

Lernaktivitäten steuern durch Aufgaben - Relevanz, Initiierung und Erhebung -

Bianca Watzka, Raimund Girwidz

LMU München, Theresienstraße 37, 80333 München
bianca.watzka@lmu.de, girwidz@lmu.de

Kurzfassung

Die Ergebnisse einer Interventionsstudie (N=177) zeigten, inwieweit sich die kognitiven Lernaktivitäten von Schülerinnen und Schülern bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben durch die Aufgabenform steuern und durch die Aufgabencodierung unterstützen lassen.

Im Rahmen einer Unterrichtseinheit zum Thema "Anwendungen von CO₂-Gassensoren" bearbeiteten die Probanden in zwei Übungsphasen unterschiedliche Aufgaben zum Aufbau und zur Funktionsweise von CO₂-Sensoren. In jeder Klasse erfolgte eine zufällige Einteilung der Teilnehmer/innen nach dem Codierformat der Aufgaben. Eine Gruppe bearbeitete ausschließlich bildhaft codierte Aufgaben, eine zweite ausschließlich textbasierte Aufgaben und eine dritte Gruppe einen Aufgabenmix, bestehend aus text- und bildbasierten Aufgaben.

Die Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse zeigten u.a. einen signifikanten Effekt mittlerer Effektstärke des Faktors Codierformat der Aufgaben auf den Wissenserwerb und auf die Transferleistung von Faktenwissen.

Die Analyse der Aufgabenbearbeitung ergab zwei Hauptergebnisse. Erstens gibt es Aufgaben, die eine erfolgreiche Durchführung bestimmter Lernaktivitäten begünstigen. Zweitens beeinflusst die Aufgabencodierung die korrekte Bearbeitung bestimmter Aufgaben. Schülerinnen und Schüler, die mit bildhaft codierten Aufgaben übten, hoben beispielsweise Kernaussagen häufiger korrekt hervor und fassten wesentliche Aussagen besser zusammen als Lernende, die mit textbasierten Aufgaben oder mit dem Aufgabenmix übten.

1. Einleitung

Eine Voraussetzung für erfolgreiches Lernen ist die aktive Beteiligung von Schülerinnen und Schülern am Unterrichtsgeschehen (z.B. Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Seel, 2003; Mayer, 2008; Renkl, 2009). Die Auffassungen, wie solche Aktivitäten aussehen und welche davon besonders lernförderlich sind, gehen jedoch auseinander. Gängig ist die Sichtweise, dass zwar das sichtbare aktive Handeln beim Wissenserwerb eine Rolle spielt, dies aber nicht der ausschlaggebende Faktor für einen hohen Lernerfolg ist. Vielmehr sind die im Verborgenen ablaufenden mentalen Auseinandersetzungen der Schülerinnen und Schüler mit den Lerninhalten maßgebend für den Wissenserwerb. Von besonderer Bedeutung sind dabei die mentalen Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis (Renkl, 2009). Anregen lassen sich solche Prozesse beispielsweise durch das Anwenden kognitiver Lernstrategien.

Dieser Beitrag behandelt zunächst die theoretische Basis der aktiven Informationsverarbeitung von Lerninhalten und der Steuerung dieser Verarbeitungsprozesse durch die Anwendung kognitiver Lernstrategien. In diesem Zusammenhang ist auch die Initiierung von Lernstrategien durch Aufgabenformen und die Unterstützung der Informationsverarbeitung durch verschiedene Aufgabenformate beschrieben. Anschließend wird eine empirische Studie vorgestellt, die prüfte, welche Aufgabenformen

und welche Aufgabenformate besonders geeignet sind, um die Anwendung von Lernstrategien und damit auch die lernförderliche Verarbeitung von Informationen zu unterstützen.

2. Theoretischer Hintergrund

In diesem Abschnitt sind drei Perspektiven lernförderlicher Aktivitäten beschrieben, wobei der Fokus auf der aktiven Informationsverarbeitung von Lerninhalten liegt. Anschließend sind verschiedene kognitive Lernstrategien beschrieben, die sich für das Anregen dieser aktiven Informationsverarbeitung anbieten. Weiterhin werden verschiedene Aufgabenformen vorgestellt, die durch ihre spezifische Aufgabenstellung diese Lernstrategien implementieren. Zuletzt ist beschrieben, wie über die Wahl des Codierformats von Aufgaben Kriterien des integrierten Modells zur Verarbeitung von Texten und Bildern nach Schnotz (2005) umsetzbar sind. Im Mittelpunkt der Beschreibungen steht der für das Lernen vorteilhafte Nutzen verschiedener Darstellungsformate von Aufgaben.

