

Einleitung

Der zentrale Lerngegenstand des Sachunterrichts ist die natürliche und gesellschaftliche Umwelt, sein wichtigstes Ziel ist es, die Kinder in die Lage zu versetzen, darin zunehmend sich sicher orientieren und handeln zu können. Daher nimmt die naturwissenschaftliche Perspektive im Sachunterricht eine zentrale Stellung ein. Sie thematisiert die Frage nach dem Verhältnis von Mensch und Natur im Allgemeinen und Kind und Natur im Besonderen. Das kindliche Leben wird hier (z.B. bei den Themen Gesundheit, Ernährung oder Wachsen und Altern) unmittelbar angesprochen. Darüber hinaus erwerben die Kinder Erkenntnisse und Methoden der Naturwissenschaften, um Sachverhalte und Zusammenhänge der lebenden und nicht lebenden Natur sowie das Verhältnis des Menschen zur Natur zunehmend bewusster wahrnehmen, untersuchen, verstehen und im persönlichen Handeln berücksichtigen (anwenden/gestalten) zu können.

Da unsere natürliche und gesellschaftliche Umwelt von den Naturwissenschaften in vieler Hinsicht mitgeprägt wurde, haben Kinder bereits einige Vorkenntnisse, wenn diese auch überwiegend aus unmittelbarem, eigenem Erleben stammen und damit weitgehend fragmentarisch und zufällig sind. Kinder im Grundschulalter sind in der Regel an naturwissenschaftlichen Themen sehr interessiert. An diesen Interessen und den Vorkenntnissen und bereits gemachten Erfahrungen kann zielgerichtet im Unterricht angeknüpft werden, um Kindern es zu ermöglichen, zunehmend belastbare naturwissenschaftliche *Konzepte und Vorstellungen* und damit zusammenhängende *Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen* anzueignen.

Der vorliegende Band berücksichtigt daher in seiner Gliederung perspektivbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und entsprechende Themenbereiche und orientiert sich so an der Struktur der naturwissenschaftlichen Perspektive im Perspektivrahmen Sachunterricht:

<i>Perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen:</i>	
DAH NAWI 1:	Naturphänomene sachorientiert (objektiv) untersuchen und verstehen
DAH NAWI 2:	Naturwissenschaftliche Methoden aneignen und anwenden
DAH NAWI 3:	Naturphänomene auf Regelhaftigkeiten zurückführen
DAH NAWI 4:	Konsequenzen aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für das Alltagshandeln ableiten
DAH NAWI 5:	Naturwissenschaftliches Lernen bewerten und reflektieren

<i>Perspektivenbezogene Themenbereiche:</i>	
TB NAWI 1:	Nicht lebende Natur – Eigenschaften von Stoffen/ Körpern
TB NAWI 2:	Nicht lebende Natur – Stoffumwandlungen
TB NAWI 3:	Nicht lebende Natur – physikalische Vorgänge
TB NAWI 4:	Lebende Natur – Pflanzen, Tiere und ihre Unterteilungen
TB NAWI 5:	Lebende Natur – Entwicklungs- und Lebensbedingungen von Lebewesen

Die im Band versammelten Beiträge verfolgen das Ziel, deutlich zu machen, welcher Anspruch sowohl an das Wissen und Können der Lernenden, die fachliche Qualifikation der Lehrkräfte sowie an die unterrichtliche (didaktisch-methodische) Umsetzung der einzelnen, exemplarisch für die naturwissenschaftliche Perspektive ausgewählten Themen zu stellen ist. Daher sind die Beiträge so aufgebaut, dass zunächst der Bildungswert/das Bildungspotenzial der behandelten Unterrichtsthemen erläutert wird. Es folgt – im Sinne einer Sachanalyse – die Darlegung fachlicher Hintergrundinformationen, wobei Berücksichtigung findet, dass der Sachunterricht sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass seine fachlichen Inhalte, wie in keinem anderen Schulfach, überaus vielfältig sind und andererseits viele Lehrkräfte fachfremd, d.h. ohne eine adäquate Ausbildung für das Fach unterrichten müssen. Insofern gehen die hier gegebenen Informationen z.T. bewusst über das für das Thema unbedingt erforderliche Maß hinaus. Schließlich wird mit Blick auf die geschilderte Unterrichtssituation die Lernausgangslage beschrieben und anschließend erfolgt die Kennzeichnung der Besonderheit des Lernens, indem Lernaufgaben und Lernaufträge vorgeschlagen und diskutiert werden. In der Regel beziehen sich die konkreten, ausnahmslos im Unterricht praktisch erprobten Unterrichtsvorschläge auf Unterrichtseinheiten, die mehrere Unterrichtsstunden umfassen. Es werden auch Alternativen und ergänzende Möglichkeiten zur unterrichtlichen Behandlung des Themas dargestellt und es wird auf Materialien hingewiesen, die für die Unterrichtsgestaltung genutzt werden können. Ein zentrales Anliegen des Perspektivrahmens war es, einen kompetenzorientierten Unterricht zu unterstützen. Daher wird in den Beiträgen auch deutlich gemacht, welche Kompetenzaspekte durch den Unterricht unterstützt werden und wie und woran – im Sinne der Vergewisserung über die Ergebnisse des Unterrichts – diese sichtbar werden können.

