

## Das große Zähflüssigkeitsrennen - Alkane im Viskositätswettstreit

In diesem Experiment geht es um den Zusammenhang zwischen Eigenschaften und Struktur von Alkanen. An den Beispielen aus dem Alltag „Benzin, Diesel und Schmieröl/Paraffinöl“ soll zunächst experimentell festgestellt werden, wie sich diese in den Eigenschaften unterscheiden. Von den Beobachtungen ausgehend, sollen Zusammenhänge zwischen Struktur und Zusammensetzung dieser Alltagsprodukte hergestellt werden, um schließlich die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten als Treibstoffe und Schmiermittel verstehen zu können. Experimentell können die Unterschiede der Viskosität dieser drei Flüssigkeiten mit Hilfe von Messpipetten festgestellt werden.

### Vermutung aufstellen bzw. Hypothese bilden



Überlege dir, welche Ergebnisse dieses Experiment liefern könnte und begründe diese auch. Notiere deine Hypothese.

### Versuch funktionsfähig aufbauen und durchführen

Bereite die benötigten Materialien für dieses Experiment auf deinem Arbeitsplatz vor. Nachstehend findest du eine Versuchsanleitung und eine Materialliste.

- Bildet Teams aus 3 Personen und entscheidet euch jeweils für eine Flüssigkeit (Benzin, Diesel, Paraffinöl).
- Geht dann wie folgt und möglichst gleichzeitig vor.
- Fülle die Messpipette mit einer Pipettierhilfe mit der gewählten Flüssigkeit.
- Lege dir die Stoppuhr funktionstüchtig zur Seite und starte sie, sobald du die Pipettierhilfe entfernst. Stoppe, wie lange es dauert, bis die Flüssigkeit wieder ins Vorratsgefäß zurückgeflossen ist.
- Reinige die Pipetten gründlich mit Spülmittel und warmen Wasser.
- Verschließe die Gefäße mit den Flüssigkeiten gewissenhaft.

#### Material:

- 3 Messpipetten 10mL
- 3 Pipettierhilfe
- Stoppuhr / Handy
- Je ein Gefäß mit Benzin, Diesel und Paraffinöl



Baut den Versuch funktionsfähig auf und führt ihn wie beschrieben durch.

## Beobachten, Messen und Dokumentieren

- ✓ Beobachtet sorgfältig und notiert die Messergebnisse in einer Tabelle.

## Schlüsse ziehen und Diskutieren

- ✓ Vergleicht nun eure Ergebnisse und diskutiert, ob eure Hypothesen wahr oder falsch sind. Versucht einen Zusammenhang herzustellen zwischen der Struktur der Moleküle im Benzin, Diesel und Paraffinöl und deren Viskosität. Holt euch bei Bedarf ergänzende Informationen aus dem Schulbuch bzw. den Informationskärtchen.

## Viskosität bei Treibstoffen und Schmiermitteln

Für den effizienten Einsatz von Treibstoffen und Schmiermitteln ist die Eigenschaft der Viskosität von enormer Bedeutung. Nachdem du bereits vieles in diesem Themengebiet gelernt hast, hast du mit Sicherheit Ideen, warum das so ist.

Holt euch bei Bedarf ergänzende Informationen aus dem Schulbuch bzw. den Informationskärtchen.

- ✓ Überlege dir, warum ein Fahrzeug mit Benzinmotor nur mit Benzin getankt werden darf? Stelle Vermutungen auf und begründe diese. Versuche den Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften herzustellen.
- ✓ Überlege dir, warum es bei sehr tiefen Temperaturen (Winter) Probleme beim Startvorgang eines Dieselmotors geben kann? Stelle Vermutungen auf und begründe diese. Versuche den Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften von Dieseltreibstoff herzustellen.
- ✓ Überlege dir, warum speziell langkettige Alkane als Schmiermittel eingesetzt werden. Versuche wiederum den Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften herzustellen.

# Das Zähflüssigkeitsrennen - Alkane im Viskositätswettstreit

## Vermutung aufstellen bzw. Hypothese bilden

- ✓ Überlege dir, welche Ergebnisse dieses Experiment liefern könnte und begründe diese auch. Notiere deine Hypothese.

Nach einführender Besprechung des Experimentes sollen die Schüler:innen eine Vermutung über den Ausgang des Experiments machen und diese begründen.

