

„Das lad ich gleich auf YouTube hoch!“ – Kinder erstellen Lehrfilme zur schriftlichen Subtraktion

Andreas Leinigen
Justus-Liebig-Universität Gießen

Aktuelle Studien zeigen, dass Erklärvideos an größerer Beliebtheit gewinnen. Auch Themen aus der Schule werden immer öfter auf Video-Portalen angeklickt. Das hier vorgestellte Projekt verbindet die Aktualität mit dem Mathematikunterricht. Dabei steht die Lehrfilmproduktion von Schüler:innen der Primarstufe im Fokus. Der Prozess der Erstellung soll das Kommunizieren und Argumentieren über den mathematischen Sachverhalt anregen, indem die eigene Vorgehensweise erklärt und mit Material veranschaulicht wird.

Theoretischer Hintergrund

In dem hier vorgestellten Projekt soll der mathematische Sachverhalt der schriftlichen Subtraktion in einem Lehrfilm dargestellt werden. Dabei entscheiden die Lernenden, welches Verfahren und welche Technik sie erklären wollen und wie sie dieses veranschaulichen möchten. Das von den Lernenden zu erstellende Produkt – der Lehrfilm – soll die Schüler:innen motivieren sich intensiv mit dem Sachverhalt auseinanderzusetzen. Der Fokus der Untersuchung liegt dabei auf den Prozess der Produktion. Da ein Lehrfilm meistens mit Ton und Bild festgehalten wird, steht das Erklären und Veranschaulichen in allen Produktionsphasen im Vordergrund. Aus diesem Grund sollen beide Aspekte im Folgenden kurz näher erläutert werden.

Erklären im Mathematikunterricht

Das Erklären ist eine der wichtigsten didaktischen Handlungen und nimmt somit eine zentrale Rolle im Unterricht ein (Kiel, 1999). Es ist eine spezielle Form der Wissensvermittlung mit dem Ziel, das jemand etwas weiß, versteht oder kann (Schmidt-Thieme, 2009). Dabei kann das zu erreichende Wissen im Unterricht übertragen, entwickelt oder ausgehandelt werden (Kiel, 1999). Im ersten Fall, dem Übertragen, gibt die Lehrkraft das Wissen an die Lernenden weiter. Im zweiten Fall wird das Wissen von den Schüler:innen entwickelt. Die Lehrkraft unterstützt dabei mit Materialien und als Berater:in. Beim Aushandeln, dem letzten Fall, stellt die Lehrkraft ebenfalls das Material zur Verfügung, dennoch sind alle Teilnehmenden des Unterrichts gleichberechtigt und das Wissen wird durch kommunikativen Austausch erworben.

Das daraus resultierende Wissen kann in einer oder mehreren Erklärungen formuliert werden. Diese kann in drei Typen untergliedert werden: Erklären-WAS, Erklären-WIE und Erklären-WARUM. Beim Erklären-WAS werden Begriffe und die damit verbundenen Begriffsbildungsprozesse konstruiert, indem das deklarative Wissen durch schon bekannte Vorstellungen aufgebaut wird (Schmidt-Thieme, 2009). Das prozedurale Wissen steht beim Erklären-WIE im Vordergrund, indem Handlungen und Vorgänge erklärt werden (Schmidt-Thieme, 2009). Während beim Erklären-WARUM der Fokus auf den Zusammenhängen und Beziehungen liegen, welche durch Argumentationen, Begründungen und Beweisen gewährleistet werden (Schmidt-Thieme, 2009). Die drei Erklärtypen können im Unterricht getrennt voneinander auftreten, sind aber oftmals miteinander verbunden (Wagner & Wörn,

2011). In Bezug auf die schriftliche Subtraktion können das Erklären-WAS z. B. durch das Erläutern des Begriffes der Differenz, das Erklären-WIE durch die Beschreibung des Verfahrens und der Technik und das Erklären-WARUM durch die Begründung des Entbündelns vorkommen.

