

Thomas Wilhelm¹
 Lea Ludwig¹
 Valentina Koch¹
 Hartmut Wiesner²

¹Universität Frankfurt
²LMU München

Empirische Überprüfung des SUPRA-Konzeptes zum Auftrieb

Das Schwimmen eines Körpers im Wasser ist ein beliebtes Thema im Sachunterricht der Grundschule, oft „Schwimmen, Schweben, Sinken“ genannt. Physikalisch gesehen geht es dabei um den Auftrieb. Dazu gibt es zwei bekannte Unterrichtskonzeptionen (Hopf, Wilhelm, 2021): 1. die „Klasse(n)kisten“ (bzw. das „Spiralcurriculum“) mit dem Verdrängungsprinzip und dem Dichtekonzept und 2. die SUPRA-Konzeption mit der Auftriebskraft.

Das Konzept der Arbeitsgruppe Möller, das für den Sachunterricht entwickelt wurde (Möller & Jonen, 2005), wurde in das Spiralcurriculum „Schwimmen und Sinken“ eingebettet (Hardy et al., 2017; Möller & Wyssen, 2017; Möller et al., 2021). Dazu wurde die Materialkiste „Klasse(n)kiste I: Schwimmen und Sinken“ (<https://www.westermann.de/>) entwickelt und viele Unterrichtsmaterialien erstellt (Hardy et al., 2017; Möller & Jonen, 2005; Möller & Wyssen, 2017; Möller et al., 2021, Rösch et al. 2017). Zunächst wird als Materialeigenschaft eingeführt, ob ein Vollkörper schwimmt oder sinkt. Dann wird die Verdrängung eines Körpers betrachtet. Es wird festgestellt, dass der Auftrieb umso größer ist, je mehr Wasser ein Körper verdrängt. Schließlich geht es noch um die Dichte, wozu Einheitswürfel untersucht werden. Dieses Unterrichtskonzept wurde in der Grundschule umfangreich evaluiert und es zeigte sich, dass die so unterrichteten Kinder in einem Test seltener Schülervorstellungen verwendeten (Hardy et al., 2006).

Die SUPRA-Konzeption, die in der Arbeitsgruppe Wiesner für den Sachunterricht entwickelt wurde, möchte vermitteln, wie die Auftriebskraft entsteht, indem gezeigt wird, dass Wasser auf einen untergetauchten Körper drückt und der Druck mit der Tiefe zunimmt, so dass das Wasser von unten stärker als von oben auf den Körper drückt. Das Konzept vermeidet dabei bewusst die Verdrängung (Wiesner, 2018) und die Dichte. Erste Akzeptanzbefragungen von Grundschulkindern zu diesen Ideen wurden von Sinnacher durchgeführt (Sinnacher et al., 2007). Schließlich wurde das Konzept von Gartmann ausgearbeitet, dazu viele Unterrichtsmaterialien erstellt und dieses in einer Klasse erprobt (Gartmann, 2019; Wiesner et al., 2020). Dieses Konzept ist mit erläuternden Kommentaren und vielen Arbeitsblätter auf der Webseite SUPRA zugänglich (Wiesner et al., 2019).

Das SUPRA-Konzept besteht aus acht Unterrichtseinheiten, wobei die ersten sechs wichtig sind und die letzten beiden nur optional. In der ersten Einheit geht es um die Erdanziehungskraft, die bei schwereren Körpern größer ist, was mit einem längeren Pfeil visualisiert wird. In einer Stationenarbeit der zweiten Einheit wird verdeutlicht, dass sich jeder Körper im Wasser leichter anfühlt, weil das Wasser noch eine nach oben gerichtete Kraft auf ihn ausübt, die Auftriebskraft. In der dritten Einheit wird gezeigt, dass das Wasser von allen Seiten gegen einen untergetauchten Körper drückt. Die Vermutung, dass das Wasser umso stärker drückt, je tiefer man taucht, wird in der vierten Einheit bestätigt. Aus der Tatsache, dass das Wasser

somit auf der Unterseite eines Körpers stärker drückt als auf der Oberseite, wird in der fünften Einheit mit Pfeilen visualisiert, dass immer eine Auftriebskraft als Differenz der von unten und von oben drückenden Kräfte entsteht (siehe Abbildung). Schließlich werden in der sechsten Einheit das Sinken, Schweben, Steigen und Schwimmen mit der Erdanziehungskraft und der Auftriebskraft erklärt.

