

Prozesse im menschlichen Körper verstehen

Erarbeitet im vom BMBWF geförderten Projekt IMST



Autor:innen: Wolfgang Aschauer, Lana Ivanjek, Josefine Jaritz, Waltraud Knechtl, Franz Picher, Elisabeth Rogl, Marion Starzacher

Schulstufe(n): 7

Zeitbedarf: 1 Modul mit insgesamt 6 Unterrichtseinheiten zu je 100 Minuten

Inhalt

Hintergrundinformationen.....	2
Lernendenvorstellungen	3
Lernziele aller Unterrichtseinheiten:	6
Methodisch-didaktische Überlegungen:.....	6
Modul A: Prozesse im menschlichen Körper verstehen.....	7
Unterrichtseinheit A1: Warum trocknen die Haare?	7
Unterrichtseinheit A2: Warum können wir Gerüche aus einem anderen Teil des Raums wahrnehmen?	8
Unterrichtseinheit A3: Warum verteilt sich Tee in einem Glas Wasser?	9
Unterrichtseinheit A4: Warum ist uns kalt, wenn unsere Haut nass ist?	10
Unterrichtseinheit A5: Warum beschlägt der Spiegel nach dem Duschen?	12
Unterrichtseinheit A6: Warum hecheln Hunde?	13
Literaturverzeichnis.....	14

Hintergrundinformationen

Alle Inhalte haben mit dem menschlichen Körper zu tun. Der menschliche Körper wurde gewählt, da er im Allgemeinen Interesse hervorzurufen vermag. Besonders in der mit dem Unterricht angesprochenen Altersstufe können Themen in Bezug auf den Menschen Interesse wecken.

Der Unterricht wird durch die Handreichung umfassend angeleitet, um auch für fachfremde Lehrpersonen gut durchführbar zu sein. Zu den genannten Experimenten werden auch Videos angeboten, damit der Unterricht auch dann möglich ist, wenn das eine oder andere Experiment nicht durchgeführt werden kann.

Zur Erarbeitung der gewählten Themen und Phänomene wird das Teilchenmodell herangezogen. Die Vorstellungen über die partikuläre Natur der Materie im naturwissenschaftlichen Unterricht entspricht einer wissenschaftlichen Tradition, in der physikalische, chemische und sogar biologische Phänomene durch unsichtbare Teilchen erklärt werden, die den Gesetzen der klassischen Mechanik gehorchen. Mit dem Teilchenmodell können viele Phänomene aus dem Alltag erklärt werden wie z.B. Phasenübergänge (Verdunstung, Kondensation,...) oder Diffusion (vgl. De Vos & Verdonk, 1996). Ein gutes Verständnis des Teilchenmodells ist zudem eine wichtige Voraussetzung dafür, kompliziertere Konzepte über den Aufbau von Materie verstehen zu können (vgl. Özmen & Çalik, 2010, S. 169).

De Vos & Verdonk (1996) beschreiben das Teilchenmodell in 8 Kernaussagen, von welchen die relevanten in sinngemäßer Übersetzung und verkürzter Form wiedergegeben werden:

1. Alle Materie besteht aus Einheiten, die Teilchen genannt werden. Einzelne Teilchen sind zu klein, um sie zu sehen. Sie verhalten sich wie harte, feste und (außer bei chemischen Reaktionen) unveränderliche Objekte. Ihre absoluten Abmessungen und ihre Form sind normalerweise irrelevant. In Zeichnungen können die Teilchen als kleine Kreise oder Punkte abgebildet werden.
2. Die ständige Bewegung ist ein Merkmal aller Teilchen, da Stöße der Teilchen untereinander vollkommen elastisch sind. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Temperatur von Materie und der durchschnittlichen kinetischen Energie der Teilchen.
3. In einem Gas ist der leere Raum zwischen den Teilchen viel größer als der Raum, der von den Teilchen selbst eingenommen wird. Die Teilchen eines Gases sind in einem geschlossenen Raum gleichmäßig verteilt.