Veranschaulichen im Mathematikunterricht

Das Veranschaulichen eines Sachverhaltes kann durch die von Bruner (1974) festgelegten Repräsentationsebenen erfolgen. So kann etwas mit Material handelnd (enaktiv) gezeigt, durch Bilder und Skizzen (ikonisch) festgehalten oder durch mathematische Zeichen und Formeln verdeutlicht (symbolisch) werden. Die Sprache kann auf allen Ebenen begleitend eingebunden werden (Bruner 1974). Die Repräsentationen stehen dabei in wechselseitiger Beziehung zueinander und sollten nicht als eine Art lineare Abfolge im Unterricht angesehen werden. Um einen Sachverhalt verstehen zu können, sollten die Lernenden diesen auf allen Ebenen darstellen, also einen intermodalen Transfer leisten können (Bauersfeld, 1972). Nach Hole (1980) können dem Wechseln zwischen den Ebenen verschiedene Tätigkeiten zugewiesen werden:

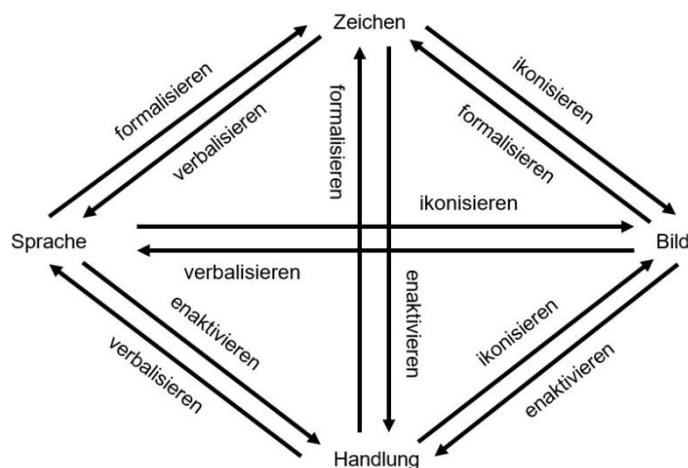


Abbildung 13: Interaktionen des Veranschaulichens (nach Hole, 1980, S. 74)

Das hier vorgestellte Projekt wurde so geplant, dass ein Transfer auf allen Ebenen in den Produktionsphasen begünstigt wird. Durch die Bereitstellung von physischen Arbeitsmitteln wie Dienes-Material und Rechengeld kann neben dem intermodalen auch der intramodale Transfer vorkommen. So können die Schüler:innen für die Erklärung derselben Aufgabe verschiedenes Material verwenden.

In der Studie arbeiten die Lernenden während der Lehrfilmerstellung in Gruppen zusammen. Die Schüler:innen sollen sich gegenseitig ihre eigene Vorgehensweise der schriftlichen Subtraktion erklären und das für sie geeignete Arbeitsmittel auswählen. Dadurch verwenden sie die Materialien gleichzeitig unter zwei Perspektiven. Zum einen passivistisch als Veranschaulichungsmittel für die zuhörenden Kinder um der Erklärung folgen zu können. Zum anderen aktivistisch als Anschauungsmittel für das erklärende Kind, um die Verbalisierungen mit dem Arbeitsmittel verdeutlichen zu können (Krauthausen und Scherer, 2007).

Vorstellung des Projektes

An der Erhebung haben insgesamt 18 Schüler:innen der vierten Jahrgangsstufe teilgenommen. Das Thema der schriftlichen Subtraktion wurde demzufolge nicht eingeführt. Der Sachverhalt war eine Wiederholung aus der dritten Jahrgangsstufe, mit dem Ziel das Wissen zu festigen. Die Untersuchung wurde in drei identischen Durchgängen an jeweils zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. An jedem Durchgang haben immer sechs Schüler:innen, die in Dreier-Gruppen zusammengearbeitet haben, teilgenommen. Die Gruppenarbeiten wurden dabei auf Video und Ton aufgenommen.