Eine Evaluation fand nun auf zweierlei Weise statt: Zum einen wurde das SUPRA-Konzept in drei Einheiten zwölf Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Akzeptanzinterviews vorgestellt und diese Akzeptanzinterviews ausgewertet (Ludwig, 2021). Zum anderen wurden die ersten sechs Unterrichtseinheiten des SUPRA-Konzeptes in zwei Klassen in sechs Unterrichtseinheiten (meist Doppelstunden) im Zeitraum von drei Wochen unterrichtet (elf Unterrichtsstunden) und ein erstellter Test eingesetzt und ausgewertet (Koch, 2021).

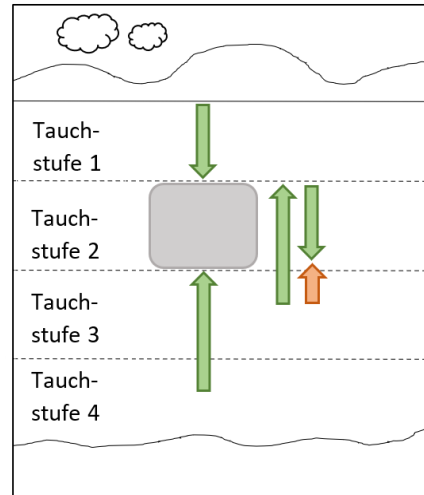


Abb. 1: Darstellung der Entstehung der Auftriebskraft auf ein U-Boot (grau)

Akzeptanzinterviews

Mit Akzeptanzinterviews (Jung, 1992; Blumör, 1993) soll überprüft werden, ob Schülerinnen und Schüler ein neues inhaltliches Angebot verstehen und akzeptieren. Ein Akzeptanzinterview besteht dabei bei jeder Einheit aus den vier Bausteinen 1. Informationsangebot, 2. Frage nach der Akzeptanz, 3. Paraphrasierung und 4. Anwendung. Hier wurden die sechs zentralen SUPRA-Unterrichtseinheiten zum Auftrieb zu drei Einheiten für die Akzeptanzbefragung zusammengefasst: Erdanziehungskraft und Wasserdruck, Entstehung der Auftriebskraft und das Zusammenwirken von Erdanziehungs- und Auftriebskraft (Ludwig, 2021).

Tab. 1: Übersicht über den Grad der Akzeptanz

SuS	Erdanziehungskraft	Wasserdruck	Auftriebskraft	Zusammenwirken Erdanziehungskraft & Auftriebskraft	Mittelwert μ
A ***	0	0	0,5	0	0,1
B ***	0	0	0	0	0
C ***	0	0	0	0	0
D ***	0	0	0	0	0
E **	0	0	0	0	0
F **	0	0	0	0	0
G **	0	0	0	0	0
H **	0	0	0	0	0
I *	0	0	1	1	0,5
J *	0	0	0	0	0
K *	0	0	0	0	0
L *	0	0	0	0	0
μ	0	0	0,1	0,1	

Aus einer Klasse der vierten Jahrgangsstufe wurden durch Rücksprache mit der Klassenlehrkraft vier leistungsstarke (drei Sterne in Tabelle 1), vier mittelmäßige (zwei Sterne) und vier leistungsschwache Kinder (ein Stern) ausgewählt, die je 20 bis 35 Minuten einzeln interviewt wurden. Die Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und geglättet.

