

# Auf die Körper fertig, los!

## *Die Wirkung von Explorativem Lernen auf die Leistung und Motivation von Lernenden im Mathematikunterricht*

Laura Ascher<sup>1</sup>, Martina Astrid Müller<sup>2</sup>

---

DOI: <https://doi.org/10.53349/resource.2024.i2.a1329>

### **Zusammenfassung**

Exploratives Lernen ist geeignet, das Interesse von Lernenden zu wecken und sie aktiv als Gestalter\*innen am eigenen Lernprozess zu beteiligen. Das eigene Handeln, Ausprobieren verschiedener Lösungsmöglichkeiten und Kommunikation innerhalb der Lernendengruppe tragen zu einem tieferen Verständnis bei. So gelingt es, dass mathematische Aufgabenstellungen zu keinem Problem werden. In diesem Artikel wird ein kurzer theoretischer Input zu explorativem Lernen gegeben. Es folgt ein Blick auf ausgewählte Ergebnisse einer empirischen Studie in Hinblick auf Leistungsfähigkeit und Motivation von Schüler\*innen der Sekundarstufe 1. Konkrete im Unterricht erprobte Praxisbeispiele zeigen eine mögliche Umsetzung im Mathematikunterricht.

*Stichwörter:* Entdeckendes Lernen, Mathematikunterricht, Problemlösen, Motivation

---

## **1 Exploratives Lernen**

Exploratives Lernen als Methode setzt auf den Wissensdrang der Lernenden, ermuntert zum eigenständigen Erkunden von Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten und betrachtet Schüler\*innen als Mitverantwortliche am Lernprozess (Winter, 2016). Probleme werden aktiv gelöst, Fragestellungen bearbeitet und Experimente durchgeführt, wobei der Lehrkraft eine unterstützende Rolle zukommt, während die Lernenden im Mittelpunkt stehen. Diese Konzeption basiert auf Ideen der Reformpädagogik und erhielt ab den 1950er Jahren durch Jerome Bruner Anerkennung (Klewitz, 1977). Bruner betont die Bedeutung und das Ermöglichen stimmiger Übergänge zwischen den Darstellungsebenen „enaktiv-ikonisch-symbolisch“ als entscheidend für jedes Lernen mathematischer Sachverhalte (Hilgers, 2018). Gerade in der heutigen, schnelllebigen Welt und sich rasch verändernden Gesellschaft wird Lernmethoden,

---

<sup>1</sup> Evangelisches Gymnasium & Werkschulheim, Erdbergstraße 222A, 1110 Wien.

E-Mail: [ascher@bildung.gv.at](mailto:ascher@bildung.gv.at)

<sup>2</sup> Pädagogische Hochschule Wien, Grenzackerstraße 18, 1100 Wien.

E-Mail: [martina.mueller@phwien.ac.at](mailto:martina.mueller@phwien.ac.at)

die Jugendliche auf lebenslanges Lernen vorbereiten, große Bedeutung zugeschrieben. Durch das aktive Aneignen von Wissen führt exploratives Lernen zu tieferer Verarbeitung, nachhaltigerem Behalten und selbstgesteuertem Lernen (Leuders & Philipp, 2022). Problemlösen auf selbstbestimmter Basis, Lernmotivation, die in erster Linie von den Lernenden ausgeht und sogenanntes maßgeschneidertes Lernen sind für das Verständnis von Explorativem Lernen unerlässlich (Liebig, 2002).

## 1.1 Ablauf von Explorativem Lernen in Bildungseinrichtungen

Aktuell sind Lehrende in allen Schultypen mit einer Lernendengruppe konfrontiert, welche große Heterogenität aufweist, was ihnen unter anderem hohe diagnostische Kompetenz abverlangt. Explorative Settings bieten die Möglichkeit selbst zur diagnostischen Situation zu werden, da sie Lernenden die Möglichkeit bieten, „ihre heterogenen individuellen Sichtweisen und Kenntnisse zu entfalten“ (Leuders & Prediger, 2012, S. 40). In Abbildung 1 ist das grundlegende Muster des Ablaufs von Explorativem Lernen abgebildet.



