

Bernhard Müllner, Christine Heidinger, Lisa Hammerschmid, Martin Scheuch, Andrea Möller

Kognitive Prozesse beim Schreiben naturwissenschaftlicher Versuchsprotokolle: Eine explorative Studie zum sprachsensiblen Fachunterricht

Zusammenfassung

Das Erstellen von Versuchsprotokollen im Rahmen des Experimentierens bietet das Potential, in den naturwissenschaftlichen Fächern fachliches mit sprachlichem Lernen zu verknüpfen. Studien zeigen jedoch, dass das Schreiben von Versuchsprotokollen mit großen Herausforderungen für Schüler*innen verbunden ist, insbesondere für jene mit Deutsch als Zweitsprache. Ein Schlüssel zum Verständnis dieser Herausforderungen können die während des Schreibens ablaufenden kognitiven Prozesse sein, die bislang nicht erhoben wurden. Die vorliegende explorative Fallstudie macht mit Hilfe der Methode des Lauten Denkens bei fünf Schüler*innen die im Schreibprozessmodell nach Hayes angeführten kognitiven Teilprozesse beim Verfassen von Versuchsprotokollen sichtbar. Die Ergebnisse bieten eine Diskussionsgrundlage für die Entwicklung geeigneter Lernumgebungen und Unterstützungswerkzeuge für einen erfolgreichen sprachsensiblen Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern.

Schlagwörter: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, Experimentieren, Versuchsprotokoll, bildungssprachliche Praktiken, Schreibprozess, Lautes Denken, sprachsensibler Fachunterricht

Cognitive processes in writing lab reports: An exploratory study for language-sensitive science education

Writing lab reports in the context of inquiry-based learning or experimentation offers the potential to link subject-specific learning with language learning in science subjects. However, studies show that writing experimental protocols poses significant challenges for all students, but especially for those with German as a second language. A key to understanding these challenges are the cognitive processes that are involved during writing. This exploratory case study uses the think-aloud method to elucidate the cognitive sub-processes (specified in Hayes' writing process model) of five students during their writing of lab reports. The findings provide the ground for a discussion on the development of appropriate learning environments and support tools for successful language-sensitive science education.

Keywords: scientific inquiry, experimentation, lab report, writing process, think aloud method, language-sensitive science education

1 Einleitung

Das Versuchsprotokoll kann laut Krabbe (2015) als Textsorte „die Vermittlung der naturwissenschaftlichen Methode des Experimentierens“ (ebd.: 157) unterstützen und bietet aufgrund ihrer kommunikativen Funktion das Potential, in den naturwissenschaftlichen Fächern sprachliches und fachliches Lernen miteinander zu verknüpfen. Die große Bedeutung von Versuchsprotokollen sowie die damit verbundene Sprachhandlung des Protokollierens spiegelt sich in österreichischen sowie deutschen Lehrplänen und

Bildungsstandards der Biologie, aber auch der Chemie und Physik, wider. So findet sich unter dem Kompetenzbereich „Erkenntnisse gewinnen“ (BMBWF 2023) bzw. „Erkenntnisgewinnung“ (KMK 2004) die Kompetenzbeschreibung, Experimente zu naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu planen, durchzuführen und zu protokollieren. In Schulbüchern (z. B. Schermaier et al. 2022) wird das Protokollieren meist als zentrale Sprachhandlung des Versuchsprotokolls eingeführt und auf speziellen Methoden-Seiten genauer beleuchtet.

Auch in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (Müllner et al. 2022; Krabbe & Timmerman 2022; Bayrak 2020) nimmt das Versuchsprotokoll gegenwärtig einen prominenten Platz ein, da eine Analyse von „Schreibschwierigkeiten und eine darauf basierende Entwicklung didaktischer Konzepte“ (Ehlich et al. 2000: 5) unerlässlich sind, um Protokolle sinnstiftend in den Unterricht zu integrieren. Der Forschungsfokus liegt dabei vor allem auf der Erforschung sprachlicher Herausforderungen für Schüler*innen mit Deutsch als Erst- (L1; engl. für „first language“) oder Zweitsprache (L2; engl. für „second language“) sowie damit einhergehende Transformationsmöglichkeiten, einen sprachsensiblen Fachunterricht zu gestalten. Bisher durchgeführte Studien beziehen ihre Erkenntnisse jedoch ausschließlich aus bereits fertigen Versuchsprotokollen, der zugrundeliegende Schreibprozess wird allerdings nicht untersucht. Die vorliegende explorative Arbeit möchte das Bild erweitern. Mit Hilfe der Methode des Lauten Denkens sollen kognitive Prozesse von fünf L1- und L2-Schüler*innen beim Schreiben von Versuchsprotokollen gezielt sichtbar gemacht und vor dem Hintergrund des Schreibprozessmodells nach Hayes (2012) erklärt werden. Ziel ist es, bereits identifizierte Herausforderungen, die das Schreiben von Versuchsprotokollen an Schreibende stellt, besser zu verstehen, um darauf aufbauend geeignete Unterstützungswerkzeuge entwickeln zu können.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Die fachtypische Textsorte des Versuchsprotokolls in den Naturwissenschaften

Nach Heinemann (2000) sind Textsorten unter anderem durch ihre äußere Textgestalt, charakteristische Struktur- und Formulierungsmerkmale, inhaltliche Schwerpunkte sowie kommunikative Funktionen gekennzeichnet. Eine solche Textsorte ist das in den naturwissenschaftlichen Fächern häufig herangezogene Versuchsprotokoll. Das Wissen über Versuchsprotokolle kann das Potential von Unterstützungsmaßnahmen im Unterricht positiv beeinflussen (vgl. Bayrak 2020). Deswegen lohnt es sich, sowohl auf die Funktion des Protokolls im Unterricht als auch auf die bisher gewonnenen Herausforderungen, die diese Textsorte an Schüler*innen stellt, einzugehen.

Sprachliche und fachliche Charakteristika des Versuchsprotokolls

Nach Horn (2008) hat das Versuchsprotokoll im naturwissenschaftlichen Unterricht drei Funktionen zu erfüllen: (a) Förderung der Sach-, Methoden- und Kommunikations-

