

„Viel Platz auf wenig Raum“

Eine inklusive Lernumgebung zum Prinzip der Oberflächenvergrößerung

U. Baumann-Groten^{1,2}, I. Heil² und J. Bohrmann²

¹Städtische Gesamtschule Stolberg, ²RWTH Aachen, Institut für Biologie II

Bei gleichzeitiger Stärkung der Freiheitsgrade der Lernenden kann über inklusive Lernumgebungen der Lernprozess in heterogenen Gruppen zur Entwicklung fachübergreifender naturwissenschaftlicher Kompetenzen gesteuert werden. Experimentelle Zugänge machen das Phänomen Oberflächenvergrößerung am Beispiel des Dünndarms erfahrbar. Der Beitrag kombiniert hierzu drei Stationen: zwei Modellexperimente mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad und einen Informationstext, der auch in einer sprachlich entlasteten Version zur Verfügung steht. Zu jeder Station gibt es außerdem zusätzliche Hilfen und Aufgaben.

Stichwörter: Inklusion, Heterogenität, sprachsensibler Unterricht, Modellexperiment, Oberflächenvergrößerung, Volumen, Messen, Auswerten

1 Einleitung

Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung ist ein im Curriculum der Sekundarstufe I häufig wiederkehrendes Thema. Neben der inhaltlichen Bedeutsamkeit auf unterschiedlichen Organisationsebenen des Lebendigen (vom Organell bis hin zum Organismus) lassen sich an diesem Thema verschiedene fachgemäße Arbeitsweisen trainieren, die der Erkenntnisgewinnung dienen.

Der vorliegende Beitrag zeigt an drei Stationen zum Dünndarm exemplarisch auf, wie naturwissenschaftliche Fragestellungen schülerzentriert erarbeitet werden können. Dabei werden konzept- und prozessbezogene Elemente wie z.B. Texterschließung, Modellexperiment, Messen und Rechnen verknüpft. Auch jüngere Schülerinnen und Schüler können bei der Planung und Durchführung der hier vorgestellten Modellexperimente an Alltagserfahrungen (Waschen, Kaffee kochen) anknüpfen. Die Experimente wurden so gewählt, dass sie relativ geringe Vorkenntnisse voraussetzen und verschiedene fachgemäße Arbeitsweisen einbeziehen, indem unterschiedliche Parameter gemessen werden. Außerdem sind sie zum Teil fachübergreifend angelegt (Mathematik, Chemie, Technik, Bionik). Ein Schwerpunkt liegt in der Aufarbeitung der Thematik für Inklusionsklassen.

Zur individuellen Förderung der Schülerinnen und Schüler bei zunehmender Heterogenität im Klassenzimmer bedarf es mehr denn je einer Binnendifferenzierung im Unterricht, die

verschiedenen Lernvoraussetzungen gerecht wird und unterschiedliche Lernwege ermöglicht. In diesem Sinne betrifft Inklusion nicht nur diejenigen Lernenden mit spezifischen Förderbedürfnissen (geistige Entwicklung, Lernen, körperliche Beeinträchtigungen), sondern ist hier weiter gefasst und bezieht ausdrücklich auch leistungsstarke Schülerinnen und Schüler ein. Der Umgang mit Differenzen kann im naturwissenschaftlichen Unterricht z.B. über Hilfskarten erfolgen, die im Bedarfsfall selbstständig genutzt werden können. Von Vorteil ist dabei, dass durch die Abstimmung zwischen Lernanforderung und persönlicher Lernvoraussetzung eine Erfolgsszuversicht vermittelt werden kann. Auch wird über kooperatives Lernen Heterogenität produktiv genutzt [1].

2 Oberflächenvergrößerung: Funktion und Beispiele

Oberflächen oder Grenzflächen sind die Reaktionsflächen von Stoffen; sie spielen auch bei Austausch- und Transportprozessen eine entscheidende Rolle [2]. Eine vergrößerte Oberfläche kann verschiedene Vorteile haben. Beispielsweise kann die Aufnahme und Abgabe von Substanzen pro Zeiteinheit mengenmäßig vervielfacht werden, Transportprozesse werden beschleunigt [z.B. 3]. Entsprechend können auch Atemgase oder „energiereiche Stoffe“ schneller aufgenommen bzw. abgegeben werden.

Für das Prinzip der Oberflächenvergrößerung lassen sich viele Beispiele in der Natur finden; in der Bionik dient es häufig als Vorbild und wird in technischen Nutzungen umgesetzt [4]. Insofern ergeben sich interdisziplinäre Bezüge, und die am Beispiel des Dünndarms gewonnenen Erkenntnisse können auf andere naturwissenschaftliche Phänomene übertragen werden.

In der Literatur werden verschiedene Vorschläge zur unterrichtlichen Umsetzung beschrieben, die nachfolgend kurz zusammengefasst werden:

Durch schrittweises Zerschneiden eines Kartoffelquaders, dessen Schnittflächen jeweils mit Hilfe des Kartoffeldrucks visualisiert werden, kann die Zunahme der Gesamtoberfläche aufgrund des höheren Zerteilungsgrades erfahrbar gemacht werden [5]. Einfacher noch lässt sich die Oberflächenvergrößerung aufzeigen, indem man die Blattfläche eines Kohlkopfes ausbreitet oder einen DIN-A4-Bogen sorgfältig gefaltet in einer Streichholzschachtel unterbringt [6].

Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung bei zunehmendem Zerteilungsgrad aber gleichem Volumen lässt sich auch durch ein chemisches Experiment verdeutlichen. Der gleiche Stoff (Eisen) wird in unterschiedlicher Gestalt - als Nagel oder in Form von Eisenspänen, Eisenwolle oder Eisenpulver - mit Salzsäure versetzt. Zu beobachten ist dabei eine mit zunehmender Oberfläche ansteigende Gasentwicklung [7]. Für jüngere Schülerinnen und Schüler eignet sich ein Versuch, bei dem das Lösungsverhalten von Würfelzucker und Streuzucker verglichen wird [8].

Die Geschwindigkeit der Abkühlung einer kleinen und einer großen Kartoffel kann gemessen und in einem Koordinatensystem protokolliert werden, um das Oberflächen-Volumen-Verhältnis zu

betrachten und die Bergmannsche Regel herzuleiten [9], die die Oberflächenvergrößerung auf der Ebene des Gesamtorganismus betrifft. Alternativ ließe sich ein Versuch einsetzen, bei dem die Abkühlung von Wasser in vier kleinen Reagenzgläsern gegenüber Wasser gleichen Volumens in einem großen Reagenzglas miteinander verglichen wird [8].

Modellversuche zum Feinbau der Lunge wurden ebenfalls veröffentlicht [10]. Auch der Geckofuß mit seinen Hafteigenschaften kann unter dem Aspekt Oberflächenvergrößerung betrachtet werden [11]. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel für das Prinzip der Oberflächenvergrößerung ist der Darm [vgl. 12, 13], auf den sich der hier vorgestellte Unterrichtsvorschlag bezieht.

3 Bemerkungen zum Unterricht

3.1 Curriculare Bezüge

Der Unterrichtsvorschlag kann im Regel- und Wahlpflichtunterricht eingesetzt oder als Projekt angeboten werden. Er ist vorwiegend für die Sekundarstufe I geeignet. Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung ist Bestandteil des Basiskonzeptes Struktur und Funktion und wird hier auf Organebene zum Beispiel im Kontext „Leben und Gesundheit/Stoffwechsel“ [14] thematisiert. Neben dem Erwerb von Fachwissen werden schwerpunktmäßig prozessbezogene Kompetenzen, insbesondere im Bereich Erkenntnisgewinnung, daneben auch in den Bereichen Kommunikation und Bewertung in den Blick genommen.

