Institut für Didaktik der Mathematik und der Informatik
Studiengang: L3 Lehramt für Gymnasien

Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Sommersemester 2019

Bruchrechnung und Erdmännchen

Ausarbeitung einer Exkursion zum außerschulischen Lernort „Zoo“ im Rahmen des Mathematikunterrichts der 6. Klasse

Mathematik im Zoo

Verfasser: T.S.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Mathematik ist eine Wissenschaft, die das große Potential birgt, in vielen anderen Fachgebieten eine bedeutende Anwendung zu finden. Wirft man jedoch einen Blick in Schulbücher, so stellt man schnell fest, dass die dort dargebotenen Anwendungsaufgaben eigentlich gar keine echte Anwendung mathematischen Wissens erfordern. Viel eher stellen solche Aufgaben eine Pseudoanwendung zuvor erlernter mathematischer Methoden auf ein unauthentisches, konstruiertes Problem dar. In dieser Arbeit soll gezeigt werden, dass es möglich ist, in realen Situationen authentische Probleme bereits in frühen Jahrgangsstufen mit mathematischen Mitteln zu lösen, ohne von deren Komplexität erschlagen zu werden. So kommen beispielsweise bei der Beobachtung einer Erdmännchengruppe im Zoo Fragen auf, die sich richtig formuliert als Aufgaben zur Bruchrechnung interpretieren lassen: Wie groß ist bei einer so großen Population eigentlich der Anteil an Jungtieren? Ist dieser Anteil konstant oder ändert er sich mit der Zeit? Welchen Anteil seines Lebens verbringt ein Erdmännchen eigentlich als Jungtier und ist das mehr oder weniger als beim Menschen? Aus genau solchen Fragen lässt sich dann eine Exkursion erarbeiten, die nun vorgestellt werden soll.

Zunächst ist zu klären, warum es sich überhaupt lohnt, Mathematik im Zoo zu betreiben. Dabei werden die beiden Hauptgründe, nämlich die Lernchancen von fächerübergreifendem Unterricht und vom Besuchen außerschulischer Lernorte kurz erläutert. Insbesondere wird erklärt, welche Rahmenbedingungen Lernen am außerschulischen Lernort erfüllen muss, damit es gewinnbringend ist. Anschließend findet eine präzise fachliche Klärung in sowohl einer mathematikdidaktischen als auch einer biowissenschaftlichen Sachanalyse statt. Nach einer Festlegung dessen, was die Lehrkraft an Hintergrundwissen für die Exkursion haben muss, können dann Lernziele für Schüler*innen formuliert werden. Dabei wird sowohl auf mathematische und biologische Fachinhalte als auch auf mathematische Kompetenzen eingegangen. Anschließend wird ein möglicher Ablauf der Exkursion sowie eine mögliche Vor- und Nachbereitung beschrieben.

2 Mathematik im Zoo

2.1 Außerschulische Lernorte

Als außerschulischer Lernort zu verstehen sind laut Baar und Schönknecht (2018) „alle Orte außerhalb einer Schule [..], sofern sie intentional in schulische Lern- und Bildungsprozesse einbezogen werden“ (S. 25). Im Weiteren wird erwähnt, dass der Besuch außerschulischer Lernorte im Alltag des Mathematikunterrichts nur eine mehr als untergeordnete Rolle einnimmt, obwohl Alltagsbezug ein wichtiges mathematikdidaktisches Prinzip ist. Ludwig (2018) sieht jedoch in der Öffnung von Mathematikunterricht derart, dass alternative Unterrichtsorte bzw. anregende Lernorte besucht werden, eine Chance zur Erarbeitung und Entdeckung von unter anderem mathematischem Wissen. Hierbei soll Wissen am außerschulischen Lernort aufgenommen und anschließend im Kassenzimmer nachbearbeitet werden.