kompetenz, (b) Gedächtnisstütze bei Langzeituntersuchungen sowie (c) Evaluation von Unterricht. Insbesondere die unter Punkt (a) formulierte Funktion zeigt das enge Zusammenspiel von fachlichem und sprachlichem Lernen: So vereint das Schreiben eines Versuchsprotokolls das Konzept der Sprachbildung (vgl. Gogolin & Lange 2011) mit jenem des wissenschaftlichen Denkens. Wissenschaftliches Denken wird nach Mayer (2007) als ein Problemlöseprozess bezeichnet, der im Zuge der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung durchlaufen und wie folgt gegliedert wird: Fragen formulieren, Hypothesen generieren, Untersuchungen planen sowie Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen. Eine Gliederung, die in weiten Teilen auch für die Textsorte des Versuchsprotokolls gilt (s. Tab. 1). Damit verknüpft sind bildungssprachliche Praktiken, die nach Morek und Heller (2019) als „gesellschaftlich verfestigte, sprachlich-kommunikative Verfahren zu verstehen [sind], die der Lösung wiederkehrender Probleme der Wissenskonstruktion, -absicherung und -vermittlung dienen“ (ebd.: 1). Schüler*innen müssen demzufolge im Zuge des Protokollierens drei Aufgaben bewerkstelligen: Sie müssen (1.) erkennen, welche Praktiken im Kontext des Protokollierens von ihnen gefordert werden (= Kontextualisierung), (2.) den durch ein Experiment erfolgten Erkenntnisgewinnungsprozess transparent, nachvollziehbar und überprüfbar machen, als auch die dadurch erzielten Ergebnisse schriftlich fixieren (= Vertextung), (3.) spezifische sprachliche Formen auf lexikalisch-semantischer, syntaktischer und textueller Ebene wählen, die für ein Versuchsprotokoll charakteristisch sind (= Markierung) (vgl. Morek & Heller 2019). Im Rahmen der Markierungskompetenz gehen erziehungswissenschaftliche Studien davon aus, dass die sprachlichen Mittel eng an die schriftförmige Sprache gebunden sind und sich von jenen sprachlichen Mitteln unterscheiden, die Schüler*innen in ihrer alltäglichen, konzeptionell mündlich geprägten Kommunikation verwenden (vgl. Gogolin & Duarte 2016). Während naturwissenschaftsdidaktische Forschungen bei allen Schüler*innen – unabhängig ihrer Erstsprache – Schwierigkeiten im Bereich des Wissenschaftlichen Denkens ausmachen können (vgl. Arnold et al. 2016), müssen L2-Schüler*innen eine Doppelaufgabe bewältigen: Einerseits müssen sie sich Fähigkeiten des Wissenschaftlichen Denkens aneignen, andererseits aber auch die damit einhergehende Sprache, „die für sie in der Regel die Zweitsprache ist“ (Gogolin & Lange 2011: 122). Tabelle 1 zeigt die Protokollteile mit den geforderten Sprachhandlungen sowie dafür notwendige sprachliche Mittel.

Tabelle 1: Aufbau, Funktion und sprachliche Merkmale von Versuchsprotokollen nach Müllner et al. (2022)

Protokollteil	Sprachhandlung	Auswahl sprachlicher Mittel
Fragestellung Der Forschungsgegenstand wird benannt und der kausale Zusammenhang zweier Variablen erfragt.	<i>erfragen</i>	<i>Entscheidungs- oder Ergänzungsfragen</i>
Hypothesenbildung Es wird auf Basis der Forschungsfrage eine Hypothese formuliert.	<i>vermuten & erklären</i>	<i>Konditionalsätze</i>
Durchführung Die einzelnen Handlungsschritte werden unter Verwendung der eingesetzten Materialien und Methoden reproduzierbar beschrieben.	<i>beschreiben</i>	<i>unpersönliche Konstruktionen und Passivkonstruktionen</i>
Ergebnisse Die gewonnenen Daten werden unter Rückgriff auf verschiedene Darstellungsformen (z. B. Diagramme oder Tabellen) aufbereitet.	<i>beschreiben</i>	<i>Konjunktionalsätze sowie Adjektive zur qualitativen Beschreibung der Ergebnisse</i>
Diskussion der Ergebnisse Die aufbereiteten Daten werden vor dem Hintergrund der aufgestellten Hypothese gedeutet.	<i>argumentieren & deuten</i>	<i>Kausalsätze</i>

Herausforderungen der Textsorte Versuchsprotokoll

Herausforderungen, die das Versuchsprotokoll an Schreibende stellt, wurden in zweisprachen-, chemie- und biologiedidaktischen Studien beforscht. Tabelle 2 stellt eine Auswahl zentraler Erkenntnisse auf den unterschiedlichen Ebenen der Bildungssprache gegenüber.

Trotz des breiten Interesses an Herausforderungen von Versuchsprotokollen, fehlt es an Studien, die Einblicke in kognitive Prozesse geben, die während des Schreibens ablaufen. Dieser Blick in die „Blackbox“ schriftsprachlicher Handlungen von Schüler*innen beim Verfassen von Protokollen ist jedoch unerlässlich, um die unter anderem in Tabelle 2 aufgeführten Herausforderungen besser zu verstehen.

Tabelle 2: Auswahl an Forschungsergebnissen zu Herausforderungen eines Versuchsprotokolls

	Ricart Brede (2020)	Bayrak (2020)	Müllner et al. (2022)
Stichprobe	L1- und L2-Schüler*innen der 8. Schulstufe	Lehramtsstudierende der Chemie	L1- und L2- Schüler*innen der 10. Schulstufe
Lexikalisch-semantische Ebene	Schüler*innen greifen auf Umschreibungen zurück, wenn ihnen das Fachvokabular nicht bekannt ist.	Schreiber*innen greifen häufig auf Wörter zurück, die im fachlichen Kontext unpräzise sind.	Das Fehlen von Fachvokabeln wirkt sich nachteilig auf die inhaltliche Qualität der Protokollteile <i>Hypothesenbildung</i> und <i>Durchführung</i> aus.
		Keine Angabe	
Syntaktische Ebene	Passivkonstruktionen werden nur in 15 % der Fälle eingesetzt. Schwierigkeiten haben vor allem L2-Schüler*innen, in deren Erstsprache Passiva nicht über ein Hilfsverb gebildet werden.	Mehr als ein Viertel der Versuchsprotokolle weisen keine unpersönliche Schreibweise mit Passivkonstruktionen oder der Man-Form auf.	Keine Angabe
Textuelle Ebene	Die Sprachhandlung des Erklärens ist kognitiv anspruchsvoller als die eher deskriptive Sprachhandlung des Beschreibens.	Die Abfolge der einzelnen Handlungsschritte ist nicht immer nachvollziehbar. Protokollteile werden entweder nicht vollständig oder nicht korrekt angeordnet. Inhalte werden unter dem falschen Protokollteil geschrieben.	Etwa zwei Drittel der Schüler*innen formulieren keine Hypothese. Davon betroffen sind vor allem L2-Schüler*innen. Im Protokollteil Diskussion der Ergebnisse werden Erfahrungen beschrieben, die während des Experiments gemacht wurden, oder Bewertungen des Experiments formuliert.

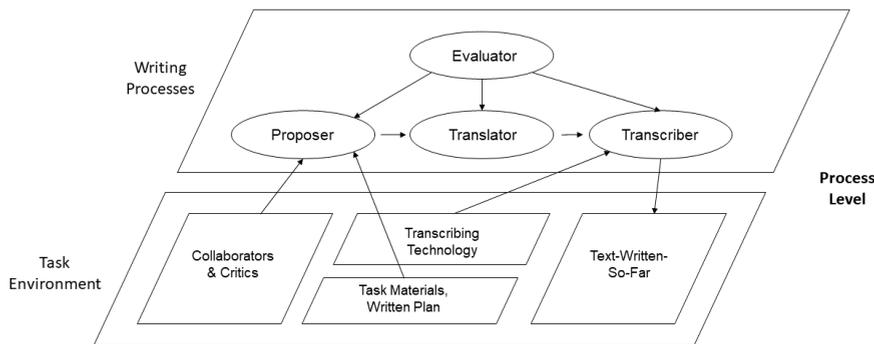
2.2 Das Schreibprozessmodell nach Hayes (2012)

Schreiben ist ein hochkomplexer Prozess, der sich aus ineinander übergehenden und miteinander interagierenden Teilprozessen zusammensetzt (vgl. Philipp 2015). Ein seit den 1980er-Jahren mehrfach überarbeitetes Modell, das die am Schreibprozess beteiligten Komponenten abbildet, liefert Hayes (2012), basierend auf Erkenntnissen von Hayes & Flower (1980). Das Modell zeichnet sich dadurch aus, dass die am Schreibprozess beteiligten Komponenten auf drei Ebenen (Steuerungs-, Prozess- und Ressourcenebene) zusammengefasst werden. Die Prozessebene stellt dabei die zentrale und für diese Studie essentielle Ebene dar und wird folgend näher beleuchtet (s. Abb. 1).