### Mögliche Hypothesen:

„Benzin verlässt am schnellsten die Pipette, gefolgt von Diesel und zuletzt von Paraffinöl, weil im Benzin kurzkettige Alkane ( $C_5$ -  $C_{12}$ ) vorkommen und diese sich am schnellsten bewegen.“ (zutreffend)

„Paraffinöl ist am schnellsten, weil es am schwersten ist ( $C_{18}$ -  $C_{22}$ ).“ (nicht zutreffend)

## Versuch funktionsfähig aufbauen und durchführen

- ✓ Baut den Versuch funktionsfähig auf und führt ihn wie beschrieben durch.

Versuchsdurchführung:

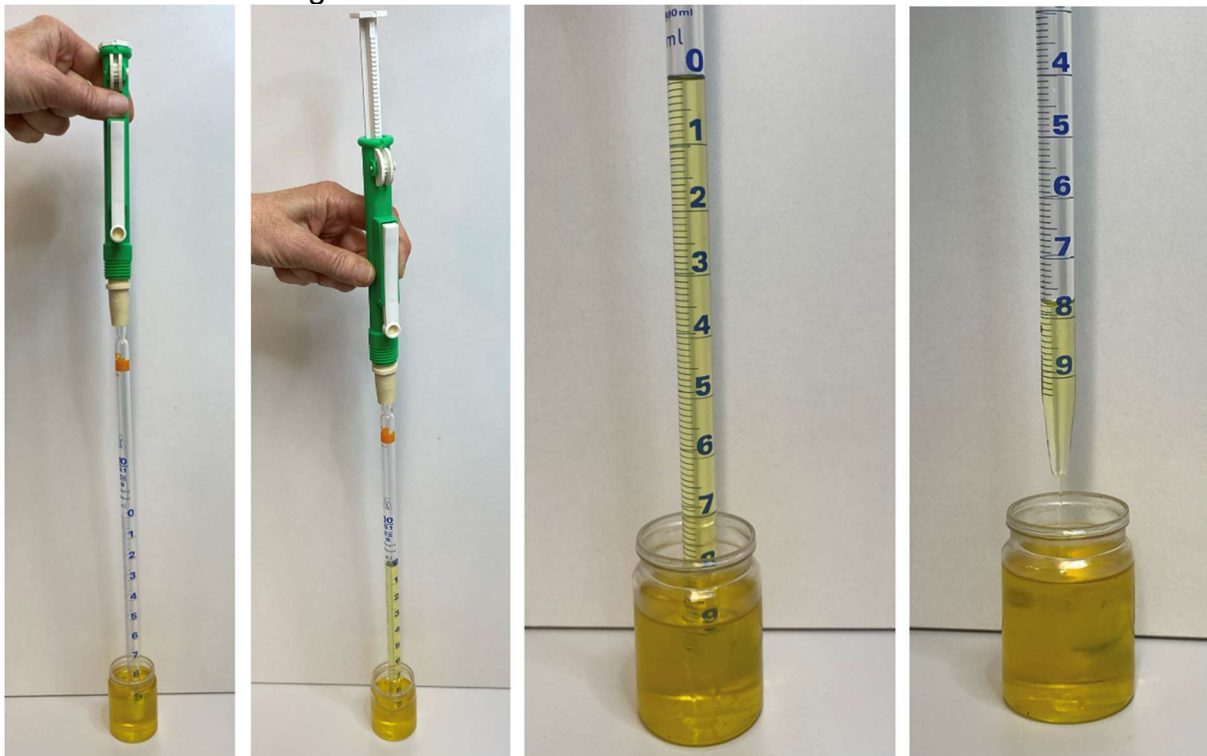


Abbildung 1: Versuchsdurchführung

## Beobachten, Messen und Dokumentieren



Beobachtet sorgfältig und notiert die Messergebnisse in einer Tabelle.

Der Versuch wird in der Gruppe durchgeführt. Versuchsdurchführung sowie Ergebnisse werden beobachtet, gemessen und notiert.

### Messergebnisse:

*Die Pipette mit Benzin entleert sich am schnellsten und gewinnt den Wettlauf.*

*Die Pipette mit dem Diesel entleert sich auch rasch, aber etwas langsamer als Benzin.*

*Die Pipette mit dem Paraffinöl entleert sich sehr, sehr langsam.*

### Mögliche Ergebnisse einer 10ml Messpipette:

Benzin	Diesel	Paraffinöl
10 Sekunden	30 Sekunden	2 Minuten 30 Sekunden

## Schlüsse ziehen und Diskutieren



Vergleicht nun eure Ergebnisse und diskutiert, ob eure Hypothesen wahr oder falsch sind. Versucht einen Zusammenhang herzustellen zwischen der Struktur der Moleküle im Benzin, Diesel und Paraffinöl und deren Viskosität.

