 2008). Neben dem Erwerb von Fachwissen ermöglichen Experimente auch die Förderung von Fähigkeiten und Fertigkeiten in Bezug auf naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten (Emden et al., 2016). Eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dass die Lernenden die Zielsetzung eines Experiments verstehen und ein Experiment korrekt und verständig durchführen (vgl. Walpuski & Hauck, 2017). Die hierzu notwendigen Informationen erhalten die Lernenden gerade im Anfangsunterricht in erster Linie in einer vorgegebenen Versuchsvorschrift (Thürmann et al., 2017; Boubakri et al., 2017), die primär gelesen, aber auch im Rahmen eines Versuchsprotokolls oder einer eigenen Experimentplanung geschrieben werden muss. Häufig erhalten die Lernenden die Versuchsvorschrift als vollständigen, fortlaufenden Text (ein sogenannter kontinuierlicher Text), der verständig mit Hilfe geeigneter Lesestrategien wie etwa der 5-Schritt-Lese-Methode (u.a. Kliebisch & Schmitz, 2001) gelesen werden muss. Dabei geht es unter anderem darum, den zu lesenden Text gedanklich in seine Sinnabschnitte zu gliedern und im Text bedeutungstragende Einheiten (u.a. bestimmte Fachbegriffe) zu identifizieren (vgl. Kamzela, 2019).

In der Praxis zeigt sich dann oft, dass die Lernenden Experimente trotz vorliegender Versuchsvorschrift häufig nicht eigenständig umsetzen können, mit der Verwendung des Materials überfordert sind oder am Ende überhaupt nicht wissen, was überhaupt getan werden

muss. Angesichts sprachlich-heterogener Lerngruppen ist der Umgang mit Versuchsvorschriften oft besonders herausfordernd. Ursächlich dafür sind häufig die fachsprachlichen Spezifika, die typisch sind für Versuchsvorschriften (vgl. Beese et al., 2014) und häufig nicht explizit thematisiert werden. Stattdessen werden Versuchsvorschriften in der Schulpraxis häufig unreflektiert und didaktisch unzureichend aufbereitet eingesetzt und die Lernenden weitestgehend mit ihren Schwierigkeiten alleine gelassen. Ohne verständige Durchführung können die Lernenden aber nur schwer zur Fragestellung des Experiments passende Beobachtungen machen, Schlussfolgerungen ziehen, mögliche Fehlerquellen für Beobachtungen und Messwerte diskutieren oder auf einer Metaebene das Experimentierdesign in Bezug auf die Eignung zur Untersuchung der Fragestellung reflektieren (vgl. Walpuski & Hauck, 2017). Gerade in Bezug auf das Experimentierdesign enthalten Versuchsvorschriften wichtige Informationen darüber, wie Variablen gezielt und systematisch verändert oder kontrolliert werden können. Wenn sich Lernende gerade im Anfangsunterricht intensiv mit vorgegebenen Versuchsvorschriften auseinandersetzen, erlangen sie Wissen darüber, wie man geeignete Experimente zur Beantwortung chemischer Fragestellungen anlegt. Dieses Wissen benötigen sie später bei der eigenen Planung von Experimenten.

Damit die Lernenden Lesestrategien zum verständigen Umgang mit Versuchsvorschriften zielführend anwenden können, ist zunächst Wissen darüber nötig, welche spezifischen sprachlichen Anforderungen von der Textsorte „Versuchsvorschrift“ ausgehen.

2 Welche Aspekte müssen erarbeitet und gefördert werden?

Wenn es um das Experimentieren im Chemieunterricht geht, ist das Versuchsprotokoll der zentrale Sprachanlass, mit dem die Lernenden rezeptiv (lesen) und produktiv (schreiben) arbeiten müssen. Das Versuchsprotokoll setzt sich aus verschiedenen Abschnitten zusammen, die jeweils eigene sprachliche Spezifika besitzen (Krabbe, 2017). Einer dieser Abschnitte ist die Versuchsvorschrift. Die Textsorte „Versuchsvorschrift“ lässt sich grundsätzlich in die Anforderungsbereiche „Sicherheitsbezogene Hinweise“, „Darstellung des Materials“ und „Beschreibung der Durchführung“ gliedern. Bereits vor Beginn des experimentalpraktischen Teils erhalten die Lernenden wichtige Informationen zum benötigten Material, im Chemieunterricht besonders zu den spezifischen Sicherheitsregeln, den auszuführenden Tätigkeiten sowie zum Versuchsaufbau. Mit Blick auf die Bezeichnung von Laborgeräten (z.B. *das Becherglas*) und Chemikalien (z.B. *das Kupfersulfat*) mit dazugehörigen Sicherheitsangaben (z.B. *der Stoff wirkt ätzend*) sowie der Beschreibung von experimentellen