Forschungsfragen

Aufgrund des theoretischen Hintergrunds und der Fokussierung auf die Lehrfilmproduktion ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie nutzen Schüler:innen den Prozess der Produktion von Lehrfilmen zur Erklärung der schriftlichen Subtraktion?
- Welche Veranschaulichung nutzen Schüler:innen beim Erklären der schriftlichen Subtraktion mit Lehrfilmen?
- Inwieweit unterstützt die Produktion von Lehrfilmen die Schüler:innen bei der Erklärung der schriftlichen Subtraktion?

Auswertung

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, werden Teile der Video- und Tonaufnahmen transkribiert und werden mit Hilfe der interpretativen (Unterrichts-) Forschung ausgewertet (Krummheuer & Naujok, 1999). Dafür werden die Aufnahmen in Interaktionseinheiten unterteilt. Mit der Interaktionsanalyse werden Transskriptausschnitte gedeutet, um das Handeln der Schüler:innen rekonstruieren zu können (Krummheuer & Naujok 1999). Das Denken und Lernen einzelner Schüler:innen und das Zusammenarbeiten untereinander stehen dabei im Mittelpunkt der Beobachtung. Die Phasen der Produktion, in denen eine erhöhte Interaktion der Lernenden stattfindet, werden dabei vordergründig zur Auswertung herangezogen. Eine Auswahl an Interaktionseinheiten werden anschließend mit der komparativen Analyse nach Brandt und Krummheuer (2001) genauer betrachtet. Zur Analyse werden die Erklärungen der Vorgehensweisen mit den verschiedener Verfahren und Techniken zu rechnen, der Einsatz des Materials oder die Entscheidung unterschiedlicher Erklärtypen herangezogen.

Zusätzlich werden die Lernartefakte in diesem Fall die erstellten Storyboards in die Auswertung aufgenommen. Die verschriftlichten Erklärungen können Aufschluss zum verwendeten Verfahren und der Technik geben. Da mehrere Versionen des Storyboards von den Lernenden erstellt werden, können Veränderungen in den Drehbüchern Einblicke Gruppenarbeit sowie der Umgang mit Rückmeldungen anderer Schüler:innen und der Lehrkraft geben. Des Weiteren kann der Lehrfilm in die Auswertung herangezogen werden, da die Umsetzung des Produktes Unterschiede zu den festgehaltenen Ideen in den Storyboards aufweisen können. Ebenso können sich die Gruppen bei der Erstellung spontan zu einer Änderung der Vorgehensweise entschieden haben, da nicht alle Eventualitäten in den Planungen (z. B. Probleme bei der Umsetzung mit dem Material) berücksichtigt wurden.

Prozess der Lehrfilmerstellung

Zu Beginn jedes Durchgangs wurden die Schüler:innen mit dem ersten Teilabschnitt *Hinführung zum Thema* in das Projekt eingestimmt. Bevor der Übergang in die Gruppenarbeiten und in die Lehrfilmproduktion über die schriftliche Subtraktion erfolgte, erklärten sich die sechs Lernenden zunächst gegenseitig die schriftliche Addition. Im Sitzkreis standen ihnen dafür die Arbeitsmittel zur Verfügung, die auch im weiteren Verlauf des Projektes angeboten wurden. Ihre Verbalisierungen konnten die Lernenden mit dem Dienes-Material und dem Rechengeld (1€-Münzen, 10€ und 100€-Scheine) enaktiv oder mit der Stellenwerttafel symbolisch mit Zahlennotationen begleiten. Ähnlich wie in den anschließenden Phasen sollte zunächst ein Kind seine Vorgehensweise erklären und veranschaulichen, während die anderen Lernenden zuhörten, um anschließend Feedback mit folgenden Leitfragen zu geben:

- Was war gut an der Erklärung? Was habe ich verstanden?
- Was habe ich nicht verstanden? Warum?
- Was könnte man bei der Erklärung besser machen?

Nach dem Feedback war das nächste Kind an der Reihe. Die vorher gehörte Rückmeldung konnte in die eigene Erklärung mit einfließen. Die Lernenden wechselten sich beliebig ab, so dass Schüler:innen auch mehrmals erklären durften.