2.1. Lernförderliche Aktivitäten

Renkl (2009, S. 7) beschreibt in einer Übersicht drei Sichtweisen, die den Ablauf des Wissenserwerbs erklären und dabei vor allem Lernaktivitäten berücksichtigen. Er unterscheidet zwischen (a) dem aktiven Tun, (b) der aktiven Informationsverarbeitung und (c) der fokussierten Informationsverarbeitung. In

diesem Beitrag steht die Perspektive der aktiven Informationsverarbeitung im Fokus, da sie gegenwärtig die Auffassung der meisten Lehr-Lernpsychologen wiedergibt. Hinzu kommt, dass sie eine Begründung für den Einfluss von kognitiven Lernstrategien auf den Wissenserwerb hervorbringen.

2.1.1. Aktives Tun

Die Sichtweise, das aktive Tun ist für den Erwerb von Wissen ausschlaggebend, betont die sichtbare Auseinandersetzung der Schülerinnen und Schüler mit dem Lerninhalt. Gemeint sind z.B. das Niederschreiben einzelner Lösungsschritte beim Bearbeiten einer Aufgabe oder die verbale Beteiligung am Unterrichtsgespräch. Gänzlich unberücksichtigt bleiben bei dieser Sichtweise die nicht offen zu Tage tretenden Lernprozesse. In vielen, vor allem handlungsorientierten, Unterrichtsansätzen wie beispielsweise dem entdeckenden Lernen, sind zumindest teilweise Aspekte dieser Sichtweise vertreten.

Renkl kritisiert die Beschränkung auf sichtbare Aktivitäten mit der Begründung, dass Lernen ein Prozess ist, der sich im Kopf des Schülers abspielt. Als Argument, das gegen eine Beschränkung auf die sichtbaren Aktivitäten spricht, führt er ein Forschungsergebnis von Pauli und Lipowsky (2007) auf. Sie untersuchten die Beteiligung von Schülerinnen und Schülern am Unterrichtsgespräch. Ein Ergebnis ihrer Studie war, dass der Wissenserwerb von Schülern/Schülerinnen mit aktiver Beteiligung (z.B. viele Wortmeldungen) nicht höher ausfiel als bei scheinbar nicht aktiven Lernenden. Auch Mayer (2004) lehnt die reine Fokussierung auf sichtbare Aktivitäten in Form von Handlungen ab.

2.1.2. Aktive Informationsverarbeitung

Bei der Auffassung, die aktive Informationsverarbeitung sei für den Wissenserwerb maßgebend, werden nicht nur sichtbare Aktivitäten, sondern auch nicht beobachtbare mentale Aktivitäten für wichtig und besonders lernförderlich gehalten. Unter den mentalen Aktivitäten werden die im Arbeitsgedächtnis ablaufenden Verarbeitungsprozesse verstanden. Dabei sind unter kognitiv-konstruktivistisch orientierten Lehr-Lernpsychologen, bezüglich des Arbeitsgedächtnisses, zwei Grundannahmen wichtig. In der ersten geht es um den Einfluss des Vorwissens auf die Wahrnehmung äußerer Informationen und damit auch auf deren Repräsentation im Arbeitsgedächtnis (Mayer, 2008; Renkl, 2009). Zweitens besteht ein Konsens darüber, dass die simultane Verarbeitung von verschiedenen Informationen im Arbeitsgedächtnis begrenzt ist (Mayer, 2008; Niedemann et al., 2008). Die Begrenzung des Arbeitsgedächtnisses hat Auswirkungen auf den Wissenserwerb. So werden bspw. Textinformationen, die komplexe Zusammenhänge erläutern, von Lernenden meist nicht im ersten Lernschritt vollständig erfasst. Die Kapazitätsbeschränkung erfordert ein wiederholtes Verarbeiten einzelner Informationsein-

heiten z.B. durch das Anwenden verschiedener Lernstrategien (siehe Abschnitt 2.2).

2.1.3. Fokussierte Informationsverarbeitung

Die Perspektive der fokussierten Informationsverarbeitung betont, dass die aktive Verarbeitung von Informationen für ein erfolgreiches Lernen nicht ausreicht. Zusätzlich muss sich der Lernende mit den zentralen Konzepten und Prinzipien des Themas aktiv auseinandersetzen. Eine ausführliche Beschreibung ist bei Renkl (2009) zu finden.

2.2. Lernstrategien

Der gezielte Einsatz von Lernstrategien kann nach Wild (2010) den Wissenserwerb unterstützen. Renkl (2009) hebt in diesem Zusammenhang hervor, dass Schülerinnen und Schüler bei der Verwendung von Lernstrategien die aktive Informationsverarbeitung im Arbeitsgedächtnis leiten und steuern können. Bei Bannert und Schnotz (2006) tritt ein weiterer Punkt hinzu. Sie betonen, dass die Anwendung von Lernstrategien auch die Abrufbarkeit erworbenen Wissens erleichtert.

