wasser
in schule und bildung

Band 1 (2012)
S. 5–7

Dichteanomalie des Wassers im Schülerversuch

Richard Müller [1]*

[1]Ökologische Station in der Jugendherberge Sorpesee
Am Sorpesee 7
59846 Sundern

Abb. 1. Ein zugefrorener See - möglich nur dank der Dichteanomalie des Wassers

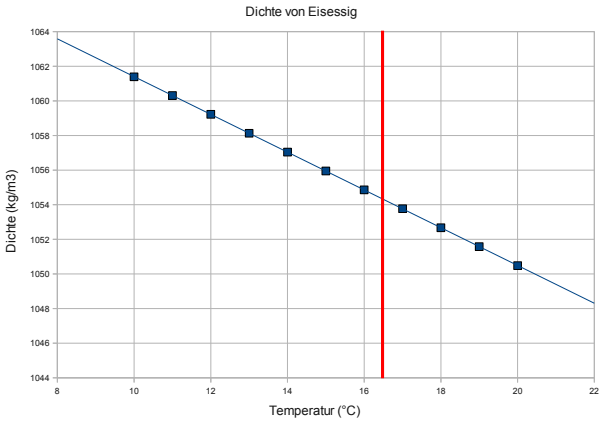

Abb. 2. Dichte von Eisessig (berechnet nach DDBST (2010)). Rot: Gefrierpunkt

ZUSAMMENFASSUNG

Die Dichteanomalie des Wassers ist eine der grundlegenden und für den Stoffhaushalt der Gewässer wesentlichsten Eigenschaften. Die Phänomene der Schichtung und Zirkulation müssen verstanden sein, will man die Vorgänge im See durchschauen. Da die Dichtebestimmung im Schülerversuch leicht durchzuführen ist, aber selten tatsächlich experimentell angegangen wird, soll hier gezeigt werden, wie sich der Versuch bequem in einer Schulstunde durchführen lässt.

Kontakt: r.mueller@oeko-sorpe.de

1 HINTERGRUND

Die Dichteanomalie ist eine der für die Ökologie stehender Gewässer wichtigen physikalischen Eigenschaften des Wassers. Durchmischung, Schichtung und deren Stabilität, Gefrierverhalten oder Stoffhaushalt hängen davon ab.

Eine "normale" Flüssigkeit ist im gefrorenen Zustand spezifisch schwerer als im flüssigen (Abb. 2). Man kann das mit einem Glas Eisessig im Kühlschrank zeigen: das Eisessig-Eis bildet sich an der Oberfläche und sinkt nach unten (Abb. 3). Wäre das auch bei Wasser der Fall, würden Seen vom Boden her zufrieren. Die sommerliche Einstrahlung würde in gemäßigten Klimaten wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit von Eis nicht ausreichen, sie wieder vollständig aufzutauen. Durch die Lage des Dichtemaximums bei 4 °C (genauer: 3,98 °C) behalten Seen bei ausreichender Tiefe auch im Sommer diese Temperatur im Hypolimnion bei.

Das leicht durchzuführende Experiment bietet sich aber nicht nur wegen seiner grundlegenden inhaltlichen Bedeutung (Basiskonzept System) als Schülerversuch an, sondern auch, weil dadurch prozessbezogene Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation erreicht werden. Hier werden Arbeitsmethoden der Naturwissenschaften im Labor und am Computer eingeübt. Der Versuch bedarf allerdings etwas an Vorbereitung und Ausstattung.

PRINZIP DES VERFAHRENS

Eine feste Menge Wasser wird duch eine Kältemischung abgekühlt. Die resultierende Volumenänderung lässt sich durch ein Kapillarrohr relativ genau bestimmen. Da der Wert der Dichte jedoch auf ein konstantes Volumen bezogen wird, muss umgerechnet werden, dabei dient das Volumen bei 4 °C als

*r.mueller@oeko-sorpe.de

© bei den Autoren CC-BY-NC-ND 3.0 (2012)

Abb. 3. Bodennahes Gefrieren von Eisessig

Vergleich. Mit den generierten Daten bietet es sich an, das Umgehen mit einer Tabellenkalkulation zu üben.

MATERIAL

- Enghals-Erlenmeyerkolben (250 ml)
- Becherglas (1000 ml, hohe Form)
- doppelt durchbohrter Gumistopfen
- elektronisches Thermometer
- Magnetrührer
- Messpipette 1 ml
- Waage
- Vaseline
- Kochsalz (Streusalz)
- abgekochtes Wasser (Zimmertemperatur)
- klein gestoßenes Eis

DURCHFÜHRUNG

Bereits am Vortag wird Wasser für das Eis eingefroren und das Wasser für die Füllung abgekocht. Nach Abkühlung wird es in einer Plastikflasche aufbewahrt. Das Mundstück der Pipette wird mit Vaseline eingerieben und durch die passende Öffnung des Gummistopfens geschoben. Es muss sich gut in dem Stopfen bewegen lassen, gleichzeitig muss die Verbindung aber dicht sein. Der Erlenmeyerkolben wird zusammen mit dem Rührfisch und dem aufgesetzten Stopfen mit der Pipette gewogen. Jetzt wird der Kolben so mit dem Wasser befüllt, dass sich keine Luft mehr unter dem Stopfen befindet und erneut gewogen. Die Differenz der beiden Wägungen ergibt die eingefüllte Wassermasse, dieser Wert wird notiert. Das Thermometer wird in die zweite Öffnung des Stopfens geschoben (Abb. 4).