Die Prozessebene gliedert sich in zwei Komponenten: in den Schreibprozess (*Writing Processes*) und die Arbeitsumgebung (*Task Environment*). Der Schreibprozess verkörpert die kognitiven Prozesse, die zu Schreibaktivitäten führen. Unterteilt werden

diese in vier Akteure: den *Proposer*, den *Translator*, den *Transcriber* und den *Evaluator*. Während der Proposer mögliche Ideen für den Inhalt des zu verfassenden Textes generiert und organisiert, übersetzt der Translator die vom Proposer meist nonverbal vorliegenden Ideen in eine verbale Form. Der Transcriber wiederum übernimmt die vom Translator gedanklich in eine sprachlich korrekte Form überführten Inhalte und setzt diese in einen schriftlichen Text um. Überprüft werden diese Prozesse vom Evaluator. Er kann etwa eine generierte Idee des Proposers oder aber auch die vom Translator produzierte Sprache als nicht adäquat einstufen (vgl. Hayes & Olinghouse 2015).

Abbildung 1: Prozessebene nach Hayes (2012)



Diese kognitiven Prozesse werden von der unmittelbaren sozialen und physischen Umgebung, der Arbeitsumgebung, beeinflusst. Die physische Umgebung umfasst die Aufgabenmaterialien (*Task Materials*), die einen direkten Einfluss auf den Proposer haben, das Schreibmedium (*Transcribing Technology*), das wiederum auf den Transcriber Einfluss hat, sowie der am Ende der Verschriftlichung durch den Transcriber geschriebene Text (*Text-Written-So-Far*). Nach Philipp (2015) hat der bereits geschriebene Text, anders als im Modell von Hayes (2012) dargestellt, ebenfalls einen Einfluss auf den Proposer, da das, was bereits verfasst wurde, Ideen und Inhalte steuert, die der Schreibende noch integrieren sollte. Neben der physischen Umgebung hat auch die soziale Umgebung einen Einfluss auf den Schreibprozess. Sie umfasst nach Hayes (2012) Beiträge von Mitwirkenden (*Collaborators & Critics*), aber auch Hintergrundgespräche sowie soziale Ablenkungen im Klassenzimmer (vgl. Hayes & Olinghouse 2015).

3 Anlage der Studie

Mit seinem Schreibprozessmodell liefert Hayes (2012) die theoretische Grundlage dieser explorativen Fallstudie. Anhand der Analyse kognitiver Prozesse während des Schreibens eines Versuchsprotokolls zweier Kleingruppen von Schüler*innen wird folgenden Fragestellungen nachgegangen: Gelingt es mit Hilfe des Schreibprozessmodells nach Hayes (2012) Einblicke in kognitive Prozesse zu erlangen, die während des Schrei-

bens eines Versuchsprotokolls bei L1- und L2-Schüler*innen ablaufen? Helfen diese Erkenntnisse, die in der Literatur bereits bekannten Fehler in fertigen Versuchsprotokollen von Schüler*innen (s. Tab. 2) zu verstehen? Welche Unterstützungswerkzeuge für den Protokollierungsprozess lassen sich auf Basis dessen konzipieren?

3.1 Stichprobe

In dieser Fallstudie wurden fünf L1- und L2-Schüler*innen (3 Mädchen, 2 Jungen) der 8. Schulstufe einer österreichischen Mittelschule befragt. Die Auswahl der Beteiligten basierte auf Freiwilligkeit, die fünf Schüler*innen erklärten sich bereit, an der Studie teilzunehmen. Die Schüler*innen wurden in Bezug auf ihre Erstsprache in zwei homogene Gruppen geteilt: Luise und Martha, beide L1-Schülerinnen, bildeten Gruppe 1, Andjela, Drago und Marko, alle drei L2-Schüler*innen, bildeten Gruppe 2.

3.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung fand außerhalb des Regelunterrichts statt. Mit Hilfe der Methode des Lauten Denkens konnten „Einblicke in die Gedanken, Gefühle und Absichten“ (Konrad 2010: 476) der Beteiligten während der Planung und Verschriftung eines Versuchsprotokolls gewonnen werden. Zu Beginn der Datenerhebung wurde jeder Kleingruppe ein Laborbuch ausgehändigt, das einen anwendungsbezogenen Aufgabentext sowie Hinweise zum weiteren Experimentierablauf enthielt (s. Abb. 2). Der Aufgabentext beinhaltete das notwendige Fachwissen, die Forschungsfrage sowie bildliche Hilfestellungen zur Durchführung des Experiments (s. Abb. 3). Dem Experiment lag das biologische Phänomen der Rezeptiven Felder verschiedener Hautregionen des Menschen zugrunde, welches aufgrund seiner Beliebtheit sowohl im deutsch- als auch englischsprachigen Raum (Asshoff & Hammann 2018; Yuhás 2012) ausgewählt wurde. Die teilnehmenden Schüler*innen wurden gebeten, in ihren jeweiligen Kleingruppen den Aufgabentext zu lesen, eine Hypothese zu erstellen, das Experiment durchzuführen und die erzielten Ergebnisse im Laborbuch zu dokumentieren und zu diskutieren. Anschließend sollte jeder für sich ein Versuchsprotokoll verfassen, allerdings mit der Möglichkeit eines kooperativen Austausches. Auf den letzten Seiten des ausgeteilten Laborbuchs fanden die Schüler*innen Hilfestellungen zum Verfassen eines Versuchsprotokolls, einschließlich formaler und sprachlicher Merkmale, die typischerweise in Protokollen verwendet werden.

Die Methode des Lauten Denkens

Die aus der Kognitionspsychologie stammende Methode des Lauten Denkens ermöglicht Daten über kognitive Prozesse von Versuchspersonen zu generieren, indem Gedanken simultan zur Bearbeitung einer Primäraufgabe laut ausgesprochen werden (vgl. Sandmann 2014). Im Rahmen dieser Fallstudie ist die Durchführung des Experiments zur Tastempfindlichkeit sowie die Planung und Verschriftung eines Versuchsprotokolls die Primäraufgabe. Auch Hayes und Flower (1980) arbeiten in ihren Forschungsarbeiten

zum Schreibprozessmodell mit der Methode des Lauten Denkens, um kognitive Prozesse, die während des Schreibens ablaufen, sichtbar zu machen.

Das „Drei-Speicher-Modell“ des Gedächtnisses bildet dabei die theoretische Wurzel der Methode (Konrad 2010). In diesem Modell wird menschliche Informationsaufnahme und -speicherung mittels dreier Speichersysteme konzipiert: den modalitätsspezifischen sensorischen Registern, dem Arbeitsspeicher (Ultrakurzzeitgedächtnis sowie Kurzzeitgedächtnis/KZG) und dem Langzeitspeicher. Die Methode des Lauten Denkens ist dabei eine Verbalisierung der bewussten Inhalte, die im Arbeitsspeicher zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegen. Inhalte des Langzeitgedächtnisses können nicht direkt verbalisiert werden, sie müssen zunächst in den Arbeitsspeicher transferiert werden. Ebenso müssen aus der Fülle der sensorischen Information zunächst über Aufmerksamkeitsprozesse einige wenige Inhalte in den Arbeitsspeicher gelangen, bevor diese verbalisierbar werden. Ericsson und Simon (1993) gehen davon aus, dass die verbalisierten Inhalte aus dem KZG unmittelbare Repräsentationen der kognitiven Prozesse sind, die beim Bearbeiten einer Aufgabenstellung ablaufen.