Ein Standardwerk zu Lernstrategien haben Friedrich und Mandl (2006) vorgelegt. Sie unterscheiden zwischen kognitiven Lernstrategien, Motivations- und Emotionsstrategien, Strategien für kooperatives Lernen und Nutzungsstrategien von Ressourcen. Beispiele für kognitive Lernstrategien sind:

- Wiederholungstrategien mit elaborativen Anteilen und ohne elaborative Anteile (z.B. Steiner, 2006),
- Strategien zur Aktivierung von Vorwissen (z.B. Krause & Stark, 2006),
- Strategien zur Bildung von Vorstellungsbildern (z.B. Bannert & Schnotz, 2006),
- Strategien zum Zusammenfassen von Informationen (z.B. Ballstaedt, 2006)

Um die Anwendung kognitiver Lernstrategien durch Schülerinnen und Schüler anzustoßen, können verschiedene Aufgabenformen im Unterricht eingesetzt werden.

2.3. Aufgabenformen

Die Bearbeitung unterschiedlicher Aufgabenformen erfordert von den Lernenden die Durchführung unterschiedlicher Lernaktivitäten. Nachfolgend sind zwei Beispiele für verschiedene Aufgabenformen und dadurch initiierten Lernaktivitäten aufgeführt.

2.3.1. Aufgaben mit dem Schwerpunkt "Prozesse weiterentwickeln"

In der Aufgabenstellung sind die Anfangsbedingungen und Informationen über nachfolgende Schritte enthalten. Diese Aufgabenform lässt insbesondere eine Öffnung hinsichtlich des Lösungsweges zu. Beispielsweise kann durch das Weglassen von einzelnen Informationen bei der Aufgabenstellung der Lernende zur Festlegung sinnvoller Bedingungen und Größen aufgefordert werden. Die Lernaktivitäten der Schülerinnen sind:

- vorhandenes Wissen zum Thema abrufen
- vorhandenes Wissen mit den dargestellten Informationen der Aufgabe vergleichen
- weitere Prozessphasen beschreiben
- das resultierende Endergebnis ermitteln.

Diese Aufgabenform greift Lernstrategien zum bewussten Abruf von Vorwissen auf (siehe 2.2).

2.3.2. Aufgaben mit dem Schwerpunkt "Zusammenfassen"

Bei dieser Aufgabenform sind Informationen zu einem Thema enthalten, die verbal in Form von Sachtexten und/oder visuell durch beschriftete Bilder dargestellt sind. Die Bearbeiter der Aufgabe müssen diese Informationen auf das Wesentliche reduziert verbal oder visuell zusammenfassen. Die Sachtexte weisen dazu Textmerkmale auf, die eine "textorientierte" Zusammenfassung begünstigen. Die Lernaktivitäten der Schülerinnen sind:

- vorhandenes Wissen zum Thema abrufen
- vorhandenes Wissen mit den dargestellten Informationen der Aufgabe vergleichen
- Kernaussagen der Informationen durch Hervorhebungen festlegen.
- eine Zusammenfassung unter Verwendung der einzelnen Stichworte und/oder den erstellten Skizzen erstellen.

Bei dieser Aufgabenform soll die Anwendung von Strategien zum Zusammenfassen von Informationen angeregt werden (siehe 2.2).

2.4. Darstellungsformate von Aufgaben

Neben den häufig existierenden Textaufgaben, in denen die Aufgabenstellung und weitere Informationen verbal in Form eines Textes präsentiert sind, können Aufgaben auch in einer bildbasierten, symbolischen oder kombinierten Codierung dargestellt werden. Das Darstellungsformat der Aufgabe und die Aufgabenform (siehe Abschnitt 2.3) bestimmen die Lernaktivitäten, die vom Lernenden bei der Bearbeitung der Aufgaben durchgeführt werden. Somit kann über das Codierformat gezielt Einfluss auf die Lernaktivitäten und damit die kognitive Verarbeitung genommen werden.

2.4.1. Bildbasierte Darstellung

Das bildbasierte Format soll vor allem visuelle Informationsverarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis initiieren. Die Übungsaufgaben stellen dazu Sachverhalte durch beschriftete Bilder oder Schemazeichnungen dar. Die Aufgabenstellungen erfordern immer Lernaktivitäten, die mit einem aktiven Arbeiten mit den visuellen Darstellungsformen verknüpft sind.

2.4.2. Textbasierte Darstellung

Ein textbasiertes Codierformat initiiert beim Lernenden verbale Informationsverarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis. Die Übungsaufgaben stellen dazu Sachverhalte durch Sachtexte oder einzelne

Aussagen dar. Die Aufgabenstellungen erfordern immer Lernaktivitäten, die mit einem aktiven Arbeiten mit den verbalen Darstellungsformen verknüpft sind.