Vollständige Akzeptanz, eingeschränkte Akzeptanz und keine Akzeptanz der vorgetragenen Erklärungen wurden mit 0 bzw. 0,5 bzw. 1 kodiert. Tabelle 1 zeigt, dass die befragten Schülerinnen und Schüler die gehörten Erklärungen gut akzeptierten.

Anschließend wurden die Kinder aufgefordert, *Tab. 2: Übersicht über die Bewertung der gehörten Erklärungen in eigenen Worten wiederzugeben. Diese Paraphrasierungen wurden danach beurteilt, ob alle Inhalte korrekt paraphrasiert wurden (0), die wesentlichen Inhalte korrekt, aber Teilaspekte falsch oder nicht angegeben wurden (0,5) oder größtenteils nicht korrekt waren (1).* Tabelle 2 zeigt, dass die befragten Lernenden größtenteils keine signifikanten Schwierigkeiten hatten, die Inhalte zu paraphrasieren.

Es schlossen sich jeweils Anwendungsaufgaben an, um ein Konzeptverständnis zu überprüfen. Die Antworten wurden danach beurteilt, ob die Aufgabe ohne Schwierigkeiten und Hilfen gelöst wurden (0), das Kind durch kleine Hilfestellungen unterstützt wurde (0,5) oder die Antwort trotz Hilfestellungen falsch war (1). Eine entsprechende Tabelle enthält zwar vor allem die Null, jedoch hatten einige Schülerinnen und Schüler größere Schwierigkeiten. Die Aufgabe zur Erdanziehung hat einen Mittelwert von $\mu = 0,4$, die sechs Aufgaben zum Wasserdruck $\mu = 0,2$, die Aufgaben zum Auftrieb $\mu = 0,4$ und die vier Aufgaben zum Zusammenwirken $\mu = 0,3$, was im letzten Fall nur an einer Aufgabe lag, die für fast alle unlösbar war. Fast alle konnten aber die Pfeile wie in Abbildung 1 an ihrem korrekten Platz positionieren.

Insgesamt ist zu sagen, dass die Einheit zum Wasserdruck besonders gut ausfiel, bei dem es dem Großteil leichtfiel, die Erklärungen in eigenen Worten zusammenzufassen und die Aufgaben zu lösen. Schwierigkeiten gab es dagegen bei der Erdanziehungskraft.

SuS	Er- anzieh.	Was.- druck	Au- trieb	Zu- sammen	μ
A	0	0	0	0	0
B	1	1	0,5	0	1
C	0	0	0,5	0,5	0,3
D	0	0	0	0,5	0,1
E	0	0	0	0	0
F	0	1	0,5	0	0,4
G	0	0	0	0,5	0,1
H	0	0	0	0	0,0
I	0,5	0,5	0	0	0,3
J	1	0	0	0	0,3
K	1	0	0	0,5	0,4
L	0	0	0,5	0,5	0,3
μ	0,3	0,2	0,2	0,2	

Erprobung und Test

Für eine Erprobung im Feld und für eine quantitative Erhebung wurden die ersten sechs Einheiten des SUPRA-Konzeptes zum Auftrieb in zwei halben Klassen der vierten Jahrgangsstufe mit 21 Schülerinnen und Schülern unterrichtet. Die sechs Unterrichtseinheiten wurden bis auf die erste in je einer Doppelstunde im Zeitraum von drei Wochen behandelt (insgesamt elf Unterrichtsstunden). Dabei wurden die vorgeschlagenen Experimente meist in Lernstationen von den Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

Das Verhalten der Schülerinnen und Schüler wurde als teilnehmende Beobachtung beschrieben (Koch, 2021). Abgesehen von kleinen Verbesserungsideen, die sich bei der Durchführung ergaben, zeigte sich, dass das Konzept gut unterrichtbar ist und die Zeiteinteilung gut funkti-

onierte. Insbesondere hatten die Schülerinnen und Schüler Spaß an den Einheiten. Vorgeschlagen wurde, manche Versuche statt in einem Stationenlernen in einem Demonstrationsversuch einzusetzen und Merksätze im Heft festzuhalten.