4. Zwischen den Teilchen besteht eine gegenseitige Anziehungskraft. In einem Gas ist die Anziehungskraft vernachlässigbar, außer bei hohem Druck und bei niedriger Temperatur.
5. In Flüssigkeiten und Festkörpern sind die Teilchen viel näher beisammen und unterliegen den gegenseitigen Anziehungskräften. In Flüssigkeiten sind die Teilchen unregelmäßig angeordnet und können den Ort wechseln. In Festkörpern sind die Teilchen in regelmäßigen Mustern angeordnet, wobei jedes Teilchen nur um eine feste Position schwingen kann.
6. Verschiedene Stoffe bestehen aus verschiedenen Teilchen, aber die Teilchen eines bestimmten Stoffes sind untereinander identisch. Ein Gemisch enthält Teilchen von zwei oder mehr verschiedenen Arten.

Im Sinne der hier gewählten forschenden Lernumgebung (ISLE) gilt es das Verwenden von Fachbegriffen (z.B. Verdunstung, Kondensation, Dampfdruck, ...) zu vermeiden, bevor die Lernenden ein Konzeptverständnis entwickeln konnten. Zunächst soll ein den Lernenden vertrauter Wortschatz verwendet werden. Am Ende der Einheit können Fachbegriffe genannt und fachliche Hintergrundinformationen (z.B. Texte aus Büchern...) angeboten werden.

In dieser Unterrichtssequenz wird zudem bewusst auf die Konzepte Kraft und Energie verzichtet, die Inhalt des Physikunterrichts der 8.Schulstufe sind. Z.B.: würde oben genannter Punkt 2 durch folgenden Wortlaut ausgedrückt: „Alle Teilchen bewegen sich ständig und in alle Richtungen. Dabei stoßen sie miteinander. Je höher die Temperatur ist, desto mehr schnelle Teilchen gibt es.“

Lernendenvorstellungen

von Teilchen:

„Teilchen besitzen eine Farbe und dehnen sich bei Erwärmung aus.“

„Irgendwann verdampfen die Teilchen, bevor sie so groß werden, dass man sie sehen kann.“

„Die Bewegung von Teilchen hört nach gewisser Zeit von selbst auf.“

„Zwischen den Teilchen ist Luft.“

„Zwischen den Teilchen eines Stoffes befindet sich derselbe Stoff in verdünnter Form.“

(Fischler & Schecker, 2018, S. 140 -145)

Die Teilchen sind wie die Substanz, die aus ihnen besteht, nur unteilbar.

Nicht nur die Substanz, sondern auch die Teilchen selbst haben eine Temperatur.

(vgl. De Vos & Verdonk, 1996, S. 662 - 663)

Materie ist kontinuierlich.

(vgl. Özmen & Çalik, 2010, S. 169).

von Verdunstung:

Das Wasser ist einfach verschwunden;

Wasser wurde absorbiert (in den Boden oder/und die Erde).

Wenn Wasser verdunstet ist, wurde es unsichtbar an einen anderen Ort wie den Himmel, die Luft oder die Decke übertragen.

Wasser wurde in Luft umgewandelt.

(vgl. Kirbulut & Beet, 2013, S. 211)

Wasser zerfällt beim Verdampfen in Wasserstoff und Sauerstoff.

(vgl. Tytler, 2000, S. 449)

Damit Verdunstung stattfinden kann, muss eine Flüssigkeit ihrer Umgebung Wärme entziehen;

(vgl. Kirbulut & Beet, 2013, S. 211)

Kondensation und Verdampfung finden bei einer bestimmten Temperatur statt.

(vgl. Kirbulut & Beet, 2013, S. 221)

von Kondensation:

Wasser sickert durch das Glas.

Die kalte Oberfläche und die trockene Luft reagieren und bilden Wasser.

(vgl. Abdullah, Mat Nayan & Mohamad Hussin ,2017, S. 54)

Sauerstoff und Wasserstoff aus der Luft kommen zusammen, um Wasser zu bilden.

(vgl. Kirbulut & Beet, 2013, S. 116)

Lernziele aller Unterrichtseinheiten:

Die Schüler:innen

- können Beobachtungen und Hypothesen (Erklärungen) deren Bedeutung entsprechend formulieren.
- verbessern ihre Ausdrucksfähigkeit durch das genaue Beschreiben vom Gesehenen (vgl. Etkina, 2023).
- können Hypothesen zur Erklärung eines Phänomens aufstellen.
- können zur Überprüfung der Hypothesen selbständig Experimente planen und Erwartungen an deren Ausgang formulieren.
- können den Ausgang der Experimente in Bezug auf die Hypothesen bewerten und analytisch Schlüsse daraus ziehen.
- können ihre Schlussfolgerungen argumentieren und diskutieren.
- zeigen durch die Zusammenarbeit in Teams Sozialkompetenz.
- erfahren durch die eigenständige, forschend-entdeckende Arbeitsweise Methoden- und Selbstkompetenz.