Abbildung 1: Ablauf von Explorativem Lernen nach Stangl (2023), (eigene Darstellung)

Bei dieser Lernmethode werden mehrere Phasen durchlaufen. Der Prozess beginnt mit bereits bekanntem Wissen und der Entstehung von Fragen. Erfolgreiche Lernprozesse werden durch aktiv-kreative Zugänge, die mit praktischen Lerntätigkeiten verbunden sind, begünstigt (Klippert, 2004). Die Entdeckung von Neuem führt zu Staunen und weckt Interesse. Nachfolgend entwickeln die Lernenden erste Ideen, Ansätze und Hypothesen, wie das Problem gelöst werden könnte. In einem aktiven Konstruktionsprozess wird Neues stimmig mit bereits vorhandenem Wissen verbunden. Damit werden individuelle Deutungsmuster des Lerners erweitert. Gelingt Verstehen, dann lassen sich Sachverhalte „aus eigener Kraft“ nachvollziehen und rekonstruieren (Lehner, 2018, S. 21). Es entstehen eigene, tiefgehende Fragen. Die darauffolgende Phase betont aktives Handeln und Experimentieren. Dabei werden Fehler ak-

zeptiert, die möglicherweise zu Kurskorrekturen, neuen Ideen oder wiederholtem Erproben führen. Neu aufkommende Fragen können die Grundlage weiterer Lernprozesse bilden. Am Ende des explorativen Lernprozesses erfolgt die Dokumentation und Präsentation des Erlernen und Erforschten. Dies ist essenziell, um das Wissen zu teilen und besonders den Austausch mit anderen zu fördern (Stangl, 2023).

Der explorative Ansatz betont die Neugier und den Wissensdurst der Lernenden und betrachtet diese als aktive Teilnehmer\*innen am Lernprozess. Hier liegt der Fokus auf intuitivem Handeln und selbstständigem Problemlösen in weniger strukturierten, realitätsnahen Situationen. Fehler werden als Chance betrachtet und gemeinsam analysiert.

## 2 Exploratives Lernen mit Zylinder und Drehkegel – eine empirische Untersuchung

Im Rahmen einer empirischen Studie wurde die Thematik „Zylinder und Drehkegel“ in vier Schulklassen untersucht. Dabei erhielten zwei Klassen herkömmlichen Unterricht, während die anderen beiden in explorativen Settings unterrichtet wurden. Im explorativen Unterricht wurde Schüler\*innen in einer vorstrukturierten Lernumgebung die Möglichkeit geboten, Formeln zur Volumen- und Oberflächeninhaltsberechnung eigenständig zu erarbeiten. Sie hatten die Möglichkeit, durch aktives Handeln mit Faltnetzen und Schüttkörpern Zusammenhänge zu entdecken. Nach Abschluss des Unterrichts wurden alle Klassen hinsichtlich ihrer Motivation und Leistung untersucht (Ascher, 2023). Die Motivation der Lernenden wurde anhand konkreter Aussagen erhoben, die darauf abzielten, ihre Einstellung zum Mathematikunterricht und ihre Bereitschaft zur Teilnahme am Lernprozess zu erfassen. Um die Leistung zu erfassen, wurden Beispiele herangezogen, die den Grad des Verständnisses und die Anwendung der in der empirischen Studie erforschten Formeln überprüften. Daraus ließ sich ableiten, welchen Einfluss explorativer Unterricht auf die Motivation der Lernenden sowie auf deren Leistung in Bezug auf mathematische Konzepte hatte.

### 2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der von Ascher (2023) durchgeführten Studie zeigen, dass die Wahl der Unterrichtsmethode einen signifikanten Einfluss auf die Motivation der Schüler\*innen hat (Abbildung 2).