Hayes und Flower (1980) räumen im Bezug auf die Untersuchung von kognitiven Prozessen, die während des Schreibens ablaufen, zwar ein, dass die Protokolle lauten Denkens, die in solchen Studien entstehen, notwendigerweise unvollständig sind – „Many processes occur during the performance of a task that the subject can't or doesn't report“ (ebd.: 9) – jedoch liefern die mit dieser Methode generierten Daten immer noch sehr viel mehr an Information über die kognitiven Prozesse beim Schreiben als wenn man nur das Endresultat untersucht (Hayes & Flower 1980).

Als Vorbereitung auf die eigentliche Datenerhebung wurde mit den beteiligten Schüler*innen das Laute Denken geübt. Anschließend begannen die Schüler*innen in Kleingruppen das Experiment durchzuführen sowie das Versuchsprotokoll zu planen und zu verschriftlichen. Die Planung und Verschriftung mussten von jedem Lernenden selbst verfasst werden, es stand ihnen jedoch offen, sich währenddessen auszutauschen. Simultan zur Bearbeitung der Primäraufgabe wurden die geäußerten Gedanken der Schüler*innen mit einem Diktaphon aufgezeichnet und in weiterer Folge nach dem Gesprächsanalytischen Transkriptionssystem 2 (vgl. Selting et al. 2019) transkribiert.

Datenauswertung

Die Auswertung der transkribierten Laut-Denk-Protokolle erfolgte mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2003) unter Verwendung von MAXQDA 2022. Wie bei der Qualitativen Inhaltsanalyse üblich, wurde kategoriengeleitet vorgegangen. Das eingesetzte Kategoriensystem bestand aus sechs Kategorien, die aus dem Schreibprozessmodell nach Hayes (2012) deduktiv gebildet wurden: (1) *Proposer*, (2) *Translator*, (3) *Transcriber*, (4) *Evaluator*, (5) *Text-Written-So-Far* und (6) *Collaborators* (vgl. 2.2). Ein Beispiel für die Zuordnung der einzelnen Codes liefert Dialog 1. Die Kodierung des Textmaterials erfolgte durch zwei unabhängige Kodierer*innen, die in weiterer Folge zusammenkamen und die gewonnenen Ergebnisse im Rahmen einer diskursiven Validierung verglichen und begründeten.

Abbildung 2: Auszug aus dem Laborbuch. Primäraufgabe zum Tastsinn**Phänomen: Sinnesphysiologie, Tastsinn****Unsere Haut – eine Kontaktstelle zur Umwelt**

Die Haut bildet die äußerste Schicht unseres Körpers. Sie ist ein wichtiges Sinnesorgan. In ihr eingelagert sind Sinneszellen, die bestimmte Umweltreize (Wärme, Kälte oder Druck) wahrnehmen können. Je nach Körperregion sind diese Sinneszellen in unterschiedlicher Anzahl vorhanden.

Lesen mit den Fingerspitzen?

Lina ist die neue Schülerin der 4B, sie leidet an einer starken Sehschwäche. Im Unterricht gelingt es ihr dennoch Texte problemlos zu lesen.

Wie macht sie das?

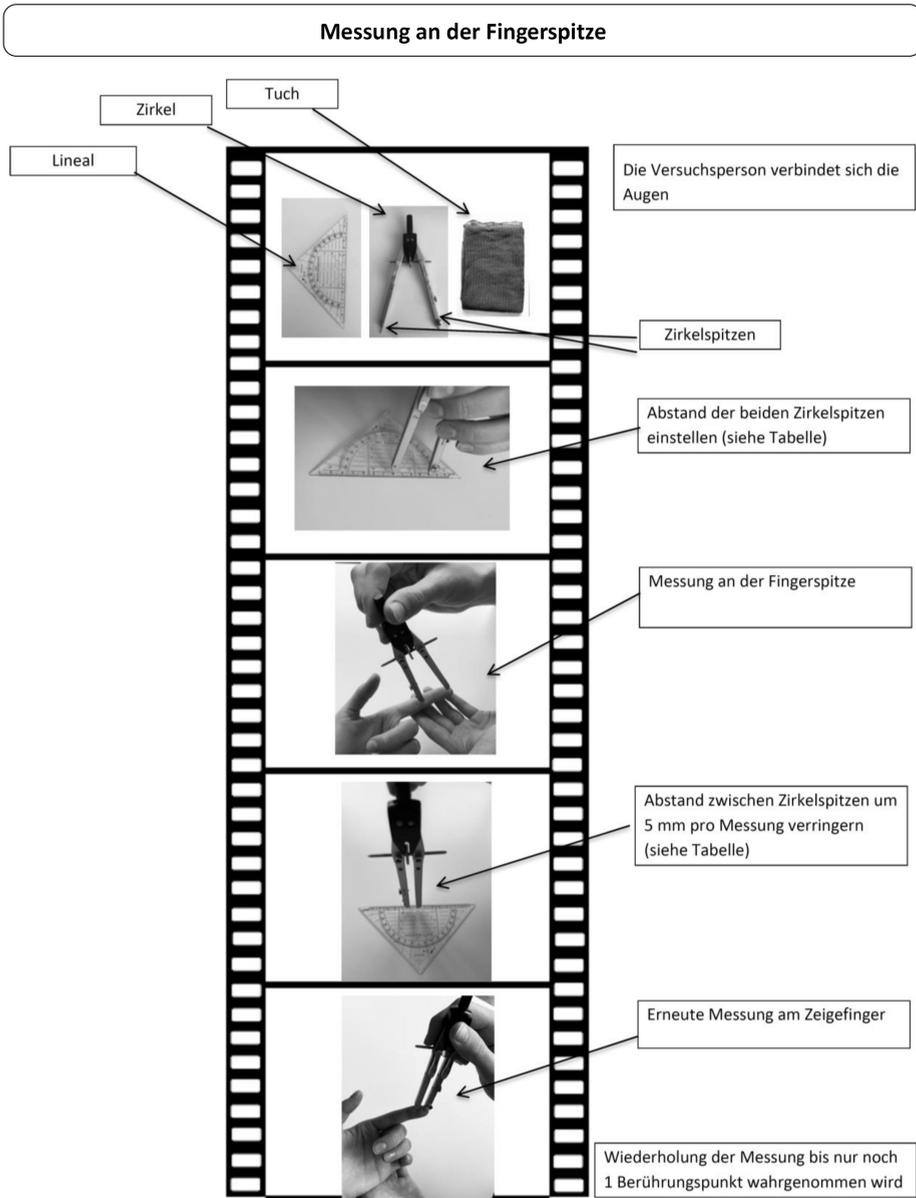
Die Fingerspitzen des Mädchens streichen über das Papier. Dabei nimmt ihre Haut kleinste Unebenheiten wahr, diese sehen aus wie Punkte, die in einem bestimmten Muster auf das Papier gedruckt wurden. Es ist die sogenannte Brailleschrift (= Blindenschrift), die sich aus verschiedenen angeordneten Erhebungen zusammensetzt. Sie ermöglicht Lina das Lesen mit ihren Fingerspitzen. Lina weiß, dass die gezielte Wahrnehmung dieser Unebenheiten durch sogenannte **Sinneszellen** in ihren Fingerspitzen funktioniert. Diese Sinneszellen können bereits Erhebungen im Mikrometer-Bereich wahrnehmen.