Methodisch-didaktische Überlegungen:

Mit den gewählten ISLE-Zugang wird im Sinne der zentralen fachlichen Kompetenzen 2 (Phänomene in Natur, Umwelt und Technik) des Lehrplans für MINT gehandelt. An ausgewählten Phänomenen werden

- Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten,
- kreative Ansätze zur Problemlösung und
- handwerklich-technischer Fertigkeiten

geschult.

Unterricht nach ISLE ist gendergerecht und basiert auf Teamarbeit. Eigenständige Arbeits- und Denkweisen werden gefördert, indem die Schüler:innen durch Beobachtungen, das Formulieren von Hypothesen, das Planen und Durchführen von Testexperimenten, das Aufstellen von Hypothesen und eigenständige Ziehen von Schlussfolgerungen sich als kompetent erleben und ein *growth-mindset* entwickeln können (vgl. Etkina, 2023).

Ein Element, welches den Unterricht wertvoll unterstützen kann, ist das schauspielerische Darstellen von mikroskopischen Phänomenen mit einem *Nano-Live-Act*. Das Schauspiel ermöglicht es Lernenden, ihre Vorstellungen lebendig darzustellen und bietet Lehrpersonen die Möglichkeit ein Feedback über den Lernstand einzuholen (vgl. Haim & Aschauer, 2022).

Differenzierung: Die Materialien können sowohl für Schüler:innen eingesetzt werden, die wenig bis kaum Vorwissen haben – also als Einstieg ins Thema, als auch für Schüler:innen, die bereits Vorwissen mitbringen, zur Festigung, Erweiterung und Überprüfung des Konzeptverständnisses. Für Integrationsschüler:innen ist grundsätzlich keine inhaltliche Veränderung notwendig, jedoch sollte mehr Zeit eingeplant werden. Auch für Lernende mit viel Vorwissen und einem guten Verständnis der Fachinhalte kann der Unterricht gewinnbringend sein. Möglichst viele plausible Hypothesen zur Erklärung eines Phänomens aufzustellen und diese mit Experimenten widerlegen zu versuchen kann als Spiel gesehen werden und eine vom Fachinhalt abgelöste Übung einer wissenschaftlichen

Vorgehensweise zu Erkenntnisgewinnung darstellen. Zudem ist es wahrscheinlich, dass durch die Öffnung für andere Möglichkeiten, eine Beobachtung zu erklären, jede:r Schüler:in auch neue fachlichen Aspekte entdeckt.

Das Auslassen von Inhalten ist nicht vorgesehen, da das Modul auf den Aufbau eines Konzeptverständnisses ausgelegt ist. Es ist allerdings nicht notwendig jeden Schritt des Ablaufs auszuführen, solange die Lernenden wissen, woher das Wissen stammt.

Informationen über den Lernfortschritt der Schüler:innen werden anhand eines Beobachtungsbogens und Fragen an eine ausgewählte Gruppe von Schüler:innen gesammelt.

Modul A: Prozesse im menschlichen Körper verstehen

Unterrichtseinheit A1: Warum trocknen die Haare?

Dauer: 2 UE

Motivation:

Der Vorgang des Trocknens ist im Alltag sehr präsent. Man beobachtet das Trocknen von Wäsche, Wasserlachen, der Schultafel... und eben auch von Haaren, welche in der Einstiegsfrage vorkommen, da sie den Körper des Menschen betreffen. In dieser Einheit soll untersucht werden, wohin das Wasser geht, wenn etwas Nasses trocknet.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler:innen

- machen erste Erfahrungen mit den Begriffen Beobachtung und Hypothese (Erklärung) am Beispiel des alltagsbezogenen Phänomens, dass Haare an der Luft trocknen.
- lernen eine Methode kennen, mit der sie durch das Aufstellen und experimentelle Überprüfen einer Hypothese, eine im wissenschaftlichen Sinne objektive Aussage treffen können.
- erarbeiten selbständig die Erkenntnis, dass beim Trocknen eine Flüssigkeit in die Umgebung entweicht.