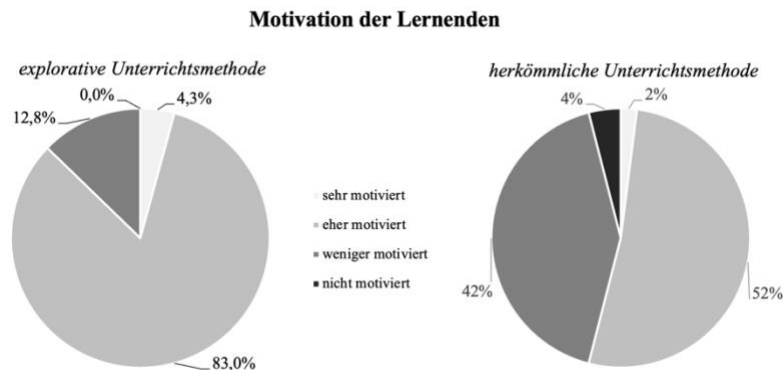


Abbildung 2: Motivation der Lernenden (eigene Darstellung)

Ein positiver Korrelationskoeffizient von 0,361 deutet darauf hin, dass Lernende bei der Anwendung explorativer Methoden höhere Motivation aufweisen. Ähnlich war der Zusammenhang zwischen der Unterrichtsmethode und dem Abschweifen der Gedanken im Mathematikunterricht. Lernende, welche explorative Settings erlebten, blieben demnach fokussierter als solche, die herkömmlichen Unterricht erfuhren.

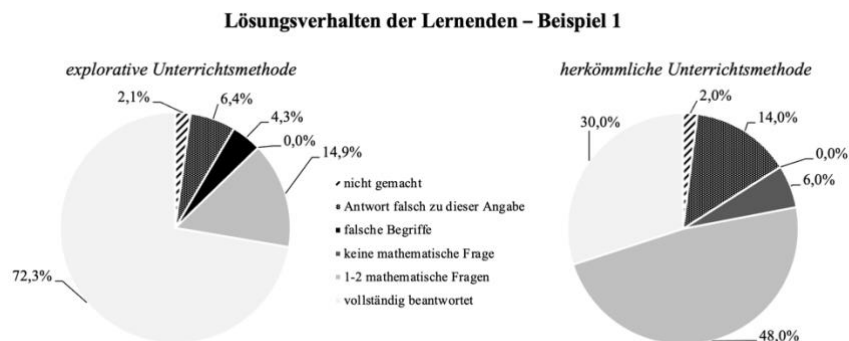


Abbildung 3: Lösungsverhalten der Lernenden – Beispiel 1 (eigene Darstellung)

In gleicher Weise konnte ein bedeutsamer Zusammenhang zwischen der gewählten Unterrichtsmethode und der Lösungswahrscheinlichkeit festgestellt werden (Abbildung 3). Schüler\*innen, die durch exploratives Lernen unterrichtet wurden, zeigten eine verbesserte Leistung sowohl bei der ersten Aufgabe, welche auf einen mathematischen Blickwinkel abzielte, als auch bei der zweiten Aufgabe, bei der die Anwendung der richtigen Formel gefragt war. Explorativ lernende Jugendliche offenbarten somit eine gesteigerte Fähigkeit, mathematische Konzepte zu durchdringen und das erworbene Wissen erfolgreich in praktischen Aufgaben umzusetzen.

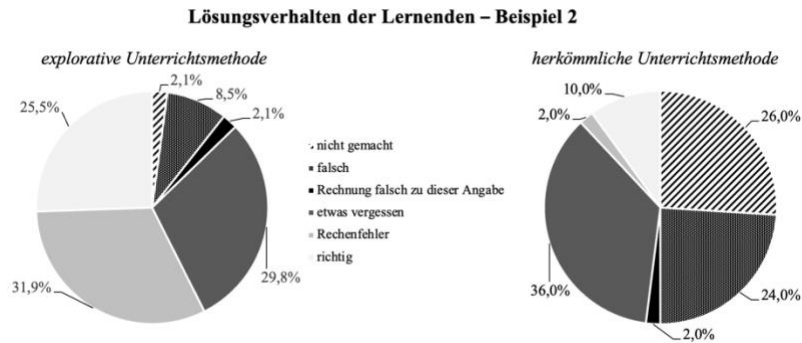


Abbildung 4: Lösungsverhalten der Lernenden – Beispiel 2 (eigene Darstellung)

Leistungsschwächere Lernende zeigten in explorativen Unterrichtssettings nicht nur eine höhere Motivation, sondern auch im Lösungsverhalten eine geringere Differenz im Vergleich zu leistungsstärkeren Lernenden. Dies galt insbesondere bei der Anwendung mathematischer Formeln. Die Ergebnisse der Studie deuten demnach darauf hin, dass explorative Methoden dazu beitragen können, nicht nur die Motivation, sondern auch das Lösungsverhalten von leistungsschwächeren Lernenden zu stärken, wodurch mögliche Leistungsdifferenzen verringert werden.

