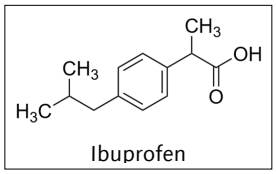
Station Verteilung

Löst sich Ibuprofen in Blut?



Ibuprofen

Ibuprofen ist aufgrund seiner Molekularstruktur wenig wasserlöslich, wird jedoch über die Blutbahnen transportiert. Dieser scheinbare Widerspruch lässt sich damit erklären, dass Ibuprofen eine hohe Affinität zu Albumin, einem Protein im Blutplasma, aufweist.

In diesem Versuch sollst du nachweisen, dass Ibuprofen an Albumin bindet. Dafür wirst du Ibuprofen und Albumin gegen NaOH-Lösung titrieren und die benötigten Stoffmengen an NaOH messen. Diese geben Aufschluss auf die Stoffmengen von Albumin und Ibuprofen – bei Ibuprofen sogar ist die Umrechnung im 1:1-Verhältnis, weil Natriumhydroxid und Ibuprofen an der Säuregruppe von Ibuprofen reagieren.

Aufgabe zur Hypothese

Formuliere eine Hypothese zu der benötigten Stoffmenge an Natriumhydroxid für die gemeinsame Titration von Ibuprofen und Albumin.

Nullhypothese

Kommentiert [FC1]: Optionale Aufgabe
Je nach Leistungsstärke der SuS kann hier eine Hypothese aufgestellt werden.

Kommentiert [FC2]: Nullhypothese: Die gemeinsame Titration von Ibuprofen und Albumin benötigt die addierte Stoffmenge an Natriumhydroxid.

Aufgabe zum Versuch

1. **Lies** die Versuchsbeschreibung.
2. **Teile** dir im Team die Arbeitsschritte **auf**. **Führe** anschließend den Versuch gemäß der Beschreibung **durch** und **notiere** Messwerte.

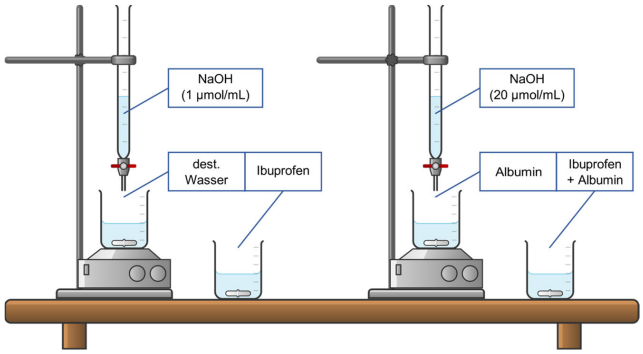
Kommentiert [FC3]: Notwendige Aufgabe
Der Versuch steht im Zentrum der Lernsituation.

Geräte:	Chemikalien:	Sicherheitshinweise
2x 25 mL-Bürette, 2x Stativ, 2x Bürettenklammer, 2x Bürettentrichter, 2x Magnetrührer, 4x Magnetrührstäbchen, 4x 150 mL-Becherglas, Peleusball, 1x 1 mL-Vollpipette, 1x 50 mL-Messzylinder, Feinwaage, Spatel, 2x Filterpapier	- Ibuflam®-Suspension (19 µmol/mL) - Albumin - Natriumhydroxid-Lösung (1 und 20 µmol/mL) - Phenolphthalein-Indikatorlösung	 **Signalwort: Gefahr**

CC BY NC SA
Clemens Frank
Sep. 2026

Pharmazie – LADME-Modell

Versuchsaufbau



Durchführung

1. **Befülle** mithilfe eines Bürettentrichters die Büretten für Ibuprofen und dest. Wasser mit der niedrig konzentrierten Natriumhydroxid-Lösung (1 µmol/mL) bis zur Markierung.
2. **Befülle** nun mithilfe eines weiteren Bürettentrichters die Büretten für Albumin mit und ohne Ibuprofen mit der höher konzentrierten Natriumhydroxid-Lösung (20 µmol/mL) bis zur Markierung.
3. **Gib** von der vorbereiteten Ibuflam®-Lösung (19 µmol/mL) je 1 mL in die beiden Bechergläser, die für Ibuprofen bestimmt sind.
4. **Fülle** mithilfe eines 50 mL-Messzylinders alle Bechergläser mit destilliertem Wasser auf je 50 mL auf und **füge** drei Tropfen Indikatorlösung **hinzu**. **Gib** je ein Magnetrührstäbchen **hinzu**.
5. **Wiege** auf der Feinwaage auf zwei Filterpapieren je 1 g Albumin **ab**.
6. **Gib** je 1 g Albumin in ein Becherglas mit dest. Wasser und eines mit Ibuprofen.
7. **Tropfe** nun in alle Reagenzgläser langsam und unter Rühren mithilfe der Bürette Base bis zum Farbumschlag hinzu.