Die **Sinneszellen** der Haut werden auch **Rezeptoren** genannt. Jeder Rezeptor ist für ein bestimmtes Hautareal (= rezeptives Feld) zuständig. Reize (z. B. Druck oder Temperatur), die an der jeweiligen Hautregion eintreffen, werden über Nervenzellen an das Gehirn weitergeleitet. Dort werden sie verarbeitet. Rezeptoren, die Druck wahrnehmen können, werden **Mechanorezeptoren** genannt.

Julian, der ebenfalls Schüler der Klasse 4B ist, beobachtet Lina genau. Er fragt sich, warum Menschen ausgerechnet mit den Fingerspitzen so gezielt fühlen bzw. tasten können. Aus diesem Grund wendet er sich an seine Biologielehrerin: *„Könnte man die Blindenschrift, auch mit dem Oberarm entziffern?“* Diese schlägt vor, ein Experiment durchzuführen, dem folgende Forschungsfrage vorangeht: **Weist die Hautregion an der Fingerspitze oder am Oberarm eine höhere Dichte an Mechanorezeptoren auf?**

1. Formuliere nun eine **Hypothese** zu der vorliegenden Forschungsfrage. Hilfe erhältst du auf deinem **Informationsblatt zum Versuchsprotokoll**.
2. Um deine Hypothese zu überprüfen führe ein **Experiment** durch. Auf dem **Handout** in deinem Forscher*innenheft findest du Hilfestellungen, die dich bei der Durchführung des Experiments unterstützen.
3. Fertige zu dem Experiment ein Versuchsprotokoll an. Alle nötigen Informationen erhältst du auf deinem **Informationsblatt zum Versuchsprotokoll**.

Abbildung 3: Auszug aus dem Laborbuch. Filmleiste zur Durchführung



4 Ergebnisse

Im ersten Abschnitt wird ein Beispiel eines Dialoges mit den Analyseeinheiten dargestellt, im Anschluss daran werden die einzelnen kognitiven Prozesse und zentrale Handlungen als Unterkapitel herausgearbeitet.

Luise und Martha schreiben beide an der Planung ihres Versuchsprotokolls. Es entwickelt sich das folgende Gespräch:

Luise: Okay, ich würde jetzt die Durchführung aufschreiben [Martha: Ja.], und zwar was brauchst du [Martha: Einen Zirkel] wir brauchen einen Zirkel, ein Tuch, ein Lineal, eine Zirkelspitze, und einen Oberarm und eine Fingerspitze ((lacht)), nein.

Martha: Warte, Tuch, Zirkel, Lineal, Zirkel, Zirkelspitze, okay.

Luise: Okay.

Martha: Für das Experiment oder was?

Luise: Nein, für das Experiment benötigt (---) ich würde in der, ahm, in *werden* ((*Indiz auf die Verwendung des Passivs*)), verstehst du? Für das Experiment *werden* benötigt, verstehst du?

Martha: Mhm, werden Lineal, Tuch, Zirkelspitze (---) oh mein Gott wie schreib ich gerade bitte, Zirkel und Zirkel- (.).

Luise: *Ein* Zirkel, weil sonst glaubt man vielleicht es sind mehrere.

Martha: ((schreibend)) Zirkelspitze. ((liest vor, was bereits geschrieben wurde)) Lineal, Tuch, Zirkelspitze und (.).

Luise: Und Mine schreib ich auch noch, weil du brauchst ja zwei Kontaktpunkte, verstehst du?

Dialog 1, G1 (58-66) [Proposer, Translator, Collaborators, Evaluator, Text-Written-So-Far]

Zu Beginn des Dialogs gibt Luises *Proposer* den nächsten Schritt des Experimentierprozesses vor: „die Durchführung“. Ergänzt wird diese Information durch die inhaltliche Anmerkung, nun all das aufzuschreiben, was für das Experiment benötigt werde. Luises *Translator* übernimmt. Er fasst die für das Experiment notwendigen Materialien in Worte: „einen Zirkel, ein Tuch, ein Lineal, eine Zirkelspitze“. Luise formuliert und schreibt, Martha schaltet sich als Mitschreibende (*Collaborator*) ein, bittet Luise zu warten und wiederholt das eben gesagte, das sie sich währenddessen in ihr Laborbuch notiert. Anschließend formuliert Marthas *Translator* einen möglichen Satzanfang („Für das Experiment“), wendet sich dann aber mit der Frage „oder was?“ an Luise. Luises *Evaluator* schaltet sich ein: Der von Martha begonnene Satz soll als Passivkonstruktion niedergeschrieben werden. Luises *Translator* übernimmt den Vorschlag des *Evaluators* und formuliert den Satzanfang um: „Für das Experiment werden benötigt“. Marthas *Translator* nimmt den Vorschlag auf und ergänzt ihn mit den benötigten Materialien. Luise schaltet sich als *Collaborator* ein. Ihr *Proposer* generiert die Idee, die eingesetzten Materialien möglichst präzise zu beschreiben. Die vom *Translator* formulierte Phrase „ein Zirkel“ erscheint ihr sinnvoller, da man sonst glauben könne, es seien mehrere Zirkel gemeint. Martha wiederholt nun den bereits geschriebenen Text (*Text-Written-So-Far*), der Luises *Proposer* dazu veranlasst, die Materialliste um die Zirkelmine zu ergänzen, weil es beim Experiment „zwei Kontaktpunkte“ brauche.

4.1 Proposer

Anhand des Dialogs von Gruppe 1 lässt sich zeigen, dass Luises *Proposer* unter anderem vom Wissen über die Teilprozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung beeinflusst wird. Dies wird an ihren Äußerungen deutlich, als nächsten Schritt die Durchführung aufzuschreiben, die Materialien vollständig zu notieren sowie die Anzahl der verwendeten Zirkel präziser zu formulieren. Immer wieder wird im Laufe des Schreibprozesses vor allem von Luises *Proposer* die Präzision – als wesentliche Komponente für die Reproduzierbarkeit des Experiments – eingefordert:

Luise: Ich schreibe das aber ganz genau auf, welche Hand wir genommen haben. Links? [...] Linke Hand?

Martha: Ja, linke Hand (.) [...].

Dialog 2, G1 (116)

Luise: Warte, Zirkel auf die, auf, warte wir schreiben da genau hin wie viel Zentimeter eingestellt wird, beim Finger und zwar auf Sieben. [...]

Dialog 3, G1 (291)

Beeinflusst wird der *Proposer* auch von den bereitgestellten *Arbeitsmaterialien* im Laborbuch. Dies zeigt sich anhand eines Dialogs von Gruppe 2:

Drago: [...] Ja, jetzt müssen auch Experiment durchführen, oder? Also Durchführung des Experiments, Nummer drei. ((Blättern im Laborbuch zu hören)) Wir müssen auch das ausfüllen, gell? Also diese Tabelle, gell?

Andjela: Ja, das gehört zu – warte.

Drago: Das gehört zur Durchführung, gell?

Andjela: Ja. Ist das nicht – warte? ((Blättern im Laborbuch zu hören))

Drago: Oder gehört das zu- (Andjela: Also das ist-) =nein Datenverwaltung gehört das, gell?

Andjela: Ich glaub in, ah ((Blättern im Laborbuch zu hören)).

Drago: Nummer vier ((Blättern im Laborbuch zu hören)).

Andjela: Durchführung ist, welche Materialien wir haben, welche wir benötigen. Schau, da unten steht es. Durchführung, Nummer drei. Auf welcher Seite bist du? Andere Seite, da unten, da steht das Erste. Sagen, was für Material wir haben und so weiter, welche Schritte.