Außerdem wurde ein Test erarbeitet, der die Inhalte dieses Unterrichts auf recht unterschiedliche Weise abprüft (Koch, 2021). Der Test bestand aus 16 Items, die einen kurzen Antwortsatz, das Ausfüllen eines Lückentextes, das Einzeichnen von Kraftpfeilen oder meist das Ankreuzen von Single-Choice-Aufgaben verlangten. Die meisten Schülerinnen und Schülern waren unter 30 Minuten fertig, einzelne nutzten die vorgesehenen 45 Minuten.

Die Testergebnisse zeigten, dass die Ideen bei den Schülerinnen und Schüler ankamen. Testaufgaben, die zeichnerisch zu lösen waren, fielen dabei besser aus als Aufgaben, die im Textformat zu beantworten waren.

Literatur

- Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule. Essen: Westarp-Wissenschaften.
- Gartmann, G. (2019). Eine Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ im Sachunterricht. Unterrichtsmaterialien für die Lernplattform SUPRA. Staatsexamensarbeit, Goethe-Universität Frankfurt.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307.
- Hardy, I., Steffensky, M., Leuchter, M. & Saalbach, H. (2017) Handbuch Miteinander Lernen zum Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Elementarbereich. Telekom-Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/projekte/miteinander>
- Hopf, M.; Wilhelm, T. (2021). Unterrichtskonzeptionen zur Mechanik der Gase und Flüssigkeiten. In T. Wilhelm, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.). Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht, Springer-Spektrum. S. 199 – 229.
- Jung, W. (1992). Probing Acceptance: A technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.). *Research in Physics Learning. Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel, 278-295.
- Koch, V. (2021). Erprobung eines Konzeptes zum Thema Auftrieb in der Grundschule. Staatsexamensarbeit, Goethe-Universität Frankfurt, unveröffentlicht.
- Ludwig, L. (2021). Akzeptanzinterviews zu einer Konzeption zum Thema Auftrieb in der Grundschule. Staatsexamensarbeit, Goethe-Universität Frankfurt. http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/akzeptanz_auftrieb.htm
- Möller, K. & Jonen, A. (2005). Schwimmen und Sinken. Der Unterrichtsordner. Braunschweig: Spectra Verlag.
- Möller, K. & Wyssen, H.-P. (2017). Ergänzungs-Handbuch zum Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Telekom-Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/projekte/miteinander>
- Möller, K., Labudde, P., Rösch, S. & Stübi, C. (2021). MINTeiner lernen. Spiralcurriculum
- Rösch, S., Stübi, C. & Labudde, P. (2017). Unterrichtsordner MINTeiner Lernen zum Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Sekundarbereich. Telekom-Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/projekte/miteinander>
- Schwimmen und Sinken Sekundarbereich. Braunschweig: Westermann.
- Simmacher, A., Wiesner, H. & Heran-Dörr, E. (2007). Akzeptanzbefragungen von Grundschulkindern zum Thema "Auftrieb in Wasser". In V. Nordmeier, A. Oberländer & H. Grötzebauch, H. (Hrsg.). *Didaktik der Physik - Regensburg 2007*. Berlin: Lehmanns Media – LOB.de.
- Wiesner, H. (2018). Auftrieb gleich Gewichtskraft der verdrängten Wassermenge? In T. Wilhelm (Hrsg.). *Stolpersteine im Physikunterricht*. Seelze: Aulis. S. 63 - 66.
- Wiesner, H., Gartmann G. & Wilhelm, T. (2019). Unterrichtsmaterialien zum Auftrieb. <http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/auftrieb-sinken-schweben-steigen-schwimmen>.
- Wiesner, H., Gartmann, G. & Wilhelm, T. (2020). Ein Unterrichtskonzept zum Auftrieb im Sachunterricht. *PhyDid-B - Didaktik der Physik – DPG-Frühjahrstagung*. S. 55 - 62, <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1013>