Damit der Besuch eines außerschulischen Lernorts besonders gewinnbringend ist, spricht Klaes (2007) mehrere Empfehlungen aus, die sich in drei Punkten zusammenfassen lassen: Zum einen soll der Besuch des Lernorts in den Unterricht integriert sein. Dies bedeutet, dass der Besuch des Lernorts derart mit einem aktuell behandelten Thema des Curriculums verknüpft ist, dass vor Ort die entsprechenden inhaltlichen oder methodischen Aspekte eingeübt oder vertieft werden. Weiterhin muss der Besuch des Lernorts vor- sowie nachbereitet werden. Dabei soll die Vorbereitung zum einen als thematische Einführung und zum anderen als Orientierung über das zu Erwartende dienen. In der Nachbereitung hingegen soll auf den während der Exkursion gemachten Erfahrungen aufgebaut werden, indem das am Lernort Erlebte zusammengetragen und vertieft wird. Zudem soll am Lernort die Möglichkeit bestehen, dass Lernende in Paaren oder in Gruppen zusammenarbeiten sowie eigene Entscheidungen treffen können.

2.2 Fächerübergreifender Unterricht

Auch Fächerübergreifendes Lernen stellt laut Ludwig (2018) eine Möglichkeit dar, Mathematikunterricht zu öffnen. Es wird von fächerübergreifendem Unterricht gesprochen, wenn die Lerninhalte zweier Fächer miteinander verknüpft werden. Dabei kann zwischen einem diktatorischen und einem demokratischen Standpunkt unterschieden werden. Bei ersterem stellt die Mathematik den Kern des Unterrichts dar und wird auf Themen eines anderen Faches angewandt. Bei letzterem wird ein vorher festgelegtes Problem unter anderem mit mathematischem Wissen, aber auch mit Kenntnissen aus mindestens einem anderen Fach gelöst.

Das fächerübergreifende Lernen birgt vor allem ein allgemeinbildendes Potential. Ludwig (2018) führt unteranderem an, dass alltagsrelevante Analyse-, Klassifikations-, Organisations- und Argumentationsfähigkeiten ausgebildet werden. Weiterhin wird erwähnt, dass im täglichen Leben Wissen in unterschiedlichsten Situationen angewendet werden muss, wobei die Fachzugehörigkeit des Wissens bei der Problemlösung unerheblich ist. Ebenso wird man im Berufsleben damit konfrontiert sein, mit Experten verschiedenster Fachgebiete zusammenarbeiten zu müssen. Innermathematisch kann beim fächerübergreifenden Lernen insbesondere die Modellierungskompetenz gefördert werden.

3 Mathematische Sachanalyse

3.1 Brüche

Padberg und Wartha (2017) führen zwei zentrale Grundvorstellungen (im Folgenden GV) zu Brüchen an, nämlich den *Bruch als Anteil* und den *Bruch als Operator*. Wichtig zu erwähnen ist, dass in der erstgenannten GV noch zwischen dem Bruch als *Teil eines Ganzen* und dem Bruch als *Teil mehrerer Ganze* differenziert werden kann. Dabei stellt die Betrachtung des Bruches als *Teil eines Ganzen* den üblichen schulischen Einstieg in die Bruchrechnung dar. Hierbei wird ein Objekt in n gleichgroße Teile zerlegt. In dieser Vorstellung ist ein n-tel $(\frac{1}{n})$ dann eins von n gleich großen Teilen eines Ganzen. Beim für Schüler*innen i.d.R. schwieriger zu verstehenden Aspekts des Bruchs als *Teil mehrerer Ganze* geht es darum, *m* gleichgroße Stücke gerecht auf *n* Individuen aufzuteilen. Es bekommt dabei jedes Individuum *m n*-tel ($\frac{m}{n}$) aller Stücke. Die Schwierigkeit hierbei liegt darin, die Summe der *m* Stücke als Ganzes zu betrachten. Während die Anteils-GV Brüche statisch darstellt, wird bei der Operator-GV ein dynamisches Bild erzeugt. Der Bruch ist hierbei als multiplikative Handlungsanweisung zu verstehen (Bilde $\frac{3}{5}$ von 45.000 Euro).