Drago: Okay, also schreiben wir [...].

Dialog 4, G2 (58-65)

Anders als Gruppe 1 nutzt Gruppe 2 das Laborbuch mit den bereitgestellten Hilfestellungen, damit Dragos und Andjelas *Proposer* eine Idee generieren kann, was im Protokollteil *Durchführung* geschrieben werden muss. Dragos *Proposer* wird zunächst aufgrund der im Laborbuch abgedruckten Tabelle aktiviert. Er assoziiert die Tabelle mit der Funktion des Protokollteils *Durchführung*, ist sich jedoch unsicher und fragt Andjela (*Collaborator*). Beide blättern im Laborbuch. Drago findet eine Antwort auf ihre Frage („zu [...] Datenverwaltung gehört das“) und Andjela fasst die Funktion des gesuchten Protokollteils mit Hilfe des Laborbuchs zusammen: „Sagen, was für Material wir haben und so weiter, welche Schritte“.

4.2 Translator

Bei Luise und Martha greift der *Translator* bereits in der Planungsphase auf bildungssprachliche Elemente zurück. Eine wichtige Rolle nimmt bei Dialog 1 Luisers *Evaluator* ein. Der zuvor vom *Translator* formulierte Einstieg („für das Experiment benötigt“) wird von ihrem *Evaluator* überprüft und anschließend vom *Translator* ins Passiv übertragen („Für das Experiment werden benötigt“). Er greift somit auf einen syntaktischen Indikator der deutschen Bildungssprache zurück: die Passivkonstruktion. Auch auf lexikalischer Ebene formuliert der *Translator* bildungssprachlich:

Luise: Ja (-) Also ich würde jetzt sagen (-) ich hab ja schon vorher etwas gesagt, ich würde so: (-) die Finger weisen eine höhere Anzahl an [Martha: an Mechanorezeptoren auf], ja, ich würd's mal so und dann, weil (-) ((*Schreibgeräusch zu hören*)).

Dialog 6, G1 (26)

Dialog 6 zeigt den Schreibprozess während der Hypothesenbildung. Dabei greift Marthas *Translator* auf die für dieses Experiment notwendige Fachvokabel „Mechanorezeptoren“ zurück. In Gruppe 2 bleiben die vom *Translator* formulierten Wörter über den gesamten Datensatz hinweg unpräziser. So greift etwa Andjelas *Translator*, anders als dies bei Martha der Fall gewesen ist, nicht auf das Fachvokabel „Mechanorezeptoren“ zurück.

Andjela: Vielleicht in den Fingerspitzen sind mehr (-) S(.)Sinneszellen, deswegen spürt man das mehr oder so?

Drago: Ist eine Idee.

Andjela: In den Fingerspitzen sind mehr Sinneszellen als am Oberarm, deshalb spürt man es mehr.

Dialog 7, G2 (42-45)

In unterschiedlichen Dialogen kann immer wieder beobachtet werden, wie der *Evaluator* den *Translator* beeinflusst – insbesondere, wenn es um Wortfindungen geht:

Luise: Ja. Im ersten Schritt werden der [Martha: Versuchsperson] ja, werden die Augen mit dem Tuch verbunden. Zugebunden? Nein, zugebunden hört sich irgendwie so komisch an. Verbunden? ((*schreibt auf*)) verbunden.

Dialog 8, G1 (70)

Luise: Anschließend – [...] Wird der Zirkel auf die angegebene, angegeben oder vorgegeben?

Martha: Vorgegeben würd ich schreiben.

Dialog 9, G1 (83-86)

Einfluss auf den *Translator* haben neben dem *Evaluator* auch die *Collaborators*. Wie bereits in Dialog 8 überprüft in Dialog 9 Luisers *Evaluator* ein vom *Translator* formuliertes Wort. Die Entscheidung darüber, welches Wort („angegeben oder vorgegeben“) passender ist, wird in Dialog 9 allerdings nicht von Luise alleine, sondern in Absprache mit Martha getroffen.

Zuletzt beeinflussen – wie auch schon beim *Proposer* – die *bereitgestellten Arbeitsmaterialien* den *Translator*. Dies zeigt unter anderem der folgende Dialog zwischen Luise und Martha:

Luise: Warte ich schaue was es für Satzanfänge gibt ((blättert im Laborbuch)) *anschließend* oder *dann*, was könnte man noch sagen?

Martha: Warte, ich glaube *dann* haben wir noch nicht verwendet, *anschließend* schon.

Dialog 10, G1 (391-392)

Beide Gruppen greifen insgesamt 71 Mal auf die Hilfestellungen im Laborbuch zurück.

4.3 Text-Written-So-Far

Eine besondere Rolle beim Schreibprozess der Schüler*innen nimmt auch der *bereits geschriebene Text* (Text-Written-So-Far) ein. In Dialog 1 liest Martha die vom *Translator* in Worte gefassten und vom *Transcriber* verschriftlichten Materialien vor. Dies veranlasst Luises *Proposer* zur Generierung der Idee, ebenfalls die Zirkelmine in die Materialliste aufzunehmen, da man beim Experiment „zwei Kontaktpunkte“ brauche. Über den gesamten Datensatz hinweg liest sich Gruppe 1 den bereits geschriebenen Text immer wieder laut vor, der in weiterer Folge entweder den *Proposer* (s. Ausschnitt 1) oder den *Evaluator* aktiviert. Vor allem am Ende des Schreibprozesses nehmen sich Luise und Martha noch einmal die Zeit, das gesamte Versuchsprotokoll laut vorzulesen:

Martha: Jetzt noch zuletzt: ((liest vor)) *Diskussion der Ergebnisse. Die aufgestellte-* das gehört ja klein, warum macht es das groß [...] ((liest weiter)) *Hypothese kann bestätigt werden. Wie anhand der Ergebnisse gezeigt werden kann, ist die Dichte der Mechanorezeptoren an den Fingerspitzen viel konstanter* [Luise: Ich weiß nicht, sollen wir da konstanter nehmen?] Mhm, ist viel (--) warte (--) aber welches dann? Gleichstehender? [Luise: Gleichmäßiger besiedelt oder dichter, aber eine Dichte ist nicht dichter] Mhm, ich würde es einfach so lassen ((liest weiter)) *als auf dem Oberarm. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Fingerspitzen die am meisten ausgeprägte Hautregion des Tastsinnes ist.*

Dialog 11, G1 (391-392)

Martha liest den Protokollteil *Diskussion der Ergebnisse* laut vor. Dabei unterbricht sie sich selbst oder sie wird von Luise unterbrochen. Beide Male schaltet sich der *Evaluator* ein, der entweder die Schreibrichtigkeit bzw. den *Transcriber* („das gehört ja klein“) oder die Formulierung bzw. den *Translator* („sollen wir da konstanter nehmen?“) überprüft. Luise bezieht in ihre Überlegungen nach dem passenden Adjektiv („konstanter“, „gleichmäßiger“, „dichter“) Martha (*Collaborator*) ein. Beide entscheiden sich abschließend dafür, die ursprüngliche Formulierung beizubehalten. Andjela, Drago und Marko lesen den bereits geschriebenen Text kein einziges Mal (laut) vor.

4.4 Collaborators

In beiden Gruppen nehmen die Mitschüler*innen (*Collaborators*) eine wichtige Rolle im Schreibprozess der jeweils anderen Gruppenmitglieder ein. Einerseits entwickeln sie gemeinsam Ideen und aktivieren somit ihren *Proposer*, andererseits tauschen sie sich über unterschiedliche Formulierungen aus und beeinflussen somit den *Translator*, wie etwa der nachfolgende Dialog zeigt:

Luise: Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass (---) die Fingerspitzen die am besten ausgeführteste, den best-, dass die Fingerspitzen, den besten aus- [Martha: ausgeprägteste], ja, best- ausgeprägtesten Stelle (.)