3. Forschungsfragen und Hypothesen

Eine Kernfrage der hier vorgestellten Studie war: In welchem Codierformat sollten Übungsaufgaben dargestellt werden, um Lernprozesse zu unterstützen? Für die empirische Untersuchung wurde diese Kernfrage in folgende Teilfragen aufgespalten.

- F1: Sind die kognitiven Lernaktivitäten stärker ausgeprägt, wenn Aufgaben mit beiden Codierformaten bearbeitet werden, als beim Üben mit Aufgaben eines Formates?
- H1-0: Das Üben mit dem Aufgabenmix (bildbasierte und textbasierte Aufgaben) hat keine stärker ausgeprägten kognitiven Lernaktivitäten zur Folge, als das Lösen von ausschließlich textbasierten oder ausschließlich bildbasierten Aufgaben.
- F2: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Codierformat der Übungsaufgaben und (a) dem Erwerb deklarativen Wissens und (b) der Transferleistung von Faktenwissen?
- H2-0: Das Bearbeiten des Aufgabenmix hat keinen höheren Wissenserwerb und keine bessere Transferleistung zur Folge, als das Üben mit rein bildbasierten oder mit rein textbasierten Aufgaben.
- F3: Welche Aufgabenformen, weisen eine niedrige, welche eine hohe Lösungswahrscheinlichkeit auf?
- H3: Komplexe Aufgabenformen, bei denen viele verschiedene kognitive Lernaktivitäten durchzuführen sind, weisen generell eine niedrigere Lösungswahrscheinlichkeit auf als Aufgabenformen, bei denen nur einzelne kognitive Lernaktivitäten angewandt werden.
- F4: Bei welchen Aufgabenformen, lässt sich die Lösungswahrscheinlichkeit durch die Codierung der Aufgabe beeinflussen?

4. Methoden

In diesem Abschnitt sind die Stichprobe, die Durchführung der Studie und die für diesen Beitrag relevanten Erhebungsinstrumente zur Erfassung der kognitiven Lernaktivitäten beschrieben.

4.1. Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt 177 Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe teil. Sie stammten aus sechs Klassen, die drei Realschulen aus Baden-Württemberg angehörten. Das durchschnittliche Alter der Lernenden lag bei $M=15,00$ Jahren ($SD=0,60$). Davon waren 88 weiblich und 80 männlich. Zwei Teilnehmer gaben ihr Geschlecht nicht an.

Nach der Datenbereinigung verblieben 170 Probanden für die Analyse. Die Kriterien für die Datenbereinigung und die verwendeten Methoden beruhten auf den Empfehlungen der einschlägigen Literatur für multivariate Analysen (Stevens, 2009; Tabachnick & Fidell, 2013).

4.2. Design und Ablauf

Die Studie war als mehrfaktorielles, multivariates Design mit Messwiederholung angelegt (Mixed-Design).

Die gruppierenden Faktoren waren das 3-fach gestufte Codierformat der Übungsaufgaben mit den Abstufungen "Bild-Text-Aufgabenmix", "Bildbasierte Aufgaben" und "Textbasierte Aufgaben" sowie die 2-fach gestufte Kontextorientierung mit den Faktorstufen "Raumluft" und "Alltagsmaterialien".

Als abhängige Variablen wurden zu drei Messzeitpunkten das deklarative Wissen (pre-, post- und follow-up-Test), zu zwei Messzeitpunkten die Transferleistung von Faktenwissen und die Transferleistung von Handlungswissen (post- und follow-up-Test) sowie zu jeweils vier Messzeitpunkten die aktuelle Motivation und die Selbstauskunft über die kognitiven Lernaktivitäten erhoben (pre-, Zwischen-, post- und follow-up-Test).

Die Dauer der beiden Interventionsphasen betrug jeweils zwei Schulstunden. In den ersten beiden Schulstunden erarbeiteten die Schülerinnen und Schüler den Aufbau und die Funktionsweise des Sensors. Ihre Lernprozesse wurden durch ein Arbeitsheft angeleitet und gesteuert (Watzka & Girwidz, 2012). Von besonderer Bedeutung waren in diesen beiden Schulstunden zwei jeweils 30-minütige Übungsphasen, in denen die Aufgaben bearbeitet wurden (siehe Abschnitte 2.2. und 2.3). In der zweiten Hälfte der Intervention stand die Anwendung des Sensors im Mittelpunkt des Unterrichtsgeschehens.