Das Erweitern und Kürzen von Brüchen folgt laut Vollrath und Weigand (2009) unmittelbar aus der GV *Teil eines Ganzen*. Padberg und Wartha (2017) ergänzen, dass auch der Verhältnisaspekt von Brüchen hilfreich für das Erweitern und Kürzen ist, wobei angemerkt wird, dass dieser Bruchbegriff für das Rechnen mit Brüchen unbrauchbar ist. Zuallererst muss jedoch der Begriff der gleichwertigen Brüche bekannt sein. Zum Erweitern und Kürzen bietet sich die GV *Verfeinern und Vergröbern von Unterteilungen* an (siehe Abb. 1 im Anhang). Mithilfe dieser kann anschaulich vermittelt werden, dass sich der betrachtete Anteil eines Ganzen bei einer anders gewählten gleichmäßigen Unterteilung nicht ändert. Rechnerisch kann dann festgestellt werden, dass die Verfeinerung eines Bruches der Multiplikation des Nenners sowie des Zählers mit der gleichen natürlichen Zahl (außer 0 und ein) entspricht. Das Vergröbern entspricht dann der Division des Nenners und des Zählers durch die gleiche natürliche Zahl (außer 0 und 1).

Zum Größenvergleich von Brüchen führen Padberg und Wartha (2017) mehrere Strategien an. Als besonders leicht werden die Fälle beschrieben, in denen die zu vergleichenden Brüche den gleichen Nenner bzw. den gleichen Zähler haben. Im ersten Fall lässt sich die Ordnungsrelation aus $\mathbb{N}$ unmittelbar auf Bruchzahlen übertragen ($\frac{7}{12}$ einer Torte sind mehr als $\frac{9}{12}$ einer Torte, denn wenn alle Stücke gleich groß sind, dann sind sieben Stücke größer als 9 Stücke). Im zweiten Fall hilft der Rückgriff auf die GV *Teil mehrerer Ganze*, wenn der Zähler großer als 1 ist, bzw. auf die GV *Teil eines Ganzen*, wenn es sich um Stammbrüche handelt. Verglichen werden muss dann die Größe der entsprechenden Anteile, da ihre Anzahl übereinstimmt ($\frac{2}{5}$ ist kleiner $\frac{2}{3}$, denn wenn etwas in fünf gleichgroße Teile zerlegt wird, dann sind die Teile kleiner, als wenn etwas in drei gleichgroße Teile zerlegt wird). Schwieriger wird es, wenn Nenner und Zähler der zu vergleichenden Brüche verschieden sind, da sie dann i.d.R. gleichnamig gemacht werden müssen. Es wird erwähnt, dass es für die meisten schulischen Probleme hinreichend ist, den größeren der beiden Nenner so lange zu vervielfachen, bis der kleinere Nenner diesen erstmals ohne Rest teilt. Eine Primfaktorzerlegung der Nenner zum Finden des Hauptnenners ist nur bei komplizierten Zahlen erforderlich.

3.2 Funktionen

Unter funktionalem Denken versteht man „einen bestimmten gedanklichen Umgang mit Funktionen“ (Vollrath und Weigand, 2009, S. 139), wobei Vollrath (1989, zit. nach Vollrath und Weigand, 2009) dabei drei Aspekte unterscheidet. Zum einen beschreiben Funktionen Zusammenhänge zwischen mindestens zwei Größen, wobei eine Größe von den anderen abhängt (Zuordnungscharakter). Weiterhin beschreiben Funktionen, wie sich die Änderung einer Größe auf die Änderung einer anderen Größe auswirkt (Änderungsverhalten). Abschließend kann man den durch die Funktionen dargestellten Zusammenhang als Ganzes betrachten, indem man den Blick nicht auf einzelne Wertepaare, sondern auf die Menge all dieser Paare richtet (Sicht als Ganzes).