Martha: Ausgeprägteste, ausgeprägteste Stelle? Hast du Stelle geschrieben?

Luise: Ja, ich weiß nicht, was ich anderes schreiben soll.

Martha: Warte, warte, warte. Dass die Fingerspitzen den best-, die am besten-

Luise: Was schreib ich denn da? Die am besten ausgeprägteste [...]. Das gibt es doch gar nicht! Die am besten ausgeprägte.

Martha: Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Fingerspitzen die am besten ausgeprägt-, [Luise: am meisten, am meisten!] ja, beste klingt so komisch. Am meisten [Luise: ausgeprägt], nein das klingt ganz komisch, warte (:) meist ausgeprägteste?

Luise: Doch, das! Die am meisten-

Martha: ausgeprägteste Stelle des Tatsinnes ist.

Dialog 12, G1 (485-494)

Im Vergleich zu Gruppe 1 verläuft der Schreibprozess bei Gruppe 2 weniger kooperativ. Die meiste Zeit wird alleine geschrieben. Gesprochen wird vor allem dann miteinander, wenn es um formale Aspekte des Versuchsprotokolls geht:

Drago: Wo seid ihr jetzt?

Andjela: Warte ich bin noch bei Nummer zwei. Ich bin nicht so schnell.

Drago: Ja ich eh auch noch bei Nummer zwei.

((*Geräusche des Tippens auf den Tasten der Laptops wahrnehmbar*))

Andjela: Ich bin schon bei Nummer drei.

Drago: Bei Ding müssen wir ein Kasterl machen, bei Nummer vier, gell?

Marko: So eine Tabelle?

Andjela: Ja.

Dialog 13, G2 (283-291)

5 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die in Hayes (2012) Schreibprozessmodell beschriebenen kognitiven Teilprozesse während des Verfassens eines Versuchsprotokolls im Rahmen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses sichtbar gemacht. Sie liefert erste Erklärungsansätze der bereits in Studien offengelegten Herausforderungen beim Schreiben von Versuchsprotokollen, insbesondere auch in Bezug auf L1- und L2-

Schüler*innen. Durch die kleine Stichprobe müssen weitere Untersuchungen zeigen, inwieweit es sich bei den sichtbar gemachten kognitiven Teilprozessen um Besonderheiten des vorliegenden Falls oder um verallgemeinerbare Befunde handelt.

Die Laut-Denk-Protokolle beider Gruppen zeigen, dass der *Proposer* im Rahmen des Schreibprozesses von Versuchsprotokollen eine wichtige Rolle einnimmt. Er greift für die Generierung von Ideen auf das gespeicherte Wissen über Teilprozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zurück. Ebenfalls beeinflussen Hilfestellungen in Form von Textmustern im bereitgestellten Laborbuch den *Proposer*, wie auch den *Translator*, und können dazu beitragen, „die Schreibaufgabe durchschaubarer zu machen und den Schreibprozess zu entlasten“ (Fix 2010: 106). Die Bedeutung dieser Entlastung ergibt sich aus der Tatsache, dass Schüler*innen während des Schreibens auf zwei Kenntnissysteme zurückgreifen müssen, die sich in Zeit und Aufmerksamkeit gegenseitig beschränken. Skehan (2004) bezeichnet diese beiden Systeme als Exemplar-Based-System und Rule-Based-System. Das Exemplar-Based-System beinhaltet die für den Inhalt wichtigen lexikalischen Einheiten wie Fachvokabeln oder Redemittel, das Rule-Based-System Kenntnisse über grammatikalische Regeln. Da unser Gehirn ein „beschränktes, kognitives Budget“ (Westhoff 2007: 14) aufweist, geht die Beschäftigung mit dem einen System auf Kosten des anderen. Der Rückgriff auf Textmuster während der Planung und Verschriftung eines Versuchsprotokolls soll somit helfen, das Experiment in (bildungssprachliche) Worte zu fassen und zeitgleich die kognitive Belastung zu reduzieren. Diese Belastung in Form einer Doppelaufgabe betrifft insbesondere L2-Schüler*innen: Sie lernen sowohl Prinzipien der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und die im Experiment durchgeführten fachlichen Inhalte, als auch die dafür notwendigen bildungssprachlichen Mittel ihrer Zweitsprache. Die in vorangegangenen Studien offengelegten Herausforderungen (s. Tab. 2) können sich somit auch dahingehend erklären lassen, dass den an den Untersuchungen teilnehmenden Versuchspersonen keine sprachlichen oder fachlichen Hilfestellungen zur Verfügung gestellt wurden.

Ebenfalls wurde in den erwähnten Studien auf die Möglichkeit des kooperativen Schreibens verzichtet. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch, dass ein kooperativer Schreibprozess positive Auswirkungen sowohl auf den *Proposer* als auch auf den *Translator* haben kann. Im Zuge dessen werden nämlich kognitive Prozesse (allen voran der *Evaluator*) während des Schreibens nicht nur in einer Person vereint bzw. abgerufen, sondern es werden im Dialog auch durch Fragen die entsprechenden Strukturen bei den Partner*innen aktiviert und genutzt, also im Sinne eines kognitiven Prozesses auch „ausgelagert“. Der Mehrwert kooperativen Schreibens, der auch in der vorliegenden Studie gezeigt werden konnte, fasst Keys (1996) in ihrer Arbeit wie folgt zusammen: „collaborative writing can be used to: (a) promote student discourse about concepts encountered in science lab; (b) increase opportunity for expression of scientific ideas in words; and (c) encourage more elaborated writing about laboratory experiences“ (ebd.: 185).

Eine wichtige Rolle im Schreibprozess nahm für Gruppe 1 ebenfalls die Beschäftigung mit dem bereits geschriebenen Text (*Text-Written-So-Far*) ein. Bei Gruppe 2 trat dieser in den Hintergrund. Durch das immer wieder laute Vorlesen des Geschriebenen konnte sowohl der *Proposer* als auch der *Evaluator* von Luise und Martha aktiviert werden, die dazu beitrugen, den Text sowohl sprachlich als auch inhaltlich zu überarbeiten. Dass eine solche freiwillige Textüberarbeitung von Schüler*innen nicht selbst-

verständlich ist, zeigt etwa eine Studie von Connelly et al. (2012). Umso wichtiger ist es, Lernenden im Unterricht Zeit und Strategien zur Verfügung zu stellen, die es ihnen ermöglichen, ihre Versuchsprotokolle zu überarbeiten.

Nachdem in dieser Arbeit L1- und L2-Schüler*innen in getrennten Gruppen untersucht wurden, kann nur gemutmaßt werden, dass in gemischten Gruppen ebenfalls die Kooperation ein unterstützendes Element sein kann, welches bildungssprachliche Kompetenzen von L2-Schüler*innen fördert. Weiter kann angenommen werden, dass die Einbindung von Überarbeitungssequenzen in den Schreibprozess positive Auswirkungen auf die Qualität von Versuchsprotokollen haben.