In Bezug auf den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wird gemäß Kernlehrplan NRW [15] im Einzelnen die Entwicklung folgender Kompetenzen angestrebt:

Die Schülerinnen und Schüler...

- wählen Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellen aus, prüfen sie auf Relevanz [...] und verarbeiten diese adressaten- und situationsgerecht.
- beobachten und beschreiben kriteriengeleitet biologische Phänomene und Vorgänge.
- stellen Hypothesen auf, führen quantitative Experimente zur Überprüfung durch, protokollieren diese und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus.
- nutzen Modelle und Modellvorstellungen zur Erklärung biologischer Zusammenhänge und beurteilen die Anwendbarkeit exemplarischer Modelle.

Der voraussichtliche Zeitaufwand für den Unterricht beträgt zwei Doppelstunden. Die drei Nährstoffgruppen als Bestandteile von Nahrungsmitteln sollten bereits bekannt sein, und ein erster Überblick über die Verdauungsorgane sollte bereits vorliegen.

3.2 Vorschläge zum Unterrichtsverlauf

Als Einstieg werden Beispiele für Strukturen gezeigt, bei denen das Prinzip der Oberflächenvergrößerung auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene verwirklicht ist: Es eignen sich – je nach Verfügbarkeit in der Biologiesammlung – z.B. (zerlegbare) Modelle von Gehirn, Niere, Nierenkörperchen, Magen, Zotten des Dünndarms, Plazenta mit Embryo. Vielleicht stehen auch passende Präparate zur Verfügung (Abb. 1). Auch (licht- und elektronenmikroskopische) Fotos wären geeignet.



Abb. 1: Beispiel für das Prinzip der Oberflächenvergrößerung: Bronchialbaum aus der Lunge einer Katze (Präparat). Foto: U. Baumann-Groten.

Die Palette geeigneter Beispiele und Darbietungsformen kann von der Lehrkraft je nach Vorkenntnissen der Lerngruppe selbst zusammengestellt, gegebenenfalls als Ratespiel gestaltet oder bereits mit Beschriftungen/Bildunterschriften versehen werden. Eine Kombination mit einer Auswahl von Daten zum menschlichen Körper [12, 13, 16] bietet sich an (Tab. 1). Dabei geht es nicht um Vollständigkeit, sondern um eine Erhöhung der Neugier hinsichtlich der sich zwangsläufig ergebenden Problemfragen sowie um die Einführung des Fachbegriffs, z.B.: „Wie ist es möglich, dass so viel Oberfläche auf so kleinem Raum untergebracht ist?“ und „Welchen Vorteil hat die Oberflächenvergrößerung für einen Organismus?“

Die Erarbeitung dieser Frage wird nun angeleitet, indem auf das Beispiel Dünndarm fokussiert wird. Da die Schülerinnen und Schüler sich weitgehend selbstständig die Oberflächenvergrößerung der Darmwand erschließen und deren Funktion erklären sollen, werden ihnen drei Stationen mit unterschiedlichen Lernangeboten – ein Text und zwei Modellexperimente – zur Verfügung gestellt (s. Arbeitsmaterial). In arbeitsteiligen Gruppen können die Stationen bearbeitet werden. Dies bietet den Vorteil, dass die Lehrkraft eine Binnendifferenzierung bei der Gruppenzusammensetzung vornehmen kann oder aber die Schülerinnen und Schüler sich je nach Lerntyp selbst zuordnen. Auch bietet jede Station zwei oder drei zusätzliche Hilfen bzw. Arbeitsaufträge, ist also selbst differenziert (s. Arbeitsmaterial). Die Abfolge der Stationen kann frei gewählt werden. Statt drei Stationen können auch nur zwei Stationen bearbeitet werden, wobei es sich empfiehlt, dass jede Gruppe den Text an Station 1 bearbeitet sowie eines der beiden Modellexperimente an Station 2 oder 3 durchführt, damit

affektive, motorische und kognitive Ziele gleichermaßen verfolgt und verschiedene Kompetenzen trainiert werden können (vgl. Abschnitt 3.1). Bei der Auswahl der beiden Modellexperimente kann aufgrund des unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades/Anspruchsniveaus ebenfalls differenziert werden (vgl. Abschnitt 3.3).

Länge des Dünndarms	3-5 m
Innenfläche des Dünndarms	ca. 120 m ² (vgl. Grundfläche eines Einfamilienhauses)
Zahl der Lungenbläschen	320-400 Millionen
Innere Oberfläche der Lunge	80-100 m ² bei einem Erwachsenen (vgl. Fußballfeld)

Tab. 1: Daten zum menschlichen Körper (Erwachsener)

Je nach Lerngruppe kann eine Besprechung im Plenum vorgeschaltet werden, oder die Gruppen beginnen direkt mit der Arbeit an den Stationen. Die einzelnen Gruppenergebnisse, die abschließend vorgestellt werden, ergänzen sich wie bei einem Puzzle zum Gesamtbild.

Zur Vertiefung (ggf. als Hausaufgabe) können die Schülerinnen und Schüler zurückkommend auf den Einstieg die erworbenen Kenntnisse anwenden, indem sie das Prinzip der Oberflächenvergrößerung (als Beispiel für das Basiskonzept Struktur und Funktion) auf die zu Beginn präsentierten Beispiele beziehen und gegebenenfalls noch Umsetzungsbeispiele aus der Technik – etwa Heizung, Autokatalysator oder verschiedene Filter – finden. Eine Differenzierung kann hierbei z.B. auch aufgrund der Quantität erfolgen.

3.3 Hinweise zu den Stationen

Zu jeder Station gibt es ein Aufgaben- und ein Arbeitsblatt (s. Arbeitsmaterial). Zur Erstellung der Hilfskarten können die drei letzten Seiten im Arbeitsmaterial ausgedruckt und entlang der Linien geschnitten werden. Die Abbildungen zu Station 1 stehen auch als Zusatzmaterial zur Verfügung.

Bei **Station 1** werden anhand eines Informationstextes Bau und Funktion des Dünndarms erarbeitet. Es stehen dabei zwei verschiedene Texte unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades zur Verfügung: So können Schülerinnen und Schüler mit Förderbedarf Sprache einen entlasteten Text als Informationsquelle verwenden (Karte 2). Hier erfolgte eine Entlastung durch „scaffolding“ [17, 18]. Bei dieser Methode für den sprachsensiblen Unterricht wird der Lernprozess durch die Bereitstellung von Hilfen (engl. scaffold – Gerüst, hier etwa i.S.v. Anleitungen, Denkanstöße) unterstützt. Intention ist es, Hilfen anzubieten, die den gegenwärtigen Wissenshorizont der Lernenden übersteigen. Mit zunehmender Eigenständigkeit wird das Gerüst wieder schrittweise entfernt. Unabhängig vom gewählten Informationstext kann zu dessen Erschließung die 5-Schritt-

Lesemethode („Überfliegen – Fragen – Lesen – Zusammenfassen – Wiederholen“) [z.B. 19, 20] verwendet werden (Karte 1).

Eine Teilaufgabe auf dem Arbeitsblatt bietet zwei Varianten: Je nach mathematischem Vorwissen können die Schülerinnen und Schüler sich mit dem Modell [vgl. 21] beschäftigen und durch Abzählen der Würfel die Oberflächenvergrößerung erfassen oder die Oberfläche über die vorgegebene Formel berechnen (Karte 3). Variante 1 könnte auch in der Erprobungsstufe, Variante 2 in der Mittelstufe eingesetzt werden.