Zu einem ausgeprägten Funktionenverständnis gehört es laut Greefrath, Oldenburg, Siller, Ulm und Weigand (2016), „verschiedene Formen der Darstellung zu interpretieren, zu erstellen, anzuwenden, Beziehungen zwischen Darstellungsformen zu erkennen und je nach Zweck zwischen ihnen zu wechseln" (S. 50). Humenberger und Schuppar (2019) führen einige Darstellungsformen an und erläutern die jeweiligen Vorteile. Die Darstellung als Graph fokussiert die qualitativen Eigenschaften einer Funktion, während Tabellen dafür geeignet sind, exakte Wertepaare aufzulisten. Ein Funktionsterm bietet eine allgemeine Beschreibung der Funktion und eignet sich zum Klassifizieren und für algebraische Betrachtungen; die verbale Beschreibung hilft bei der Kommunikation. Weiterhin können Funktionen auch in Diagrammen dargestellt und als Maschinen mit In- und Output aufgefasst werden.

4 Biologische Sachanalyse

4.1 Aussehen

Manser und Fischbacher (2012) erklären, dass die zur Familie der Mangusten gehörenden Erdmännchen (lat. Suricata suricatta) einen schlanken Körper mit langem Schwanz haben, wobei der Rücken braun gefärbt und von dunklen Streifen durchzogen ist. Richarz (2011) ergänzt, dass der Kopf gräulich-weiß gefärbt ist, wobei die Augen dunkel umrandet sind. Die Ohren sind schwarz, breit und stehen hervor; laut Manser und Fischbacher (2012) haben Erdmännchen zudem eine lange Nase. Weiterhin wird erwähnt, dass die Optik einer Verschmelzung mit der Umgebung dient. Zudem haben Erdmännchen an den Vorderfüßen lange Krallen. Die Größe eines ausgewachsenen Erdmännchens liegt zwischen 30 und 40 cm; das Gewicht liegt zwischen 600 und 900 g.

4.2 Lebensweise

Erdmännchen leben laut Manser und Fischbacher (2012) in Gruppen von drei bis 45 Tieren, wobei Macdonald (2009) eine Gruppengröße von zehn Tieren als typisch beschreibt. Puschmann, Zscheile und Zscheile (2009) erklären weiterhin, dass das Geschlechterverhältnis innerhalb der Gruppe ausgeglichen ist, wobei die Gruppenhierarchie durch ein Alpha-Paar bestimmt wird, in dem wiederum das Weibchen dominant ist. Es wird zudem erwähnt, dass sich einer Gruppe Männchen, seltener aber auch Weibchen anderer Gruppen anschließen können. Manser und Fischbacher (2012) ergänzen, dass Männchen nach ein bis zwei Jahren die Gruppe freiwillig verlassen, während Weibchen dies nur tun, wenn sie vom dominanten Weibchen verstoßen werden.

Erdmännchen bevölkern laut Puschmann, Zscheile und Zscheile (2009) ein 5-15 km^2 großes Territorium, in dem sich mindestens ein, i.d.R. jedoch mehrere Wohnbauten befinden. Im ganzen Territorium befinden sich als Rettungsversteck dienende Erdlöcher, die jeweils nicht weiter als 60 m voneinander entfernt liegen. Manser und Fischbacher (2012) ergänzen, dass der Wohnbau regelmäßig innerhalb weniger Tage gewechselt wird. Befinden sich allerdings Jungtiere im Bau, so kann sich ein Verbleib auf bis zu vier Wochen erstrecken. Weiterhin wird erklärt, dass Erdmännchen bei Sonnenaufgang den Bau für ein Sonnenbad verlassen, das wenige Minuten, aber auch bis zu einer Stunde dauern kann. Dabei stehen die Erdmännchen auf ihren Hinterbeinen und halten den Bauch in die Sonne, um die im Bau abgekühlten Körper aufzuwärmen. Insbesondere jüngere Tiere kämpfen morgens spielerisch miteinander, wobei sich auch ältere Tiere anschließen können. Nach der Morgenroutine wird die Schlafstelle zur Nahrungssuche verlassen. Dabei halten die Erdmännchen einen Abstand von höchstens 10 m zueinander ein und stoßen Laute aus, um sich gegenseitig nicht zu verlieren. Weiterhin nimmt ein Erdmännchen eine erhöhte Position als Wache ein. Das Wächter-Erdmännchen gibt dabei in kurzer Frequenz (wenige Sekunden) Laute von sich und stößt bei Feindsichtung einen Alarmruf aus. Macdonald (2009) erklärt, dass die Wächterrolle i.d.R. von nichtdominanten Männchen eingenommen wird. Nichtdominante Weibchen fungieren zwar des Öfteren auch als Wache, jedoch üben sie die Rolle weniger lange als die Männchen aus. Puschmann, Zscheile und Zscheile (2009) erklären weiterhin, dass Erdmännchen zur heißen Mittagszeit eine Pause einlegen, um sich nachmittags wieder auf Futtersuche zu begeben. Abends sind die Erdmännchen dann mit der Reinigung und der Instandhaltung des entsprechenden Baus beschäftigt.