Die Schüler:innen sollen in der Gruppe ihre aufgestellten Hypothesen mit den Ergebnissen des Experiments vergleichen und darüber diskutieren.

*Alkane bestehen nur aus den Atomen Kohlenstoff C und Wasserstoff H (Kohlenwasserstoffe). Sie sind unpolar und daher wirken zwischen den Molekülen nur schwache Wechselwirkungen (Van-der-Waals-Wechselwirkungen).*

*Je **kürzer** die Kohlenwasserstoffketten sind, desto **weniger Van-der-Waals-Wechselwirkungen** bilden sich zwischen den Molekülen, d.h. sie halten weniger gut zusammen, darum laufen sie schneller aus der Pipette aus, d.h. sie zeigen eine **geringere Viskosität**. Vgl. Abb.3*

*Benzin enthält Alkane mit 5-12 C- Atomen (Pentan, Hexan, Heptan, Octan Nonan.....)*

*Diesel enthält Alkane mit 12\_18 C- Atomen (Dodecan, Tridecan.....), d.h. längere Moleküle und mehr Van-der-Waals-Wechselwirkungen, daher eine höhere Viskosität.*

*Paraffinöl enthält Alkane mit 18- 22 C- Atomen (Octadecan, Nonadecan, Icosan...), d.h. noch längere Molekülketten und noch mehr Van-der-Waals-Wechselwirkungen, daher die größte Viskosität. Vgl. Abb.4*