Anschließend wurden zwei Lehrfilme über die schriftliche Addition angeschaut. Ein Film gab eine Erklärung und Veranschaulichung zum Erklären-WIE, der andere Film zum Erklären-WARUM wieder. Im Sitzkreis wurde mit den Schüler:innen gemeinsam der Unterschied der beiden Erklärtypen diskutiert und im Anschluss Kriterien einer ‚guten‘ Erklärung auf einem Plakat festgehalten. Hierzu konnten die Rückmeldungen aus den eigenen Erklärungen und die Beobachtungen der Lernenden aus den Filmen zusammengetragen werden. Auf das Plakat konnte die Lehrkraft während der Produktionsphasen hinweisen, um die Schüler:innen bei ihren Erklärungen zur schriftlichen Subtraktion zu unterstützen.

Anschließend folgte der zweite Teilabschnitt des Projektes das *Produzieren des Lehrfilms*. Die Lernenden wurden in Dreier-Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe konnte sich entscheiden, ob sie ein Erklären-WIE oder ein Erklären-WARUM über die schriftliche Subtraktion erstellen wollten. In Anlehnung an Schreiber und Schulz (2017) durchliefen die Lernenden fünf Phasen zur Erstellung eines Lehrfilms:



Abbildung 14: Phasen der Lehrfilmerstellung nach Schreiber & Schulz 2017, Leinigen 2020

In der ersten Phase *Inhalt erarbeiten* standen den Schüler:innen wieder die Arbeitsmittel aus dem ersten Teilabschnitt des Projektes zur Verfügung (Dienes-Material, Rechengeld, Stellenwerttafel). Zusätzlich konnten sie auf das ihnen bekannte Lehrwerk aus der dritten Jahrgangsstufe zurückgreifen, um sich erneut über die Verfahren und Techniken sowie der Veranschaulichung im Buch zu informieren. Anschließend erklärte eine Schülerin oder ein Schüler ihre bzw. seine Vorgehensweise der schriftlichen Subtraktion und versuchte parallel

die Erklärung mit den Arbeitsmitteln zu veranschaulichen. Die anderen Lernenden der Gruppe haben zugehört und darauffolgend Feedback mit den schon bekannten Leitfragen gegeben, um sich über das Gehörte auszutauschen. Danach konnte das nächste Kind die eigene Vorgehensweise vorstellen und das Feedback mit einbeziehen. Ziel dieser Phase war, eine gemeinsame Erklärung zu finden.

In *Inhalt erarbeiten* wurde das Wissen der Lernenden ausgehandelt. Alle Lernenden waren gleichberechtigte Gesprächspartner:innen und konnten auf die zur Verfügung gestellten Materialien zurückgreifen. Die Lehrkraft nahm zu diesem Zeitpunkt eine beratende Rolle ein, die aber nicht inhaltlich auf die Arbeit der Lernenden einging. Sie gab Motivations- und Rückmeldehilfen zur Ermunterung sowie allgemein-strategische Hilfen nach Zech (1995), indem sie auf das Lehrwerk, die Arbeitsmittel oder auf das Plakat des ersten Teilabschnittes verwies. Die Erklärungen und Veranschaulichungen der Schüler:innen fanden vor allem auf den Ebenen Sprache, Handlung und Zeichen statt (s. Abbildung 1). Da sie die Arbeitsmittel parallel zur Erklärung verwendet haben, kam es zu den Tätigkeiten Verbalisieren und Enaktivieren zwischen den Ebenen Sprache und Handlung bzw. Verbalisieren und Formalisieren zwischen den Ebenen Sprache und Zeichen.

Die gemeinsame Erklärung wurde anschließend in der Phase *Storyboard I* in einem erweiterten Drehbuch festgehalten. Dafür erhielten die Schüler:innen eine Vorlage, in der die Erklärung in Szenen eingeteilt wurde. Zusätzlich wurde die im zukünftigen Film zu sehende Handlung beschrieben und der gesprochene Text notiert. Um die in Worte beschriebene Handlung besser nachzuvollziehen, wurde diese mit Hilfe einer Skizze veranschaulicht.