4.3 Fortpflanzung

In einer Erdmännchengruppe sind laut Manser und Fischbacher (2012) hauptsächlich die dominanten Tiere für die Fortpflanzung zuständig; etwa 80% des Nachwuchses stammt von ihnen ab. Dabei kann ein Weibchen bis zu viermal im Jahr werfen, wobei die Wurfgröße im Schnitt vier Jungtiere beträgt. Die Tragezeit beträgt 70 Tage. Macdonald (2009) präzisiert, dass zwei bis drei Würfe pro Jahr in der Zeit zwischen Oktober und Juni bei einer Wurfgröße von zwei bis sieben Tieren üblich sind. Manser und Fischbacher (2012) erklären weiterhin, dass das trächtige Weibchen in der zweiten Hälfte der Tragezeit gegenüber den anderen Weibchen ein aggressives Verhalten zeigt und diese ggf. aus der Gruppe ausgeschlossen werden. Dieses Verhalten endet jedoch bei Geburt der Jungen, sodass die vertriebenen Weibchen wieder in die Gruppe zurückkehren und als Babysitterin fungieren. Gewöhnlicherweise beteiligt sich das Alpha-Paar nicht an der Aufzucht der Jungtiere.

Jungtiere bleiben laut Maser und Fischbacher (2012) die ersten Wochen im Bau. Nach zwei bis drei Wochen trauen sie sich erstmals an die Oberfläche, wobei sie immer von mindestens einem erwachsenen Tier gehütet werden, während die anderen auf Futtersuche sind. Laut Puschmann, Zscheile und Zscheile (2009) folgen die Jungtiere den anderen mit etwa 5-6 Wochen auf

Futtersuche und erlernen den Beuteerwerb, da ab etwa acht Wochen der Milchfluss versiegt. In einem Alter von drei Monaten werden die Jungen dann selbstständig. Im Alter von einem halben Jahr üben sie bereits die Rolle als Wache aus; mit einem Jahr fungieren sie auch als Babysitter.

4.4 Haltung

Laut dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018) sind Erdmännchen in Gruppen maximal 50 Tieren zu halten. Die Gruppe soll dabei aus einem dominanten Paar und Nachkommen beiden Geschlechts bestehen. Jedem Erdmännchenpaar müssen mindestens 12 m^2 Platz zur Verfügung stehen; jedes weitere erwachsene Tier braucht zudem weitere 2 m^2. Erdmännchen benötigen Scharr- und Grabmöglichkeiten, Brut- und Wurfboxen sowie Stein- oder Holzaufbauten als Ausguckmöglichkeit. Weiterhin soll der Boden aus verschiedenen Substraten bestehen. Als Lebensraumbereicherung ist Spielzeug (Bälle, Kanister,…) empfehlenswert. Weitermin sind Vorrichtungen wie Sichtblinden erforderlich, damit die Tiere sich vor den Besuchern verstecken können.

