

# IJSO 2016 – *Milch echt „kuhl“*

Begleitheft für Betreuende, Teil B

Vertiefende Experimente zu den Wettbewerbsaufgaben

Zusammengestellt von

PD Dr. Heide Peters, Anne Sauermann, Christine Köhler



## Teil B: Vertiefende Experimente zu den Wettbewerbsaufgaben

Zu Aufgabe 1 – Experiment Dichtebestimmung von Milch	5
– Experiment mit Aufgabenblatt	5
– Informationsblatt 1/1 – Milchpanscher am Werk	7
– Informationsblatt 1/2 – Archimedisches Prinzip	8
– Exemplarische Messergebnisse zur Dichtebestimmung von Milch	9
Zu Aufgabe 3 – Von der Milch zum Käse	11
– Experiment mit Aufgabenblatt	11
– Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler	13
– Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler – Lösungen	15
– Informationsblatt 3/1 - Von der Milch zum Käse	17
– Informationsblatt 3/2 - Casein-Fällung und der isoelektrische Punkt	18
Zu Aufgabe 4 – Mit oder ohne Lactose – das ist hier die Frage	19
– Experiment mit Aufgabenblatt	19
– Aufgaben für Schülerinnen und Schüler – Lösungsbeispiele	21
– Informationsblatt 4/1 – Lactose-Intoleranz	22
Zu Aufgabe 4 – Wieviel Calcium braucht unser Körper?	23
– Experiment mit Aufgabenblatt	23
– Aufgaben für Schülerinnen und Schüler – Lösungsbeispiele	25



## Zu Aufgabe 1 – Experiment Dichtebestimmung von Milch

Im Fett-Wasser-Modell geht man davon aus, dass das Gesamtvolumen einer Mischung aus beliebigen Anteilen von Fett und Wasser der Summe der Einzelvolumina ihrer Bestandteile Fett und Wasser entspricht. Mit diesem einfachen Modell lässt sich ein theoretischer Erwartungswert für die Dichte berechnen. Im folgenden Experiment sollt ihr basierend auf dem Archimedischen Prinzip zunächst die Dichte einer Milchprobe bestimmen und mit diesem Wert die Gültigkeit des Fett-Wasser-Modells überprüfen.

### Materialien

ca. 50 mL Vollmilch im Becherglas, ca. 50 mL demineralisiertes Wasser im Becherglas, Modelliermasse, Messzylinder, 100 mL aus Glas mit Leitungswasser befüllt, 2 Einweg-Pasteurpipetten, 3 Trinkhalme ( $L = 20$  cm), 30-cm-Lineal aus Plastik, Abfall-Becherglas

### Versuchsdurchführung

Ein Trinkhalm wird an einem Ende mithilfe der Modelliermasse wasserdicht verschlossen (siehe Skizze unten). Mit einer Pasteurpipette wird Milch bzw. demineralisiertes Wasser in den Trinkhalm gefüllt. Dann wird er vorsichtig in den Messzylinder mit Leitungswasser gesetzt, sodass er bei einer bestimmten Eintauchtiefe schwimmt. Der Versuch wird mit mehreren unterschiedlichen Einfüllhöhen von Milch bzw. demineralisiertem Wasser im Trinkhalm wiederholt. Mit einem Lineal werden dabei jeweils Einfüllhöhe und Eintauchtiefe gemessen.

Überlegt,

- in welcher Reihenfolge ihr die Messungen durchführt,
- was ihr bei der Aufnahme der Messwerte beachten müsst,
- welche und wie viele verschiedene Einfüllhöhen ihr einstellen wollt,

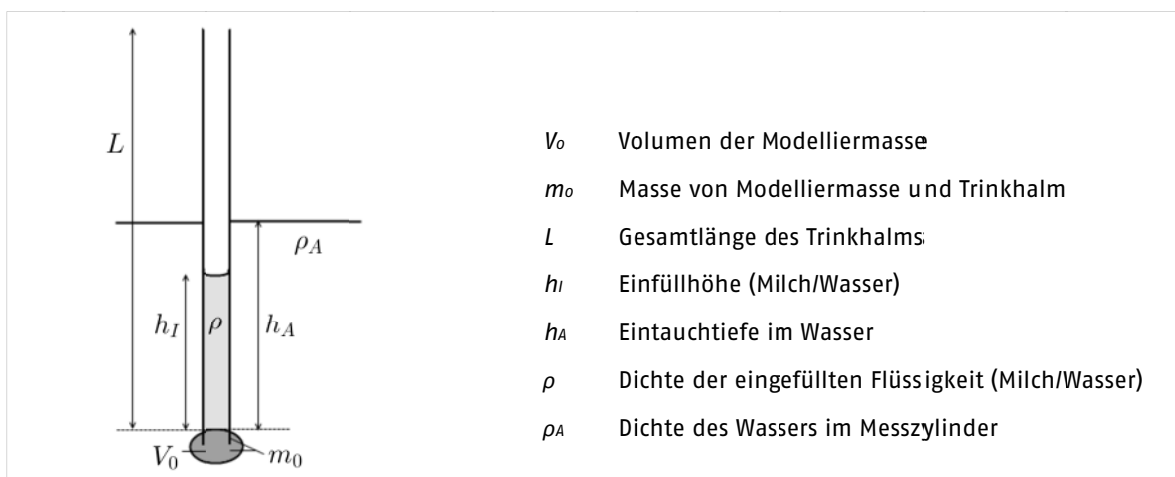
um ein möglichst genaues Ergebnis zu erhalten.

*Hinweis:*

*Sorgfältiges Arbeiten ist entscheidend für das Gelingen dieses Versuchs!*

*Die Modelliermasse fängt nach einiger Zeit (ca. 15-20 Minuten) im Wasser an sich aufzulösen und das Wasser im Messzylinder wird trübe. Trotzdem dichtet die Modelliermasse noch einige Zeit ab, aber zügiges Arbeiten ist unbedingt empfehlenswert!*

*Sobald sich das Wasser im Messzylinder trübt, sollte der Versuch schnellstmöglich beendet werden. Eure Messdaten müssen deshalb aber nicht (!) verworfen werden, markiert vielmehr in der Tabelle die Messwerte, bei denen die Trübung eingesetzt hat, mit einem Kreis.*



## Aufgaben

- 1) Nennt mindestens vier Stichpunkte, auf die ihr achten müsst, um möglichst genaue Messergebnisse zu erhalten.
- 2) Führt jeweils eine Messreihe durch, bei der ihr Milch bzw. demineralisiertes Wasser in den Trinkhalm einfüllt und dokumentiert alle wichtigen Messwerte in einer Tabelle. Falls das Wasser im Messzylinder trübe wird, umkreist die entsprechenden Messwerte in der Tabelle.

Fertigt zu den beiden Messreihen auf Millimeterpapierbögen je ein  $h_A(h_I)$ -Diagramm mit Ausgleichsgeraden an und berechnet jeweils deren Steigung.

Achtung: Die graphische Bestimmung der Steigungswerte erfordert präzises Arbeiten.