Bei **Station 2** soll das Wasserhaltevermögen von zwei Handtüchern unterschiedlichen Typs – Mikrofaserhandtuch und Leinenhandtuch – verglichen werden („Handtuchversuch“, s. z.B. 22, 23, 24, 25]. Es ist darauf zu achten, dass die Handtücher gleich groß sind, sonst wären ihre Eigenschaften nicht vergleichbar. Die Schülerinnen und Schüler können die Tücher mit der Lupe betrachten oder die beiden Fotos in Abb. 2 verwenden. Dieses vergleichende Betrachten vermittelt die Antwort auf die eingangs gestellte Frage (s. Abschnitt 3.2) „Wie ist es möglich, dass so viel Oberfläche auf so kleinem Raum untergebracht ist?“, durch den Vergleich des aufgenommenen Wasservolumens erfolgt die experimentelle Beantwortung der Frage „Welchen Vorteil hat die Oberflächenvergrößerung?“.

Wie bei Station 1 bietet sich eine Modellkritik an; diese könnte auch als Hausaufgabe für alle aufgegriffen werden. Die Modellierung als spezifische Erkenntnismethode wäre dabei separat zu thematisieren.

Die Differenzierung ergibt sich durch Rechenhilfe, Leitfragen für die Auswertung sowie – optional für schnellere Schülerinnen und Schüler – eine Modellkritik (Karten 1-3).



Abb. 2: Material und Ergebnis beim „Handtuchversuch“ (Station 2). Verbliebenes Wasservolumen beim Mikrofaserhandtuch (links): ca. 820 mL, verbliebenes Wasservolumen beim Leinenhandtuch (rechts): ca. 920 mL; exemplarische Werte aus eigenen Experimenten. Fotos: U. Baumann-Groten.

Bei **Station 3** soll die Zeitspanne gemessen werden, in der die löslichen Anteile eines definierten Kaffee-Wasser-Gemischs einen Kaffeefilter passieren („Kaffeeversuch“). Es werden zwei verschiedene Rohre unterschiedlichen Durchmessers verwendet; entsprechend ist die Oberfläche des eingesetzten Filters (z.B. Filter-Nr. 4) unterschiedlich groß. Es ist ratsam, pro Arbeitsgruppe eine Messreihe für eines der beiden Rohre durchführen zu lassen. Die Durchflusszeit wird für jeweils drei verschiedenen konzentrierte Suspensionen ermittelt und

graphisch dargestellt (Abb. 3). Wie bei Station 2 wird somit im Modell die Antwort auf die Frage nach dem Vorteil der Oberflächenvergrößerung experimentell ermittelt.

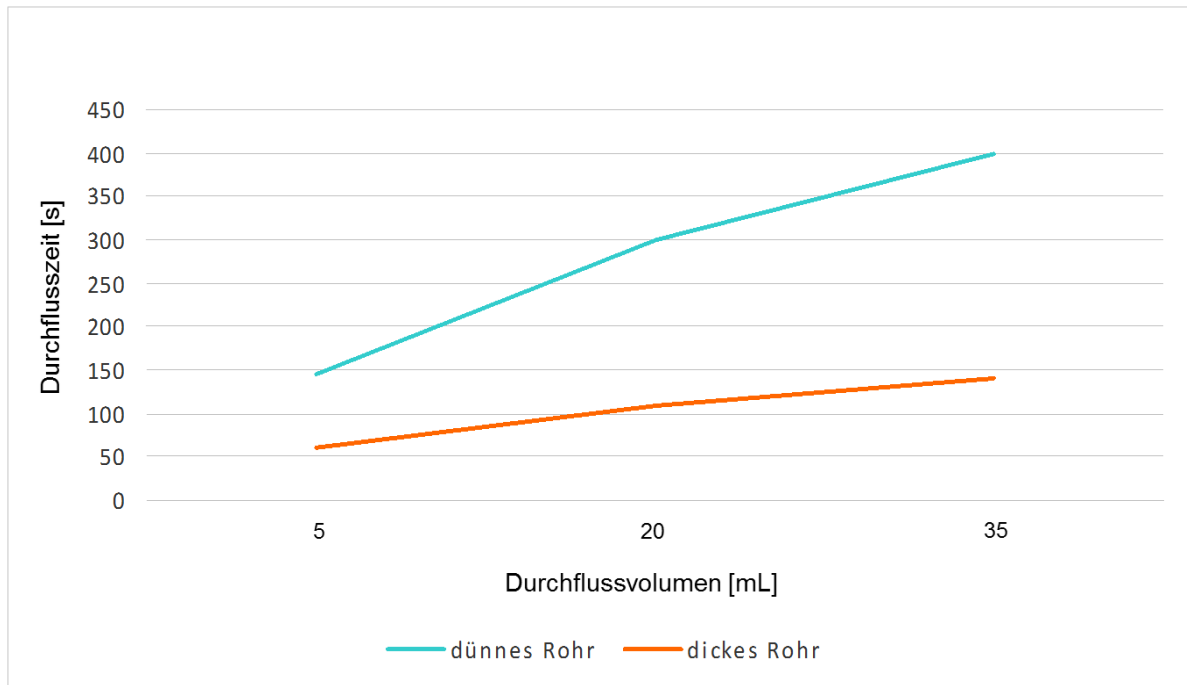


Abb. 3: Graphische Auswertung des „Kaffeeversuchs“ (Station 3); exemplarische Werte aus eigenen Experimenten.

Die Klasse wird für die Erstellung des Diagramms (Karte 1) zur Teamarbeit angehalten, indem die Ergebnisse mit einer Gruppe, die ein Rohr anderen Durchmessers verwendet hat, ausgetauscht werden müssen. Außerdem bleibt so der Spannungsbogen bis in die Auswertungsphase erhalten. Als Alternative zum Vorschlag auf dem Arbeitsblatt wäre die Errechnung der Mittelwerte denkbar.

Auch bei dieser Station soll eine Analogisierung von Modell und Original erfolgen: Eine große Oberfläche (großer Kaffeefilter) ermöglicht einen raschen Teilchendurchtritt, mehr Stoffe/Nahrungsbestandteile (Kaffeelösung) gelangen durch die Darmwand (Filter). Somit ist ein schneller Stoffaustausch möglich, was wiederum eine schnelle Bereitstellung von Energie zur Folge hat. Im Arbeitsmaterial wird die Analogisierung in Form einer Tabelle vorgenommen, welche beliebig vereinfacht werden kann – von der reinen Vorgabe der Spalten bis hin zu teilweise vorgegebenen Tabellentexten (Karte 2). Gelöste Mineralien und Vitamine etc. werden vernachlässigt. Die Vorgänge an der Membran werden ebenfalls didaktisch reduziert. Die Oberflächenvergrößerung im Dünndarm beruht auf der Unterteilung auf verschiedenen Systemebenen, dies ist beim Filter nicht der Fall.

3.4 Lösungen zum Arbeitsmaterial

3.4.1 Lösungen zu Station 1

Zu Aufgabe 2.a)

Hauptaufgaben des Dünndarms:

1. Durchmischung des Speisebreis
2. Weitertransport des Speisebreis
3. Verdauung der Nährstoffe (Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße)
4. Resorption der Nährstoffe sowie von Wasser, Mineralstoffen und Vitaminen (ins Blut bzw. in die Lymphe).

Zu Aufgabe 2.b)

Faktor 3, 5, 20 (insgesamt ergibt sich eine Vergrößerung um das 300fache).

Hinweis: Die hier zugrunde gelegten Werte stellen einen Kompromiss zwischen bisher gängigen Lehrbuchangaben und aktuellen Forschungsergebnissen dar: Anstelle einer bis zu 500-fachen Vergrößerung [2, 12, 13] ist lediglich von einer 60- bis 120-fachen Vergrößerung auszugehen [26, 27].

Zu Aufgabe 2.c)

Körper a (52 cm^2) ist kleiner als Körper b (66 cm^2); zur Erläuterung:

In Abbildung 2a des Arbeitsblattes ist ein Modell ohne Oberflächenvergrößerung dargestellt. Wenn die Kantenlänge des Würfels 1 cm beträgt, dann ist eine der sechs Flächen $1 \text{ cm} \cdot 1 \text{ cm} = 1 \text{ cm}^2$ (1 Quadratcentimeter) groß. Alle sechs Flächen des Würfels sind dann $6 \cdot 1 \text{ cm}^2 = 6 \text{ cm}^2$ groß.