Aktivitäten hinsichtlich einer konkreten Handlung (z.B. *etwas abwiegen*), deren zeitlicher Abfolge (z.B. *zuerst ...*, *danach ...*) und örtlicher Spezifizierungen (z.B. *in*, *unter*, *auf*) liegen zentrale sprachliche Anforderungen vor allem auf der Wortebene (Beese & Kirstein, 2018; Beese et al., 2014). Vor allem Verben sind hierbei ein integraler Bestandteil des zu erwerbenden experimentierbezogenen Wortschatzes: Die Lernenden müssen zu wichtigen Verben des Experimentierens konkrete Vorstellungen darüber entwickeln, welche Handlungen mit einem Verb verbunden sind. Darüber hinaus müssen die Lernenden oft Zusammenhänge zwischen verschiedenen Darstellungsformen und hier vor allem in Bezug auf reale Objekte und Aktivitäten, zwischen bildlichen Darstellungen sowie schriftlichen Formulierungen herstellen können (Leisen, 2015). Dies trifft vor allem auf die Beschreibung der Durchführung zu, bei der häufig Skizzen zu einzelnen Experimentierschritten mit einem beschreibenden Text in Beziehung gesetzt werden müssen.

Zusätzlich soll eine Durchführung unabhängig von der Person umsetzbar sein, damit eine hohe Objektivität der experimentellen Methode gewährleistet werden kann (Sommer & Pfeifer, 2019). Dazu werden sprachlich verschiedene Formen der Unpersönlichkeit wie etwa unpersönliche Personalpronomen (z.B. *man füllt*) oder das Passiv (z.B. *es wird gefüllt*) genutzt (Beese et al., 2014). Auch damit müssen Lernende angemessen umgehen können.

3 Wie kann man diese Aspekte gezielt fördern?

Ziel beim Lernen mit Experimenten im Chemieunterricht muss es sein, dass Lernende die spezifischen Anforderungen einer Versuchsvorschrift kennen und beim sinnentnehmenden Lesen damit verständig umgehen können. Dazu reicht es nicht, eine fertige Versuchsvorschrift lediglich lesen zu lassen. Vielmehr müssen Versuchsvorschriften zu Beginn im Sinne eigener fachsprachlicher Lernziele (vgl. Beese & Kirstein, 2018) geöffnet und rekonstruiert werden. Ebenso wie für das inhaltliche Lernen sind für das verständnisorientierte Arbeiten mit der Textsorte „Versuchsvorschrift“ kognitiv anspruchsvolle Lerngelegenheiten eine wichtige Voraussetzung (Heinitz et al., 2022; Praetorius & Gräsel, 2021). Die Aufforderung zum Lesen einer Versuchsvorschrift ist aber insbesondere für schwächere Lernende sowie Lernende, die ungern lesen, kaum dazu geeignet, um Denkprozesse mit Blick auf das Verstehen des Experiments anzustoßen. Grundsätzlich hat sich im Chemieunterricht das eigenständige Arbeiten an geeigneten Lernaufgaben als besonders effektiv erwiesen (Tepner, 2008). Hier stellen vor allem das Zuordnen und Sortieren im Zusammenhang mit dem Wechsel von Darstellungsformen kognitiv anspruchsvolle Prozesse bei der Bearbeitung von Lernaufgaben

dar (Köller et al., 2008). Zusätzlich hat sich vor allem in Bezug auf das sprachbezogene Fachlernen das Schreiben als besonders wertvoller Zugang zum Erwerb fachsprachlicher Kompetenzen gezeigt (Krabbe, 2017).

Im Folgenden werden am Beispiel einer klassischen Versuchsvorschrift zum Schulexperiment „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“ (vgl. Abbildung 1) sechs Vorschläge zur produktiven Arbeit mit der Textsorte „Versuchsvorschrift“ vorgestellt.

Mische 1,6 g schwarzes Kupferoxidpulver und 0,8 g Eisenpulver. Erhitze das Gemisch im Reagenzglas bis zum ersten Aufglühen und entferne das Reagenzglas sofort aus der Brennerflamme.

Abbildung 1: Versuchsvorschrift zum Experiment "Reduktion von Kupferoxid mit Eisen" aus dem Schulbuch Fachwerk Chemie-Gesamtband (Gietz et al., 2020, S. 162)

Die Reaktion zwischen Kupferoxid und Eisen als Beispiel für eine Redoxreaktion ist ein typisches Experiment, wie es häufig eigenständig von Lernenden durchgeführt wird. Auch die Darstellung der Versuchsvorschrift ist häufig in ähnlicher Art und Weise auf Arbeitsblättern zu finden. Wie für viele andere Experimente auch, ist die Versuchsvorschrift ein vergleichsweise kurzer Text, der aber gleichzeitig eine hohe Informationsdichte aufweist. Ein kompetenter Umgang mit derart verdichteten Texten erfordert bestimmte Fähigkeiten, die mit Blick auf die bereits beschriebenen Anforderungsbereiche für die Textsorte „Versuchsvorschrift“ explizit erarbeitet und geübt werden müssen (vgl. Tabelle 1). Die Entwicklung dieser Fähigkeiten sollte bewusst im Sinne eigener Lernziele erfolgen.