- 3) Beschreibt physikalisch begründet, mithilfe welcher Parameter im  $h_A(h_I)$ -Diagramm sich die Dichte von Milch graphisch bestimmen bzw. berechnen lässt ( $\rightarrow$  Informationstafel Archimedisches Prinzip). Die Dichte von Wasser könnt ihr dabei als gegeben voraussetzen. Begründet auch, warum neben einer Messreihe mit Milch eine weitere mit demineralisiertem Wasser durchgeführt werden muss.
- 4) Berechnet die Dichte der Milchprobe auf der Basis eurer Messergebnisse.
- 5) Im Fett-Wasser-Modell geht man davon aus, dass das Gesamtvolumen einer Mischung aus beliebigen Anteilen von Fett und Wasser der Summe der Einzelvolumina ihrer Bestandteile entspricht. Die Dichte von Wasser beträgt  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ , die von Fett  $920,0 \text{ kg m}^{-3}$ . Berechnet den theoretischen Wert für die Dichte eines Gemisches mit einem Massenanteil von 96,5% Wasser und 3,5% Fett.

Prüft anhand eurer Messdaten, ob sich das Fett-Wasser-Modell für die Beschreibung der Dichte von Vollmilch eignet. Vergleicht dazu euer Versuchsergebnis mit dem aus dem Modell berechneten Wert.

Gebt eine begründete Vermutung, warum eine Abweichung zwischen theoretischem und gemessenem Wert erwartet werden könnte.

## Informationsblatt 1/1 – Milchpanscher am Werk

Neben Wasser und Mineralstoffen enthält Milch Eiweiße, Milchzucker, Fette und Vitamine. Fett ist in der Milch der Inhaltsstoff mit dem am stärksten schwankenden Gehalt. Je nach Rasse, Alter, Ernährung der Kuh liegt der Fettgehalt der Melkmilch zwischen 3,2 und 6,0 %. Die Melkmilch enthält die verschiedensten Keime (Milchsäurebakterien, fett- und eiweißspaltende Bakterien), daher ist sie auch gekühlt nur drei Tage haltbar. Lässt man sie bei Zimmertemperatur stehen, bildet sich schon nach wenigen Stunden eine Rahmschicht und nach zehn Stunden tritt die Säuerung ein.

Die Rohmilch wird gekühlt in der Molkerei angeliefert. Bevor Kuhmilch zum Verbraucher gelangt unterliegt sie strengen Qualitätskontrollen. Zuerst wird der Keimgehalt sowie Fett- und Eiweißgehalt überprüft. Anschließend wird die Milch durch Zentrifugation in Magermilch und Rahm getrennt. Dann wird der gewünschte Fettgehalt (Vollmilch 3,5%, fettarme Milch 1,5%) durch Rahmzugabe eingestellt und die Milch wird homogenisiert und pasteurisiert.

Nicht selten wurde Milch gepanscht, indem Fremdwasser zugesetzt wurde. So führt man beispielsweise die hohe Säuglingssterblichkeit in Paris am Vorabend der Französischen Revolution darauf zurück, dass die Milch mit Seiwasser gestreckt wurde und die Säuglinge an Typhus erkrankten. Bis ins 19. Jahrhundert galt für die Pariser Typhus deshalb als eine Kinderkrankheit.



Pariser Straßenleben  
Lavierte Zeichnung von Gabriel de Saint-Aubin.  
Um 1760.

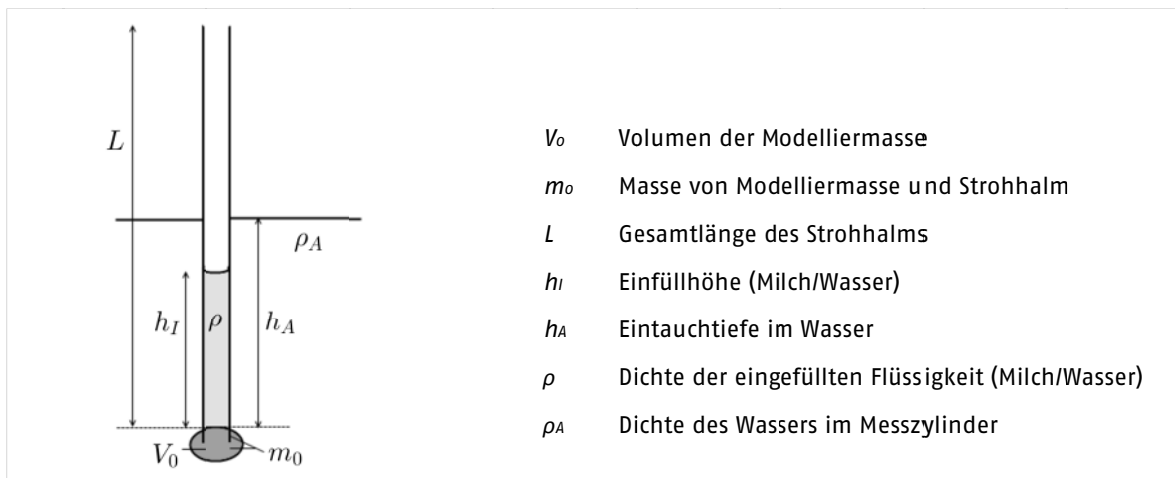
Neben dem Hauptbestandteil Wasser enthält Vollmilch vor allem Fett, das in feinen Tröpfchen in der Wasserphase verteilt ist. Vollmilch ist daher eine Emulsion mit einem Massenanteil von 3,50 % Fett. Ein Verfahren, mit dem man prüfen kann, ob der Milch Fremdwasser zugesetzt wurde, ist die Dichtemessung von Milch.

*Text- und Bildquellen:*

<http://www.collasius.org/WINKLE/04-HTML/Paris.htm>

## Informationsblatt 1/2 – Archimedisches Prinzip

Der Versuch beruht auf dem Archimedisches Prinzip, das eine Schwimmbedingung für einen Körper in einer Flüssigkeit darstellt.



Die Gewichtskraft des Körpers entspricht dabei der Auftriebskraft bzw. der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit:

$$(1) m \cdot g = V \cdot \rho_A \cdot g \quad \text{bzw.} \quad (2) m = V \cdot \rho_A$$

Dabei ist  $m$  die Gesamtmasse des gefüllten Strohhalmes und  $V$  das verdrängte Volumen der äußeren Flüssigkeit (Wasservolumen). Für die Gesamtmasse des gefüllten Strohhalmes gilt:

$$(3) m = m_0 + \rho \cdot A_I \cdot h_I$$

Für das verdrängte Wasservolumen gilt:

$$(4) V = V_0 + A_A \cdot h_A$$

Dabei bezeichnen  $A_I$  die innere Querschnittsfläche und  $A_A$  die äußere Querschnittsfläche.

Hieraus kann nun eine Gleichung für die Abhängigkeit der Eintauchtiefe  $h_A$  von der Einfüllhöhe  $h_I$  und den weiteren auftretenden Parametern aufgestellt werden, indem  $m$  und  $V$  aus Gleichung (3) und (4) in Gleichung (2) eingesetzt werden:

$$(5) m_0 + \rho \cdot A_I \cdot h_I = m = V \cdot \rho_A = (V_0 + A_A \cdot h_A) \cdot \rho_A = V_0 \cdot \rho_A + A_A \cdot h_A \cdot \rho_A$$