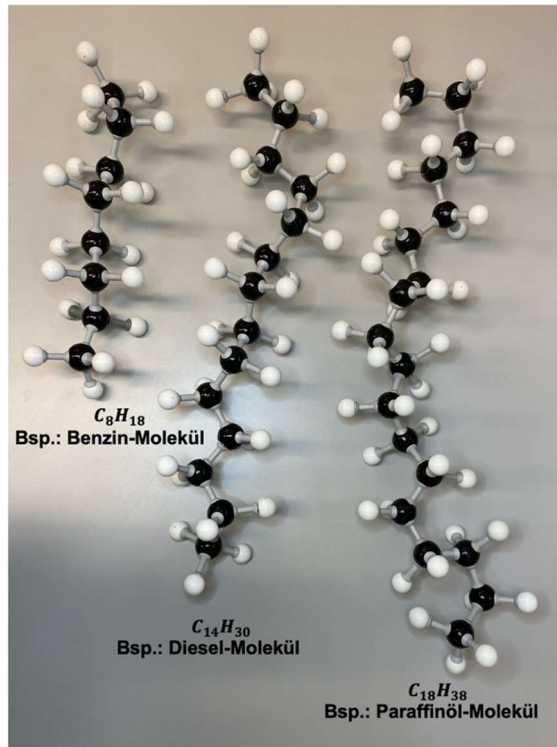


Abbildung 2: Modelle der verwendeten Alkane

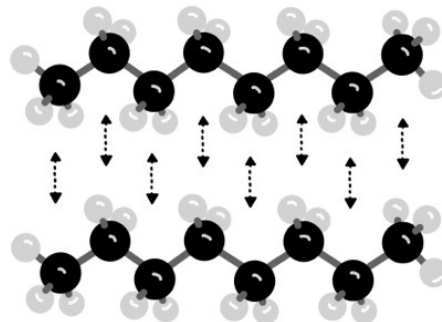


Abbildung 3: Van-der-Waals-Wechselwirkungen zwischen Benzin-Molekülen

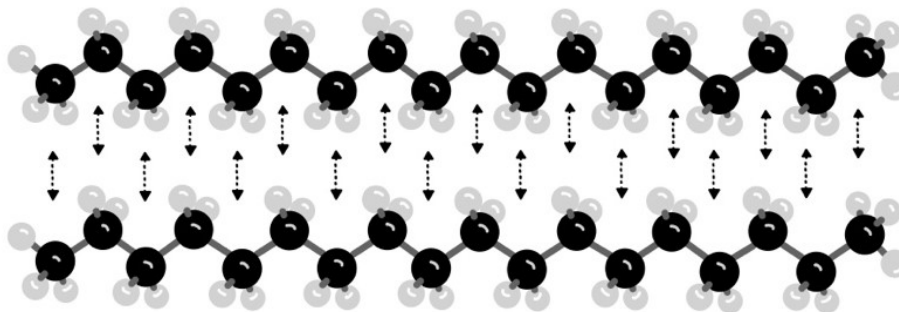


Abbildung 4: Van-der-Waals-Wechselwirkungen zwischen Paraffinöl-Molekülen

## Viskosität von Treibstoffen und Schmiermitteln in der Technik

Für den effizienten Einsatz von Treibstoffen und Schmiermitteln ist die Eigenschaft der Viskosität von enormer Bedeutung. Nachdem du bereits vieles in diesem Themengebiet gelernt hast, hast du mit Sicherheit Ideen, warum das so ist.



Überlege dir, warum ein Fahrzeug mit Benzinmotor nur mit Benzin getankt werden darf? Stelle Vermutungen auf und begründe diese. Versuche den Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften zu berücksichtigen.

### Mögliche Vermutungen:

- *Benzin setzt sich aus kurzkettigen Alkanen zusammen, d.h. wenig Van-der-Waal`s-Wechselwirkungen. Daher können die Moleküle von Benzin leicht in den gasförmigen Zustand übergehen = „vergas“ werden. Im Benzinmotor wird ein Benzin -Luft -Gemisch komprimiert und zur Explosion gebracht. (zutreffend)*
- *Diesel ist ein Gemisch aus längeren Alkanen, d.h. es gibt viele Van-der-Waal`s-Wechselwirkungen, die Moleküle halten besser zusammen und daher kann kein Gas-Luftgemisch gebildet werden, welches für den Benzinmotor notwendig ist (zutreffend)*
- *Weil beim Tanken eines falschen Treibstoffes ein Motorschaden auftreten kann, weil die unterschiedlichen Treibstoffe, verschiedene Verbrennungseigenschaften haben (zutreffend)*
- *Weil Diesel im Dieselmotor explodiert (nicht zutreffend)*



Überlege dir, warum es bei sehr tiefen Temperaturen (z.B. im Winter) Probleme beim Starten eines Dieselmotors geben kann? Stelle Vermutungen auf und begründe diese. Versuche den Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften zu berücksichtigen.

### Mögliche Vermutungen:

- *Da im Diesel langkettige Alkane enthalten sind und diese Moleküle eine größere Masse und mehr Van-der-Waal`s-Wechselwirkungen haben, werden höhere Temperaturen gebraucht für die Bewegung. (zutreffend)*
- *Die Viskosität ist temperaturabhängig, bei tiefen Temperaturen sinkt diese und damit kann Diesel nicht mehr zum Motor zur Verbrennung gelangen. (zutreffend)*

- *Weil der Diesel paraffiniert, d.h. fest wird bei tiefen Temperaturen. Deswegen gibt es bei uns auch einen Winterdiesel, d.h. mit Zusatz von kurzkettigen Alkanen. (zutreffend)*
- *Weil die Zündkerze bei tiefen Temperaturen keine Funken produzieren kann. (nicht zutreffend)*



Überlege dir, warum langkettige Alkane als Schmiermittel eingesetzt werden.

Mögliche Vermutungen:

- *Weil sie viele Van-der-Waal`s-Wechselwirkungen sind sie sehr zähflüssig und lassen sich einerseits noch gut verteilen und andererseits rinnen sie nicht davon. (zutreffend)*
- *Weil sie sehr stabil sind - Einfachbindungen,  $sp^3$ -Hybridisierung- und nicht mit Metallen, Glas etc. reagieren. (zutreffend)*
- *Weil die langen Kohlenwasserstoffketten besonders gut aneinander vorbeigleiten können und somit eine noch längere Kette bilden (nicht zutreffend)*

## Differenzierungsmöglichkeiten für den Einsatz im Unterricht

Um für Messgenauigkeiten zu sensibilisieren und mathematische Auswertungskompetenzen zusätzlich zu trainieren können beispielsweise folgende Adaptierungen im Experiment vorgenommen werden:

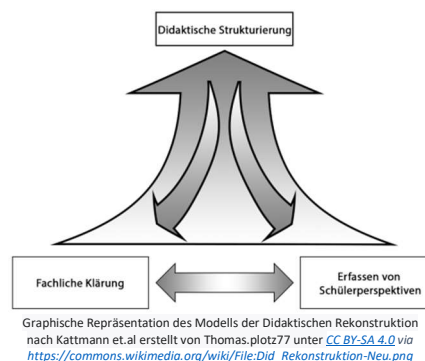
- Messreihe erstellen, also mehrere Wiederholungen der gleichen Messung durchführen.
- Genauigkeiten der Messung können durch den Einsatz unterschiedlicher Messpipetten diskutiert werden.
- Der mathematische Aspekt, kann hinsichtlich statistischer Auswertungen sowie Erstellung von Grafiken zusätzlich fokussiert werden.
- Ausgehend von einem Grundexperiment (nur eine Flüssigkeit) kann dieses Beispielexperiment durchaus nach der Methode des forschenden Lernens zum eigenständigen Experimentieren anregen.

Unterrichtsplanung Sequenz:

# Das große Zähflüssigkeitsrennen - Alkane im Viskositätswettstreit

Didaktische Strukturierung


**Thema & Schlüsselbegriffe der Unterrichtssequenz,  
unterrichtliche Rahmenbedingungen:**



## Viskosität

*Zwischenmolekulare Wechselwirkungen: Van-der-Waal`s-Wechselwirkungen;  
Kohlenwasserstoffen: Eigenschaften von Alkanen; Pipettieren und Messen;*

MS 4. Klasse/AHS 4. Klasse

	<p><b>A) Leitziele fundiert in Lehrplan &amp; Kompetenzmodell<sup>1</sup>:</b></p> <p><b>A.1) Lehrplan (Sek 1):</b></p> <p><b>3. Klasse, Physik (Kompetenzbereich Mechanik):</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- die (auch mehrdimensionale) Bewegung von Objekten mit geeigneten fachtypischen Darstellungen unter Einbeziehung moderner digitaler Werkzeuge beschreiben und die wesentlichen physikalischen Größen von Bewegung (Ort, Tempo und Geschwindigkeit) in verschiedenen Kontexten anwenden.<sup>4, 12</sup> <b>(W)</b></li> <li>- in einfachen Experimenten den Zusammenhang zwischen der Änderung einer Geschwindigkeit und einer Einwirkung von außen untersuchen <b>(E)</b> und auf unterschiedliche Alltagsbeispiele anwenden <b>(W)</b>.</li> <li>- die Wirkung verschiedener Kräfte im Alltag qualitativ untersuchen <b>(E)</b>, dokumentieren <b>(E)</b> und kommunizieren <b>(W)</b>.</li> </ul> <p><sup>4</sup> Informatische Bildung, <sup>12</sup> Verkehrs- und Mobilitätsbildung</p> <p><u>Anwendungsbereiche</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Phänomenologische Behandlung von Kraftarten</li> <li>- Modellvorstellungen</li> </ul> <p><b>4. Klasse, Chemie:</b></p> <p><u>Zentrale fachliche Konzepte:</u> Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: <i>Die chemischen und physikalischen Eigenschaften von Stoffen können auf ihre Struktur zurückgeführt werden. Dabei sind Art und Wechselwirkung der Teilchen ausschlaggebend</i></p>
---	---



Kompetenzbereiche:

Die Schülerinnen und Schüler können

- Vorgänge und Phänomene in der Natur, Umwelt und Technik sowie deren Auswirkungen beobachten, erfassen, beschreiben und benennen. (W)
- Vorgänge und Phänomene in der Natur, Umwelt und Technik in verschiedenen Formen (Grafik, Tabelle, Bild Diagramm,...) darstellen, erklären und adressatengerecht kommunizieren. (W)
- zu Vorgängen und Phänomenen in der Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen oder Messungen durchführen und diese beschreiben. (E)
- Beobachtungen, Daten und Ergebnisse von Untersuchungen analysieren (ordnen, vergleichen und Abhängigkeiten feststellen) und interpretieren. (E)
- Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für sich persönlich und die Gesellschaft erkennen, um verantwortungsbewusst zu handeln. (S)

Anwendungsbereiche

- Bindungsmodelle, Strukturen und Wechselwirkungen
- Planen, Durchführen, Beobachten, Erfassen, Auswerten und Dokumentieren von Untersuchungen
- Bedeutung der Chemie für Alltag, Wirtschaft, Gesundheit und Umwelt sowie die damit verbundene Verantwortung für eine nachhaltige Zukunft<sup>11,13</sup>