Puschmann, Zscheile und Zscheile (2009) erklären, dass Erdmännchen derart kälteunempfindlich sind, dass sie das ganze Jahr über in einem Außengehege gehalten werden können, sofern Sie die Möglichkeit bekommen sich zwischenzeitlich aufzuwärmen (zusätzliches Innengehege oder Heizstrahler). Weiterhin sind Erdmännchen vorwiegend Fleischfresser, können aber auch mit einem gewissen Anteil an Obst und Gemüse gefüttert werden. In Menschlicher Obhut erreichen sie ein Lebensalter von bis zu 20½ Jahren.

5 Lernzielsetzung

Ziel der Exkursion ist es, dass die Schüler*innen authentische Fragestellungen aus dem Kontext Biologie mit mathematischen Methoden lösen (siehe Arbeitsauftrag im Anhang). Entsprechend kann inhaltlich zwischen mathematischen und biologischen Lernzielen differenziert werden. Der fokussierte mathematische Inhalt ist hierbei die Bruchrechnung. Genauer wird die Grundvorstellung *Bruch als Anteil* ausgeprägt und das Erweitern und Kürzen sowie der Größenvergleich von Brüchen eingeübt. Dabei wird insbesondere der Größenvergleich von Brüchen dadurch vertieft, dass die Brüche realen Situationen entstammen und entsprechend kompliziert sind. Weiterhin werden in Aufgabe 3d Inhalte der Bruchrechnung mit dem Inhaltsfeld des funktionalen Denkens verknüpf, wobei der Zuordnungscharakter von Funktionen fokussiert wird. Ebenso können erste Erfahrungen mit verschiedenen Darstellungen von Funktionen gemacht werden.

Bedingt durch die Authentizität und Offenheit der Aufgaben wird insbesondere die Kompetenz des Problemlösens gefördert. Die vom hessischen Kultusministerium (2011) formulierten lernzeitbezogenen Kompetenzerwartungen am Ende der Jahrgangsstufe 6, die hierbei im Mittelpunkt stehen, sind das Anwenden heuristischer Strategien auf Alltagsprobleme sowie das Entnehmen der zur Problemlösung notwendigen Daten. Weiterhin wird das zur Modellierungskompetenz gehörende Entnehmen von Informationen aus der Lebenswirklichkeit eingeübt, wobei in Aufgabe

3d) zudem die Übersetzung eines Sachproblems in ein deskriptives mathematisches Modell fokussiert wird. Weiterhin wird im Anschluss an die Exkursion (siehe Kapitel 6.3) die Kommunikationskompetenz im Beschreiben von Vorgehensweisen sowie im Vergleichen, Diskutieren und Bewerten von Lösungswegen gefördert.

Aus biologischer Sicht können die Schüler*innen insbesondere Wissen über das (Sozial-)verhalten und über den Nachwuchs von Erdmännchen lernen. Intensiv wird sich mit der Haltung von Tieren in Zoos auseinandergesetzt. Dazu wird zum einen das Gehege der Erdmännchen genau untersucht und mit den vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft festgelegten Standards verglichen (Aufgabe 2). Weiterhin wird in Aufgabe 3b) und 3c) explizit ein Vergleich zwischen Tieren in freier Wildbahn und Tieren im Zoo angestellt. In Aufgabe 3d) stößt man schlussendlich auf die Problematik, dass eine Nichtregulierung der Erdmännchenpopulation sehr schnell die Kapazitäten des Zoos überschreitet, sodass sich auch mit der Abgabe von Tieren auseinandergesetzt werden muss.

6 Planung der Exkursion

6.1 Vorbereitung

Die Vorbereitung der Exkursion soll unmittelbar in der Unterrichtsstunde vor der Exkursion geschehen, in der die Schüler*innen sowohl inhaltlich in die behandelte Thematik eingeführt als auch über Ziele und Inhalte der Exkursion aufgeklärt werden. Dabei umfasst letzteres deutlich mehr als obligatorische organisatorische Tätigkeiten (Information der Eltern, Einsammeln von Eintrittsgeld usw.). Die Lernende sollen zudem darüber aufgeklärt werden, dass Sie im Zoo mit ihnen bekannten mathematischen Mitteln etwas über Erdmännchen lernen werden. Dabei bietet es sich an, die Arbeitsaufträge bereits auszuteilen und zu besprechen. Auch bereits bekannte heuristische Strategien können zusammengetragen werden.