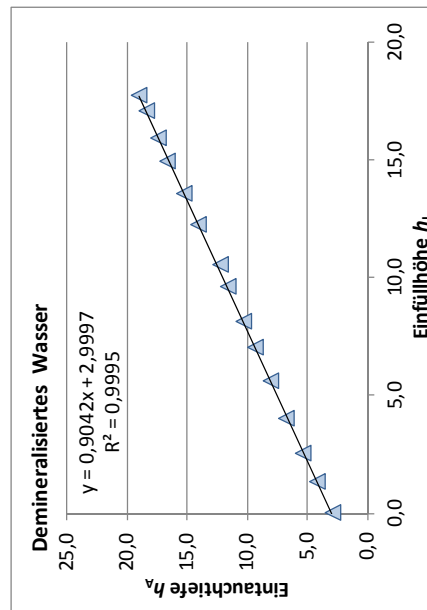
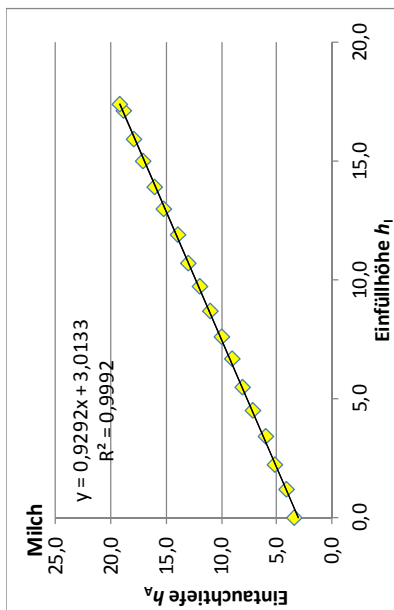
Umstellen nach  $h_A$  ergibt die Gleichung für die Abhängigkeit der Eintauchtiefe  $h_A$  von der Einfüllhöhe  $h_I$  und den weiteren auftretenden Parametern:

$$(6) h_A = h_I \cdot (\rho \cdot A_I) / (A_A \cdot \rho_A) + (m_0 - V_0 \cdot \rho_A) / (A_A \cdot \rho_A)$$

Dabei besteht zwischen den Größen  $h_A$  und  $h_I$  ein linearer Zusammenhang.



# Exemplarische Messergebnisse zur Dichtebestimmung von Milch



Anstieg Milch	0,9292	Anstieg Wasser	0,9042	Dichte Milch	1028
---------------	--------	----------------	--------	--------------	------

Milch		Demineralisiertes Wasser	
Einfüllhöhe $h_i$	Eintauchtiefe $h_A$	Einfüllhöhe $h_i$	Eintauchtiefe $h_A$
0,0	3,4	0,0	2,9
1,2	4,1	1,3	4,2
2,2	5,2	2,5	5,4
3,4	6,0	4,0	6,8
4,5	7,1	5,6	8,0
5,5	8,1	7,0	9,3
6,7	9,0	8,1	10,3
7,6	10,0	9,6	11,6
8,7	11,0	10,5	12,2
9,7	11,9	12,2	14,1
10,7	13,0	13,5	15,2
11,9	13,9	14,9	16,6
13,0	15,2	15,9	17,4
13,9	16,0	17,0	18,4
15,0	17,1	17,7	19,0
15,9	17,9		
17,1	18,9		
17,4	19,2		



## Zu Aufgabe 3 – Von der Milch zum Käse

Da am isoelektrischen Punkt von Proteinen die Ladungsbeiträge aller im Molekül vorhandenen ionisierten Gruppen eingehen, ist er für ein Protein im Gegensatz zu Aminosäuren nicht zu berechnen, sondern muss experimentell bestimmt werden. Im folgenden Experiment sollt ihr den isoelektrischen Punkt von Casein bestimmen, der eine wichtige Rolle bei der Herstellung von Käse spielt.


### Materialien

ca. 20 mL einer Casein-Lösung aus 0,4 g Casein in 100 mL Natriumacetat-Lösung ( $c=0,1$  mol/L),

ca. 50 mL Essigsäure ( $c = 0,1$  mol/L),

Reagenzglasständer mit 9 Reagenzgläsern, wasserfester Stift zum Beschriften der Reagenzgläser; Peleus-Ball; Messpipetten, 1 mL, 5 mL, 25 mL; Einweg-Pasteurpipette; demineralisiertes Wasser.

### Sicherheitshinweise

Casein-Lösung: 0,4 g Casein in 100 mL Natriumacetat-Lösung ( $c = 0,1$ mol/L)	
Essigsäure ( $c = 0,1$ mol/L)	

### Versuchsdurchführung

Es werden neun verschiedene Pufferlösungen hergestellt und der Grad ihrer Trübung bestimmt. Dazu werden nach dem folgenden Schema verschiedene Volumina von Casein-Lösung, Essigsäure und demineralisiertem Wasser pipettiert und im entsprechend beschrifteten Reagenzglas gemischt:

Reagenzglas-Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Casein-Lösung in mL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Essigsäure in mL	0,10	0,30	0,60	1,00	2,00	4,00	6,00	10,0	15,0
Demineralisiertes Wasser in mL	8,90	8,70	8,40	8,00	7,00	5,00	3,00	0	0

### Aufgaben

- 1) Vergleicht die Lösungen miteinander und tragt den Grad der Trübung (1=keine, 2=schwach, 3=stark, 4=sehr stark) in eine Tabelle ein.
- 2) Berechnet mithilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung die pH-Werte der neun Pufferlösungen; der  $pK_s$ -Wert von Essigsäure beträgt 4,75:  $pH = pK_s + \log [c(\text{Base})/c(\text{Säure})]$
- 3) Vervollständigt dazu die folgenden Tabellen und dokumentiert eure Berechnung für die Pufferlösung in Reagenzglas 9.
- 4) Grenzt durch einen Vergleich der Trübungen in den Pufferlösungen den pH-Bereich ein, in dem der isoelektrische Punkt von Casein liegt, und begründet.
- 5) Begründet, in welchem Zusammenhang die Bestimmung des isoelektrischen Punktes bei der Käseherstellung von Bedeutung ist.

Quelle: <http://www.rzbd.haw-hamburg.de/~aaa018/SkriptBC>



## Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler

- 1) Vergleicht die Lösungen miteinander und tragt den Grad der Trübung (1=keine, 2=schwach, 3=stark, 4=sehr stark) in die folgende Tabelle ein.

Reagenzglas-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grad der Trübung									

- 2) Berechnet mithilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung die pH-Werte der neun Pufferlösungen; der pKs-Wert von Essigsäure beträgt 4,75:

$$pH = pK_s + \log [c(\text{Base})/c(\text{Säure})]$$

Vervollständigt dazu die folgenden Tabellen und dokumentiert eure Berechnung für die Pufferlösung in Reagenzglas 9.

Reagenzglas-Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Casein-Lösung (in mL)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Essigsäure (in mL)	0,10	0,30	0,60	1,00	2,00	4,00	6,00	10,0	15,0
Demineralisiertes Wasser (in mL)	8,90	8,70	8,40	8,00	7,00	5,00	3,00	0	0
Gesamtvolumen (in mL)									

Verdünnte Lösung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
c(Natriumacetat) in Verdünnung (in mol/L)									
c(Essigsäure) in Verdünnung (in mol/L)									
pH-Wert									

Berechnung des pH-Werts für Pufferlösung 9:

- 3) Grenzt durch einen Vergleich der Trübungen in den Pufferlösungen den  $pH$ -Bereich ein, in dem der isoelektrische Punkt von Casein liegt, und begründet.

$pH$ -Bereich:

Begründung:

- 4) Begründet, in welchem Zusammenhang die Bestimmung des isoelektrischen Punktes bei der Käseherstellung von Bedeutung ist.

## Arbeitsblatt für Schülerinnen und Schüler - Lösungen

- 1) Vergleicht die Lösungen miteinander und tragt den Grad der Trübung (1=keine, 2=schwach, 3=stark, 4=sehr stark) in die folgende Tabelle ein.