4.3. Erhebungsinstrumente

Die kognitiven Lernaktivitäten der Schülerinnen und Schüler wurden in Anlehnung an die Vorgehensweise der IPN-Videostudie (Seidel et al., 2003) und der Pythagoras-Studie (Rakoczy et al., 2005; Pauli et al., 2008; Hugener, 2008) über adaptierte Lernstrategie-Fragebögen erfasst. In beiden Studien galten die von den Schülerinnen und Schülern angewandten kognitiven Lernstrategien als ein Indikator für deren kognitive Aktivierung und damit auch für deren kognitiven Lernaktivitäten. Bei der Beantwortung der dort eingesetzten Fragebögen gaben die Schülerinnen und Schüler eine Auskunft über die von ihnen wahrgenommene Durchführung von kognitiven Lernaktivitäten, wobei sie auf reale Unterrichtssituationen zurückblickten.

In der hier vorgestellten Studie kam der allgemeine, standardisierte Fragebogen von Seidel et al. (2003) zum Einsatz. Dieser bestand aus zwei Subskalen. Die Subskala (a) Nachvollziehende Elaboration

enthielt sechs Items, die Subskala (b) Vertiefend-organisierende Lernaktivitäten bestand aus fünf Items. Eine selbst entwickelte, inhaltspezifische Subskala zur Erfassung von Lernaktivitäten während der Erarbeitung des Aufbaus und der Funktionsweise des CO₂-Gassensors (siehe Abb. 1), ergänzte den allgemeinen Fragebogen von Seidel et al. (2003). Alle verwendeten Skalen waren als 4-stufige Ratingskala umgesetzt, die von "stimmt nicht" über "stimmt eher nicht und "stimmt eher" bis "stimmt genau" reichte.

Die Formulierung der selbst entwickelten Items und der Einsatz des Fragebogens berücksichtigte Empfehlungen aus der Lernstrategie-Forschung. So wurden alle Aussagen aus Sicht der Schülerinnen und Schüler formuliert. Außerdem erfolgte die Beantwortung des Fragebogens handlungsnah und inhaltspezifisch (z.B. Artelt, 2000).

| NE | In diesen beiden Physikstunden... |
|----|--|
| | ...habe ich verstanden, wie der Sensor funktioniert. |
| | ...habe ich die Grundprinzipien nach denen der Sensor funktioniert verstanden. |
| | ...war mir die Funktionsweise des Sensors im Großen und Ganzen klar. |
| | ...habe ich den Inhalt der Texte zur Funktionsweise des Sensors verstanden. |
| | ...habe ich verstanden, was die Bilder zur Funktionsweise des Sensors zeigen sollen. |
| | ...habe ich den Inhalt der Texte zum Aufbau des Sensors verstanden. |
| | ...habe ich verstanden, was die Bilder zum Aufbau des Sensors zeigen sollen. |
| | ...habe ich verstanden, wie der Sensor aufgebaut ist. |

Abb. 1: Items der selbst entwickelten inhaltspezifischen Skala.

5. Ergebnisse

In diesem Beitrag sind ausschließlich Ergebnisse von Analysen zu Auswirkungen der Aufgabenformen und des Aufgabenformats beschrieben. Ergebnisse zur Kontextorientierung können bei Watzka & Girwidz (2011, 2011b, 2012b, 2013) nachgelesen werden.

5.1. Aufgabenformen

Unabhängig vom Format der Aufgabe hatten fast 60% aller Probanden Schwierigkeiten, Aufgaben der Form "Aus Fehlern lernen" vollständig korrekt zu bearbeiten. Dazu hätten die Probanden alle Fehler in den jeweiligen Aufgaben markieren und entsprechend alle fehlerhaften Stellen korrigieren müssen. Die Probleme der Probanden mit dieser Aufgabenform zeigt die folgende Abbildung (Abb. 2).

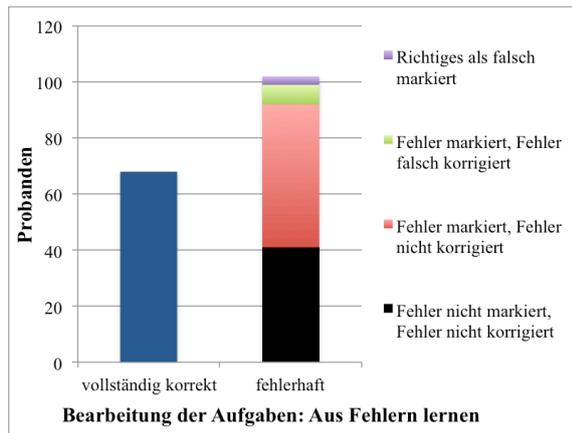


Abb. 2: Probleme mit der Aufgabenform „Aus Fehlern lernen“.