Szene	Handlung	Gesprochener Text	Skizze
1			
2			
...			

Abbildung 15: Vorlage des Storyboards

Auch in dieser Phase hatte die Lehrkraft eine beratende und motivierende Rolle. Außerdem konnten die Lernenden bei ihren Überlegungen wieder auf die Arbeitsmittel, das Lehrwerk und das Plakat zurückgreifen. Da die Schüler:innen ihre gemeinsame Erklärung und Veranschaulichung verschriftlichen sollten, kam es vor allem zu Tätigkeiten auf den Ebenen Sprache, Zeichen und Bild (s. Abbildung 1). Die Schüler:innen verbalisierten und formalisierten zwischen den Ebenen Sprache und Zeichen. Diesmal wurde verstärkt formalisiert durch die Notationen im Storyboard als mit dem Aufschreiben und Rechnen einer Aufgabe in der Stellenwerttafel. Des Weiteren wurden die geplanten Veranschaulichungen skizziert, wobei es zu den Tätigkeiten Verbalisieren und Ikonisieren zwischen den Ebenen Sprache und Bild kam. Vereinzelt wurden auch Handlungen notiert bzw. skizziert, wodurch formalisiert bzw. ikonisiert sowie enaktiviert wurde.

In der folgenden Phase der *Regiesitzung* kamen die Gruppen und die Lehrkraft zusammen, um die Storyboards vorzustellen. Dabei haben sich die beiden Gruppen die Drehbücher gegenseitig präsentiert, indem sie den gesprochenen Text verbalisierten und die notierte Handlung oder die angefertigten Skizzen enaktivierten bzw. im Fall der Verwendung der Stellenwerttafel die

Handlung und Skizze formalisierten. Eine Gruppe versuchte parallel zu ihrer Handlung mit den Arbeitsmitteln, die Aufgabe auf der Stellenwerttafel zu notieren. Somit kam es in dieser Phase zu vielen Tätigkeiten des Veranschaulichens (s. Abbildung 1) und damit zum intermodalen Transfer von Seiten der Schüler:innen. Nach der Vorstellung des Storyboards konnte die zuhörende Gruppe wieder Feedback mit den bekannten Leitfragen geben. Während die Lehrkraft bisher wenig in den Prozess eingreifen sollte, konnte sie in dieser Phase Hinweise durch inhaltlich-orientierte strategische Hilfen oder inhaltliche Hilfen nach Zech (1995) geben. Auftretende Fehler beim Rechenverfahren, die Nutzung von Fachsprache oder Fehler bzw. Ideen der Lehrkraft zur Veranschaulichung wurden zurückgemeldet. Als Erinnerungsstütze für die nächste Phase erhielten die Lernenden von der Lehrkraft ‚Checkkärtchen‘ (Begriffe, Verfahren, Sprache, Material, Lehrwerk), die passend zu der erhaltenen Rückmeldung und den Hinweisen an die Gruppen ausgegeben wurden.

In der vierten Phase *Storyboard II* wurde das Feedback der anderen Gruppe sowie die Rückmeldungen der Lehrkraft in einem zweiten Storyboard umgesetzt. Ein neu angefertigtes Drehbuch sollte die Schüler:innen bei der Erstellung des Lehrfilms unterstützen, da die zweite Version meist strukturierter war. Des Weiteren werden die Veränderungen zwischen beiden Versionen für die Auswertungen deutlicher. Da die Lernenden in dieser Phase neue Notationen und Skizzen in dem zweiten Storyboard vornahmen, kam es hier zumeist zu den Tätigkeiten zwischen den Ebenen Sprache und Zeichen also dem Verbalisieren und Formalisieren.