Reagenzglas-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grad der Trübung	1	2	3	4	4	3	3	2	1

- 2) Berechnet mithilfe der Henderson-Hasselbalch-Gleichung die pH-Werte der neun Pufferlösungen; der pKs-Wert von Essigsäure beträgt 4,75:

$$pH = pK_s + \log [c(\text{Base})/c(\text{Säure})]$$

Vervollständigt dazu die folgenden Tabellen und dokumentiert eure Berechnung für die Pufferlösung in Reagenzglas 9.

Reagenzglas-Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Casein-Lösung (in mL)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Essigsäure (in mL)	0,10	0,30	0,60	1,00	2,00	4,00	6,00	10,0	15,0
Demineralisiertes Wasser (in mL)	8,90	8,70	8,40	8,00	7,00	5,00	3,00	0	0
Gesamtvolumen (in mL)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	11,0	16,0

Verdünnte Lösung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
c(Natriumacetat) in Verdünnung (in mol/L)	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,006
c(Essigsäure) in Verdünnung (in mol/L)	0,001	0,003	0,006	0,010	0,020	0,040	0,060	0,091	0,094
pH-Wert	5,75	5,27	4,97	4,75	4,45	4,15	3,97	3,75	3,56

Berechnung des pH-Werts für Pufferlösung 9:

Für den Zusammenhang von Konzentration  $c$ , Stoffmenge  $n$  und Volumen  $V$  gilt:  $c = n/V$  und  $n = c \cdot V$

$n$  (Natriumacetat) in 100 mL Casein-Lösung:

$$0,10 \text{ mol Natriumacetat} \cdot (100 \text{ mL} / 1000 \text{ mL}) = 0,01 \text{ mol Natriumacetat in } 100 \text{ mL Casein-Lösung}$$

$n$  (Natriumacetat) in Verdünnung 9:

$$0,01 \text{ mol Natriumacetat} \cdot (1,0 \text{ mL} / 16,0 \text{ mL}) = 0,0006 \text{ mol in } 100 \text{ mL Verdünnung } 9,$$

$$\text{bzw. } 0,006 \text{ mol Natriumacetat in } 1000 \text{ mL Verdünnung } 9$$

$c$  (Natriumacetat) bzw.  $c$  (Base) in Verdünnung 9 = 0,006 mol/L

[Diesen Wert erhält man auch direkt ohne Zwischenschritte, indem man 0,1-molare Natriumacetat-Lösung mit dem Verdünnungsfaktor (1/16) multipliziert.]

$c$  (Essigsäure) in Verdünnung 9:

$$0,10 \text{ mol Essigsäure} \cdot (15,0 \text{ mL} / 16,0 \text{ mL}) / 1 \text{ L Verdünnung } 1 = 0,094 \text{ mol/L}$$

$$pH = 4,75 + \log (0,006 \text{ mol/L} / 0,094 \text{ mol/L}) = 3,56$$

- 3) Grenzt durch einen Vergleich der Trübungen in den Pufferlösungen den  $pH$ -Bereich ein, in dem der isoelektrische Punkt von Casein liegt, und begründet.

$pH$ -Bereich:

$pH = 4,45$  bis  $4,75$

[Der Literaturwert liegt zwischen  $4,6$  und  $4,7$ ]

<https://www.uni-marburg.de/fb15/studium/praktika/nebenfach/bioprakt/bioskript.pdf>

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/milch/m-eiw.htm>

Begründung:

Am isoelektrischen Punkt fällt ein Maximum an Casein aus. Deshalb liegt er in dem  $pH$ -Bereich der am stärksten getrübbten Pufferlösungen 4 und 5.

- 4) Begründet, in welchem Zusammenhang die Bestimmung des isoelektrischen Punktes bei der Käseherstellung von Bedeutung ist.

Bei der Säurefällung ist es von Vorteil, den isoelektrischen Punkt von Casein zu kennen, da das der optimale  $pH$ -Wert ist, bei dem Casein in maximaler Menge ausgeschieden wird.



## Informationsblatt 3/1 - Von der Milch zum Käse

Bis aus Milch Käse wird, ist es ein langer Weg. Dabei ist das Herstellungsverfahren in den Grundzügen immer gleich, unabhängig davon was für ein Käse produziert wird. Das Herstellungsverfahren besteht dabei aus mehreren Teilschritten.



### 1. Qualitätskontrolle der Milch

Ist die Milch in der Käserei angekommen, wird sie zunächst auf Frische und Käsetauglichkeit geprüft. Außerdem muss die Milch frei von Antibiotika und Arzneimitteln sein. Ist dies gegeben, werden Fettgehalt, Eiweiß und die mikrobielle Beschaffenheit untersucht. Des Weiteren wird untersucht, ob der Milch Fremdwasser zugesetzt wurde. Alle diese Untersuchungen sind in der Milch-Güte-Verordnung gesetzlich vorgeschrieben.

### 2. Vorbereiten der Milch

Nach der erfolgreichen Prüfung der Milchtauglichkeit wird die Milch zentrifugiert und auf den gewünschten, je nach Käsesorte unterschiedlichen Fettgehalt eingestellt. Nach einer eventuellen Korrektur des Proteingehalts wird die Milch zur Abtötung unerwünschter Mikroorganismen in der Regel pasteurisiert, d. h. kurzzeitig auf 100°C erhitzt. Um Geschmack, Konsistenz, Aussehen und Farbe zu beeinflussen, verwendet man unter anderem Kochsalz, Gewürze und Farbstoffe wie z. B.  $\beta$ -Carotin für die Gelbfärbung.

### 3. Dicklegen der Milch

Lässt man Rohmilch einige Zeit stehen, wird sie von selbst sauer, da Milchsäurebakterien den Milchzucker (Lactose) in Milchsäure umsetzen. Pasteurisierte Milch säuert nicht von selbst. Um die vorbereitete Milch, die Kesselmilch, dickzulegen und das Milcheiweiß gerinnen zu lassen, gibt es mehrere Möglichkeiten: eine Säurefällung durch Milchsäurebakterien, eine Labfällung durch Labenzyme oder eine Kombination aus Säure- und Labfällung. Während des Gerinnungsprozesses sondern sich in einer gallertartigen Masse (Dickete), eine Mischung aus Proteinen (Casein) sowie eine wässrige, grünlich-gelbe Restflüssigkeit (Molke) ab.

### 4. Stationen der Verarbeitung

Während des Gerinnungsprozesses wird die Dickete mit rotierenden Schneidevorrichtungen, den Käseharfen, zerkleinert; es entsteht der Käsebruch. Je intensiver die Bearbeitung erfolgt, desto kleiner werden die Körner und desto mehr Molke wird ausgeschieden. Durch das Abscheiden der Molke verfestigt sich der Bruch.

Im weiteren Verlauf der Verarbeitung unterscheidet man zwischen der Herstellung von Frischkäse und gereiftem Käse. Für die Herstellung von Frischkäse bzw. Quark wird der Bruch mit Salz, Gewürzen, Kräutern oder anderen Zutaten vermischt, verpackt und dann in den Handel gebracht. Bei gereiftem Käse wird der Bruch in Formen gefüllt. Damit die Molke weiter abfließen kann, haben diese Formen durchlässige Wände. Mehrfaches Pressen und Wenden der Käse begünstigt den Molkeaustritt. Außerdem fördert das Pressen die Rindenbildung. Der entstandene junge Käse kommt nun in ein Salzbad, wodurch Geschmacksbildung und weiterer Molkeaustritt gefördert werden. Außerdem dient das Salz der Haltbarmachung (Konservierung).