Da im Quader nicht alle Würfelflächen an der Oberfläche liegen, ergeben sich

$$2 \text{ (Würfelreihen)} \cdot 8 \text{ (Würfel)} \cdot 3 \text{ cm}^2 \text{ (Seitenflächen)} + 4 \text{ cm}^2 \text{ (Randflächen)} = 52 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Alternative Rechnung: } 6 \text{ cm}^2 \cdot 16 \text{ (Würfel)} - 44 \text{ cm}^2 \text{ (verdeckte Flächen)} = 52 \text{ cm}^2.$$

Das Modell in Abbildung 2b verdeutlicht die Oberflächenvergrößerung auf der ersten Ebene. Bei einer entsprechenden Berechnung kommt man hier auf

$$5 \text{ cm}^2 \cdot 9 \text{ (äußere Würfel)} + 4 \text{ cm}^2 \cdot 3 \text{ (Einzelwürfel innen)} \\ + 2 \text{ cm}^2 \cdot 3 \text{ (drei innere Würfel der Dreierstapel)} + 3 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ (Würfel rechts in der Mitte)} = 66 \text{ cm}^2.$$

Natürlich kann man (bei beiden Körpern) die Außenflächen auch einfach addieren und mit 1 cm^2 multiplizieren.

Zu Aufgabe 3)

$$l = 120 \text{ m}^2 / (2 \cdot r \cdot \pi) = 120 \text{ m}^2 / (0,03 \text{ m} \cdot \pi) = 120 \text{ m}^2 / (0,03 \text{ m} \cdot 3,14) = 1,27 \text{ km}$$

Zu Aufgabe 4)

Eine große Oberfläche wird auf kleinem Raum untergebracht (Länge 3-5 m im Vergleich zu 1,27 km). Aufgrund der Oberflächenvergrößerung werden im Vergleich zu einer glatten Oberfläche pro Zeiteinheit mehr Stoffe aufgenommen. So steht dem Körper in kurzer Zeit viel Energie zur Verfügung. Zu Aufgabe 5)

Zur Veranschaulichung der Oberflächenvergrößerung des Dünndarms könnte das Modell in Abbildung 2b dadurch verbessert werden, dass man die zweite und dritte Ebene ebenfalls einzeichnet.

3.4.2 Lösungen zu Station 2

Zu Aufgabe 1)

Das Mikrofaserhandtuch sollte sich weicher anfühlen, es besitzt extrem feine Fasern in großer Menge auf engstem Raum. Das Leinenhandtuch hat eine glatte, glänzende Oberfläche und vergleichsweise weniger Webschlaufen (vgl. Abb. 2).

Zu Aufgabe 2)

Nummerierung der Fotos von oben nach unten: 4, 1, 2, 3.

Zu Aufgabe 3)

Frage: Welchen Einfluss hat das Material der Handtücher auf die Saugfähigkeit/„Wasserhaltefähigkeit“?

Vermutung: Die Anzahl der Noppen/Schlaufen müsste Auswirkungen auf die „Wasserhaltefähigkeit“ haben. Das Mikrofaserhandtuch (Noppen) sollte mehr Wasser halten als das Leinenhandtuch (Webschlaufen).

Zu Aufgabe 4)

Exemplarische Messwerte (eigene Experimente):

Das aufgenommene Wasservolumen beim Mikrofaserhandtuch beträgt 180 mL, beim Leinenhandtuch 60 mL (s. Abb.1b). In jedem Fall ist die verbleibende Wassermenge beim Mikrofaserhandtuch geringer als beim Leinenhandtuch.

Das Mikrofaserhandtuch ist als Modell besser geeignet, es hat aufgrund seiner Oberflächenstruktur eine bessere Wasserhaltefähigkeit. Die Noppen entsprechen den Darmzotten; Tabelle (von oben nach unten): Dünndarmwand, Darmfalten, Darmzotten, Nährstoffe + Wasser.

Zu Aufgabe 5)

Modellkritik: Darstellung der Blutgefäße fehlt, Ebene der Mikrovilli fehlt; Darmwand ist schlauchförmig, nicht flach und außerdem aus einem anderen Material aufgebaut; Größenverhältnisse: Zotten sind in Wirklichkeit kleiner.

3.4.3 Lösungen zu Station 3

Zu Aufgabe 2)

Fragen: a) Welchen Einfluss hat die Größe der Oberfläche auf die Geschwindigkeit, mit der die KaffeeLösung durch den Filter fließt? b) Bei welchem Ansatz fließt die KaffeeLösung schneller durch?

Vermutungen: a) Bei einer größeren Oberfläche fließt die KaffeeLösung schneller durch. b) Je mehr Lösung durch den Filter fließt, desto länger dauert es.

Zu Aufgabe 3)

Schritt 4 (exemplarische Messwerte aus eigenen Experimenten): Oberfläche des großen Filters: $(2,5 \text{ cm})^2 \cdot \pi = 19,63 \text{ cm}^2$; Oberfläche des kleinen Filters: $(1,25 \text{ cm})^2 \cdot \pi = 4,91 \text{ cm}^2$; die Oberfläche des großen Filters ist also viermal größer als die des kleinen Filters ($19,63 \text{ cm}^2 : 4,91 \text{ cm}^2 = 4$).

Durchflusszeit (großer Filter): 60 s, 110 s, 140 s; Durchflusszeit (kleiner Filter): 146 s, 300 s, 400 s.
Durchflussvolumen (beide Ansätze): 5 mL, 20 mL, 35 mL; es werden also etwa 10 mL weniger Flüssigkeit aufgefangen als für die jeweilige Suspension eingesetzt wurden.

Graphische Darstellung: s. Abb. 2; das Diagramm zeigt eine direkte Abhängigkeit der Durchflussgeschwindigkeit von der Filteroberfläche. (Eine vierfache Vergrößerung der Oberfläche hat zur Folge, dass die Geschwindigkeit des Stoffdurchtritts um das 2,8 fache = Mittelwert der Messreihen erhöht wird).

Schritt 5: Es darf nur eine Variable verändert werden, alle anderen Faktoren müssen konstant bleiben. Es wird bezogen auf die Rohre ein definiertes Volumen eines Kaffee-Wasser-Gemisches eingefüllt. Der Filtertyp (Filter-Nr.) bleibt ebenfalls konstant. Lediglich die Oberflächen der Filter variieren. Gemessen wird die Zeit, die für den Durchtritt benötigt wird.

Mögliche Fehlerquellen: Ein Absetzen des Kaffees am Rand des Gefäßes lässt sich beim Ausgießen nicht vermeiden. Die Stoppuhr muss genau dann gestartet werden, wenn das Kaffee-Wasser-Gemisch zugegeben wird. Da verschiedene Personen ablesen, kann es eher zu Ablesefehlern kommen. In diesem Fall wäre das Errechnen von Mittelwerten von Vorteil.

Zu Aufgabe 4)

- 1.a) Kaffee-Wasser-Gemisch, das durch Umrühren mit dem Löffel gemischt wird
- 2.b) Wasser und Nahrungsbestandteile gelangen durch die Dünndarmzellen
- 3.a) Größere Partikel (Kaffeepulver) werden durch den Filter zurückgehalten, da sie nicht durch die Poren hindurch passen
- 4.b) Oberflächenvergrößerung im Dünndarm (ca. 300fach).