Die Inhaltliche Einführung soll nicht mathematischer Natur sein; die im Rahmen der Exkursion notwendige Mathematik ist in den vorherigen Unterrichtsstunden zu vermitteln. Es muss allerdings noch Wissen über Erdmännchen erarbeitet werden, wobei sich hierzu eine Internetrecherche anbietet. Dabei soll sich insbesondere über die Lebensweise und das Verhalten von Erdmännchen informiert werden. Es kann aber auch bereits eine erste Verknüpfung der mathematischen und biologischen Inhalte geschehen, indem gewissen Daten von Erdmännchen und Menschen in Relation zu einander gesetzt werde (Größe, Gewicht, Lebenserwartung & Tragezeit).

6.2 Zoobesuch

Die Fütterung der Erdmännchen findet im Frankfurter Zoo zwischen 9:00 und 10:00 Uhr statt und stellt ein besonderes beobachtbares Ereignis dar, sodass die Anreise derart geplant sein muss, dass man sich gegen 8:45 Uhr am Erdmännchengehege einfindet. Daraufhin soll bis 11:00 Uhr

Zeit sein, sich intensiv mit den Arbeitsaufträgen zu beschäftigen, um anschließend bis 13:00 Uhr noch gemeinsam den Zoo Erkunden zu können.

Für eine gewinnbringende Exkursion ist es nicht notwendig, dass alle Schüler*innen alle Aufgaben bearbeiten. Es muss klar kommuniziert werden, dass die Aufgaben bis auf einzelne Ausnahmen nicht aufeinander aufbauen und entsprechend in einer beliebigen Reihenfolge bearbeitetet werden können. Es sollte jedoch, da Aufgabe 1 einen intensiven Beobachtungsauftrag enthält, gemeinsam mit dieser begonnen werden. Weiterhin sollten gegen Ende der Bearbeitungszeit jene Schüler*innen, die sich noch nicht mit Aufgabe 3d beschäftigt haben, angehalten werden dies zu tun, da diese Aufgabe aufgrund ihres Modellierungscharakters viele Lösungsmöglichkeiten und somit eine Chance zu regem Austausch in der Nachbereitung bietet.

6.3 Nachbereitung

Da die Aufgaben viele verschiedene Lösungsmöglichkeiten haben, ist es nicht nur notwendig, sondern auch für die Ausprägung von Kommunikations- und Argumentationskompetenz gewinnbringend, die eigenen Lösungen mit denen der anderen Lernenden zu vergleichen. Weiterhin können Schüler*innen sich somit auch mit Aufgaben auseinandersetzen, die sie aus zeitlichen Gründen während der Exkursion nicht bearbeiten konnten. Damit alle Lernenden die Möglichkeit bekommen, etwas zu ihren Lösungsverfahren sagen zu können, bietet sich auch hier wieder die Arbeit in Kleingruppen an. Anschließend können die elegantesten Lösungsverfahren im Plenum vorgestellt werden und gemeinsam hinsichtlich ihrer biologischen Bedeutung besprochen werden.

I Literaturverzeichnis

Baar, R. & Schönknecht, G. (2018). *Außerschulische Lernorte: Didaktische und methodische Grundlagen*. Weinheim & Basel: Beltz.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014). *Gutachten über die Mindestanforderung an die Haltung von Säugetieren*. [Internet]. Verfügbar unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Tier/Tierschutz/GutachtenLeitlinien/HaltungSaeugetiere.pdf?__blob=publicationFile [16.09.2019].[1]

Greefrath, G., Oldenburg, R., Siller, H.-S., Ulm, V. & Weigand, H.-G. (2016). *Didaktik der Analysis – Aspekte und Grundvorstellungen zentraler Begriffe*. Berlin & Heidelberg: Springer.