### 5. Reifung des Käses

Zugesetzte Reifungskulturen sorgen dafür, dass das Casein zu Peptonen, Peptiden und Aminosäuren abgebaut wird. Teilweise wird durch den bakteriellen Stoffwechsel Kohlendioxid frei, welches für die Löcher im Käse verantwortlich ist. Durch fettspaltende Enzyme entstehen aromatisch wirksame Carbonylverbindungen, die mit den Casein-Abbauprodukten für den charakteristischen Geschmack des Käses sorgen. Bei der Herstellung von Weichkäse erfolgt die Reifung von außen nach innen, bei Hart- und Schnittkäse gleichmäßig durch die ganze Masse.

### 6. Lagerung

Der Käse wird in speziellen Kellern oder sogar Höhlen gelagert. Wichtig ist dabei die richtige Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Während die Lagerung von Hartkäse – je nach Sorte – einige Wochen bis Monate dauert, zieht sich die Lagerzeit von Parmesankäse über mehrere Jahre hin. Je länger der Käse gelagert wird, desto weniger Feuchtigkeit enthält er noch und desto härter wird er.

Quellen: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/milch/kaes-her.htm>

## Informationsblatt 3/2 – Casein-Fällung und der isoelektrische Punkt

Aminosäuren sind die Grundbausteine der Proteine (Eiweiße). Proteine sind Moleküle, die durch Verknüpfung von mehr als 100 Aminosäuren entstehen.

Das Grundgerüst ist bei allen Aminosäuren gleich: Es sind Carbonsäuren, bei denen ein Wasserstoffatom durch eine Aminogruppe (NH<sub>2</sub>-Gruppe) ersetzt ist.

Aus der Tatsache, dass Aminosäuren zwei verschiedene funktionelle Gruppen besitzen, ergeben sich weitere wichtige chemische Eigenschaften:

1. **Aminosäuren sind Ampholyte.** Verbindungen, die sowohl als Base als auch als Säure reagieren können, nennt man amphotere Stoffe bzw. Ampholyte. Die Carboxylgruppe dient dabei als Protonenspender. Die Aminogruppe besitzt ein freies Elektronenpaar am Stickstoffatom, wo sich ein Proton anlagern kann. Sie dient daher als Protonenempfänger.
2. **Aminosäuren bilden Zwitterionen.** Es ist möglich, dass innerhalb eines Aminosäure-Moleküls ein Proton von der Carboxyl- auf die Aminogruppe übertragen wird. Dadurch entsteht ein Ion mit einer negativen Ladung an der Carboxylgruppe und einer positiven Ladung an der Aminogruppe (siehe Abb. 1). Die Nettoladung des Moleküls beträgt dann Null.

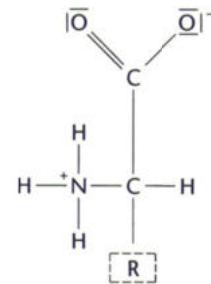


Abb. 1

Gibt man zu einer wässrigen Aminosäure-Lösung kleine Mengen Lauge oder Säure, ändert sich der pH-Wert der Lösung kaum. Man spricht von einer *Pufferlösung*. Der Grund für die Pufferwirkung liegt in den amphoteren Eigenschaften des Zwitterions: Die Carboxylat-Gruppe (COO<sup>-</sup>-Gruppe) kann Protonen binden, die protonierte Aminogruppe (NH<sub>3</sub><sup>+</sup>-Gruppe) kann Protonen abgeben (siehe Abb. 2).

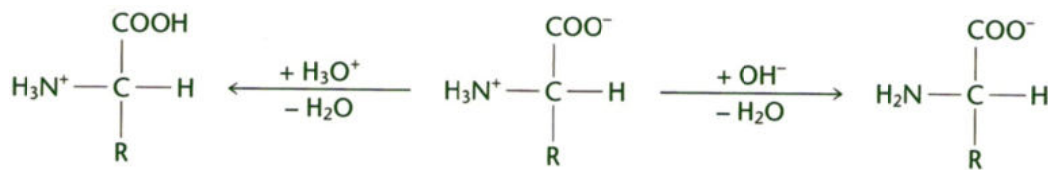


Abb. 2

In wässrigen Lösungen liegt ein dynamisches Gleichgewicht vor, d.h., dass sich die entsprechenden Ionen ständig ineinander umwandeln. Den pH-Wert, bei dem nahezu alle Moleküle als Zwitterionen vorliegen, bezeichnet man als **isoelektrischen Punkt**.

Da die Moleküle sich am isoelektrischen Punkt aufgrund der Nettoladung von Null nicht mehr voneinander abstoßen, neigen sie zur Anhäufung (Aggregation). Am isoelektrischen Punkt besitzen daher die meisten Proteine ein Löslichkeitsminimum, sie fallen aus oder „flocken aus“.

Da in den isoelektrischen Punkt von Proteinen die Ladungsbeiträge aller im Molekül vorhandenen ionisierten Gruppen eingehen, ist er für ein Protein im Gegensatz zu Aminosäuren nicht zu berechnen, sondern muss experimentell bestimmt werden.

### Quellen:

Rampf, H. & Sammer, L. (1999). Chemie Grundwissen. Organische Chemie. München: Mentor.

## Zu Aufgabe 4 – Mit oder ohne Lactose – das ist hier die Frage

Bei einigen Menschen führt der Konsum von Milchprodukten zu Verdauungsbeschwerden. Diese Unverträglichkeit kann unter anderem dadurch ausgelöst werden, dass der Milchzucker Lactose im Körper nicht abgebaut werden kann. Menschen mit Lactose-Unverträglichkeit haben mehrere Alternativen, um mit ihrem Problem umzugehen: 1) Sie können den Verzehr von lactosehaltigen Produkten meiden. 2) Sie können Lactrase®-Tabletten einnehmen 3) Sie können auf lactosefreie Milchprodukte ausweichen. Inzwischen werden in großem Umfang lactosefreie Lebensmittel produziert oder als „lactosefrei“ angepriesen. Auch wird für die Einnahme von Lactrase®-Tabletten geworben, um einer Lactoseunverträglichkeit vorzubeugen. Ist das sinnvoll, und leben wir „lactosefrei“ tatsächlich gesünder? Im nachfolgenden Experiment sollt ihr untersuchen, wie Lactrase®-Tabletten wirken und euch mit der Herstellung lactosefreier Milchprodukte befassen.

### Materialien

50 mL fettarme Milch (1,5%),

50 mL lactosefreie Milch (1,5%)

1 Teelöffel Haushaltszucker (Rübenzucker) gelöst in 50mL Leitungswasser

1 Teelöffel Traubenzucker gelöst in 50mL Leitungswasser

1 Teelöffel Honig gelöst in 50mL Leitungswasser

5 Gläser, 10 Glucose-Teststreifen (Diabur-Test 5000), 10 Lactrase®-Tabletten, Löffel zum Umrühren der Probelösungen, Holzbrett und Messer zum Zerdrücken der Lactrase®-Tabletten, Stoppuhr, Backofen, Küchenthermometer, Küchenkrepp.



### Durchführung

Testet beide Milchsorten und die drei Zuckerlösungen mit den Glucose-Teststreifen auf ihren Glucose-Anteil. Taucht dazu einen Teststreifen 1 Sekunde lang in die entsprechende Probelösung. Streift überschüssige Flüssigkeit nach dem Entnehmen auf saugfähigem Papier ab und lest nach genau 2 Minuten mithilfe der entsprechenden Skala den Wert für den Glucose-Anteil ab.