Tabelle 1: Übersicht zu sprachlichen Anforderungen beim Lesen einer Versuchsvorschrift

Anforderungsbereich	Die Lernenden müssen ...	Konkrete Bezüge
Darstellung des Materials	... das benötigte Material sowie die eingesetzten Stoffe identifizieren und voneinander abgrenzen.	<i>Gasbrenner, Streichholz, Reagenzglas, Reagenzglasklammer, Waage, Spatel Kupferoxid in Pulverform, Eisen in Pulverform</i>
	... Informationen zu Größenangaben von Material und Stoffen identifizieren.	<i>1,6 g schwarzes Kupferoxidpulver, 0,8 g Eisenpulver</i>
Beschreibung der Durchführung	... die einzelnen Experimentiertätigkeiten identifizieren und gedanklich in konkrete Handlungen übersetzen.	<i>u. a. mischen, erhitzen, entfernen unter einer bestimmten Bedingung</i>
	... den Text zur Durchführung in einzelne Sinnabschnitte (Experimentierschritte) gliedern und in eine zeitliche Abfolge bringen.	<i>u. a. müssen die Stoffe erst abgewogen werden, bevor sie vermischt werden können.</i>
	... komplexe Experimentiertätigkeiten eigenständig antizipieren.	<i>Das Abwiegen der benötigten Mengen an Kupferoxid und Eisen umfasst verschiedene Teilprozesse u. a. das Tarieren der Waage sowie das langsame Einfüllen des einzuwiegenden Stoffes.</i>

Die im Folgenden näher vorgestellten sechs Vorschläge setzen an diesem Punkt an und unterstützen eine systematische Entwicklung notwendiger Kompetenzen für das verständige Lesen von Versuchsvorschriften. Dabei liegt den Vorschlägen eine gewisse Progressivität zugrunde: Die Aufgaben sind von unterschiedlicher Komplexität und legen den Fokus auf unterschiedliche sprachliche Aktivitäten. Dabei wird stets auf bereits erworbene Fähigkeiten zurückgegriffen, indem Schülerinnen und Schüler diese anwenden müssen.

In den ersten drei Vorschlägen werden vor allem produktive Zugänge diskutiert, bei denen die Lernenden einzelne Aspekte und Facetten schriftlich bearbeiten. In den letzten drei Vorschlägen wird der Übergang vom Schreiben hin zum verständigen Lesen vollzogen.

Vorschlag 1: Eine Beschreibung vervollständigen

In einem ersten Zugang werden die Lernenden entlastet, indem Ihnen die Durchführung als Bildabfolge präsentiert wird. Dazu wird die beschriebene Durchführung in notwendige Teilschritte gegliedert und anschließend in eine Zeichnung übersetzt. Analog wird der beschreibende Text in Teilschritte zerlegt. Dadurch wird das Kontinuum des ursprünglichen Textes aufgebrochen, sodass die Lernenden einen Überblick über das Vorgehen erhalten und bei der Strukturierung des Experimentierprozesses unterstützt werden. Die aktive Auseinandersetzung wird dadurch angeregt, dass eine unvollständige Beschreibung der Bildabfolge vervollständigt werden muss (vgl. Abbildung 2).

Da beim Experimentieren vor allem Verben die bedeutungstragenden Einheiten in Bezug auf die auszuführenden Tätigkeiten darstellen, werden die Lernenden bei diesem Vorschlag dazu aufgefordert, die Beschreibung mit den passenden Verben zu vervollständigen. Dadurch setzen sich die Lernenden unmittelbar mit den auszuführenden Tätigkeiten auseinander. Da Verben zu experimentierbezogenen Tätigkeiten weitestgehend unabhängig vom inhaltlichen Lerngegenstand sind, lässt sich der beschriebene Vorschlag in jeder Stunde umsetzen und kann daher langfristig zum Aufbau des experimentierbezogenen Wortschatzes beitragen. Explizit zu thematisieren sind im dargestellten Experiment auch trennbare Verben (*etwas abwiegen*). Dies wirkt sich vor allem auf die Verwendung des Verbs im Satz aus, indem das Präfix in Satzendstellung geht. Zur Unterstützung können den Lernenden anfangs die relevanten Verben im Sinne eines Wortfeldes erarbeitet und angeboten werden. Später können die Lernenden auch dazu aufgefordert werden, eigenständig passende Verben zu erinnern und einzusetzen.

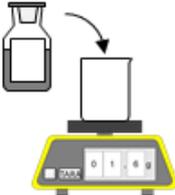
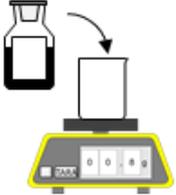
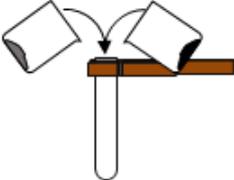
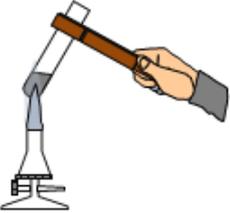
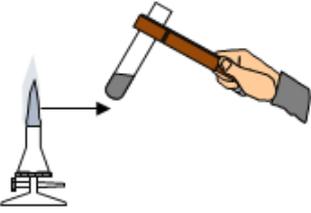
 Vervollständige die Durchführung mit den passenden Verben.		
(etwas) erhitzen	(etwas) ziehen	(etwas) ab wiegen
	(etwas) vermischen	(etwas) entzünden
 <p>1,6 g Kupferoxid</p>	 <p>0,8 g Eisenpulver</p>	<p>Zuerst _____ man 1,6 g Kupferoxid und 0,8 g Eisenpulver auf einer Waage ____.</p>
		<p>Dann _____ man das Kupferoxid und das Eisenpulver in einem Reagenzglas.</p>
		<p>Danach _____ man den Gasbrenner mit einem Streichholz.</p>
		<p>Anschließend _____ man das Gemisch in dem Reagenzglas in der Flamme des Gasbrenners.</p>
		<p>Zum Schluss _____ man das Reagenzglas aus der Flamme des Gasbrenners, wenn das Gemisch glüht.</p>