Ein ähnliches Bild ergab sich für die Aufgabenform "Prozesse weiterentwickeln". Annähernd 30 % der Probanden zeigten Probleme, einen dargestellten Ausschnitt eines Ablaufs zu vervollständigen. Auch hier traten die Schwierigkeiten unabhängig vom Aufgabenformat auf. Die Probleme der Probanden mit dieser Aufgabenform zeigt die folgende Abbildung 3.

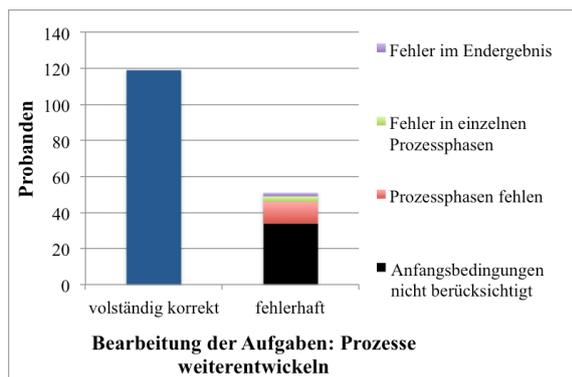


Abb. 3: Probleme mit der Aufgabenform „Prozesse weiterentwickeln“.

Besonders interessant sind die Ergebnisse von der Analyse der Aufgabenformen „Hervorheben“ und „Zusammenfassen“. Die Analysen ergaben deutliche Unterschiede zwischen den Aufgaben, die text- und solchen die bildbasiert codiert waren.

Etwa 40 % der Probanden, die die Aufgaben "Hervorheben" in einem textbasierten Codierformat bearbeiteten, mangelte es an der Fähigkeit, erläuternde Texte auf ihre Hauptaussagen zu reduzieren. Diese Probanden reduzierten die Texte nicht auf das Wesentliche, sondern markierten den Text nahezu vollständig. Im Gegensatz dazu hatten nur ca. 20 % der Schülerinnen und Schüler Probleme, die äquivalenten Aufgaben in einem bildbasierten Codierformat zu bearbeiten. Sie markierten in den dargebotenen Schemazeichnungen überwiegend relevante Details.

Bei der Aufgabenform „Zusammenfassen“ konnten ca. 25 % der Probanden der textbasierten Aufgaben-Gruppe, den Text nicht auf wesentliche Aussagen reduzieren. Die Probanden schrieben die Ausgangs-

texte fast komplett ab. Im Unterschied dazu zeigten die Lösungen der Probanden der bildbasierten Gruppe, größtenteils korrekt auf das Wesentliche reduzierte Skizzen.

5.2. Aufgabenformat

Das Aufgabenformat beeinflusste die Anzahl der bearbeiteten Übungsaufgaben. In beiden Übungsphasen bearbeiteten die Probanden der bildbasierten Aufgabengruppe im Schnitt doppelt so viele Aufgaben wie die Probanden der rein textbasierten Aufgabengruppe. Die Probandengruppe, die den Aufgabenmix bearbeitete, löste in beiden Übungsphasen weniger Aufgaben als die Gruppe mit den bildbasierten Aufgaben, aber mehr als die mit den textbasierten.

5.2.1. Kognitive Lernaktivitäten

Die multivariaten Analysen ergaben u.a. einen signifikanten Haupteffekt des Faktors "Messzeitpunkt" mit hoher Effektstärke auf die Durchführung kognitiver Lernaktivitäten. Die Schülerinnen und Schüler schätzen ihre kognitiven Lernaktivitäten nach der Bearbeitung der Aufgaben zum Zwischentest am höchsten ein. Dieser Anstieg lässt sich auf die Aufgabenstellungen zurückführen, die zur Durchführung kognitiver Lernaktivitäten aufforderten. In der Experimentierphase, die zwischen dem Zwischentest und dem post-Test stattfand, ergaben die Aussagen der Lernenden ein leichtes Absinken ihrer kognitiven Lernaktivitäten (siehe Abb. 4).

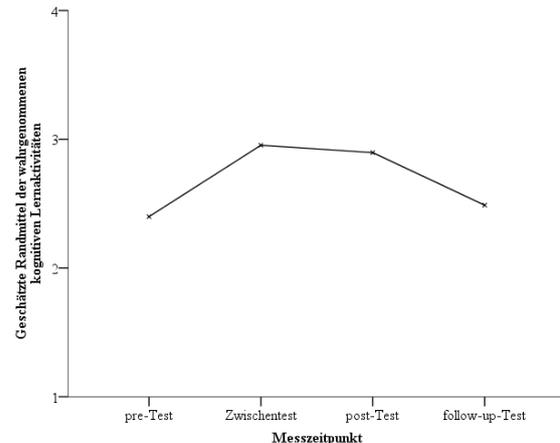


Abb. 4: Verlauf der kognitiven Lernaktivitäten.