Zerdrückt jeweils zwei Lactrase®-Tabletten mit einem Messerrücken auf einem Holzbrett zu Pulver. Gebt das Pulver in die flüssige Probe und rührt um. Stellt die Probe für 3 Minuten in den auf 50 Grad Celsius vorgeheizten Backofen. Nach Abkühlen der Probe auf Raumtemperatur bestimmt erneut mit einem Teststreifen den Glucose-Anteil in der Probe.

## **Aufgaben**

- 1) Führt das oben beschriebene Experiment durch und notiert eure Versuchsergebnisse in einer Tabelle. Begründet mit Hilfe des Lactrase®-Versuchs, welcher Zucker jeweils in den Probelösungen enthalten ist.
- 2) Lactosefreie Milch hat im Vergleich zu normaler Milch einen leicht süßlichen Geschmack. Stellt anhand eurer Versuchsergebnisse eine begründete Vermutung auf, wie man lactosefreie Milchprodukte herstellt.
- 3) Die Fähigkeit, Lactose auch als Erwachsener verdauen zu können, ist eine genetisch recht junge Entwicklung. Zu ihrer Ausbreitung kam es vermutlich zuerst in Nord- und Mitteleuropa, mit oder kurz nach dem dortigen Beginn des Neolithikums. Die größte Konzentration Erwachsener, die Lactose verwerten können, findet sich in Europa nördlich der Alpen. Über 95 Prozent der erwachsenen Norddeutschen, Niederländer, Dänen, Schweden und anderer Skandinavier verfügen über eine körpereigene Lactase. Ein Großteil der mittel- und südasiatischen erwachsenen Bevölkerung hat eine Lactoseintoleranz. Erstelle eine begründete Hypothese für die unterschiedliche Entwicklung in Europa und Asien.

## Aufgaben für Schülerinnen und Schüler - Lösungsbeispiele

### 1) Darstellung der Versuchsergebnisse

Probe	Marke	Fett-anteil	Glucose-Anteil (%)		Zucker	vorher	nachher
			Vorher	Nachher			
Vollmilch, pasteurisiert	Hamfelder Hof	3,8 %	0	0,25	Lactose	Lactose	Glucose, Galactose
H-Milch	Edeka, Bio	3,8%	0	0,5	Lactose	Lactose	Glucose, Galactose
H-Milch, lactosefrei	MinusL	3,8 %	5	5	Glucose, Galactose	Glucose, Galactose	
Milchzucker			0	0,5	Lactose	Lactose	Glucose, Galactose
Traubenzucker			5	5	Glucose	Glucose	
Haushaltszucker (Rüben, Rohr)			0	0	Saccharose	Saccharose	
Honig			5	5	Glucose, Fructose	Glucose, Fructose	

Lactose wird von dem Enzym Lactase in Glucose und Galactose gespalten. Deshalb ist bei beiden Lactosehaltigen Milchsorten und bei Milchzucker vor der Enzymzugabe keine Glucose nachweisbar, aber danach. Saccharose kann von Lactase nicht gespalten werden. Deshalb ist vorher und nachher der Glucose-Test jeweils negativ. Traubenzucker besteht aus Glucose. Deshalb ist der Glucose-Test vor und nach Enzymbehandlung positiv. Honig enthält ebenfalls Glucose (weil die Honigbiene über körpereigene Enzyme Saccharose in Glucose und Fructose spalten kann). Deshalb ist der Glucose-Test vor und nach Enzymbehandlung positiv. Das gleiche Resultat zeigt lactosefreie Milch. Glucose ist vor- und nachher in messbaren Anteilen vorhanden.

- 2) Bei der Produktion dieser Milchprodukte wird einfach das Enzym Lactase dazu gegeben und die Spaltung von Lactose zu Galactose und Glucose (die sonst im menschlichen Körper stattfindet) wird hier schon bei der Herstellung vorweg genommen. Da die Lactose schon vollständig abgebaut ist, ändert sich auch hier der Glucose-Anteil durch die spätere Enzym-Zugabe während des Versuchs nicht mehr. Der Glucose-Anteil in der lactosefreien Milch ist auch für den deutlich süßeren Geschmack im Vergleich zu normaler Milch verantwortlich, denn Lactose (Milchzucker) ist kein so starkes Süßungsmittel.
- 3) In Klimazonen mit einer kältebedingten Vegetationspause im Winter hat sich zur Überbrückung die Milch- und Viehwirtschaft entwickelt. Es gibt Menschen, die zufällig körpereigen das Enzym Lactase produzieren können, andere nicht. In Klimazonen mit Vegetationspausen im Winter hatten die Menschen, die dieses Enzym produzierten, bessere Überlebenschancen als solche ohne, was über Generationen dazu führte, dass sich der Anteil an der Bevölkerung, die das Enzym produzieren, sich erhöht hat. In Gebieten ohne eine solche Vegetationspause ist man nicht auf Milchprodukte zum Überleben angewiesen. Deshalb findet man diese natürliche Selektion in mittel- und südasiatischen Ländern nicht.

## Informationsblatt 4/1 – Lactose-Intoleranz

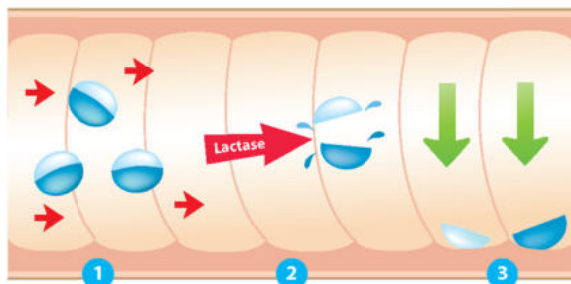
Lactrase®-Tabletten versprechen den unbeschwerten Genuss von Milch und Milchprodukten. Nachfolgend aufgeführt findet ihr einen Auszug des Beipackzettels.

### Fragen und Antworten zu Lactrase® und Lactose-Intoleranz

#### Was ist Lactose?

Lactose ist der in der Milch natürlicherweise enthaltene Milchzucker. Dieser Doppelzucker setzt sich aus den beiden Einfachzuckern Glucose (Traubenzucker) und Galactose zusammen. Milchzucker kann aus dem Dünndarm nicht aufgenommen werden und ist für den Körper daher nicht verwertbar. Dagegen sind die Einfachzucker Glucose und Galactose Nährstoffe, die vom Körper leicht aufgenommen und verwertet werden können. Deswegen wird der Milchzucker während der Verdauung von Lactase-Enzymen im Dünndarm aufgespalten.

#### Dünndarm



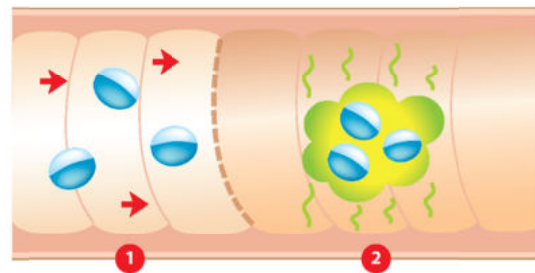
1. Lactose (Milchzucker) gelangt in den Dünndarm.
2. Das Enzym Lactase spaltet die Lactose in Glucose und Galactose.
3. Die Glucose und Galactose werden aus dem Dünndarm aufgenommen.