Abbildung 2: Konkretisierung von Vorschlag 1 für die Beschreibung der Durchführung am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Der beschriebene Vorschlag lässt sich auch zum Aufbau eines Verständnis zu benötigten Materialien nutzen. Hierzu müssen die Lernenden aber nicht eine Bildabfolge mit vollständigen Sätzen beschreiben, sondern müssen zu abgebildeten Materialien die passenden Bezeichnungen notieren.

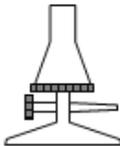
 Benenne das benötigte Material.				
 (das) _____	 (das) _____	 (die) _____	 (die) Reagenzglasklammer _____	 (der) _____

Abbildung 3: Konkretisierung von Vorschlag 1 für die Darstellung von Material am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Wird ein neuer Gegenstand eingeführt (in Abbildung 3 die *Reagenzglasklammer*), werden zunächst Gegenstand und Bezeichnung vorgegeben. In den folgenden Stunden können Bezeichnungen weggelassen werden, die dann von den Lernenden eigenständig benannt werden müssen.

Vorschlag 2: Eine Bildabfolge beschreiben

Dieser Vorschlag ähnelt von der Konzeption her stark dem vorangegangenen Vorschlag. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass hier viel stärker auf bereits erarbeitete Strukturen, etwa das Wissen zu typischen Satzstrukturen zu einzelnen Experimentiertätigkeiten, zurückgegriffen werden muss (vgl. Abbildung 4). Daher kann Vorschlag 2 als Möglichkeit zur produktiven Wortschatzarbeit eingesetzt werden, indem die Lernenden den erworbenen Wortschatz aus vorangegangenen Stunden aktiv anwenden müssen. Durch die schrittweise Beschreibung der Durchführung entlang der Bildabfolge entsteht nach Bearbeitung ein fortlaufender Text, der abschließend gemeinsam mit den Lernenden besprochen werden sollte. Dabei sollten insbesondere temporale Adverbien (z.B. *zuerst* und *anschließend*) in den Blick genommen werden, die später beim Lesen einer Durchführungsbeschreibung wichtige Hinweise zur Strukturierung des Experimentierprozesses liefern.

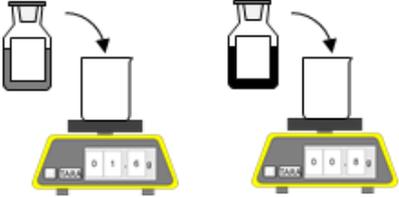
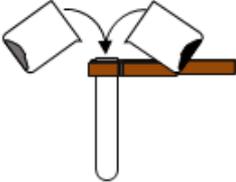
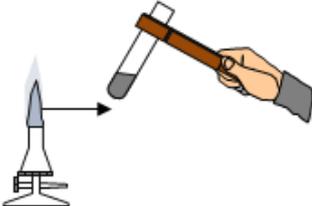
	<p>Beschreibe die Durchführung. Du kannst dazu die folgenden Verben nutzen.</p> <p>(etwas) erhitzen (etwas) ziehen (etwas) ab wiegen (etwas) vermischen (etwas) entzünden</p>
<p>1,6 g Kupferoxid 0,8 g Eisenpulver</p> 	<p>Zuerst _____</p> <p>_____</p> <p>_____.</p>
	<p>Dann _____</p> <p>_____</p> <p>_____.</p>
	<p>Danach _____</p> <p>_____</p> <p>_____.</p>
	<p>Anschließend _____</p> <p>_____</p> <p>_____.</p>
	<p>Zum Schluss zieht man das Reagenzglas aus der Flamme des Gasbrenners, wenn das Gemisch glüht.</p>

Abbildung 4: Konkretisierung von Vorschlag 2 für die Beschreibung der Durchführung am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Vorschlag 3: Zuordnung von Bild und Text

Bei diesem Vorschlag wird die vollständige Durchführung in bildlicher Darstellung und beschreibenden Texten vorgegeben (vgl. Abbildung 6). Anders als bei den vorangegangenen Vorschlägen müssen die Lernenden hier aber nicht sprachliche Mittel zur Vervollständigung nutzen, sondern jeder bildlichen Darstellung die passende Beschreibung zuordnen. Die bildliche Darstellung wird dabei in der richtigen Reihenfolge angegeben, um die Lernenden zu entlasten. Dadurch können sich die Lernenden auf das Lesen der einzelnen Beschreibungen konzentrieren. Der Schwerpunkt dieses Vorschlags liegt also deutlich bei der Förderung des sinnentnehmenden Lesens.