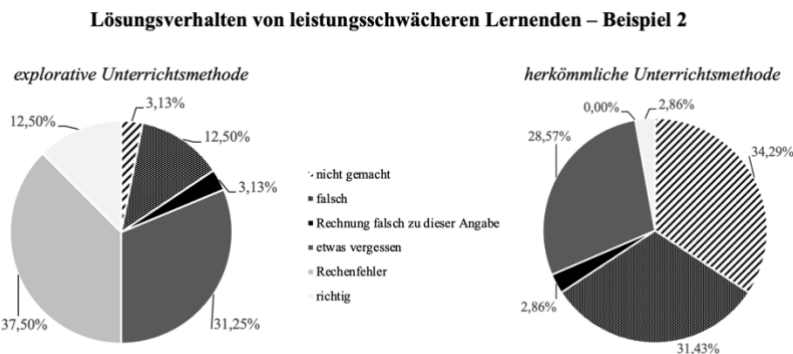


Abbildung 5: Leistungsvergleich von leistungsschwächeren Lernenden - Beispiel 2 (eigene Darstellung)

In Bezug auf das Geschlecht konnten weder Differenzen in der Motivation noch in der Leistung der Lernenden bei der Anwendung von explorativen Unterrichtsmethoden festgestellt werden. Obwohl Mädchen bei der ersten Aufgabe minimal besser abschnitten und bei der zweiten Aufgabe eine geringfügig schlechtere Leistung zeigten, waren diese Unterschiede nicht statistisch signifikant. Der Mangel an signifikanten Korrelationskoeffizienten weist darauf hin, dass diese Unterschiede zufälliger Natur sein könnten. Somit unterstützt die Studie die Eignung explorativer Unterrichtsmethoden für Schülerinnen und Schüler gleichermaßen.

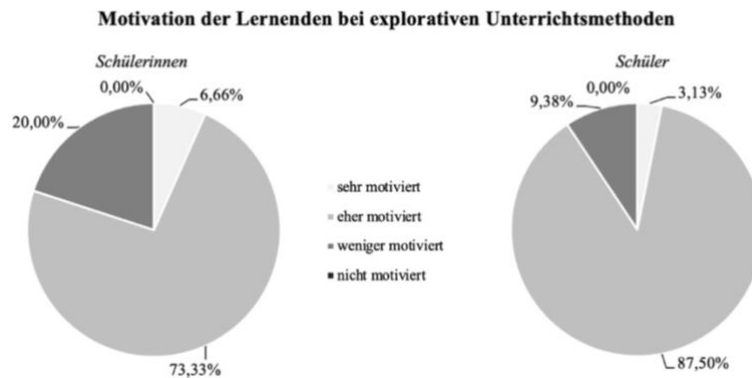


Abbildung 6: Geschlechtervergleich bezüglich der Motivation – explorative Methode (eigene Darstellung)

### 3 Unterrichtsbeispiele für die Praxis

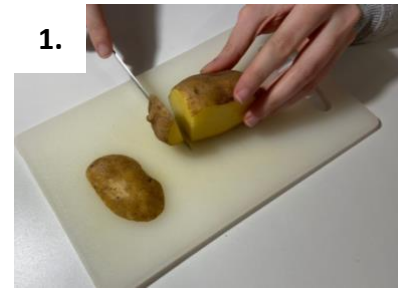
Die Universität Wien veröffentlicht im Rahmen des Projekts „Mathematik macht Freu(n)de“<sup>1</sup> Unterrichtsbeispiele in Form von Denk- und Experimentkarten, welche sich hervorragend für den Einsatz in explorativen Lernsettings eignen. Die nachfolgenden Experimente wurden erprobt und an den Unterricht und den Bedürfnissen der Lernendengruppe angepasst. Teilweise wurden Bestandteile vorbereitet und zur Verfügung gestellt, sodass der Spagat zwischen zeitlichen Möglichkeiten und Raum zum eigenen Entdecken gelingt.