#### Was ist Lactasemangel?

Wenn das Enzym Lactase im Körper nicht ausreichend verfügbar ist (Lactasemangel), gelangt der Milchzucker in ungespaltener Form in die unteren Darmabschnitte (Dickdarm) und wird dort durch Darmbakterien unter Gasbildung vergoren. Außerdem kann die Lactose einen vermehrten Wassereinstrom in den Dickdarm verursachen. Dies kann zu Beschwerden, wie z. B. Bauchschmerzen, Blähungen, Völlegefühl oder Durchfall, nach dem Verzehr von Milchprodukten führen und wird dann als Lactose-Intoleranz (Milchzucker-Intoleranz) oder Lactose-Unverträglichkeit (Milchzucker-Unverträglichkeit) bezeichnet. Wegen der Ähnlichkeit der Beschwerden wird Lactose-Intoleranz häufig mit dem Reizdarmsyndrom (irritables Colon) verwechselt.

#### Dünndarm

#### Dickdarm



1. Bei einer Lactose-Intoleranz wird Lactose im Dünndarm nicht aufgespalten, weil das Enzym Lactase nicht ausreichend vorhanden ist.
2. Im Dickdarm wird die ungespaltene Lactose von Darmbakterien vergoren  
**Folgen:** Verdauungsbeschwerden wie z. B. Blähungen und Durchfall

Es werden drei verschiedene Formen des Lactasemangels unterschieden:

1. Der primäre Lactasemangel
2. Der sekundäre Lactasemangel
3. Der angeborene Lactasemangel

Die Menge an Lactase im Dünndarm ist bei Babys während der Stillperiode am höchsten und nimmt dann bei den meisten Menschen genetisch bedingt kontinuierlich ab. Der sich dann ergebende sogenannte **primäre Lactasemangel** ist also das Resultat eines normalen Alterungsprozesses und bei der überwiegenden Mehrheit (70% – 90%) der erwachsenen Weltbevölkerung zu beobachten. So vertragen beispielsweise fast alle Bevölkerungsgruppen Afrikas und Asiens keinen Milchzucker. Aber auch in Deutschland haben ca. 15% der Erwachsenen einen primären Lactasemangel.

Verschiedene Darmerkrankungen können zu einem sogenannten **sekundären Lactasemangel** führen, so z. B. Morbus Crohn, Zöliakie (einheimische Sprue) und sonstige Darmentzündungen (z. B. aufgrund von viralen oder bakteriellen Darminfektionen). Der sekundäre Lactasemangel bildet sich nach der Ausheilung der ihn verursachenden Darmerkrankung üblicherweise wieder zurück. Beim sehr selten vorkommenden **angeborenen Lactasemangel** fehlt den Neugeborenen das für die Lactaseproduktion verantwortliche Gen. Dies führt zu einer Unfähigkeit des Organismus das Enzym überhaupt zu bilden. Bei diesen Säuglingen muss eine strikt lactosefreie Ernährung eingehalten werden.



## Zu Aufgabe 4 – Wieviel Calcium braucht unser Körper?


Calcium in Form von Calcium-Ionen ist ein lebenswichtiger Mineralstoff, mengenmäßig der wichtigste im menschlichen Körper. Fast 100 % des Calciums ist in Knochen und Zähnen enthalten – Calcium hält Knochen und Zähne stabil. Calcium ist darüber hinaus ein wichtiger Faktor bei der Blutgerinnung und unerlässlich für die Funktion jeder Körperzelle: Es stabilisiert die Zellwände, ist an der Signalübermittlung in der Zelle sowie an der Weiterleitung von Reizen im Nervensystem (z. B. Hören, Sehen, Berührungen der Haut) und in der Muskulatur beteiligt. Die empfohlene Calciumzufuhr ist altersabhängig. Am meisten Calcium brauchen wegen des starken Wachstums Jugendliche im Alter von 13 bis 18 Jahren mit 1200 mg pro Tag. Im folgenden Experiment sollt ihr den Calciumgehalt in fettarmer Milch mithilfe einer komplexometrischen Titration bestimmen.



### Materialien

ca. 100 mL fettarme Milch (1,5 %) im Becherglas,  
 ca. 10 mL Natronlauge,  
 ca. 3 g Calconcarbonsäure-Natriumchlorid-Verreibung,  
 ca. 100 mL EDTA-Lösung,  
 demineralisiertes Wasser,  
 Einweg-Pasteurpipette, Messpipette, 25 mL; Peleus-Ball, Erlenmeyerkolben, 300 mL; Becherglas, 100 mL; Bürette, 25 mL; kleiner Trichter zum Füllen der Bürette, Stativplatte, Stativstange, Büretten-Klemme, Spatel, Magnetrührer, Magnetstäbchen, Magnetstab-Entferner.

### Sicherheitshinweise

Natronlauge, $w(\text{NaOH}) = 15 \%$	
Calconcarbonsäure (s), Verreibung mit Natriumchlorid, $w(\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\text{S}) = 0,2 \%$	
EDTA-Lösung (Dinatriumthylendiamintetraacetat-Dihydrat, $c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = 0,05 \text{ mol/L}$ )	

### Versuchsdurchführung:

Mit der Messpipette werden genau 25 mL Milch in einen Erlenmeyerkolben überführt und mit demineralisiertem Wasser auf ein Gesamtvolumen von etwa 200 mL aufgefüllt. Mit einer Pasteurpipette werden 2,0 mL Natronlauge und danach 2-3 Spatelspitzen Calconcarbonsäure-Verreibung hinzugefügt. Anschließend wird der Erlenmeyerkolben auf den Magnetrührer (Magnetstäbchen nicht vergessen!) gestellt und mit EDTA-Lösung bis zum Farbumschlag von rosarot nach himmelblau titriert (vgl. Foto oben; beachtet, dass der Farbton je nach zugegebener Menge an Indikator variieren kann). Die Farbe muss mindestens für 1 Minute bestehen bleiben. Führt mindestens drei Titrationen durch.

## Aufgaben

- 1) Notiert eure Ergebnisse in einer Tabelle und berechnet einen sinnvollen Mittelwert. Umkreist die Werte, die ihr für die Mittelwertbildung verwendet.
- 2) Berechnet aus dem Mittelwert in Aufgabenteil 1) den Calciumgehalt von 100 Milliliter fettarmer Milch und gebt an, wie viele Gläser Milch (250 Milliliter) ihr jeweils trinken müsstet, um euren Tagesbedarf an Calcium zu decken.
- 3) Gebt mithilfe von Tabelle 1 an, welche Mengen an Lebensmitteln ihr jeweils verzehren müsstet, um euren täglichen Calciumbedarf zu decken. Stellt eure Ergebnisse nach vier Lebensmittelgruppen sortiert dar und geht auch auf den Fettgehalt der Nahrungsmittel ein.