Materialien:

- Reinigungsalkohol (90%-iger Isopropylalkohol, Isopropanol, Methylpropanol)
- Alternativ: Ethanol und Aceton
- Pipette
- (Ton-)Papier
- Papierhandtuch/Lappen

- Feinwaage (Genauigkeit: 1 mg)
- Becherglas (Durchmesser ca. 7 cm)
- Uhr
- Vakuumglocke
- Klebeband, Schere, Stift, Lineal

VIDEOS: siehe Lehrer:innenblatt

Unterrichtseinheit A2: Warum können wir Gerüche aus einem anderen Teil des Raums wahrnehmen?

Dauer: 2 UE

Motivation:

Das Teilchenmodell wird an einem einfachen Experiment plausibel gemacht. Es ist wichtiger Bestandteil der gesamten Unterrichtsreihe. Mithilfe der erarbeiteten Inhalte dieser Einheit kann die Einstiegsfrage aus A1 von den Schüler:innen beantwortet werden.

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Diese Einheit ist notwendige Fortführung von Unterrichtseinheit A1, um die Einstiegsfrage beantworten zu können.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler:innen können

- die Hypothese „Alkohol besteht aus Teilchen“ aufgreifen und mit einem vorgeschlagenen Experiment überprüfen.
- einen Modellversuch durchführen, um die Hypothese plausibel zu machen.
- das Ergebnis des Modellversuchs graphisch darstellen.
- die Verteilung von Duft im Raum auf Grundlage des Teilchenmodells in einem eigenständig geplanten Schauspiel (Nano-Live-Act) darstellen.
- Anwendungsbeispiele zum Gelernten finden.

Materialien:

- Reinigungsalkohol (90%iger Isopropylalkohol, Isopropanol, Methylpropanol)
- Alternativ: Ethanol und Aceton
- Papierstreifen
- Papierhandtuch/Taschentuch

- Reagenzglas (Je schmaler und höher, desto besser. Richtwert: 5 mm Durchmesser, 20 mm Länge)
- Stopfen
- Stativ mit Klemme
- Wasser
- Lebensmittelfarbe
- Alkohol
- Pipette
- Stift
- Bohnen (Kichererbsen o.Ä. mit Körnern deutlich größer als von Reis)
- Reis (o.Ä. deutlich kleiner als Bohnen)
- 2 Messzylinder
- viele gleiche Duplo-Steine
- Duft (Parfum, Deodorant, ätherische Öle...)
- Bänder, Tücher oder Warnwesten (für Kinder u.U. gratis zu bekommen)

VIDEOS: siehe Lehrer:innenblatt

Unterrichtseinheit A3: Warum verteilt sich Tee in einem Glas Wasser?

Dauer: 2 UE

Motivation:

Eine Selbstverständlichkeit, wie die Zubereitung von Tee mit Wasser, bietet den Ausgangspunkt zur Erarbeitung eines zentralen Schritts im Teilchenmodell. Untersucht wird die Frage nach dem Warum und auch, wie man den Prozess des Vermischens beschleunigen kann.

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Diese Einheit ist ein weiterer grundlegender Baustein in der Erarbeitung des Teilchenkonzepts. Anschließend an die Idee, dass Materie aus Teilchen besteht, folgt hier die Idee, dass sich die Teilchen in ständiger ungeordneter Bewegung befinden und es mehr schnelle Teilchen gibt, je höher die Temperatur ist. Diese Idee ist Voraussetzung für die Lerninhalte der folgenden Stunden.

Lern- und Kompetenzziele:

- Förderung des wissenschaftlichen Denkens durch die methodische Untersuchung einer gewohnten Handlung.
- Die Bewegung der Farbe in Wasser analysieren und unterschiedlichen Prozessen zuordnen können.
- Zwischen makro- und mikroskopischen Ursachen der Vermischung von Tee in Wasser unterscheiden und sich gezielt mit einer beschäftigen können
- Die ständige ungeordnete Bewegung als Eigenschaft der kleinsten Teilchen zu kennen.
- Die Erhöhung der Temperatur als Maßnahme kennen, welche dazu führt, dass es mehr schnelle Teilchen gibt.