Die Methode des Lauten Denkens bietet in Verbindung mit dem Schreibprozessmodells nach Hayes (2012) im Rahmen dieser Studie einen vertieften Einblick in kognitive Prozesse, die beim Verfassen von Versuchsprotokollen von L1- und L2-Schüler*innen ablaufen. Dieser Einblick ist im Hinblick auf die in den Lehrplänen und Bildungsstandards geforderten Kenntnisse im Bereich der Erkenntnisgewinnung relevant und Voraussetzung für die Entwicklung geeigneter Lehr-/Lernarrangements für einen erfolgreichen sprachsensiblen Unterricht.

Autorenangaben

Bernhard Müllner
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Biologie
Porzellangasse 4
A-1090 Wien
Pädagogische Hochschule Wien
Grenzackerstraße 18
A-1100 Wien
bernhard.muellner@univie.ac.at

Christine Heidinger
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Biologie
Porzellangasse 4
A-1090 Wien

Lisa Hammerschmid
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Biologie
Porzellangasse 4
A-1090 Wien

Martin Scheuch
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Biologie
Porzellangasse 4
A-1090 Wien
Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik
Angermayergasse 1
A-1130 Wien
martin.scheuch@haup.ac.at

Andrea Möller
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Biologie
Porzellangasse 4
A-1090 Wien
andrea.moeller@univie.ac.at

Literatur

- Arnold, Julia/Kremer, Kerstin/Mayer, Jürgen (2016): Scaffolding beim Forschenden Lernen. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 23/H. 1, S. 21-37.
- Asshoff, Roman/Hammann, Marcus (2018): Wie sensibel ist deine Haut? In: Schmiemann, P./Mayer, J. (Hrsg.): Experimentieren Sie! Biologieunterricht mit Aha-Effekt. Begeistern, verzaubern, verstehen! Berlin: Cornelsen.
- Bayrak, Cana (2020): Vom Experiment zum Protokoll. Versuchsprotokolle schreiben lernen und lehren. Münster, Stuttgart: Waxmann.
- BMBWF (2023): Lehrpläne - Allgemeinbildende höhere Schulen, online: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>
- Connelly, Vincent/Dockrell, Julie E./Walter, Kirsty/Critten, Sarah (2012): Predicting the Quality of Composition and Written Language Bursts from Oral Language, Spelling, and Handwriting Skills in Children with and without Specific Language Impairment. In: Written Communication, Jg.29/H. 3, S. 278-302.
- Ehlich, Konrad/Steets, Angelika/Traunspurger, Inka (2000): Schreiben für die Hochschule. Eine annotierte Bibliographie. Frankfurt a. M., Bern etc.: P. Lang.
- Ericsson, Karl Anders/Simon, Herbert Alexander (1993): Protocol analysis. Verbal reports as data. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Fix, Martin (2010): Texte schreiben. Schreibprozesse im Deutschunterricht. Paderborn: Schöningh.
- Gogolin, Ingrid/Duarte, Joana (2016): Bildungssprache. In: Handbuch Sprache in der Bildung. Berlin: De Gruyter, 2016.
- Gogolin, Ingrid/Lange, Imke (2011): Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In: Fürstenau, S./Gomolla, M. (Hrsg.): Migration und schulischer Wandel. Wiesbaden: Springer, S. 107-127.
- Hayes, John R. (2012): Modeling and Remodeling Writing. In: Written Communication, Jg. 29/H. 3, S. 369-388.
- Hayes, John R./Flower, Linda S. (1980): Identifying the Organization of Writing Processes. In: Gregg, L. W./Steinberg, E. R. (Hrsg.): Cognitive processes in writing. Psychology library editions Cognitive science. London, New York: Routledge Taylor & Francis Group, S. 3-30.
- Hayes, John R./Olinghouse, Natalie G. (2015): Can Cognitive Writing Models Inform the Design of the Common Core State Standards? In: The Elementary School Journal, Jg. 115/H. 4, S. 480-497.
- Heinemann, Wolfgang (2000): Textsorte - Textmuster - Texttyp. In: Brinker, K./Antos, Gerd/Heinemann, Wolfgang/Sager, Sven F. (Hrsg.): Text- und Gesprächslinguistik. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung. Berlin, New York: De Gruyter, S. 507-523.
- Horn, Frank (2008): Protokollieren, Zeichnen, Mathematisieren. In: Gropengießer, H. (Hrsg.): Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik. Köln: Aulis-Verlag.
- Keys, Carolyn W. (1996): Writing Collaborative Laboratory Reports in Ninth Grade Science: Three Case Studies of Social Interactions. In: School Science and Mathematics Jg. 96/H. 4, S. 178-186.
- KMK (2004): Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Konrad, Klaus (2010): Lautes Denken. In: Mey, G./Mruck, K. (Hrsg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag, S. 476-490.
- Krabbe, Heiko (2015): Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte des Physikunterrichts. In: Schmölzer-Eibinger, S./Thürmann, E. (Hrsg.): Schreiben als Medium des Lernens.

- Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster, New York: Waxmann.
- Krabbe, Heiko/Timmerman, Philip (2022): Beschreiben und Erklären im Versuchsprotoll des Physikunterrichts. In: Roll, H./Bernhardt, Markus/Enzenbach, Christine/Fischer, Hans E./Forkarth, Claudia/Gürsoy, Erkan/Krabbe, Heiko/Lang, Martin/Manzel, Sabine/Uluçam-Wegmann, Işıl (Hrsg.): Schreibförderung im Fachunterricht der Sekundarstufe I. Interventionsstudien zu Textsorten in den Fächern Geschichte, Physik, Technik, Politik, Deutsch und Türkisch. Mehrsprachigkeit, 52. Münster, New York: Waxmann.
- Mayer, Jürgen (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Krüger, D./Vogt, H. (Hrsg.): Theorien in der biologiepädagogischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 177-186.
- Mayring, Philipp (2003): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel: Beltz.
- Morek, Miriam/Heller, Vivien (2019): Bildungssprachliche Praktiken, online: https://epub.uni-muenchen.de/61749/1/Morek_Heller_Bildungssprachliche_Praktiken.pdf
- Müllner, Bernhard/Bachler, Theresa/Möller, Andrea (2022): Herausforderungen und Chancen der Textsorte „Versuchsprotokoll“ im Biologieunterricht für Schüler:innen mit Deutsch als Erst- und Zweitsprache. In: ZDB, Jg. 26, S. 54-74.
- Philipp, Maik (2015): Schreibkompetenz. Komponenten, Sozialisation und Förderung. Tübingen: A. Francke.
- Ricart Brede, Julia (2020): Lernaltsprachliche Texte im Biologieunterricht. Eine Analyse von Versuchsprotokollen von Schülerinnen und Schülern mit Deutsch als Erst- und Zweitsprache. DaZ-Forschung. Berlin, Boston: De Gruyter.
- Sandmann, Angela (2014): Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In: Parchmann, I./Schecker, H./Krüger, D. (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 179-188.
- Schermaier, Andreas/Weisl, Herbert/Miksche, Dagmar (2022): Bio@school 4. Linz: Veritas.
- Selting, Margret/Auer, Peter/Barth-Weingarten, Dagmar (2019): Gesprächsanalytisches Transkriptionssystem 2 (GAT 2). Mannheim: Institut für Deutsche Sprache, Bibliothek.
- Skehan, Peter (2004): A Cognitive Approach to Language Learning. Oxford applied linguistics. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Westhoff, Gerard (2007): Grammatische Regelkenntnisse und der GER. In: *Babylonia*, Jg. 1, S. 12-21.
- Yuhás, Daisy (2012): Skin-Deep Science: Find Your Sensitive Side. A touchy-feely science essay from Scientific American, online: <https://www.scientificamerican.com/article/bring-science-home-sensitive-skin/>