Ähnlich wie bei Vorschlag 2 ist auch hier eine Adaption zur Auseinandersetzung mit dem Material möglich. Hierzu werden alle benötigten Materialien als Bild dargestellt und mit den Bezeichnungen angegeben (vgl. Abbildung 5).

 **Ordne jedem Gegenstand die passende Bezeichnung zu.**



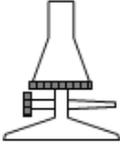
(das) **Reagenzglas**



(der) **Becherglas**



(der) **Gasbrenner**



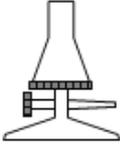
(die) **Waage**



(die) **Reagenzglasklammer**



(der) **Gasbrenner**



(die) **Waage**

Abbildung 5: Konkretisierung von Vorschlag 3 für die Darstellung von Material am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Die Aufgabe der Lernenden ist es hier, den einzelnen bildlich-dargestellten Materialien die passende Bezeichnung zuzuordnen.

 **Ordne jedem Bild die passende Beschreibung zu.**

<p>... erhitzt man das Gemisch in dem Reagenzglas in der Flamme des Gasbrenners.</p>	<p>... wiegt man 1,6 g Kupferoxid und 0,8 g Eisenpulver auf einer Waage ab.</p>
<p>... zieht man das Reagenzglas aus der Flamme des Gasbrenners, wenn das Gemisch glüht.</p>	<p>... entzündet man den Gasbrenner mit einem Streichholz.</p>
<p>... vermischt man das Kupferoxid und das Eisenpulver in einem Reagenzglas.</p>	

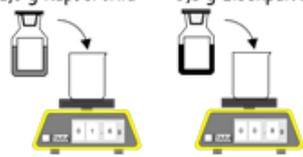
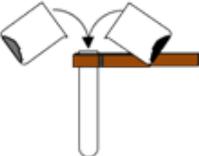
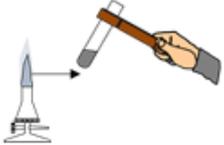
<p>1,6 g Kupferoxid 0,8 g Eisenpulver</p> 	<p>Zuerst ...</p>
	<p>Dann ...</p>
	<p>Danach ...</p>
	<p>Anschließend ...</p>
	<p>Zum Schluss ...</p>

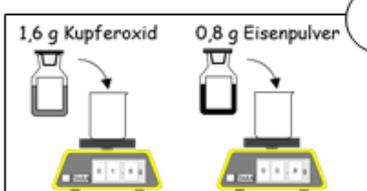
Abbildung 6: Konkretisierung von Vorschlag 3 für die Beschreibung der Durchführung am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

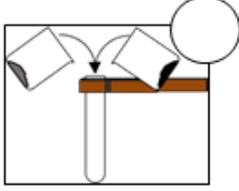
Vorschlag 4: Sortieren von Arbeitsschritten

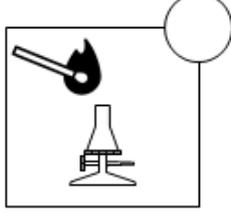
Bei den bisherigen Vorschlägen ist die schriftliche Beschreibung der Durchführung in einzelne Teilschritte gegliedert. Dadurch müssen die Lernenden die Strukturierung der sonst als Fließtext dargestellten Durchführungsbeschreibung nicht selbst vornehmen. In Vorschlag 4 wird die Beschreibung der Durchführung als fortlaufender Fließtext vorgegeben, der von den Lernenden gedanklich strukturiert werden muss (vgl. Abbildung 7).

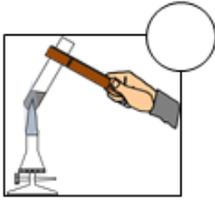
 **Bringe die Schritte zur Durchführung in die richtige Reihenfolge von (1) bis (5).**

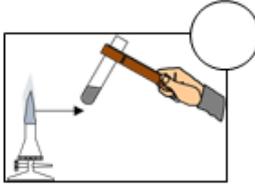
1,6 g Kupferoxid 0,8 g Eisenpulver











Zuerst wiegt man 1,6 g Kupferoxid und 0,8 g Eisenpulver auf einer Waage ab. Dann vermischt man das Kupferoxid und das Eisenpulver in einem Reagenzglas. Danach entzündet man den Gasbrenner mit einem Streichholz. Anschließend erhitzt man das Gemisch in dem Reagenzglas in der Flamme des Gasbrenners. Zum Schluss zieht man das Reagenzglas aus der Flamme des Gasbrenners, wenn das Gemisch glüht.

Abbildung 7: Konkretisierung von Vorschlag 4 für die Beschreibung der Durchführung am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Unterstützt werden die Lernenden durch bildliche Darstellungen einzelner Experimentierschritte, die in eine richtige Reihenfolge gebracht werden müssen.

Vorschlag 5: Die Durchführung skizzieren

Statt alle Teilschritte bildhaft vorzugeben, können die Lernenden auch aufgefordert werden, einzelne Teilschritte selbst zu skizzieren (vgl. Abbildung 8).