#### 3.1 Die Erdäpfelpyramide

Die Erdäpfelpyramide stellt eine explorative Aufgabe im mathematischen Kontext dar, welche Lernenden ermöglicht, die Beziehung zwischen dem Volumen eines Quaders und dem einer Pyramide selbstständig zu entdecken. Für dieses Experiment werden mehrere große Erdäpfel, ein Messer mit Schneidebrett, eine Waage, sowie Stift und Papier benötigt. Nachfolgend wird die Umsetzung im Unterricht beschrieben, wobei die Lernenden einen Ablaufplan mit anschließenden Fragen erhielten. Die Fotos (Abbildung 7) entstanden in der Unterrichtseinheit, wobei die Erdäpfel im Anschluss aufgeteilt wurden und bei einigen Schüler\*innen an diesem Tag Erdäpfelpüree am Speiseplan stand.

**Ablauf:**

1. Beginne damit, aus dem Erdapfel einen möglichst großen Quader zu schneiden.
2. Anschließend wiegst du den Quader und notierst sein Gewicht.
3. Schneide zunächst aus dem Quader ein Prisma aus. Mit zwei weiteren Schnitten entsteht eine möglichst große Pyramide.
4. Nachdem du die Erdäpfelpyramide geformt hast, wiegst du sie und notierst ihr Gewicht.

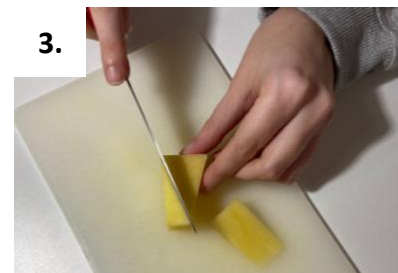


**Fragestellungen:**

Kannst du herausfinden, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Gewicht des Quaders und dem Gewicht der Pyramide gibt?

Versuche dies, indem du das Experiment mit einem zweiten und dritten Erdapfel wiederholst.

Welche Schlussfolgerung kannst du daraus für den Zusammenhang der Volumina der beiden Körper ziehen?



**Ziel:** Die gestellte Aufgabe fordert die Lernenden dazu auf, einen Zusammenhang zwischen dem Gewicht des ursprünglichen Quaders und dem Gewicht der entstandenen Pyramide zu erkennen. Es soll erforscht werden, wie das Volumen einer Pyramide im Vergleich zum Volumen eines Quaders berechnet wird und dass, wenn Grundfläche und Höhe ident sind, das Volumen der Pyramide einem Drittel des Volumens des Quaders entspricht, ein Wert der näherungsweise im Experiment nachgewiesen werden kann.

Abbildung 7: Fotos aus der Unterrichtseinheit "Erdäpfelpyramide" (erstellt von Laura Ascher)

### 3.2 Oberfläche einer Kugel

Das folgende Experiment ermöglicht den Lernenden, den Oberflächeninhalt einer Kugel durch praktische Erfahrungen zu erforschen und auf greifbare Weise zu verstehen. Um die Aufgabe zu meistern, werden ein Tennisball, ein Stanleymesser, eine Pinnadel, ein Wollknäuel, ein Blatt Papier sowie ein Stift benötigt.

**Ablauf:**

1. Der Tennisball wird in zwei gleich große Halbkugeln geschnitten.
2. Im Anschluss werden die Halbkugeln auf ein Blatt Papier gelegt und der Umfang (Querschnittskreis) wird mehrmals nachgezeichnet.
3. Nun wird der Anfang des Wollfadens mit einer Pinnadel am obersten Punkt einer Halbkugel befestigt.
4. Der Faden wird kreisförmig um die Halbkugel gewickelt, um die gesamte Oberfläche zu bedecken.
5. Anschließend wird der Faden abgeschnitten und wieder vom Tennisball abgewickelt.
6. Nun wird mithilfe des abgeschnittenen Fadens die Fläche der Querschnittskreise ausgelegt. Dafür wird die Wolle kreisförmig auf das Papier gelegt.
7. Der Vorgang wird wiederholt, um einen zweiten Kreis auf die gleiche Weise abzudecken.