Materialien:

- Teebeutel
- Glas
- Wasser
- Wasserkocher
- Thermometer
- Löffel
- 1 großer Rahmen und evtl. ein 1 kleiner Rahmen (Bauanleitung für einfachen Rahmen, siehe Anhang)
- Kugeln in zwei verschiedenen Farben
- 1 Stück Schaumstoff (10X1X10cm)
- Schere

VIDEOS: siehe Lehrer:innenblatt

Unterrichtseinheit A4: Warum ist uns kalt, wenn unsere Haut nass ist?

Dauer: 2 UE

Motivation:

Ein weiteres auf den Körper bezogenes Phänomen, das Abkühlen von nasser Haut, kann ebenfalls im Teilchenmodell erklärt werden. Anwendung findet die Erkenntnis, dass die Umgebung abkühlt, wenn etwas Nasses trocknet in vielen Bereichen des täglichen Lebens (z.B. Schwitzen) und der Technik.

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Anschließend an die Idee, dass sich die Teilchen in alle Richtungen bewegen und dass es mehr schnelle Teilchen gibt, je höher die Temperatur ist, folgt hier die Erarbeitung der Bedingung, wann Teilchen eine Flüssigkeit verlassen können und wann sie in der Flüssigkeit verbleiben mit dem damit verbundenen Abkühleffekt beim Trocknen einer feuchten Stelle. Diese Idee ist Voraussetzung für die Lerninhalte der folgenden Unterrichtseinheiten.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler:innen können

- können den Kühleffekt beim Trocknen von nasser Haut im Teilchenmodell erklären.
- Können Anwendungen (z.B. das Schwitzen) nennen.
- lernen die Wärmebildkamera als Gerät zur Visualisierung der Gefühle „kühl“ und „warm“ mit Farben kennen.
- Wissen, dass wir die Temperatur über die Haut nicht fühlen können, jedoch die Empfindungen „kalt“ und „warm“ mit einer Temperaturänderung zusammenhängen.
- können Beobachtungen aus einer Simulation beschreiben.
- können das Gelernte anwenden und erklären, warum sich ein heißer Körper schneller abkühlt.

Materialien:

- mehrere Gefäße, groß genug, dass die Schüler:innen eine Hand eintauchen können
- Wasser,
- Wasserkocher
- Lappen
- Kübel
- Box (etwa 30X40X70cm)*
- Föhn
- Wärmebildkamera oder IR-Thermometer
- Glas mit Wasser (40°C)
- Vakuumglocke

VIDEOS: siehe Lehrer:innenblatt

Unterrichtseinheit A5: Warum beschlägt der Spiegel nach dem Duschen?

Dauer: 2 UE

Motivation:

Das Luft Wasser enthält, ist für Lernende oft schwer vorstellbar. Schließlich kann man gasförmiges Wasser nicht sehen. Was allerdings gut zu beobachten ist, sind die Konsequenzen davon. Warum sich an kalten Oberflächen Wasser bildet, ist Inhalt dieser Einheit.

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Die Inhalte dieser Stunde sind Voraussetzung für das Verständnis der Inhalte der folgenden Unterrichtseinheiten. In dieser wird es darum gehen, dass Wind den Kühleffekt bei nasser Haut verstärken kann und dafür braucht es die Idee, dass Teilchen aus der Dampfphase in den flüssigen Zustand zurückkehren können.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler:innen können

- mit Experimenten sämtliche Möglichkeiten ausschließen, woher das Wasser auf der Oberfläche von einem Glas mit kaltem Wasser kommen könnte.
- auf diese Weise plausibel machen, dass es Wasser in der Luft geben muss, obwohl man es nicht sehen kann.
- können Beispiele aus dem Alltag finden, die dasselbe Phänomen darstellen.
- Können zumindest eine Anwendung nennen, wo das genutzt wird.

Materialien:

- Glas
- eiskaltes Wasser *
- Eiswürfel*
- Feinwaage mit Kabel
- Messzylinder
- Becher aus anderem Material (Keramik, Metall...)
- (Zimmer-)warmes Wasser
- Andere Flüssigkeiten (z.B. Alkohol, Öl, ...) oder Zusätze (z.B. Salz, Lebensmittelfarbe,...)