Hessisches Kultusministerium. (2011). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder – Das neue Kerncurriculum für Hessen – Sekundarstufe 1 – Gymnasium – Mathematik*. [Internet]. Verfügbar unter: https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_mathematik_gymnasium.pdf [16.09.2019].[2]

Humenberger, H. & Schuppar, B. (2019). *Mit Funktionen Zusammenhänge und Veränderungen beschreiben*. Berlin: Springer.

Klaes, E. (2008): *Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Perspektive der Lehrkraft*. Berlin: Logos.

Ludwig, M. (2018). Mathematikunterricht öffnen. In: T. Leuders (Hrsg.), *Mathematik-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (8. Aufl., S. 163-197). Berlin: Cornelsen.

Macdonald, D. (2009). *Erdmännchen – Auf Wachposten in der Wüste*. München: Bassermann.

Manser, M. & Fischbacher, M. (2012). Erdmännchen. In: Brockhaus-Redaktion (Hrsg.), *Faszination Natur: Tiere – Säugetiere II* (S. 142-144). Gütersloh & München, Brockhaus.

Padberg, F. & Wartha, S. (2017). *Didaktik der Bruchrechnung* (5. Aufl.). Berlin: Springer.

Puschmann, W., Zscheile, D. & Zscheile, K. (2009). *Zootierhaltung – Tiere in menschlicher Obhut* (5. Aufl.). Frankfurt am Main: Harri Deutsch.

Richarz, K. (2011). *Erdmännchen & Co. – Säugetiere im Zoo*. Stuttgart: Ulmer.

Vollrath, H.-J. & Weigand, H.-G. (2009). *Algebra in der Sekundarstufe* (3. Aufl.). Heidelberg: Springer.

---

[1] Das Gutachten zur Haltungsvorgaben von Säugetieren stammt vom zuständigen Bundesministerium und ist entsprechend als höchst seriös zu betrachten.

[2] Das Hessische Kultusministerium ist für schulische Inhalte in Hessen verantwortlich und gibt diese vor. Die Seriosität dieser Quelle muss nicht hinterfragt werden.

II Anhang

II. I Abbildungen

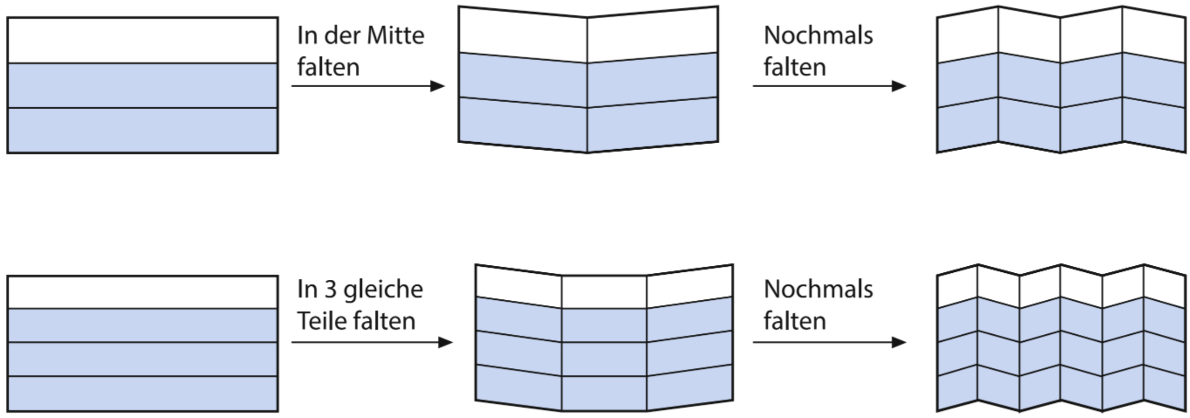

Abbildung 1: Verfeinerung einer Unterteilung (Padberg & Wartha, 2017, S.43)