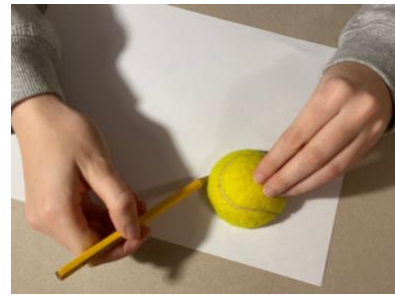


Abbildung 8: Fotos aus der Unterrichtseinheit „Oberfläche einer Kugel“  
(erstellt von Laura Ascher)

**Fragestellung:**

Wie viele vollständig ausgelegte Kreise konntest du mit der abgeschnittenen Schnur bedecken? Überlege, wie viele Kreise du erhalten würdest, wenn du den gesamten Tennisball umwickelst. Versuche die Formel für den Oberflächeninhalt einer Kugel aufzuschreiben.

**Ziel:** Durch dieses Experiment sollen die Lernenden den Oberflächeninhalt einer Kugel erforschen. Dabei erkennen sie, dass die Wolle ausreicht, um bei einer halben Kugel zwei Kreise auszulegen und bei einer ganzen Kugel insgesamt vier Kreise mit dem gleichen Radius wie jenem der Kugel. Durch die enge zeitliche Verbindung des „Bedeckens der (Halb-)kugel mit der Schnur“ und dem „Abwickeln der Schnur auf den Kreisflächen“ kann ein Zusammenhang hergestellt werden, was in der Gestaltpsychologie als „Gesetz der Gleichzeitigkeit“



bekannt ist (Kramer, 2016, S. 55). Durch die Anwendung der Flächeninhaltsformel für den Kreis leiten Lernende die Oberflächeninhaltsformel der Kugel ab. Sie entdecken, dass die Oberfläche einer Kugel viermal so groß ist wie die Fläche ihres Querschnittskreises.

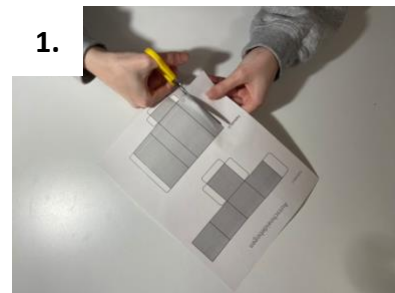
### 3.3 Das Volumen-Rätsel

Im dritten Experiment geht es darum, das Konzept des Volumens von Quadern zu erforschen. Die Lernenden benötigen eine Schere, Klebstoff, Semmelwürfel oder Sand, sowie Faltnetze für Quader und Würfel als speziellen Quader mit konkreten Maßen (Quader: 8 cm x 4 cm x 2 cm; Würfel: 4 cm x 4 cm x 4 cm).

#### Ablauf:

1. Zuerst schneiden die Lernenden die Faltnetze aus und falten sie zu oben offenen Quadern.
2. Anschließend kleben sie die Kanten mit Klebstoff zusammen, um stabile Quader entstehen zu lassen.
3. Nun werden die Schüler\*innen aufgefordert eine Vermutung anzustellen: In welchen der beiden Quader passen mehr Semmelwürfel?
4. Die Vermutung wird überprüft, indem der erste Quader bis zum Rand mit Semmelwürfeln gefüllt wird und diese dann in den zweiten Quader umgeschüttet werden.

1.



2.



**Fragestellung:**

Um deine Annahme zu überprüfen, fülle den ersten Quader bis zum Rand mit Semmelwürfeln. Anschließend leerst du diesen Inhalt aus dem ersten Quader in den zweiten. Überlege, in welchen Quader mehr Semmelwürfel passen und erkläre, weshalb dieses Ereignis eintritt!

Wie würde das Experiment ausgehen, wenn du mit Reis oder Sand als Füllmaterial arbeitest? Schreibe deine Vermutung auf!

**Ziel:** Durch die Berechnung des Volumens wird für beide Quader ein Volumen von  $64 \text{ cm}^3$  ermittelt. Das bedeutet, dass sie die gleiche Menge an Semmelwürfel fassen können. Das Experiment verdeutlicht den Schüler\*innen, dass unterschiedlich geformte Körper, in diesem Fall Quader, trotz ihrer unterschiedlichen äußeren Erscheinung das gleiche Volumen haben können.