Anschrift der Autoren

Ursula Baumann-Groten^{1,2}, StR', Prof.-Vertr. Dr. rer. nat. Ingeborg Heil^{2,3}, OstR' i.H. und Prof. Dr. rer. nat. Johannes Bohrmann²; ¹Städtische Gesamtschule Stolberg, Sperberweg 1 und Walther-Dobbelmann-Straße 11, 52223 Stolberg; ²RWTH Aachen, Institut für Biologie II, Worringerweg 3, 52056 Aachen; ³RWTH Aachen, LFG Didaktik der Biologie und Chemie; E-Mail (für die Autoren): baumann-groten@bio2.rwth-aachen.de

Literatur

- [1] Werning, R. und Avci-Werning, M. (2015): Herausforderung Inklusion in Schule und Unterricht. Grundlagen, Erfahrungen, Handlungsperspektiven. Seelze: Klett, S. 95-96.
- [2] Campbell, N.A. und Reece, J.B. (2003): Biologie. Heidelberg/Berlin: Spektrum, S. 1008.
- [3] <http://www3.hhu.de/biodidaktik/Atmung/start/struktur/ov/grundlag/bedeut1.html>
(30.11.2018)
- [4] Leuckefeld, M., Heil, I und Bohrmann, J. (2015): Transportsysteme in Natur und Technik – Ein Beispiel zum bionischen Erkenntnisweg. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule 8/64:7-14.
- [5] Riemeier, T. (2006): Zerkleinert und doch größer! Ein naturwissenschaftliches Prinzip erfahren. In: Gropengießer, H., Höttecke, D., Nielsen, T. und Stäudel, L. (Hrsg.): Mit Aufgaben lernen. Unterricht und Material 5-10. Seelze: Friedrich, S. 41.
- [6] Freytag, K. (Hrsg.) (2007): Biologische Kurzversuche. Band 1. Köln: Aulis Deubner, S. 165/166.
- [7] <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/material/7-8/V7-417.pdf>
(30.11.2018).
- [8] <https://www3.hhu.de/biodidaktik/Atmung/start/struktur/ov/modelle/setmodel.html>
(09.11.2018)
- [9] Pädagogisches Zentrum Rheinland-Pfalz (Hg.). 2007. Anregungen zur Umsetzung des Rahmenlehrplans Mathematik Rheinland-Pfalz. Möglichkeiten der Gestaltung in den Jahrgangsstufen 9 und 10, online: https://lehrplaene.bildung-rp.de/no-cache.html?tx_pitsdownloadcenter_pitsdownloadcenter%5Bcontroller%5D=Download&tx_pitsdownloadcenter_pitsdownloadcenter%5Baction%5D=forceDownload&tx_pitsdownloadcenter_pitsdownloadcenter%5Bfileid%5D=lp53xlW0EMvtPWblqzOzGw%3D%3D (15.11.2018)
- [10] http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/naturwissenschaften.bildung-rp.de/Alt/Neuer_Lehrplan/Biologie/Onlinematerial_Themenfeld_3/pdf-Dateien/Bio_HR_TF3_LE8.pdf (30.11.2018).
- [11] <http://www.uni-konstanz.de/bionik/AB-Geckofuss-Mittelstufe.pdf> (03.12.2018).
- [12] Faller, A. (2008): Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. Stuttgart: Thieme.
- [13] <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/darm/16803> (03.12.2018).
- [14] Ministerium für Schule und Weiterbildung (Hrsg.) (2011): Kernlehrplan für die Gesamtschule, Naturwissenschaften, Frechen: Ritterbach, S. 36-38.
- [15] Ministerium für Schule und Weiterbildung (Hrsg.) (2008): Kernlehrplan für die Sekundarstufe I, Gymnasium, Biologie, Frechen: Ritterbach, S. 17-19.

- [16] Kunsch, K. und Kunsch, S. (2000): Der Mensch in Zahlen. Eine Datensammlung in Tabellen mit über 20.000 Einzelwerten, Heidelberg: Spektrum/Fischer.
- [17] Wood, D., Bruner, J.S. and Ross, G. (1976): The role of tutoring and problem solving. Journal of Child Psychology and Psychiatry 17:89-100.
- [18] Kniffka, G. (2010): Scaffolding, <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf> (09.11.2018)
- [19] Klippert, H. (2007): Methodentraining. Übungsbausteine für den Unterricht. Weinheim und Basel: Beltz, S. 99.
- [20] <http://www.zum.de/Faecher/D/BW/gym/take5/sq3r.htm> (09.11.2018)
- [21] Hausfeld, R. und Schulenberg, W. (2013): Bioskop 5/6, Gymnasium Niedersachsen, Braunschweig: Westermann, S. 162.
- [22] Hager, K. (o.J.): Oberflächenvergrößerung des Darms / Kurzer Darm – große Fläche. Bik-Arbeitsgruppe Bayern, online: https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/fileadmin/migrated/content/uploads/TF8_bik_Darm_Oberflaeche.doc (09.11.2018)
- [23] <https://www.klett.ch/mediafiles/probeseite1/978-3-12-045292-8.pdf> (09.11.2018)
- [24] Preidl, C. (2009): Die Verdauung – ein Gruppenpuzzle, in: RAAbits Biologie, Stuttgart: Dr. Josef Raabe-Verlags-GmbH.
- [25] https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/naturwissenschaften.bildung-rp.de/Alt/Neuer_Lehrplan/Biologie/Onlinematerial_Themenfeld_3/pdf-Dateien/Bio_HR_TF3_Modelle.pdf (09.11.2018)
- [26] <http://www.scienceticker.info/2014/04/23/kein-tennisplatz-im-darm/print/> (09.11.2018)
- [27] Helander H. F. and Fändriks, L. (2014) Surface area of the digestive tract – revisited. Scandinavian Journal of Gastroenterology, 49:6, 681-689, DOI: 10.3109/00365521.2014.898326

Station 1: Der Dünndarm – Struktur und Funktion

Arbeitsaufträge:

1. Betrachte zunächst die Abbildungen 1 und 2. Lies dir dann den Informationstext A im Kasten sorgfältig durch. Du kannst dazu die 5-Schritt-Lesemethode verwenden (→ Hilfe: KARTE 1). Du kannst auch den einfacheren Informationstext B lesen (→ KARTE 2).
2. Arbeite mit den Informationen aus Text und Abbildungen weiter:
 - Liste die Hauptaufgaben des Dünndarms auf.
 - Berechne anhand der angegebenen Zahlen zur Oberflächenzunahme (Abb. 1) den jeweiligen Faktor der Vergrößerung und notiere die Werte in der Tabelle unter Abb. 1.
 - Die Oberflächenvergrößerung des Dünndarms kannst du dir anhand eines Modells (Abb. 2) verdeutlichen.

Ein Modell stellt die Wirklichkeit in vereinfachter Form dar und kann diese veranschaulichen. Im abgebildeten Modell wird der Würfel verwendet, dessen Fläche sich leichter berechnen lässt als die Fläche des Dünndarms. Jedes Quadrat, das nach außen zeigt, hat eine Fläche von einem Quadratzentimeter.

Berechne die Oberflächen der beiden abgebildeten Körper, notiere die Werte in der Tabelle unter Abb. 2 und vergleiche sie (→ Hilfe: KARTE 3).
3. Berechne, wie lang der Darm sein müsste, wenn er eine ausschließlich glatte Oberfläche von 120 m² hätte. Verwende folgende Formel:
 $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$ (Oberfläche A in m², Radius r in m, Länge l in m, Kreiszahl $\pi = 3,14$). Gehe von einem Durchmesser von 3 cm aus. Gib die berechnete Länge in Kilometern an.
4. Fasse kurz mit eigenen Worten zusammen, welche Vorteile der Bau des Dünndarms für die Stoffaufnahme hat.
5. *Für die Schnellen:* Mache Vorschläge, wie du das in Abb. 2 gezeigte Modell noch verbessern könntest. Beziehe dazu die Abb. 1 in deine Überlegungen ein und skizziere dein neues Modell.