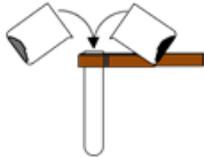
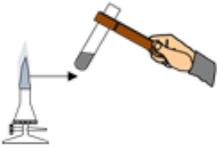
 Stelle die fehlenden Schritte in der Durchführung mit einer passenden Zeichnung dar.	
(1)	Zuerst wiegt man 1,6 g Kupferoxid und 0,8 g Eisenpulver auf einer Waage ab. Dann vermischt man das Kupferoxid und das Eisenpulver in einem Reagenzglas. Danach entzündet man den Gasbrenner mit einem Streichholz. Anschließend erhitzt man das Gemisch in dem Reagenzglas in der Flamme des Gasbrenners. Zum Schluss zieht man das Reagenzglas aus der Flamme des Gasbrenners, wenn das Gemisch glüht.
(2) 	
(3) 	
(4)	
(5) 	

Abbildung 8: Konkretisierung von Vorschlag 5 für die Beschreibung der Durchführung am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Die Lernenden müssen dazu zunächst wieder die Durchführungsbeschreibung gedanklich in sinnvolle Abschnitte gliedern. Hierbei spielen wieder temporale Adverbien (z.B. *zuerst* und *danach*) eine wichtige Rolle. Auf dieser Grundlage müssen die Lernenden nun stärker als in Vorschlag 4 die Informationen in den einzelnen Sinnabschnitten identifizieren. In Vorschlag 4 wird die Identifikation relevanter Informationen für die Durchführung durch vollständig

bebilderte Teilschritte erleichtert. In Vorschlag 5 hingegen müssen die Lernenden für einzelne Teilschritte eigenständig aus dem Text Informationen entnehmen und selbstständig in eine Skizze übersetzen. Dabei wenden Lernende Kenntnisse aus der Darstellung des Materials an: Fachbegriffe zum benötigten Material müssen erkannt und in eine passende Skizze übersetzt werden. Je nach sprachlichen Voraussetzungen in der Lerngruppe können mehr oder weniger Bilder zur Durchführung vorgegeben werden, sodass sich hier auch Potential zur Differenzierung ergibt. Auch das Anfertigen einer Bilddarstellung zum gesamten Experiment ist denkbar.

Vorschlag 6: Sinnentnehmendes Lesen mit Überprüfung

In diesem Vorschlag liegt der Fokus auf dem sinnentnehmenden Lesen mit Hilfe einer explizit genannten Lesestrategie (vgl. Abbildung 9). Hier bietet sich vor allem die 5-Schritt-Lese-Methode an, da es sich um eine bewährte Lesestrategie handelt, die auch gut im Fachunterricht angewendet werden kann. Wichtig ist, dass die gewählte Lesestrategie zuvor explizit erarbeitet wird. Dies kann im Rahmen einer gesonderten Stunde zur gewählten Lesestrategie erfolgen. Die Ergebnisse der Stunde sollten als Lernhilfen (z.B. Lernplakat oder Karteikarte) schriftlich festgehalten werden, sodass das der Ablauf der Strategie jederzeit für die Lernenden verfügbar ist. Gerade zu Beginn ist es wichtig, dass die Lernenden Schritt für Schritt mit der Strategie arbeiten. Später kann die Strategie zunehmend selbstständig von den Lernenden auch ohne explizite Hilfe genutzt werden. Bei Bedarf kann auch längerfristig damit in Sinne einer adaptiven Lernunterstützung gearbeitet werden. Die Lernenden benötigen zur Bearbeitung von Vorschlag 6 ein gewisses Maß an sprachlichem Wissen in Bezug auf die Textsorte „Versuchsvorschrift“. Wie dieses sukzessive und anschlussfähig aufgebaut werden kann, ist in den vorangegangenen Vorschlägen dargestellt worden. Das reine Lesen wird bei diesem Vorschlag anspruchsvoll gestaltet, indem das benötigte Material aus der Durchführung eigenständig erarbeitet werden muss. Damit ist das Lesen der Versuchsvorschrift kein unauthentischer Selbstzweck, sondern ist zwingend notwendig, um überhaupt mit dem Experiment beginnen zu können.

	Benötigtes Material	Benötigte Chemikalien
	-	-
	-	-
	-	-
	-	-
	<p>Lies dir die Durchführung aufmerksam mit der 5-Schritt-Lese-Methode durch.</p> <p>Zuerst wiegt man 1,6 g Kupferoxid und 0,8 g Eisenpulver auf einer Waage ab. Dann vermischt man das Kupferoxid und das Eisenpulver in einem Reagenzglas. Danach entzündet man den Gasbrenner mit einem Streichholz. Anschließend erhitzt man das Gemisch in dem Reagenzglas in der Flamme des Gasbrenners. Zum Schluss zieht man das Reagenzglas aus der Flamme des Gasbrenners, wenn das Gemisch glüht.</p>	
	<p>Vervollständige mit Hilfe der Durchführung die Liste zum benötigten Material und den benötigten Chemikalien.</p>	

Abbildung 9: Konkretisierung von Vorschlag 6 für die Beschreibung der Durchführung am Beispiel des Experiments „Reduktion von Kupferoxid mit Eisen“

Für die Lehrkraft bietet die Erstellung der Materialliste die Möglichkeit für eine Zwischensicherung. Die Anwendung der Lesestrategie wird insofern unterstützt, indem die Identifikation benötigter Materialien in der Versuchsvorschrift als greifbares Ziel gewählt wird.