In der letzten Phase *Lehrfilm* wurde dann das Produkt erstellt. Mit Hilfe der Ausformulierungen des zweiten Storyboards wurde der Lehrfilm produziert. Hierfür standen den Schüler:innen Tablets und die Apps Explain Everything¹ sowie iStopMotion² zur Verfügung. In der App Explain Everything können Screencasts erstellt werden, die sich für die Umsetzung der symbolischen Notation der schriftlichen Subtraktion anbieten. In der App iStopMotion können Stop-Motion-Filme erstellt werden, indem ähnlich dem Daumenkino Prinzip viele Bilder einer Handlung abfotografiert werden. Diese schnell hintereinander abgespielt ergeben einen Film. Diese App bietet sich an, wenn die Veranschaulichung z. B. mit den Arbeitsmitteln Dienes-Material oder Rechengeld erfolgen soll, da das Arbeitsmittel ohne sichtbare Einwirkung des Menschen (Verschieben durch Hände) zum Leben erweckt wird.

Da nun die Notationen aus dem Storyboard für den Film wieder in die anderen Repräsentationsebenen überführt werden mussten, kam es teilweise zum Transfer auf allen Ebenen. So haben z. B. zwei Gruppen die schriftliche Subtraktion symbolisch mit der Stellenwerttafel und zusätzlich mit dem Dienes-Material bzw. Rechengeld im Film umgesetzt. So kam es zu Tätigkeiten zwischen den Ebenen Sprache-Handlung, Sprache-Zeichen, Zeichen-Handlung und Bild-Handlung. Die Schüler:innen haben ihre Erklärung verbalisiert, enaktiviert und formalisiert. Insgesamt sind sechs Lehrfilme entstanden – drei Erklären-WIE und drei Erklären-WARUM Filme, in denen zweimal der Screencast mit der Stellenwerttafel, zweimal die Stop-Motion Technik mit dem Dienes-Material und zweimal die Stellenwerttafel mit einmal dem Dienes-Material und einmal dem Rechengeld kombiniert wurden und mit der Stop-Motion Technik erstellt wurden.

¹ Erhältlich unter: <https://explaineverything.com/>

² Erhältlich unter: <https://boinx.com/>

Erste Ergebnisse des Projekts

Um erste Ergebnisse verifizieren zu können, soll an dieser Stelle ein Beispiel aus einer Gruppenarbeit herangeführt werden. Hierfür liegt ein Transkriptausschnitt einer Interaktionseinheit vor, welche auch für die Auswertung in der Dissertation herangezogen wird (s. Abbildung 4). Die Interaktionseinheit fand in der Phase *Inhalt erarbeiten* statt. Die Gruppe hat sich dafür entschieden einen Lehrfilm über das Erklären-WIE der schriftlichen Subtraktion zu erstellen. Die Lernenden haben sich zu diesem Zeitpunkt schon mehrmals die eigenen Vorgehensweisen, meist mit der Stellenwerttafel, gegenseitig vorgestellt und sind nun dabei zum ersten Mal eine Aufgabe mit dem Dienes-Material zu legen.

Als Gruppe haben die Lernenden entschieden, dass sich Tiara eine Aufgabe ausdenkt und diese mit dem Dienes-Material legt. Tiara hat den Minuenden 356 (3 Hundertertafeln, 5 Zehnerstangen, 6 Einerwürfel) gelegt und hat bei der Hunderterstelle angefangen. Dies macht sie auch beim Subtrahenden und legt fünf Hundertertafeln. Felix reagiert darauf, dass dies nicht möglich sei. Moni sagt zunächst, dass es eine Aufgabe mit Übertrag werden soll, bestätigt aber anschließend die Aussage von Felix. Zusammen vertauschen sie die Hundertertafeln des Minuenden und Subtrahenden (aus dem Minuenden wird 556). Tiara möchte anschließend sechs Zehnerstreifen in den Subtrahenden legen. Felix reagiert erneut darauf, dass dies nicht möglich sei und Tiara legt stattdessen drei Zehnerstreifen ab. Ab hier setzt der folgende Ausschnitt an:

51	14.57	Felix	und wie viele einer/ (<i>Tiara greift mit der linken Hand in die Kiste nach Einerwürfeln und legt sie in ihre rechte Hand ab</i>) . unter sechs . ne jetzt können sie über sechs sein\
52			
53	15.05	Tiara	null
54	15.06	Moni	jetzt können sie über sechs sein wegen den andern
55	15.07	Felix	ja
56	15.08	Tiara	(<i>legt zwei Einerwürfel hinter die Zehnerstangen Subtrahend</i>) zwei einer
57	15.10	Felix	och hier könntns auch sechs sein (<i>zeigt mit dem rechten Zeigefinger auf die Zehnerstangen Subtrahend</i>) weil wir könn ja einfach (<i>nimmt mit der rechten Hand eine Hunderterplatte Minuend auf und zeigt sie den anderen</i>) von hier nehmen
58			
59			

Abbildung 16: Transkriptausschnitt Gruppe Erklären-WIE

Tiara scheint darüber nachzudenken, wie viele Einerwürfel sie zu dem Subtrahenden hinzulegen möchte. Felix macht sich ebenfalls Gedanken, und kommt wohl zunächst zu dem Entschluss, dass es weniger als sechs Einerwürfel sein müssen, da der Minuend selbst schon sechs Einerwürfel hat. Diese Aussage revidiert er aber sofort mit der Erkenntnis, dass die Einer im Subtrahenden größer sein können als im Minuenden („ne jetzt können sie über sechs sein“). Moni scheint dies ebenfalls zu erkennen, auch wenn ihre Aussage „wegen den andern“ unspezifisch bleibt. Felix erkennt in seiner nächsten Aussage, dass die Zehner im Subtrahenden ebenfalls größer sein können als im Minuenden („och hier könntns auch sechs sein“) und

widerlegt damit eine vorher von ihm getroffene Aussage. Dies versucht er auch zu begründen, indem er eine Hunderterplatte vom Minuenden in die Hand nimmt und kommentiert „weil wir könn ja einfach von hier nehmen“.

Aus diesem kurzen Abschnitt können einige Erkenntnisse aus dem Projekt aufgezeigt werden. Zum einen wird ersichtlich, dass die Lernenden über Mathematik kommunizieren. Obwohl es zu diesem Zeitpunkt der Interaktionseinheit noch um das Legen der Aufgabe geht, sind alle Schüler:innen der Gruppe aktiv am Prozess beteiligt und sprechen über das Vorgehen und ihre Ideen. Des Weiteren ist am Tauschprozess der Hundertertafeln und das Legen der Zehnerstreifen von Tiara (statt sechs dann drei) zu erkennen, dass die Gruppe zusammenarbeitet und die Argumentationen der Einzelnen wahrgenommen werden. Dass das Argumentieren gefördert wird, ist auch in der letzten Aussage von Felix zu erkennen, indem er seine Ausführungen mit einer Handlung begründet und sogar etwas vorher Gesagtes selbst revidiert.

An der Begründung kann ebenfalls vermutet werden, welche Technik angewandt werden soll. Während das Verfahren Abziehen oder Ergänzen noch nicht klar erkennbar ist (auch wenn beim Abziehen nur der Minuend mit Material gelegt wird), scheint es sich bei der Technik um das Entbündeln zu handeln. Das Arbeitsmittel, in diesem Fall das Dienes-Material, scheint dabei ein vertieftes Verständnis anzuregen. Die Begründung, dass die Einer- sowie die Zehnerstelle des Subtrahenden größer als beim Minuenden sein kann, da ein Hunderter des Minuenden entbündelt werden kann, wird zwar nicht konkret verbalisiert („weil wir könn ja einfach von hier nehmen“;) durch die Handlung eine Hundertertafel aufzunehmen, um diese den anderen zu zeigen, aber unterstützt. Dies wäre Felix vielleicht nicht möglich gewesen, wenn lediglich die symbolische Notation zu sehen gewesen wäre.