Station 1: Der Dünndarm – Struktur und Funktion

Informationstext A: Tatort Dünndarm

Der drei bis fünf Meter lange Dünndarm ist ein mit Schleimhaut ausgekleideter Muskelschlauch - etwa so dick wie ein Gartenschlauch. Er bildet das längste und wichtigste Verdauungsorgan des menschlichen Körpers. Täglich scheidet er aus vielen Dünndarmdrüsen etwa drei Liter Dünndarmsaft aus, die die endgültige Verdauung der im Mund und Magen bereits vorverdauten Nahrung bewirken. Die Verdauung wird durch wellenförmige Bewegungen unterstützt, wodurch der Inhalt des Darmes geknetet, hin und her geschoben, gründlich gemischt und weitergeschoben wird.

Außerdem werden die Nährstoffe aus dem Nahrungsbrei über die Dünndarmwände aufgenommen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Resorption. Hierdurch wird der größte Teil der Stoffe für unseren Organismus bereitgestellt, die er als Energielieferanten oder z.B. zum Wachsen benötigt.

Der Darm ist innen mehrfach gefaltet. Auf diesen Falten befinden sich noch einmal etwa ein Millimeter große Ausstülpungen (Zotten), die wie kleine Finger in das Darminnere vorragen. Die Schleimhautzellen auf den Zotten wiederum besitzen einen Bürstensaum (Mikrovilli). Auf diese Weise erhält der Dünndarm innen eine Oberfläche von ca. 120 m², was ungefähr der Wohnfläche eines Einfamilienhauses entspricht. Man spricht vom Prinzip der Oberflächenvergrößerung.

Jede der vier bis acht Millionen Darmzotten ist von feinsten Blutgefäßen und einem Lymphgefäß durchzogen: Die Mikrovilli als Orte der Resorption nehmen Wasser, Mineralstoffe und Vitamine sowie die in kleinste Bausteine zerlegten Nährstoffe auf und geben sie an die Lymphe (Fette) und das Blut (Zucker und Eiweiße) weiter, sodass sie in alle Körperteile gelangen können.

Die Ballaststoffe können die Dünndarmwand nicht passieren, sie werden weiter zum Dickdarm geleitet.

Hauptaufgaben des Dünndarms:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

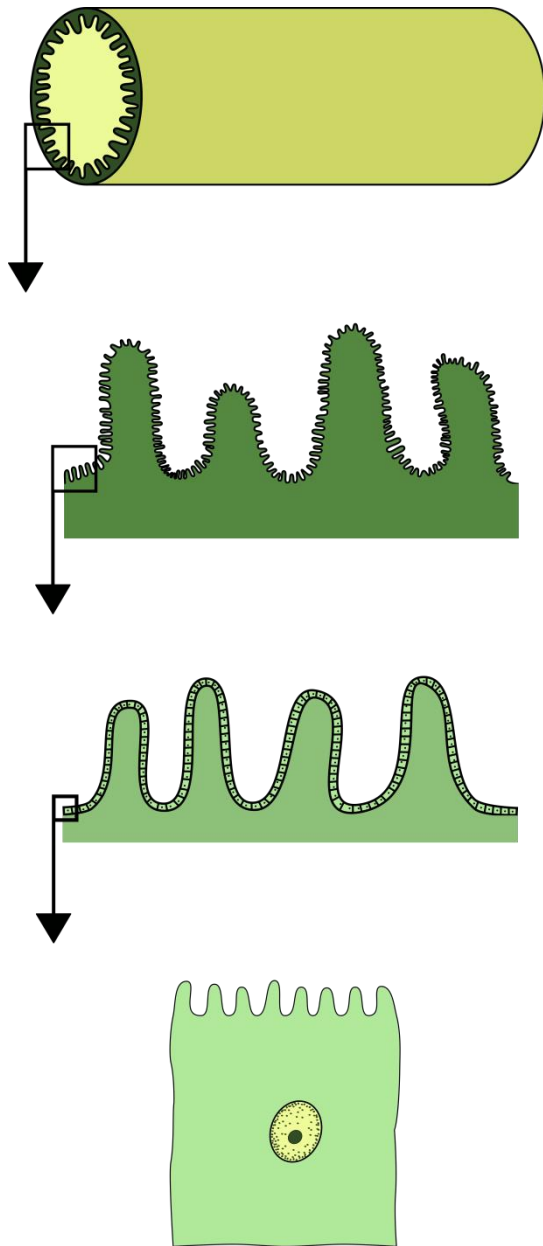
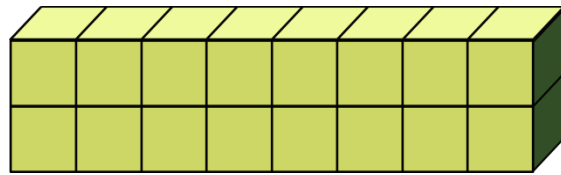
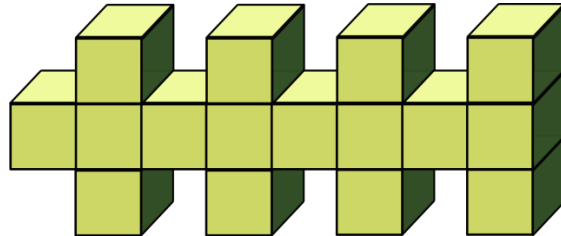


Abb. 1: Oberflächenvergrößerung bei der Dünndarmschleimhaut. (Abb.: I. Weiß)

Oberflächenzunahme	Faktor
Darm → Falten	
Falten → Zotten	
Zotten → Mikrovilli	



a)



b)

Abb. 2: Modell zur Oberflächenvergrößerung; Kantenlänge eines Würfels: 1 cm. (Abb.: I. Weiß)

Die Oberfläche von Körper a (_____ cm²)

ist größer kleiner als die von Körper b

(_____ cm²).

Vorteile des Baus des Dünndarms für die Stoffaufnahme:

Station 2: Der „Handtuchversuch“ – ein Modellversuch zur Oberflächenvergrößerung

Arbeitsaufträge:

1. Untersucht zunächst die beiden Handtücher für diesen Versuch: Wie fühlt sich die Oberfläche an, und wie sieht diese aus, wenn man sie mit der Lupe betrachtet?
2. Lest danach das Protokollblatt vollständig durch, und bringt die Fotos in der Randspalte in die richtige Reihenfolge.
3. Schreibt auf, welche Fragen ihr habt (Schritt 1) und welche Vermutungen mit dem Experiment überprüft werden sollen (Schritt 2). Bereitet dann das Experiment vor (Schritt 3)!
4. Teilt zunächst die Aufgaben bei der Durchführung und Beobachtung in der Gruppe auf: Füllen der Messbecher, Eintauchen und Herausziehen der Handtücher, Ablesen der Messwerte, Notieren der Beobachtungen. Führt dann das Experiment durch und notiert die Messergebnisse (Schritt 4, Tab. 1).
5. Beschreibt und interpretiert die Messwerte. (→ Hilfe: KARTE 1). Prüft anhand eurer Messergebnisse eure bei Schritt 2 aufgestellte Vermutung (Schritt 5). Vergleicht außerdem Modell und Original (Tab. 2).
6. *Für die Schnellen:* Gebt an, was beim Modell fehlt bzw. anders ist (→ Hilfe: KARTE 3).

Station 2: Der „Handtuchversuch“ – ein Modellversuch zur Oberflächenvergrößerung

Protokoll zum „Handtuchversuch“



1. Frage

2. Vermutung



3. Experiment

3.1 Material

1 Mikrofaserhandtuch (28x28 cm), 1 Leinenhandtuch (28x28 cm), 2 Messbecher (1 L), 1 Stoppuhr, 1 Wanne oder Schüssel, Wasser, 1 Lupe

3.2 Durchführung

Füllt die Messbecher mit der gleichen Menge Wasser (je 1 Liter). Taucht die Handtücher gleichzeitig in jeweils einen Messbecher. Zieht die Handtücher nach einer Minute Einwirkzeit gleichzeitig wieder heraus und legt sie in die Wanne.