4 Wie kann das sinnvoll in der Praxis umgesetzt werden?

Die vorgestellten Vorschläge sind aus unserer Arbeit an der Hauptschule in Moers entstanden. Insbesondere die Umsetzung und Weiterentwicklung des sprachsensiblen Fachunterrichts spielt in unserem Schulentwicklungskonzept eine wichtige Rolle. Dies begründet sich darin, dass viele Schülerinnen und Schüler dem Fachunterricht aufgrund sprachlicher Anforderungen beim Lernen nicht folgen können oder Verständnisprobleme haben. Darüber hinaus ist die Auseinandersetzung mit Sprache eine wertvolle Ressource, die sich unter anderem aus der Mehrsprachigkeit unserer Schülerinnen und Schüler ergibt. Im Chemieunterricht sind viele unserer Schülerinnen und Schüler mit sprachlichen Darstellungen konfrontiert, die nicht aus ihrem Erfahrungshorizont stammen und Schule eben den Auftrag hat, an fachlich-komplexe Inhalte (u.a. an Chemie) heranzuführen. An dieser Stelle setzen wir unter anderem mit den vorgestellten Vorschlägen an, die nach dem Ansatz des *Scaffolding* (u. a. Kniffka, 2010) aufgebaut sind: Die eingangs dargestellten sprachlichen Anforderungen an die Textsorte „Versuchsvorschrift“ (*Bedarfsanalyse*) bilden die Grundlage für die konkrete Gestaltung von Lernangeboten. Diese werden je nach Lernvoraussetzungen in der jeweiligen Lerngruppe (*Lernstandsanalyse*) passend ausgewählt oder adaptiert. Sowohl die Bedarfsanalyse als auch die Lernstandsanalyse sind zentrale Bestandteile des *Makroscaffolding* (Kniffka, 2010) und beziehen sich wesentlich auf die Planung und Vorbereitung des Unterrichts.

Damit unsere Schülerinnen und Schüler das Arbeitsmaterial optimal nutzen können, sind aus unserer Sicht weitere Bemühungen während des Unterrichts nötig. Diese umfassen verschiedene Techniken des *Mikroscaffolding* (vgl. Kniffka, 2010). Neben einer Darstellung der benötigten Laborgeräte in verschiedenen Darstellungsformen (als Bild und als Fachwort) liegt ein Satz des benötigten Labormaterials vorne auf dem Pult. Dieses wird zusätzlich gezeigt und mit den anderen Darstellungsformen in Beziehung gesetzt. Dies unterstützt den Umgang mit den für viele Lernenden abstrakten Darstellungen auf dem Arbeitsblatt. Gerade Laborgeräte mit komplexen Bezeichnungen (u. a. Komposita wie *Reagenzglasklammer*) bereiten vielen Lernenden Schwierigkeiten. Hier ist es wichtig, dass die Lehrkraft langsam spricht und die Wortbestandteile einzeln (Reagenz-glas-klammer) und anschließend versteckte Wortbildungen (*Reagenzglas*) in längeren Wortbildungen (Reagenzglas-klammer = *eine Klammer* zum Festhalten eines *Reagenzglases*) betont (*Verlangsamung der Interaktion* und *Segmentierung von fachlich relevanten und komplexen Wortbildungen*). Außerdem erhalten alle Lernenden zu Beginn jeden Schuljahres eine zeichnerische Übersicht über die wichtigsten Laborgeräte im Chemieunterricht. Darüber hinaus sind diese Laborgeräte als digitale Karteikarten auf unserer

Lernplattform Logineo LMS hinterlegt. Diese können die Lernenden in unseren Verfügungsstunden nutzen. Bei Schülerinnen und Schülern mit wenig Vorwissen oder Schwierigkeiten beim Merken der Laborgeräte bietet sich auch die Entwicklung eigener Spiele wie ein Memory oder ein Domino zu Laborgeräten durch die Lernenden an.

Unsere Erfahrungen zeigen, dass vor allem Schülerinnen und Schüler in höheren Jahrgangsstufen, die an unserer Schule Deutsch als Zweitsprache erworben haben, ein hohes Interesse an der Auseinandersetzung mit Sprache im Fachunterricht haben. Dies betrifft vor allem das eigene Schreiben von Texten wie etwa einer Versuchsdurchführung. Hierbei ist es wichtig, den Lernenden bewusst mehr Zeit zu geben (*Gewährung von Planungszeit*). Diese Zeit benötigen die Lernenden, um ihre Gedanken zu ordnen und sprachlich bereits erarbeitete Strukturen reaktivieren und anwenden zu können. Dies ist auch in anderen Teilen des Unterrichts wichtig, etwa beim Sammeln von Beobachtungen oder beim Formulieren von Schlussfolgerungen. Oft reichen zur Unterstützung Satzanfänge (z. B. *Zuerst füllt man ...*).

Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf profitieren unserer Erfahrung nach besonders von einer Verzahnung bildlicher und schriftlicher Darstellungen. Besonders das Ordnen von Arbeitsschritten (vgl. Vorschläge 3 und 4) fördert die aktive Auseinandersetzung. Hier sollte die Lehrkraft von den Schülerinnen und Schülern eine Erklärung über die getroffene Ordnung einfordern. Dies schafft einen Sprachanlass, der für den Aufbau der zu erwerbenden sprachlichen Kompetenzen wichtig ist. Die Lehrkraft sollte dabei aufmerksam zuhören und zum Austausch zwischen den Lernenden anregen (*Variation des Interaktionsmuster*). Ausgehend von dem Arbeitsmaterial kann es sich hier anbieten, die Lernenden in Kleingruppen zunächst die Aufgabe zum Ordnen der Arbeitsschritte bearbeiten zu lassen. Anschließend werden die Arbeitsergebnisse der Kleingruppen untereinander getauscht und die Versuche anhand dieser Arbeitsergebnisse durchgeführt. Die Lehrkraft sollte die Lernenden dazu anregen, bei Fehlern oder Unklarheiten untereinander ins Gespräch zu kommen.

Die in diesem Beitrag vorgestellte Arbeit an der Textsorte „Versuchsvorschrift“ ist ein Beispiel zur Förderung der fachbezogenen Lesekompetenz. Diese Kompetenzen bilden eine wertvolle Grundlage für den Umgang mit Textsorten, die im weiteren Verlauf des Chemieunterrichts an Bedeutung gewinnen (z. B. Sachtexte). Insofern liefern die vorgestellten Vorschläge eine gute Möglichkeit für eine anschlussfähige und durchgängige Sprachbildung im Fach Chemie.

Literatur

- Beese, M., Benholz, C., Chlosta, C., Gürsoy, E., Hinrichs, B., Niederhaus, C., & Oleschko, S. (2014). Sprachbildung in allen Fächern. Stuttgart: Ernst Klett Sprachen.
- Boubakri, C., Beese, M., Krabbe, H., Fischer, H. E., & Roll, H. (2017). Sprachsensibler Fachunterricht. In M. Becker-Mrotzek & H.-J. Roth (Hrsg.), Sprachliche Bildung - Grundlagen und Handlungsfelder. Münster: Waxmann. S. 335-350.
- Beese, M., & Kirstein, D. (2018). Mehr als nur Fachbegriffe - Sprachsensibler Chemieunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie - Sprachsensibel unterrichten (Heft 168).
- Bohrmann-Linde, C., & Strippel, C. (2018). Sprachliche Interaktion und sprachsensibler Chemieunterricht. In K. Sommer, J. Wambacher-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich Verlag. S. 709-721.
- Emden, M., Koenen, J., & Sumfleth, E. (2016). Fördern im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung - Experimentieren im Inquiry-Ansatz. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Hrsg.), Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung. Münster: Waxmann. S. 9-18.
- Gietz, P., Nelle, P., & Schumacher, E. (2020). Elemente Chemie 7-10. Stuttgart: Ernst-Klett-Verlag. 1. Auflage.
- Kamzela, K. (2019). Lesen und Leseunterricht in der Sekundarstufe I. Eine rekonstruktive Studie zu handlungsleitenden Konzepten von Deutschlernenden. Heidelberg: Springer Verlag.
- Kliebisch, U., & Schmitz P. (2001). Methodentrainer. Arbeitsbuch für die Sekundarstufe I Gesellschaftswissenschaften. Berlin: Cornelsen. S. 98-112.
- Kniffka, G. (2010). Scaffolding. Beitrag auf ProDaz. [Online] <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf> [abgerufen am 16.05.2023].
- Köller, O., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., Hartmann, S., Katzenbach, M., Kauertz, A., Notarp, H., Ropohl, M., Walpuski, M., Wellnitz, N., & Zilker, I. (2008). Evaluation der Standards in den Fächern Biologie, Chemie und Physik für die Sekundarstufe I (ESNaS). Band 2: Aufgabenkonstruktionsanleitung für die Aufgabenentwicklung in den Fächern Biologie, Chemie und Physik für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“.
- Krabbe, H. (2017). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte des Physikunterrichts. In S. Schmölzer-Eibinger & E. Thürmann (Hrsg.), Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster: Waxmann. S. 157-173.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! Bringt zusammen, was zusammen gehört! Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (68). S. 132-137.
- Sommer, K. & Pfeifer, P. (2019). Experiment und Erkenntnis. In K. Sommer, J. Wambacher-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich Verlag. S. 70-88.
- Tepner, O. (2008). Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Verlag.
- Thürmann, E., Krabbe, H., Platz, U; Schumacher, M. (2017). Sprachbildung als Aufgabe aller Fächer und Lernbereiche. Erfahrungen mit Sprachberatung an Ganz-In-Gymnasien. Münster: Waxmann.

Walpuski, M., & Hauck, A. (2017). Experimente und Lernerfolg. Wie können Experimentierphasen optimiert werden, um Interesse und Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen? *Naturwissenschaften im Unterricht: Chemie* (158). S. 8-13.