Die Analyse des zeitl. Verlaufs der kognitiven Lernaktivitäten in Abhängigkeit von der Aufgabencodierung ergab für die Pillai-Spur folgende Kennwerte: $F(5,049; 414,046) = 8,221$, $p < .001$, $\text{part. } \eta^2 = .091$. Die Korrektur der Freiheitsgrade erfolgte nach Greenhouse-Geisser. Bei den Probanden der bildbasierten Gruppe waren die kognitiven Lernaktivitäten nach der Aufgabenbearbeitung am stärksten ausgeprägt (siehe Abb. 5).

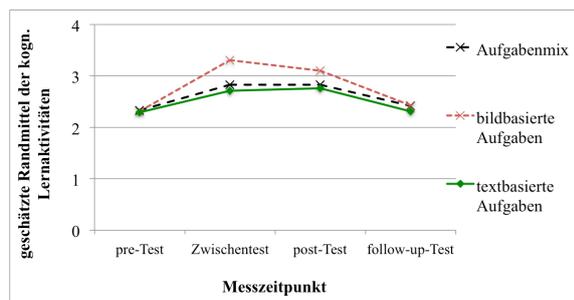


Abb. 5: Verlauf der kognitiven Lernaktivitäten in Abhängigkeit vom Aufgabenformat.

5.2.2. Wissenserwerb

Die Ergebnisse der MANOVA mit MW ergaben einen statistisch signifikanten Haupteffekt des Codierformats und einen statistisch signifikanten Interaktionseffekt der Faktorenwechselwirkung Codierformat*Messzeitpunkt auf den Wissenserwerb.

Probanden, die rein bildbasiert codierte Aufgaben lösten, erwarben signifikant mehr deklaratives Wissen zum Aufbau und zur Funktionsweise des Sensors als Probanden, die rein textbasierte Aufgaben oder den Aufgabenmix bearbeiteten (Pillai-Spur des Haupteffekts zum Messzeitpunkt „post-Test“: $F(2;160) = 11,564$; $p < .001$; part. $\eta^2 = .128$). Ferner zeigte die MANOVA mit MW (post- und follow-up-Test), dass das deklarative Wissen dieser Probanden zeitlich stabiler war als jenes der anderen beiden Probandengruppen, die rein textbasierte Aufgaben oder den Aufgabenmix lösten (Pillai-Spur des Interaktionseffekts der Faktorenwechselwirkung Codierformat*Messzeitpunkt: $F(2;160) = 16,339$; $p < .001$; part. $\eta^2 = .151$). Die Effektstärken lagen im mittelgroßen bis großen Bereich.

5.2.3. Transferleistung

Die Ergebnisse der MANOVA ergaben einen statistisch signifikanten Haupteffekt des Aufgabenformats auf die Transferleistung von Faktenwissen (Aufbau und Funktionsweise von IR-Gassensoren). Statistisch unbedeutend war der Einfluss des Aufgabenformats auf die Transferleistung von Handlungswissen (Anwendung des Sensors in verschiedenen Kontexten).

Probanden, die bildbasierte Aufgaben lösten, zeigten eine signifikant bessere Transferleistung zum Aufbau und zur Funktionsweise ähnlicher Sensoren als Probanden, die textbasierte Aufgaben oder den Aufgabenmix bearbeiteten (Pillai-Spur des Haupteffekts zum Messzeitpunkt „post-Test“: $F(2;160) = 6,664$; $p = .002$; par. $\eta^2 = .061$). Die Effektstärke lag im mittleren Bereich.

6. Zusammenfassung

Die Lösungswahrscheinlichkeit von Aufgaben, bei denen Schülerinnen und Schüler kognitive Lernaktivitäten wie das Erkennen und Hervorheben zentraler Aspekte anwenden müssen, konnte durch die Verwendung eines bildbasierten Codierformats erhöht werden.

Weiterhin wirkte sich das Aufgabenformat auf den Erwerb deklarativen Wissens und auf die Transferleistung von Faktenwissen aus. Entgegen den Erwartungen schnitten nicht die Gruppen mit dem Aufgabenmix besser ab, sondern diejenigen mit bildbasierten Aufgaben. Außerdem war die Abnahme des deklarativen Wissens zwischen dem post-Test und dem follow-up-Test in den Gruppen mit den bildbasierten Übungsaufgaben am geringsten.