Es ist zu erkennen, dass sich die Lernenden während der Gruppenarbeit und der Phase *Inhalt erarbeiten* intensiv mit dem mathematischen Sachverhalt der schriftlichen Subtraktion auseinandersetzen. So werden Zusammenhänge erkannt, bevor eine Aufgabe fertig gestellt und berechnet wird. Die Gruppe hat sich zwar entschieden einen Lehrfilm über das Erklären-WIE der schriftlichen Subtraktion zu erstellen, argumentiert aber während der Erstellungsphasen über die Beziehungen der Stellenwerte, dass es zu einem Erklären-WARUM übergeht. Dies wird durch den intermodalen Transfer, in dem Fall zwischen den Ebenen Sprache und Handlung, zusätzlich gefördert.

In anderen Gruppen der Untersuchung konnten ähnliche Gespräche bzw. Diskussionen beobachtet werden, wenn Aufgaben gewählt wurden, die mindestens einen Übertrag aufwiesen. Insgesamt konnten die Lernenden einen Einblick in unterschiedliche Vorgehensweisen oder Erklärungen erhalten. Das anschließende Feedback regte einzelne Schüler:innen an, zu ihren Ausführungen Erkläralternativen bzw. genauere Erläuterungen anzubieten. Die zuhörenden Lernenden wurden wiederum dazu angeregt, diese auch einzufordern, wenn sie die Vorgehensweise nicht nachvollziehen konnten. Auf diese Weise fand ein reger Austausch über die schriftliche Subtraktion statt, welcher dann mit einer gemeinsamen Erklärung und Veranschaulichung im Produkt Lehrfilm erfolgreich beendet wurde.

Quellenangaben

Bauersfeld, H. (1972). Einige Bemerkungen zum Frankfurter Projekt. In: E. Schwartz (Hrsg.): Materialien zum Mathematikunterricht in der Grundschule. *Beiträge zur Reform der Grundschule* (Bd. 13). (S. 237-246). Arbeitskreis Grundschule.

- Brandt, B. & Krummheuer, G. (2000). Das Prinzip der Komparation im Rahmen der Interpretativen Unterrichtsforschung in der Mathematikdidaktik. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 21 (3/4), 193-226.
- Bruner, J. S. (1974). *Entwurf einer Unterrichtstheorie*. Berlin Verlag.
- Hole, V. (1980). *Erfolgreicher Mathematikunterricht – Keine Angst vor seiner Planung, Durchführung und Beurteilung*. 10. Aufl. Herder Verlag.
- Kiel, E. (1999). *Erklären als didaktisches Handeln*. Ergon Verlag.
- Krauthausen, G. & Scherer, P. (2007). *Einführung in die Mathematikdidaktik*. 3. Aufl. Spektrum.
- Krummheuer, G. & Naujok, N. (1999). *Grundlagen und Beispiele Interpretativer Unterrichtsforschung*. Leske+Budrich.
- Leinigen, A. (2020). Mathematik und Lehrfilme. In S. Ladel, R. Rink, C. Schreiber & D. Walter (Hrsg.), *Forschung zu und mit digitalen Medien. Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 93-108). WTM.
- Schmidt-Thieme, Barbara (2009). „Definition, Satz, Beweis“ – Erklärgewohnheiten im Fach Mathematik. In Vogt J. (Hrsg.), *Erklären: Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven*. (S.123-131). Stauffenburg.
- Schreiber, C. & Schulz, K. (2017). Stop-Motion-Filme zu Materialien aus dem Mathematikunterricht. In C. Schreiber, R. Rink & S. Ladel (Hrsg.), *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Primarstufe – Ein Handbuch für die Lehrerbildung* (S. 89-110). WTM.
- Wagner, A. & Wörn, C. (2011). *Erklären lernen – Mathematik verstehen: Ein Praxisbuch mit Lernangeboten*. Kallmeyer.
- Zech, F. (1995). *Mathematik erklären und verstehen*. Cornelsen.