Messwerte	dest. Wasser (Maßlösung 1 µmol/mL)	Ibuprofen (Maßlösung 1 µmol/mL)	Albumin (Maßlösung 20 µmol/mL)	Ibuprofen + Albumin (Maßlösung 20 µmol/mL)
Volumen	Musterwert	Musterwert	Musterwert	Musterwert
Stoffmenge NaOH				

Kommentiert [FC4]: Gestufte Hilfe für Umrechnung:
1.Wie lässt sich aus dem Volumen und der Konzentration die Stoffmenge berechnen?
2.c=n/V => n = c · V
Blindwert für Wasser (aka die Baseline) muss abgezogen werden.

Kommentiert [FC5]: Dest Wasser 3 mL => 3 µmol NaOH

Kommentiert [FC6]: Ibuprofen 22 mL => 22-3 µmol NaOH

Kommentiert [FC7]: Albumin 14,5 mL => 14,5 · 20 – 3 = 287 µmol NaOH

Kommentiert [FC8]: Ibuprofen + Albumin 14,5 mL => 14,5 · 20 – 3 = 287 µmol NaOH

CC BY NC SA

Pharmazie – LADME-Modell

Aufgaben zur Auswertung

1. **Berechne**, welche Stoffmenge an Natriumhydroxid zu den Lösungen titriert wurde. **Beachte** bei der Berechnung die für destilliertes Wasser benötigte Menge.
2. **Formuliere** eine Erklärung für die gemessenen Werte. **Vergleiche** deine Erklärung mit deiner Hypothese und **beurteile** diese.

Lösung

Konzentration im Blut

Mithilfe des Versuches konnte gezeigt werden, dass Ibuprofen an ein Blutserumprotein bindet. Hierbei wurde quasi eine Momentaufnahme des Stoffwechsels betrachtet. Im Körper finden gleichzeitig Verteilung, Verstoffwechselung und Ausscheidung statt. Die Konzentration von Ibuprofen im Blut ist also nicht konstant.

Die zeitliche Veränderung der im Blut vorliegenden Konzentration an Wirkstoff lässt sich als Graph darstellen. Der zeitliche Verlauf der Konzentration wird maßgeblich beeinflusst durch die anderen vier Phasen.

Die Freisetzung (*Liberation*) und Aufnahme (*Absorption*) von Wirkstoffen kann durch einen s-förmigen, steilen Anstieg beschrieben werden. Dieser ist in den ersten 1,5 Stunden im Graphen zu erkennen. Die Verstoffwechselung (*Metabolisierung*) und Ausscheidung (*Exkretion*) verläuft wie eine Zerfallsfunktion. Die Kurve fällt zunächst schnell und wird immer flacher, wie beispielsweise ab 1,5 Stunden im Graphen.

Bis zum Höhepunkt steigt die Konzentration stetig an, anschließend fällt sie stetig wieder ab – sofern keine weitere Tablette genommen wird.

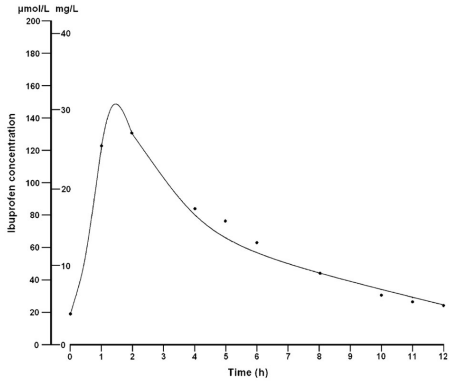


Abb. 1: Konzentration von Ibuprofen im Blut pro Zeit (in Rainsford, 2009, S. 289).

Kommentiert [FC9]: Notwendige Aufgabe
Die Auswertung der Titrationsergebnisse ist nötig.

Kommentiert [FC10]: Musterlösung:
Es sollte sich kein Unterschied zwischen Albumin mit und ohne Ibuprofen messen lassen. Weil Ibuprofen in der Titration keine zusätzliche Stoffmenge NaOH benötigt und somit nicht nachgewiesen werden kann, kann daraus geschlossen werden, dass Ibuprofen mit Albumin interagiert.
Da die Titration mit NaOH die Säuregruppe nachweist, muss speziell diese an der Interaktion zwischen Protein und Wirkstoff beteiligt sein.