* Nähe zu Kühl- und Gefrierschrank von Vorteil. Alternativ: Kühlbox.

VIDEOS: siehe Lehrer:innenblatt

Unterrichtseinheit A6: Warum hecheln Hunde?

Dauer: 2 UE

Motivation:

Hechelnde Hunde sind bestimmt bekannt, der Grund dafür weniger. In dieser Stunde geht es um die Verstärkung des Abkühleffekts, der bei nasser Haut auftritt, durch einen Luftzug.

Stellung in der Unterrichtsreihe:

Die Erkenntnisse der letzten beiden Unterrichtsthemen –das Abkühlen von nasser Haut und das Bilden von Wasser aus Wasserdampf in der Luft- werden hier zusammengeführt, um zu verstehen, warum nasse Haut bei einem Luftzug stärker abkühlt. Diese Einheit ist keine Voraussetzung für die kommenden Unterrichtseinheiten, sondern zeigt, dass die beiden Prozesse (Teilchen gehen von der Flüssigkeit in die Luft und von der Luft in die Flüssigkeit) nicht getrennt voneinander gesehen werden können.

Lern- und Kompetenzziele:

Die Schüler:innen können

- mit einem IR-Thermometer Temperaturmessungen durchführen und tabellarisch notieren.
- mit den Messwerten Graphen zeichnen und ggf. die Achsenbeschriftung und Skalierung selbst machen.
- die Messergebnisse anhand der Graphen interpretieren.
- die Inhalte aus den vorangegangenen Einheiten vernetzen und erklären, warum Wind einen zusätzlichen Kühleffekt hat.
- ihr Wissen anwenden, um zu erklären, warum Hunde hecheln können.

Materialien:

- Gefäße*
- Wasser
- Wasserkocher
- Karton, Föhn (Umluft) oder Ventilator
- Infrarotthermometer*
- Alkohol **
- Stifte in zwei Farben

* Die Anzahl richtet sich danach, ob sie dieses Experiment mit zwei Schüler:innen vorführen möchten, oder es jede Gruppe durchführen lassen möchten.

** Wenn Zeit ist und Sie das betreffende Experiment machen möchten

VIDEOS: siehe Lehrer:innenblatt

Literaturverzeichnis

Abdullah, M. N. S., Mat Nayan, N. A. & Mohamad Hussin, F. (2017). A Study on Addressing Students' Misconceptions About Condensation Using the Predict-Discuss-Explain-Observe-Discuss-Explain (PDEODE) Strategy. In M. Karpudewan, A. N. Md Zain & A. L. Chandrasegaran (Hrsg.), *Overcoming Students' Misconceptions in Science* (S. 51–69). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3437-4_4

Ayas, A., Özmen, H. & Çalik, M. (2010). Student's Conceptions of the Particulate Nature of Matter at Secondary and Tertiary Level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 165-184.

De Vos, W. & Verdonk, A. H. (1996). The Particulate Nature of Matter in Science Education and in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.

Online verfügbar unter: The particulate nature of matter in science education and in science (wiley.com)

Etkina, E. (2023). When learning physics mirrors doing physics. The Investigative Science Learning Environment approach replaces traditional teaching with active-learning methods that emulate scientific processes. *Physics today* 76(10), 26-32.

Fischler, H. & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht; Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 140 - 152). Berlin: Springer.

Haim, K. & Aschauer, W. (2022): Fostering Scientific Creativity in the Classroom: The Concept of Flex-Based Learning. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(3), 196-230.

Kirbulut, Z. D. & Beet, M. E. (2013). Consistency of Students' Ideas across Evaporation, Condensation, and Boiling. *Research in Science Education* 43,209–232.

Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education* 22(5), 447-467.



Die hier veröffentlichten Inhalte (Texte, Illustrationen, Bilder) stehen – sofern nicht explizit anders angegeben – unter der [CC BY NC SA 4.0](#) Lizenz. Bei einer Weiterverwendung sollen folgende Angaben gemacht werden:

Aschauer, W., Ivanjek, L., Jaritz, J., Knechtl, W., Picher, F., Rogl, E., & Starzacher, M. (2024). Prozesse im menschlichen Körper verstehen: Handreichung für Lehrer:innen. IMST. <https://www.imst.ac.at>. [CC BY NC SA 4.0](#).