4. Beobachtung:

Lest die jeweils in den Messbechern verbliebene Wassermenge in Millilitern ab. (Zur Umrechnung der Einheiten beachtet die Information in der Tabellenüberschrift.) Notiert die Werte in Tab. 1.

Berechnet, wieviel Wasser von den jeweiligen Tüchern aufgenommen wurde (→ Hilfe: KARTE 1).



Räumt euren Platz auf und bringt die Materialien zum Pult.

Fotos: U. Baumann-Groten

	Mikrofaser- handtuch	Leinen- handtuch
Wassermenge im Messbecher vor Eintauchen des Handtuchs	mL	mL
Wassermenge im Messbecher nach Herausnehmen des Handtuchs	mL	mL
Vom Handtuch aufgenommene Wassermenge	mL	mL

Tab. 1: Gemessene und berechnete Wassermengen beim „Handtuchversuch“. Information: Im Haushalt werden Flüssigkeiten oft in Liter (L) gemessen. Um kleinere Mengen abzumessen, verwenden wir die Einheit Milliliter (mL). Umrechnung: 1 L = 1000 mL.

5. Deutung:

Unsere Vermutung wurde durch die Ergebnisse **bestätigt** **widerlegt.**

Vergleichen Sie die Strukturen und Vorgänge beim Modellversuch mit denen im Dünndarm, indem Sie Tab. 2 mit folgenden Begriffen vervollständigen: *Nährstoffe + Wasser, Darmfalten, Dünndarmwand, Darmzotten*

Strukturen und Vorgänge...	
... beim Modellversuch	... im Dünndarm
Mikrofaserhandtuch	≅
Falten Mikrofaserhandtuch	≅
Noppen Mikrofaserhandtuch	≅
Wasser	≅

Tab. 2: Vergleich von Modell und Original

Station 3: Der „Kaffeerversuch“ – ein Modellversuch zur Oberflächenvergrößerung

Arbeitsaufträge:

1. Lest das Protokollblatt vollständig durch, und bereitet dann das Experiment vor (siehe Schritt 3).
2. Schreibt auf, welche Fragen ihr habt (Schritt 1) und welche Vermutungen mit dem Experiment überprüft werden sollen (Schritt 2).
3. Führt das Experiment durch und notiert die Messergebnisse (Schritt 4, Tab. 1). Stellt diese auch graphisch dar (Abb. 2). Deutet eure Messergebnisse (Schritt 5). (→ Hilfe: KARTE 1).
4. *Für die Schnellen:* Vergleicht die Strukturen und Vorgänge beim Modellversuch mit denen im Dünndarm, indem ihr Tab. 2 vervollständigt. (→ Hilfe: KARTE 2).

Station 3: Der „Kaffeerversuch“ – ein Modellversuch zur Oberflächenvergrößerung

Protokoll zum „Kaffeerversuch“

1. Fragen

a) _____

b) _____

2. Vermutungen

a) _____

b) _____

3. Experiment

3.1 Material

- 1 dünnes Acrylglasrohr (Durchmesser 2,5 cm) **oder**
1 dickes Acrylglasrohr (Durchmesser 5 cm)
- kleine **oder** große runde Kaffeefilter
- 1 Gummiband
- 1 Stativ mit Stativmaterial
- Feinwaage ($d = 0,1 \text{ g}$)
- 3 Bechergläser 100 mL
- 1 wasserfester Stift
- 1 Spatel oder kleiner Löffel
- 1 Stoppuhr
- 1 Messzylinder 50 mL
- 1 Trichter
- Kaffeepulver
- Wasser

• 3.2 Durchführung

a) Vorbereitung

Legt ein Filterstück auf eine der beiden Öffnungen des Acrylglasrohrs und befestigt den Filter mit dem Gummiband. (Achtet darauf, dass die raue Seite des Filterpapiers nach innen zeigt.) Befestigt das Rohr am Stativ und stellt einen Messzylinder mit Trichter darunter (Abb. 1).

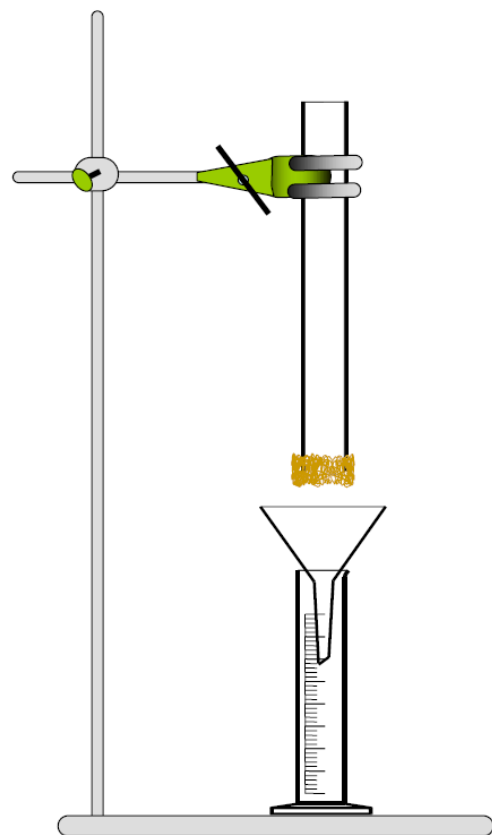


Abb. 1: Aufbau des „Kaffeerversuchs“ *

Beschriftet die drei Bechergläser, wiegt in jedes Becherglas 5 g Kaffeepulver ein und gebt jeweils 15 mL, 30 mL bzw. 45 mL kaltes Wasser hinzu (vgl. Tab. 1). Rührt jedes Kaffee-Wasser-Gemisch kurz um.

b) Messung

Gießt das Kaffee-Wasser-Gemisch (Suspension) aus Becherglas 1 in das Rohr und stoppt die Zeit, bis die Kaffeelösung vollständig durch den Filter gelaufen ist und nichts mehr tropft. (Achtung: Sobald ihr das Kaffee-Wasser-Gemisch eingießt, startet ihr die Messung!) Rechnet die gemessene Zeit in Sekunden um und notiert den Wert in Tab. 1. Notiert außerdem, wieviel Kaffeelösung durch den Filter in den Messzylinder gelaufen ist.

Entfernt den Filter, säubert das Acrylglasrohr und wiederholt das Experiment mit den Suspensionen in den Bechergläsern 2 und 3.

Räumt euren Platz auf und bringt die Materialien zum Lehrerpult.

4. Beobachtung

Vervollständigt zunächst Tab. 1: Berechnet die Oberfläche der Filter (in Quadratcentimetern), durch die die Kaffeelösungen im dicken und im dünnen Rohr hindurchgeflossen sind. Zur Oberflächenberechnung benötigt ihr folgende Formel:

$$A = r^2 \cdot \pi \text{ (Oberfläche A, Radius r, Kreiszahl } \pi \approx 3,14).$$

Tauscht eure Werte mit einer Gruppe aus, die das Experiment mit einem Rohr und Filtern anderer Größen durchgeführt hat (Tab. 1).

	Dickes Rohr (Durchmesser: 5 cm) + großer Filter (Oberfläche: _____ cm ²)		Dünnes Rohr (Durchmesser: 2,5 cm) + kleiner Filter (Oberfläche: _____ cm ²)	
	Durchflusszeit	Durchflussmenge	Durchflusszeit	Durchflussmenge
5 g Kaffeepulver + 15 mL Wasser	s	mL	s	mL
5 g Kaffeepulver + 30 mL Wasser	s	mL	s	mL
5 g Kaffeepulver + 45 mL Wasser	s	mL	s	mL

Tab. 1: Messergebnisse zum „Kaffeeversuch“

Stellt die Messwerte graphisch dar (Abb. 2), indem ihr ein Koordinatensystem erstellt und die Messergebnisse dort eintragt.