Kommentiert [FC11]: Optionaler Abschnitt zur Mathematisierung

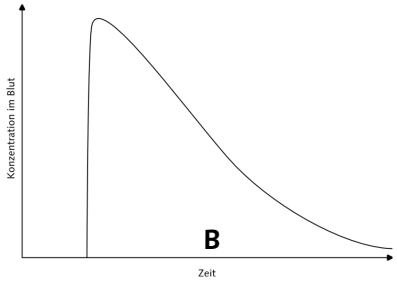
CC BY NC SA

Pharmazie – LADME-Modell

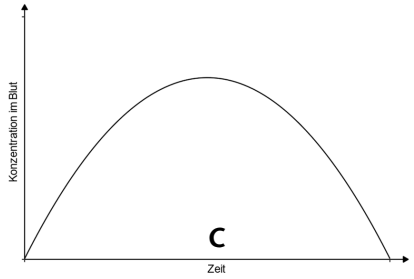
Aufgaben zu Graphen

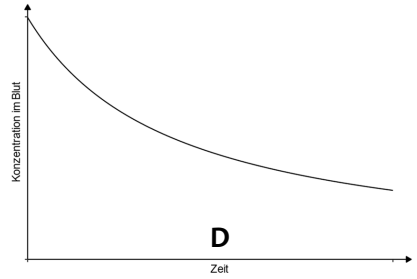
Nenne für jeden der Graphen in Stichpunkten einen berücksichtigten und einen nicht berücksichtigten Aspekt der korrekten Kurve.





Lösung A	Lösung B





Lösung C	Lösung D

Kommentiert [FC12]: Optionale Aufgabe
Die SuS sollen Fehler und Korrektes in den fiktiven Konzentrationsverläufen erkennen und nennen

Kommentiert [FC13]: Lösung A:
Berücksichtigt: steiler und nicht linearer Anstieg
Nicht bedacht: Abfallen der Kurve, nur ein einzelner Höhepunkt

Kommentiert [FC14]: Lösung B:
Berücksichtigt: ein einzelner Höhepunkt, steiler Anstieg, abnehmende Geschwindigkeit beim Fallen
Nicht bedacht: sofortige Freisetzung des gesamten Wirkstoffes im Blut nach einer Verzögerung, keine Anreicherung mit der Zeit

Kommentiert [FC15]: Lösung C:
Berücksichtigt: ungleiche Geschwindigkeiten beim Ansteigen und Fallen der Kurve, nur ein einzelner Höhepunkt
Nicht bedacht: steiler Anstieg und früher Höhepunkt

Kommentiert [FC16]: Lösung D:
Berücksichtigt: Fallen der Kurve immer langsamer, nur ein einzelner Höhepunkt
Nicht bedacht: Anstieg völlig unbeachtet, sofortige Freisetzung der gesamten Menge zum Zeitpunkt Null

CC BY NC SA
Clemens Frank
Sep. 2026

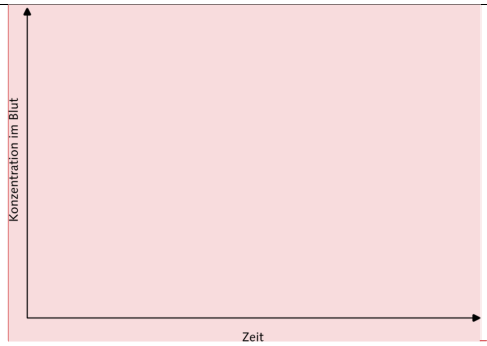
Pharmazie – LADME-Modell

Aufgaben zu individuellen Konzentrationsverläufen

Zwei Personen nehmen zur gleichen Zeit dieselbe Dosis Ibuprofen ein. Bei einer Blutuntersuchung zeigt sich, dass sich die Wirkstoffkonzentration im Verlauf der Zeit unterscheidet.

1. **Formuliere** eine Vermutung zu einem individuellen Faktor, der die Konzentrationsverläufe beeinflussen könnte.
2. **Zeichne** zwei Konzentrationsverläufe in das Koordinatensystem, deren Unterschied zu deiner Vermutung passt.

Vermutung



3. **Erläutere** den Zusammenhang zwischen deiner Vermutung und den dargestellten Verläufen.
4. **Begründe**, warum derselbe Konzentrationsverlauf nicht für alle Menschen gelten muss.

Erläuterung

Begründung

Kommentiert [FC17]: Optionale Aufgabe
Die SuS sollen sich die individuellen Unterschiede in der Verteilung und daraus resultierender Wirkung von Medikamenten erarbeiten.