<sup>11</sup> Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung, <sup>13</sup> Wirtschafts-, Finanz- und Verbraucher/innenbildung

**A.2) Lehrplan (AHS):****5. Klasse, Physik (Mechanik 1):**


Relativität von Ruhe und Bewegung, Bewegungsänderung durch Kräfte, Newton'sche Bewegungsgleichung, geradlinige und kreisförmige Bewegung, Gravitation

**A.3) Lehrplan (BHS)****1. Jahrgang, Naturwissenschaften (Grundlagen der Physik):**Kompetenzbereiche:

Die Schülerinnen und Schüler können

- die in Naturwissenschaften und Technik häufig gebrauchten physikalischen Größen sowie deren Formelzeichen, Definitionen und Maßeinheiten nennen, ihre Bedeutung und Möglichkeiten ihrer Messung erklären und typische in der Praxis auftretende Werte angeben;
- Vorgänge und Erscheinungsformen in Natur und Technik beobachten und unter Verwendung physikalischer Größen beschreiben;
- einfache physikalische Experimente planen durchführen sowie Ergebnisse protokollieren und fachgerecht festhalten;
- Werte durch Vergleichen, Abschätzen oder Messen ermitteln, Ergebnisse auf Plausibilität prüfen und eine Aussage über deren Genauigkeit machen;
- einfache Zusammenhänge zwischen Messgrößen in Form von Tabellen, Diagrammen und Gleichungen darstellen und dazu eigene Erklärungen formulieren;
- die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie deren Verlässlichkeit und Grenzen anhand von einfachen Beispielen erläutern.