Durch Hin- und Herschieben der Pipette oder des Thermofühlers wird der Wasserstand so reguliert, dass sich der Meniskus in der Nähe der Spitze befindet. Die gesamte Apparatur wird in das

Abb. 4. Aufbau der Versuchsapparatur

Becherglas auf den Magnetrührer gesetzt, dieser wird eingeschaltet. Der Zahlenwert auf der Pipette in Höhe des Meniskus wird als Nullpunkt angenommen. Die Temperatur wird notiert. Etwa 170 g Streusalz und 500 g Eis werden gemischt. Diese Kältemischung wird in das Becherglas gegeben, bis sie so hoch wie der Gummistopfen steht. Die Oberfläche des Stopfens soll frei bleiben, sonst kann der Flüssigkeitsfaden in der Pipette einfrieren. Bei jedem Grad Änderung wird der Flüssigkeitsstand abgelesen und notiert. Nach etwa einer halben Stunde ist der Gefrierpunkt erreicht. Das Wasser gefriert es in der Regel nicht sofort, sondern wird unterkühlt. Etwas später gefriert es dann schlagartig im gesamten Kolben. Durch die starke Volumenzunahme spritzt eine Fontäne aus der Kapillarpipette und die Temperatur steigt wieder auf etwa mbox0 °C.

Ein Protokoll- und Rechenblatt wurde vom Klett-Verlag veröffentlicht (Müller, 2011). Mit seiner Hilfe lässt sich das Ergebnis (Abb. 6) leicht berechnen. Das Beispiel bietet sich auch an, um die Verwendung einer Tabellenkalkulation zu üben (Abb. 5).

ISSN 2194-3052

	A	B	C	D	E	F
1	Dichteanomalie des Wassers					
2	Volumen Kolben bei 4 °C:	301,54				
3	Temperatur (°C)	Wasserstand Pipette (ml)	Änderung (ml)	Geasmtvolumen (ml)	Dichte (kg/m³) (Experiment)	Dichte (kg/m³) (Literatur)
4	20	0,88	0,55	302,09	998,17035	998,2
5	19	[illegible]	0,49	302,03	998,3778	
6				301,97	998,576	
7				301,92	998,741	
8	16	0,66	0,33	301,87	998,90681	
9	15	0,61	0,28	301,82	999,07229	
10	14	0,58	0,25	301,79	999,17161	
11	13	0,54	0,21	301,75	999,30406	
12	12	0,5	0,17	301,71	999,43655	
13	11	0,47	0,14	301,68	999,53593	
14	10	0,44	0,11	301,65	999,63534	999,7
15	9	0,41	0,08	301,62	999,73477	
16	8	0,39	0,06	301,6	999,80106	
17	7	0,37	0,04	301,58	999,86737	
18	6	0,35	0,02	301,56	999,93368	
19	5	0,34	0,01	301,55	999,96684	
20	4	0,33	0	301,54	1000,00000	999,97
21	3	0,33	0	301,54	1000,00000	
22	2	0,33	0	301,54	1000,00000	
23	1	0,34	0,01	301,55	999,96684	
24	0	0,35	0,02	301,56	999,93368	999,8
25	-3	0,42	0,09	301,63	999,70162	

=B4-B$20

=B$2+C4

=B$2/D4*1000

Abb. 5. Berechnung des Ergebnisses mit Hilfe einer Tabellenkalkulation

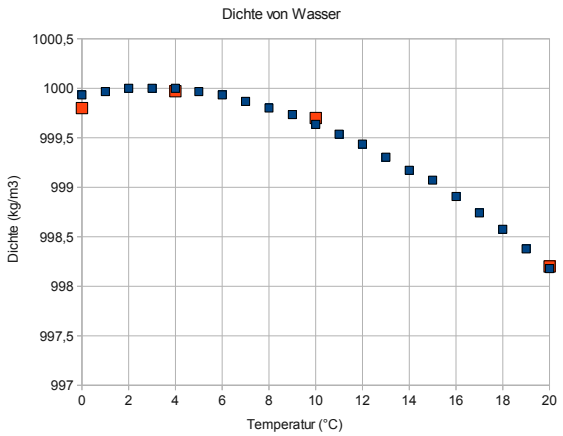

Abb. 6. Ergebnis des Versuchs. Zum Vergleich sind Literaturdaten (Wikipedia, 2012) in rot angegeben

LITERATUR

DDBST (2010): Saturated Liquid Density. Dortmund Data Bank Software and Separation Technology GmbH.

MÜLLER, R. (2011): Dichteanomalie von Wasser. Natura 2. Ausgabe A/G8 Lehrerband. Seite 194–195. Stuttgart 2011

Wikipedia: Properties of water. (11. Februar 2012). In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Zugriff 10:35, 15. Februar 2012 auf `http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Properties_of_water&oldid=476324864`