**Tabelle 1:** Calciumgehalte einiger gängiger Lebensmittel modifiziert nach Quelle DGExpert.

Portionsgröße	Lebensmittel	Calciumgehalt in	
		mg pro Portion	mg pro 100 g
1 Glas (250 mL)	Calcium-reiches Mineralwasser	4	16
1 Glas (250 mL)	Leitungswasser (Kiel)	2,2	8
200 g	Buttermilch	218	109
150 g	Joghurt (1,5% Fett)	171	114
1 Scheibe (30 g)	Gouda (32% Fett)	287	958
1 Scheibe (30 g)	Emmentaler Käse (32% Fett)	412	1372
3 Esslöffel (30 g)	Parmesan (28% Fett)	353	1176
200 g	Spinat (gegart)	280	140
200 g	Grünkohl (gegart)	358	179
große Schale (70 g)	Rucola	112	160
200 g	Brokkoli (gekocht)	174	87
30 g	Haselnüsse (62% Fett)	45	149
25 Stück (ca. 30 g)	Cashewkerne (42% Fett)	31	102

Quelle: [www.dge.de/pdf/ws/FAQ-Calcium-DGE.pdf](http://www.dge.de/pdf/ws/FAQ-Calcium-DGE.pdf)

- 4) Vergleicht zusammenfassend, welche Lebensmittel oder Lebensmittelgruppen besser oder auch weniger gut geeignet sind, um sich mit Calcium zu versorgen. Gebt begründete Empfehlungen mit welcher Kost man im Normalfall, aber auch in besonderen Situationen wie Milchunverträglichkeit, der Verordnung fettreduzierter Kost oder veganer Ernährung seinen Tagesbedarf an Calcium effektiv decken kann. Achtet dabei auch auf ausgewogene Ernährung.



## Aufgaben für Schülerinnen und Schüler - Lösungsbeispiele

- 1) Gemessener Verbrauch an EDTA in mL:

16,2 mL

16,3 mL

16,3 mL

Mittelwert: 16,27 mL

- 2) Berechnung der Stoffmenge der verbrauchten Lösung an EDTA:

$$0,05 \text{ mol} / 1000 \text{ mL} = n(\text{EDTA}_{\text{verbraucht}}) / 16,27 \text{ mL}$$

$$n(\text{EDTA}_{\text{verbraucht}}) = (0,05 \text{ mol/L} \cdot 16,32 \text{ mL}) / 1000 \text{ mL} = 0,814 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{Ca}) = c(\text{EDTA}) = 0,814 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$M(\text{Ca}) = 40,08 \text{ g/mol}$$

$$n = m/M, m = n \cdot M$$

$$m(\text{Ca}) = 0,814 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 40,08 \text{ g/mol} = 0,0326 \text{ g} = 32,6 \text{ mg in 25 mL Milch}$$

In 100 mL Milch ist also die vierfache Menge an Calcium enthalten, also 130 mg. (Angabe auf Milchpackung: 120 mg Ca in 100 mL Milch)

Täglicher Calciumbedarf: 1200 mg Ca/Tag

$$(1200 \text{ mg/Tag}) / (130,0 \text{ mg/100 mL Milch}) = 923 \text{ mL Milch/Tag;}$$

das entspricht etwa 4 Gläsern Milch pro Tag.

*Alternative Herleitung:*

1000 mL EDTA-Lösung enthalten 0,05 mol EDTA.

0,05 mol EDTA entsprechen 0,05 mol Calcium bzw.  $0,05 \text{ mol} \cdot 40,08 \text{ g/mol} = 2,00 \text{ g Calcium}$

16,27 mL verbrauchte EDTA-Lösung entsprechen dann  $0,05 \text{ mol} \cdot 40,08 \text{ g/mol} \cdot 16,27 \text{ mL} / 1000 \text{ mL}$

bzw.  $16,27 \cdot 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ g Calcium} = 16,27 \cdot 2,00 \text{ mg Calcium}$ .

Der Calciumgehalt in Milch beträgt folglich:

$16,27 \cdot 2,00 \text{ mg Calcium pro 25 mL Milch}$  bzw.  $4 \cdot 16,27 \cdot 2,00 \text{ mg Calcium in 100 mL Milch}$

Verkürzte Formel:

$8 \cdot \text{Verbrauch an EDTA [in mL], Einheit: mg Ca / 100 mL}$

- 3) Für die Aufnahme von 1200 mg Calcium am Tag müssten folgende Produkte verzehrt werden:

*Milchprodukte:* 4 Gläser Milch, 1-2 Scheiben Käse oder 7 Becher Joghurt zu 150 Gramm.

Beim Verzehr dieser Mengen an Vollmilch entspricht das einer Fettaufnahme von 35 Gramm, bei fettarmer Milch, Schnittkäse und Joghurt jeweils einer Aufnahme von etwa 15 Gramm Fett.

*Gemüse:* Für die tägliche Bedarfsdeckung mit calciumreichen Gemüsesorten müssten man täglich vier Portionen Gemüse à 200 Gramm zu sich nehmen. Fettfrei.

*Wasser:* Mit 2 Litern Wasser nimmt man etwa 160 bzw. 320 Milligramm Calcium auf, das würde maximal ein Viertel des Tagesbedarfs an Calcium decken. Fettfrei.

*Nüsse:* Es müssten täglich etwa 1 Kilogramm Nüsse verzehrt werden (sehr teuer!), gleichzeitig würde man damit etwa 400 bis 600 Gramm Fett aufnehmen.

- 4) Mit allen *Milchprodukten* lässt sich der Tagesbedarf an Calcium gut decken, am effektivsten mit Schnittkäse, gefolgt von Milch und Joghurt.

Mit *Gemüse* lässt sich der tägliche Calciumbedarf decken. Allerdings muss man große Gemüsemengen verzehren und unbedingt darauf achten calciumreiche Gemüsesorten wie Brokkoli oder Spinat zu wählen.

Nur mit der Flüssigkeitszufuhr von *calciumreichen Wasser* lässt sich der Tagesbedarf an Calcium nicht decken. Als Ergänzung ist calciumreiches Wasser durchaus empfehlenswert, da man ohnehin täglich mindestens ein bis zwei Liter trinken sollte.

Die Deckung des Calciumbedarfs überwiegend aus *Nüssen* ist wegen ihres hohen Fettanteils keine Alternative: Es müssten täglich etwa 1 Kilogramm Nüsse verzehrt werden (sehr teuer!), gleichzeitig würde man damit etwa 400 bis 600 Gramm Fett aufnehmen.

Am effektivsten ist die Aufnahme von Calcium über Milch und Milchprodukte (bevorzugt über Hartkäse), gefolgt von Gemüse, Nüssen und Wasser.

#### *Empfehlungen:*

Im *Normalfall* würde man eine gemischte Ernährung aus Milchprodukten, Gemüse, Flüssigkeitszufuhr mit Wasser (z. B. 1 Käsebrot, 1 Glas Milch, 1 Liter Leitungswasser, 200 Gramm Gemüse) empfehlen. Wer keine Milch mag, kann auf Käse und Joghurt ausweichen, wer keinen Käse mag auf Joghurt und Milch. Menschen mit *Milchunverträglichkeit* können trotzdem ihren Calciumbedarf über Milchprodukte decken, müssen aber auf Käse zurückgreifen (lactosearm).

Wer *Diät* halten soll, sollte wegen des Fettgehalts bevorzugt auf Vollmilchprodukte verzichten und besser fettarme Milch und Milchprodukte zu sich nehmen. Außerdem sollten man in diesem Fall dafür sorgen, einen größeren Teil des Calciumbedarfs über Gemüse und das Trinken größerer Mengen calciumreichen Mineral- oder Leitungswassers zu decken. Keinesfalls zu empfehlen ist hier der Verzehr größerer Mengen an Nüssen. *Veganern*, die Milchprodukte ablehnen und auf Gemüse als Calciumquelle angewiesen sind, wird empfohlen ergänzend größere Mengen calciumreiches Mineral- oder Leitungswasser zu trinken. Unter bestimmten Umständen kann auch eine ergänzende Einnahme von Calcium-haltigen Präparaten sinnvoll sein.