	<p><b>Lehrstoff:</b> Ausgewählte Phänomene der klassischen Physik (zB Reibung, Auftrieb, Brechung, Reflexion, thermische und elektrische Leitfähigkeit)</p> <p>Quelle: RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes (2024): Lehrplan der Mittelschule. Online verfügbar unter <a href="https://www.ris.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2023_II_1/Anlagen_0005_602132D5_6AB7_4D68_B4E4_6CF508085BA2.pdf">https://www.ris.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2023_II_1/Anlagen_0005_602132D5_6AB7_4D68_B4E4_6CF508085BA2.pdf</a>, zuletzt aktualisiert am 02.01.2024, zuletzt geprüft am 10.03.2024.</p> <p>RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes (2024): Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Online verfügbar unter <a href="https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&amp;Gesetzesnummer=10008568">https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&amp;Gesetzesnummer=10008568</a>, zuletzt aktualisiert am 10.03.2024, zuletzt geprüft am 10.03.2024.</p> <p>RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes (2021): Lehrpläne der Höheren technischen und gewerblichen Lehranstalten 2015. Online verfügbar unter <a href="https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR40237794/NOR40237794.pdf">https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR40237794/NOR40237794.pdf</a>, zuletzt aktualisiert am 04.09.2021, zuletzt geprüft am 10.03.2024.</p> <p><b>B) Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe:</b></p> <p><b>Anforderungsniveau:</b> N1, N2 <b>Handlungsdimensionen:</b> W1, W3, E1, E4, S2</p> <p><b>Inhaltsdimension Physik, Mechanik P1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- grundlegende physikalische Begriffe und Größen (Zeit, Länge, Masse, Dichte, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Schwerkraft, Leistung, Energie)</li> <li>- einfache Bewegungen</li> <li>- Kräfte als Ursache für Bewegungsänderungen</li> <li>- Energieformen und deren Umwandlung</li> </ul> <p>Quelle: Bifie- Bundesinstitut Zentrum für Innovation und Qualitätsentwicklung: Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Online verfügbar unter <a href="https://www.iqs.gv.at/themen/nationale-kompetenzerhebung/grundlagen-der-nationalen-kompetenzerhebung/grundlagen-der-bildungsstandards">https://www.iqs.gv.at/themen/nationale-kompetenzerhebung/grundlagen-der-nationalen-kompetenzerhebung/grundlagen-der-bildungsstandards</a>, zuletzt geprüft am 10.03.2024.</p> <p><b>C) Facettenmodell experimenteller Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fragestellungen entwickeln</li> <li>- Vermutung aufstellen/ Hypothese bilden</li> <li>- Beobachten/ Messen/ Dokumentieren</li> <li>- Schlüsse ziehen/ diskutieren</li> </ul> <p>Quelle: Maiseyenko, V., Schecker, H., Nawrath, D. (2023): Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz. In: <i>Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (1/12)</i>, S. 1-17.</p>
<p style="font-size: 48pt; font-weight: bold; text-align: center;">E</p>	<p><b>Elementare Grundideen</b> (fachliche Konzepte und/oder naturwissenschaftliche Arbeitsweisen)<sup>2</sup>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jede Flüssigkeit verfügt über viskose Eigenschaften. Unter Viskosität versteht man unter anderem die Zähflüssigkeit eines Stoffes.</li> <li>• Je zähflüssiger ein Stoff ist, umso langsamer ist seine Fließgeschwindigkeit.</li> <li>• Ursache für die verlangsamte Bewegung einer zähflüssigeren Flüssigkeit liegt in der inneren Reibung und Scherung des Stoffes.</li> <li>• Es gibt einen direkten Zusammenhang zwischen dem Aufbau der Moleküle (Struktur) und den Wechselwirkungen zwischen den Molekülen (zwischenmolekulare Wechselwirkungen) und der Viskosität</li> <li>• Die Viskosität hängt von Faktoren wie etwa der Temperatur oder äußeren Krafteinwirkungen ab.</li> </ul>
<p style="font-size: 48pt; font-weight: bold; text-align: center;">S</p>	<p><b>Schülerperspektive</b> (Lernendenvorstellungen und Interessen zum Themenbereich)<sup>2</sup>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viskosität und Dichte sind dasselbe.</li> <li>• Viskosität und Klebrigkeit sind dasselbe.</li> <li>• Wasser hat keine Viskosität.</li> <li>• Viskosität hängt mit dem Volumen der Flüssigkeit zusammen.</li> <li>• Viskosität hängt mit der Masse der Flüssigkeit zusammen.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Je viskoser eine Flüssigkeit ist, desto mehr Materie enthält sie.</li> <li>• Flüssigkeiten mit derselben Temperatur haben die selbe Viskosität.</li> <li>• Flüssigkeiten unter dem selben Druck haben diesselbe Viskosität.</li> </ul> <p><small>Quelle: Feser, M. S., &amp; Krumpals, I. (2023). Viscous behavior of fluids in the eyes of adults: A global survey. <i>The Physics Educator</i>, 5(04), 2350017.</small></p>
	<p><b>SMARTe</b> (operationalisierte) <b>Lernziele und Indikatoren</b> (angestrebtes, beobachtbares Endverhalten)<sup>1</sup>: Spezifisch, messbar, angepasst, realistisch, terminiert</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schüler:innen können anhand einer kurzen Beschreibung des Experiments und eine Vermutung aufstellen bzw. eine Hypothese bilden, um damit den Ausgang des Experiments vorherzusagen.</li> <li>• Die Schüler:innen sollen ein Experiment durchführen, Beobachtungen machen und alles entsprechend dokumentieren können.</li> <li>• Die Schüler:innen sollen die Dokumentation der Versuchsdurchführung mit der anfangs aufgestellten Vermutung/Hypothese vergleichen, daraus Schlüsse ziehen und in der Gruppe diskutieren können.</li> <li>• Die Schüler:innen sollen Viskosität mithilfe des zentralen fachlichen Konzeptes von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen in eigenen Worten erklären können.</li> <li>• Die Schüler:innen sollen die Auswirkungen der unterschiedlichen Viskosität für Natur und Technik erkennen.</li> </ul>

<sup>1</sup>) Vgl. Kapitel 1, Ziele bewusst machen: LABUDE, Peter (Hg.). *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr*. UTB, 2010.

<sup>2</sup>) Vgl. Kapitel 3, Didaktische Rekonstruktion: LABUDE, Peter (Hg.). *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr*. UTB, 2010.

Dieser Stundenplanungsraster ist unter Creative Commons lizenziert: „Sequenzplanungsraster Physikdidaktik Graz V1“ von Physikdidaktik Graz (pdg) unter [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) via [https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institute/Physik/Physikdidaktik/Studieren/PPS/Sequenzplanungsraster-04\\_22.docx](https://static.uni-graz.at/fileadmin/nawi-institute/Physik/Physikdidaktik/Studieren/PPS/Sequenzplanungsraster-04_22.docx)