Vermutet wird, dass die unmittelbareren Verarbeitungsprozesse der bildhaft dargestellten Informationen ein Grund für das bessere Abschneiden der Probanden ist, die bildhaft codierte Aufgaben lösten. Nach der multimodalen Gedächtnistheorie (Engelkamp, 1990) und dem integrierten Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz, 2005) werden bildhaft präsentierte Informationen direkter verarbeitet als textbasierte. Nach Schnotz (2005) kann z.B. die Bildung oder der Abruf eines mentalen Modells direkt aus der Verarbeitung der Bildinformationen resultieren. Im Gegensatz dazu ist bei der Verarbeitung von Textinformationen zuerst das Erstellen eines propositionalen Netzes nötig. Danach kann ein bestehendes mentales Modell abgerufen oder ein neues generiert werden. Auch die aufwändigere Encodierung der multicodal präsentierten Aufgaben könnte dazu führen, dass die Bearbeitung der bildhaft präsentierten Aufgaben zu einem höheren Wissenserwerb führte.

7. Literatur

- [1] Artelt, C. (2000). Wie prädiktiv sind retrospektive Selbstberichte über den Gebrauch von Lernstrategien für strategisches Lernen?, *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14(2/3), S. 72-84.
- [2] Ballstaedt, S.-P. (2006). Zusammenfassen von Textinformationen. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe, S. 117-126.
- [3] Bannert, M. & Schnotz, W. (2006). Vorstellungsbilder und Imagery-Strategien. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe, S. 72-88.
- [4] Engelkamp, J. (1990). Das menschliche Gedächtnis. Das Erinnern von Sprache, Bildern und Handlungen. Göttingen: Hogrefe.
- [5] Friedrich, H.F. & Mandl, H. (2006) (Hrsg.). *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe.
- [6] Häußler, P. & Lind, G. (1998). Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.
- [7] Hugener, I. (2008). Inszenierungsmuster im Unterricht und Lernqualität. Sichtstrukturen schweizerischen und deutschen Mathematikunterrichts in Beziehung zu Schülerwahrnehmung und Lernleistung - eine Videoanalyse. Münster: Waxmann.
- [8] Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.),

- Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 38-49.
- [9] Mayer, R.E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods of Instruction. *American Psychologist*, 59(1), S. 14-19.
- [10] Mayer, R.E. (2009). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- [11] Niegemann, H.M.; Domagk, S.; Hessel, S.; Hein, A. Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. Berlin: Springer.
- [12] Pauli, C.; Drollinger-Vetter, B.; Hugener, I. & Lipowsky, F. (2008). Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(2), S. 127-133.
- [13] Rakoczy, K.; Buff, A. & Lipowsky, F. (2005). Teil 1 Befragungsinstrumente. In E. Klieme, C. Pauli & K. Reusser (Hrsg.). *Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie. "Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis"*. Materialien zur Bildungsforschung Band 13. Frankfurt am Main: GPPF & DIPF.
- [14] Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C Theorie und Forschung, Serie II Kognition Bd. 6 Wissen*, Göttingen: Hogrefe, S. 457-500.
- [15] Renkl, A. (2009). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*, Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 3-26.
- [16] Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R.E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, S.49-69.
- [17] Seidel, T.; Prenzel, M.; Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.). *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"*. Kiel: IPN.
- [18] Steiner, G. (2006). Wiederholungsstrategien. H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe, S. 101-113.
- [19] Stevens, J.P. (2009). *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*. New York: Routledge Tylor & Francis Group.
- [20] Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2013). *Using Multivariate Statistics*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- [21] Ullrich, M.; Schnotz, W. Horz, H.; McElvany, N.; Schroeder, S. & Baumert, J. (2012). Kognitionspsychologische Aspekte eines Kompetenzmodells zur Nild-Text-Integration. *Psychologische Rundschau*, 63(1), S. 11-17.
- [22] Watzka, B. & Girwidz, R. (2011). Kontextorientierte Anker aus der Alltags- und Umweltsensorik - Erste Resultate einer Interventionsstudie. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*.
- [23] Watzka, B. & Girwidz, R. (2011b). Kontextorientierte Ankermedien aus der Alltags- und Umweltsensorik - ein Lernmodul zu CO₂-Gassensoren. In D. Höttecke (Hrsg.) *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. S. 324 - 326.
- [24] Watzka, B. & Girwidz, R. (2012). NDIR-CO₂-Gassensoren im Physikunterricht. *PdN Physik*, 61(7), S. 8-15.
- [25] Watzka, B. & Girwidz, R. (2012b). Aufgabenformate und Kontextorientierung beim Physiklernen mit Sensoren - Konkretisierung und empirische Untersuchung am Beispiel des NDIR-CO₂-Gassensors. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*.
- [26] Watzka, B. & Girwidz, R. (2013). Aufgabenformate und Kontextorientierung beim Physiklernen mit Sensoren. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012, Kiel: IPN, S. 290 - 292.
- [27] Wild, K.-P. (2010). Lernstrategien und Lernstile. In D. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologie Verlags Union Beltz, S. 479-485.