Kommentiert [FC18]: Individuelle Vermutungen könnten die folgenden Faktoren verknüpfen: Geschwindigkeit der Wirkstoffaufnahme, Wirkstoffabbau, Stoffwechsel, Alter, Gesundheitszustand, Organfunktion, Verweildauer im Blut

Optionaler Tipp: *„Denke beispielsweise daran, dass sich Menschen darin unterscheiden können, wie schnell ein Wirkstoff aufgenommen, verteilt oder abgebaut wird."*

Kommentiert [FC19]: Schnellere Verstoffwechslung → steilerer Abfall
langsamere Absorption → späterer Konzentrationsanstieg, flachere Kurve, niedriges Maximum
schneller Absorption → früheres Maximum
längere Verweildauer im Blut → längere hohe Konzentration

Kommentiert [FC20]: Entscheidend ist, dass Graph und Begründung konsistent sind.
Bsp. 1: Person A baut den Wirkstoff schneller ab. Deshalb sinkt ihre Wirkstoffkonzentration früher bzw. stärker als bei Person B.
Bsp. 2: Da der Wirkstoff bei Person B langsamer aufgenommen wird, steigt ihre Konzentration später an.

Kommentiert [FC21]: Ziel ist die Sensibilisierung für Individualität und Präzisionsmedizin.
Mögliche Begründungen können auf folgenden Aussagen beruhen:
- Menschen unterscheiden sich in biochemischen Eigenschaften, darum Konzentrationsverläufe unterschiedlich
- einzelner Graph beschreibt nur möglichen Verlauf
- Für Beschreibung realer Vorgänge individuelle Unterschiede berücksichtigen

CC BY NC SA
Clemens Frank
Sep. 2026

Zum Autor

Kommentiert [FC22]: Optional für eine mögliche Berufsorientierung im Unterricht



Clemens Frank studierte nach seinem Abitur zunächst im Bachelor an der Freien Universität Berlin Chemie und Mathematik für das Lehramt. Nach seinem Masterabschluss an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ebenfalls in den Fächern Chemie und Mathematik für das Lehramt knüpfte er nahtlos mit einem Promotionsstudium unter Prof. Dr. Ilka Parchmann am IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik in Kiel an. In seinem Projekt entwickelte er das vorliegende Material im Rahmen eines außerschulischen Lernangebotes in der Kieler Forschungswerkstatt.

Zum weiteren Material

Weiteres Material finden Sie als Lehrkraft unter folgendem Link, bzw. rechtsstehendem QR-Code:

https://www.forschungs-werkstatt.de/downloads/unterrichtsmaterial-pharmazeutische-wirkstoffe/

CC BY NC SA

Pharmazie – LADME-Modell

Erklärungen zum Versuch

Für den praktischen Versuch zur Illustrierung der Plasmaeiweiß-Bindung werden Albumin und Ibuprofen jeweils einzeln sowie gemeinsam gegen verdünnte Natronlauge mittels dem Säure-Base Indikator Phenolphthalein bis zum Farbumschlag titriert. Durch das Verwenden einer Ibuprofen-Suspension können Ibuprofen und Albumin gemeinsam in wässriger Lösung vorliegen. Die Titrationen der reinen Ibuprofen- sowie der Albumin-Lösung als Blindwerte (19 µmol und 290 µmol NaOH) dienen jeweils als Referenz. Bei einem weiteren Versuch wird nun die entsprechende Menge Albumin mit derselben Menge Ibuprofen-Suspension vermischt und titriert. Es kann hierbei gezeigt werden, dass die zum Erreichen des Farbumschlages benötigte Menge an Natronlauge (290 µmol) deutlich geringer als die Summe der Referenzwerte (290+19 µmol) für Albumin und Ibuprofen.

Wenn Ibuprofen an Albumin bindet, wird die Carbonsäure-Funktion von basischen Aminosäuren des Albumins abgepuffert. Folglich wird in der Titration von Ibuprofen mit Albumin nicht die gleiche Stoffmenge an Ibuprofen deprotoniert werden können wie in der Titration der Ibuprofen-Suspension. Die starken ionischen intermolekularen Wechselwirkungen von Ibuprofen an Albumin verhindern den quantitativen Nachweis von Ibuprofen in dieser Titrationsmethode, sodass die gemessenen Werte der Titrationen von Albumin mit und ohne Ibuprofen keinen signifikanten Unterschied aufweisen.

Tipps zur Durchführung

Als Arzneiform wird eine wässrige Ibuprofen-Suspension (Ibuflam® 40 mg/mL) verwendet. Dadurch kann Ibuprofen zwar zunächst nicht vollständig gelöst, aber im Wasser fein verteilt vorliegen, so dass während der Titration Ibuprofen quantitativ gelöst wird und der Versuch gelingt.

Um die Dauer der Versuchsdurchführung zu begrenzen, sollten die Ibuflam®-Lösung (19 µmol/mL) sowie die Natriumhydroxid-Lösungen (20 µmol/mL und 1 µmol/mL) im Vorfeld angesetzt werden. Sofern die Ibuflam®-Lösung 40 mg/mL verwendet wird, kann im Verhältnis 1:9, also bspw. 5 mL des Medikamentes mit 45 mL dest. Wasser verdünnt werden.

IPN kieler forschungswerkstatt CC BY NC SA
Clemens Frank
Sep. 2026