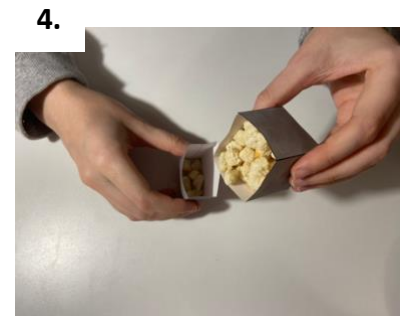


Abbildung 9: Fotos aus der Unterrichtseinheit „Volumenrätsel“ (erstellt von Laura Ascher)

## 4 Zusammenschau

Exploratives Lernen ermöglicht den Lernenden, aktiv am Lernprozess teilzunehmen und ein tieferes Verständnis für mathematische Konzepte zu entwickeln. Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass Schüler\*innen, die in explorativen Settings unterrichtet wurden, sowohl eine höhere Motivation als auch eine höhere Lösungswahrscheinlichkeit aufweisen. Besonders beeindruckend ist, dass nach explorativem Lernen leistungsschwächere Schüler\*innen ein höheres Lösungsverhalten zeigten als jene, die traditionell gelernt hatten. Demnach ist diese Methode ein vielversprechender Ansatz, um heterogene Lernendengruppen im Mathematikunterricht abzuholen, gezielt zu fördern und ihre mathematischen Kompetenzen zu stärken (Ascher, 2023). Die drei Praxisbeispiele (Erdäpfelpyramide, Oberfläche einer Kugel und Volumen-Rätsel) veranschaulichen, wie exploratives Lernen durch konkrete Experimente und Aufgabenstellungen im Mathematikunterricht umgesetzt werden kann.

## Literatur

Ascher, L. (2023). Auf die Zahlen, fertig, los. Masterarbeit Universität Wien.

Hilgers, A. (2018). Enaktiv – ikonisch – symbolisch konkret. Darstellungsebenen bewusst wechseln. Online-Beitrag vom 06.12.2018. Friedrich Verlag GmbH Seelze. <https://fr-vlg.de/eisprinzip>

Klewitz, E. & Mitzkat, H. (1977). Entdeckendes Lernen und offener Unterricht. In E. Schwartz (Hrsg.), *Entdeckendes Lernen und offener Unterricht – Grundschulunterricht*. Band 4. Georg Westermann Verlag Braunschweig.

- Klippert, H. (2004). Methoden-Training. Übungsbausteine für den Unterricht. 14. Auflage, Beltz. Weinheim und Basel.
- Kramer, M. (2016). Mathematik als Abenteuer. Band II: Algebra und Vektorrechnung. Erleben wird zur Grundlage des Unterrichts. Friedrich Verlag Seelze.
- Lehner, M. (2018). Erklären und Verstehen. Eine kleine Didaktik der Vermittlung. UTB Bern.
- Leuders, T. & Prediger, S. (2012). „Differenziert Differenzieren“ – Mit Heterogenität in verschiedenen Phasen des Mathematikunterrichts umgehen. In: Lazarides, R. & Ittel, A. (Hrsg.), Differenzierung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Implikationen für Theorie und Praxis Klinkhardt Bad Heilbrunn. (S. 35–66).
- Liebig, S. (2002). Entdeckendes Lernen – wieder entdeckt? In: M. Bönsch & A. Kaiser (Hrsg.), *Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und –techniken – Band 4 – Entdeckendes, Forschendes und Genetisches Lernen* Schneider Verlag Hohengehren. (S. 4–16).
- Stangl, W. (2023). Entdeckendes Lernen. Abgerufen am 2. Dezember 2023, von <https://lexikon.stangl.eu/12075/entdeckendes-lernen>
- Winter, H. W. (2016). Entdeckendes Lernen im Mathematikunterricht (3. Aufl.). Springer Spektrum Wiesbaden.

---

<sup>1</sup> Mathematik macht Freude. (2023) Mathematische Denk- und Experimentkarten. Abgerufen am 2. Dezember 2023, von <https://mmf.univie.ac.at/materialien/sek1/denk-und-experimentkarten/>