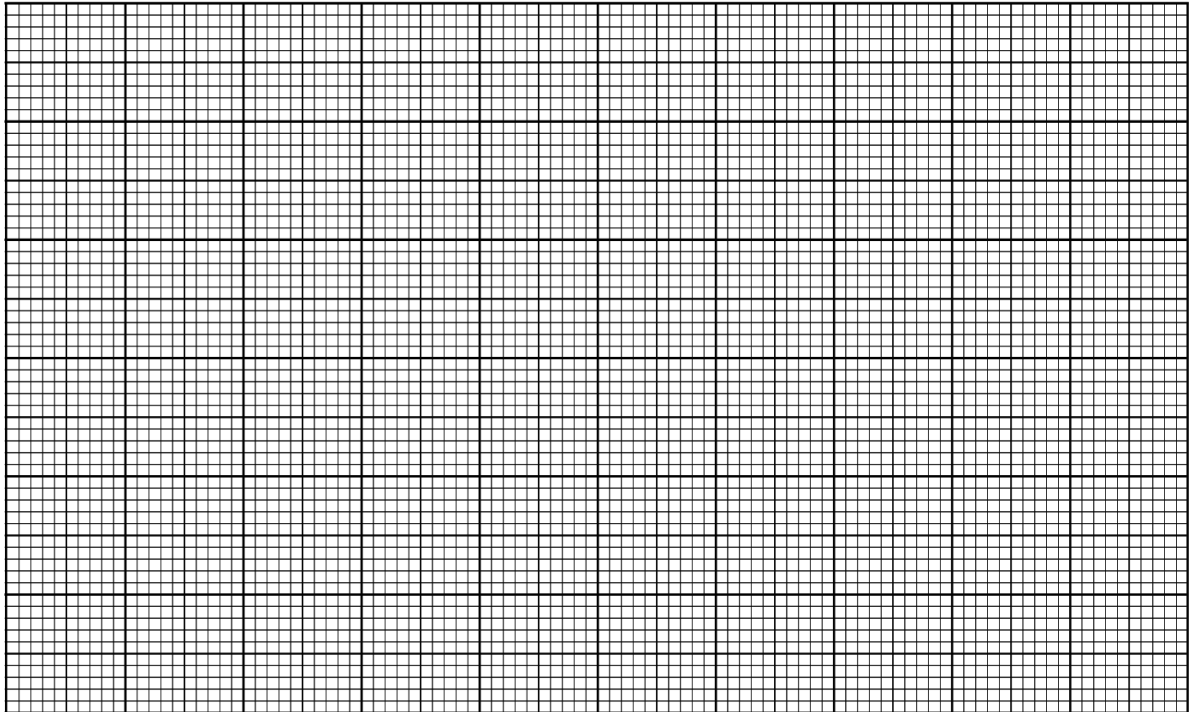


Abb. 2: Graphische Darstellung der Messergebnisse zum „Kaffeeversuch“

5. Deutung

Vergleicht und interpretiert die Messergebnisse.

Beim dicken dünnen Rohr sammelt sich die Kaffeelösung schneller an. Das aufgefangene Volumen ist höher niedriger gleich. Je größer kleiner der Filter, desto kürzer länger ist die Durchflusszeit. Die Fließgeschwindigkeit ist also im dicken Rohr im Vergleich zum dünnen Rohr höher niedriger gleich.

Unsere Vermutungen (Schritt 2) werden durch die Ergebnisse bestätigt widerlegt.

Listet auf, worauf man beim Experiment achten muss, damit man falsche oder ungenaue Messergebnisse möglichst vermeidet.

- _____
- _____
- _____

* Abb. erstellt unter Verwendung von Elementen von Maisenbacher, 2010: slideplayer.org/slide/4867264/

KARTE 1

Station 1

Die 5-Schritt-Lesemethode

Zur Erinnerung: Die 5-Schritt-Lesemethode besteht aus den Schritten

(1) Überfliegen – (2) Fragen – (3) Lesen – (4) Zusammenfassen – (5) Wiederholen.

Recherchiere in Methodenbüchern oder im Internet, wenn Du nähere Informationen benötigst.

KARTE 2

Station 1

Informationstext B

Der Dünndarm ist unser längstes und wichtigstes Verdauungsorgan. Er ist drei bis fünf Meter lang und ungefähr so dick wie ein Gartenschlauch.

In Mund, Magen und Dünndarm wird die Nahrung in ihre Bausteine zerkleinert. Im Dünndarm wird die Nahrung auch gründlich geknetet und gemischt. Dabei werden aus dem Nahrungsbrei wichtige Nahrungsbestandteile herausgenommen. Diese gelangen ins Blut und werden im gesamten Körper verteilt. Der Körper braucht diese Stoffe: Sie liefern ihm Energie. Außerdem könnte er sonst nicht wachsen, und Wunden könnten nicht heilen.

Seine wichtige Aufgabe kann der Dünndarm nur erfüllen, weil er eine besonders große Oberfläche hat. Sie ergibt sich, weil er innen nicht glatt ist, sondern Falten hat. Die Oberfläche der Falten ist ebenfalls nicht glatt, sondern besitzt Ausstülpungen.

KARTE 3

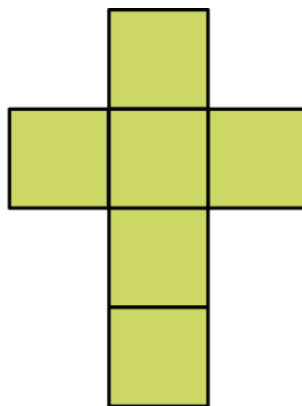
Station 1

Rechenhilfe und Tipps

Nutze für deine Überlegungen die Abbildungen und die Formel.

Zähle die freiliegenden Würfelflächen ab.

Bedenke, dass es auch eine Rückseite und Unterseite gibt.



$$a \cdot a = a^2$$

a Seitenlänge des Würfels

a^2 Fläche einer Würfelseite

(Abb.: I. Weiß)

KARTE 1

Station 2

Rechenhilfe

Bildet jeweils die Differenz aus dem Wert in der ersten und dem in der zweiten Zeile.

KARTE 2

Station 2

Mögliche Leitfragen

- Warum müssen die beiden Handtücher gleich groß sein?
- Welches Handtuch hat eine höhere Saugfähigkeit?
- Seht euch die Fasern von beiden Handtüchern mit der Lupe an und überlegt, welches Tuch mehr Wasser festhalten kann und warum!
- Welches Tuch ist als Modell der Darmwand besser geeignet?

KARTE 3

Station 2

Modellkritik

Dies fehlt im Modell:	
Dies ist im Modell anders:	

KARTE 1

Station 3

Achsenbeschriftung

Auf der x-Achse werden die drei verschiedenen Volumina in Millilitern [mL] eingetragen, die bei den drei verschiedenen Kaffee-Wasser-Gemischen durch den Filter geflossen sind (Durchflussvolumen). Auf der y-Achse wird die Durchflusszeit in Sekunden [s] eingetragen.

KARTE 2

Station 3

Tabellarischer Vergleich von Modell und Original

Bestandteile und Vorgänge	
... beim Modellversuch	... im Dünndarm
1.a)	1.b) Nahrungsbestandteile, die durch die Darmperistaltik gemischt werden
2.a) Wasser + gelöster Kaffee gelangen durch den Filter	2.b)
3.a)	3.b) Größere Bestandteile (z.B. Ballaststoffe) bleiben zurück, gelangen in den Dickdarm und werden dann ausgeschieden
4.a) Oberflächenvergrößerung beim Filter (ca. 4x)	4.b) (ca. 300x)