Alle Autorinnen und Autoren verbinden mit ihren Vorschlägen die Hoffnung, einerseits die Implementierung des Perspektivrahmens zu unterstützen und andererseits Impulse für die Weiterentwicklung des Sachunterrichts und für ein erfolgreiches unterrichtliches Lernen und Lehren zu geben.

Hartmut Giest

Lernsituationen/ Beispiele zur nichtlebenden Natur

Aspekt Arbeit an der Ausbildung und Entwicklung von Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen

Björn Egbert und Hartmut Giest

Naturphänomene sachorientiert (objektiv) untersuchen und verstehen – Temperaturmessung

1 Bezug des Themas zum Bildungspotenzial der Perspektive

Naturwissenschaftliches Lernen im Sachunterricht zielt u.a. darauf ab, die Kompetenz zu erwerben, Naturphänomene sachorientiert untersuchen und verstehen zu können. Dies bildet die Voraussetzung, um unter Nutzung und Anwendung naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen evidenzbasierte Entscheidungen treffen zu können (siehe GDSU 2013, S. 39). Physikalische Eigenschaften sowie Zustandsänderungen von Körpern und Stoffen, die sich der Mensch in seiner Lebens- und Arbeitswelt zunutze macht, spielen dabei eine besondere Rolle. Sie können über entsprechende Zustandsgrößen gemessen und dargestellt werden.

Temperaturmessungen nehmen in diesem Themenbereich des Sachunterrichts aufgrund ihrer Zugänglichkeit und des deutlichen Bezugs zur Lebenswelt der Grundschul Kinder eine zentrale Position ein. Sie stellen allerdings auch einen besonders exemplarischen Zugang zum Verstehen des Messens als naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweise dar. Messen ist durch den Vergleich eines beobachteten Merkmals mit einer Norm gekennzeichnet.

Das Bestimmen bzw. Messen der Temperatur gehört zu einer der häufigsten Anforderung, nicht nur in naturwissenschaftlicher Forschung und vielseitigen Bereichen der Technik, sondern insbesondere im Alltag der Kinder, auch wenn dieser Zusammenhang nicht immer bewusst wird. Ob Heizung, Herd, Waschmaschine, Bügeleisen, Kühlschrank oder auch im Auto: Überall kommt es auf die richtige Temperatur an. Die meisten technischen Einrichtungen regeln inzwischen die Temperatur selbst. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Reglungsprozesses ist jedoch die Messung.

Viele Lebewesen, darunter auch der Mensch, sind in der Lage, über Rezeptoren, die sich in der Haut befinden, Informationen über die Temperatur von Stoffen und Körpern aufzunehmen (siehe auch Osterhage 2014, S. 14; Stierstadt 2010, S. 11). Dabei werden vor allem Temperaturunterschiede erfasst, welche bei uns Wärme- oder Kälteempfindungen auslösen. Mit der rein sinnlichen Wahrnehmung sind (jenseits der Schmerzempfindung) nur Aussagen über Temperaturunterschiede (wärmer/kälter) von Stoffen/Körpern möglich. Temperaturempfindungen sind daher nicht ausreichend, um exakte Aussagen über den Wärmezustand eines Körpers zu machen. Dies lässt besonders deutlich den Vorteil der Messung erkennen, die unabhängig von den individuellen Empfindungen – also objektiv – durchführbar sein muss, wobei auch die Probleme des Vergleichs mit einer Norm und der Eichung erfahrbar werden.

2 Fachliche Hintergrundinformationen

In der Alltagssprache – nicht nur in der von Kindern – werden Wärme und Temperatur oft synonym verstanden. Fachlich gesehen müssen wir deutlich zwischen beiden Begriffen trennen. Während die physikalische Größe *Wärme* eine Form der Energie ist und dementsprechend auch als Wärmemenge oder Wärmeenergie bezeichnet wird, ist die *Temperatur* eine physikalische Größe zur Beschreibung des Wärmezustandes eines Körpers und dies unabhängig davon, um welchen Stoff es sich handelt und wie dieser in den betreffenden Zustand gelangt (vgl. Baehr/Stephan 2013, S. 1f.; Weigand/Köhler/Wolfersdorf 2013, S. 15). Wärme ist immer an feste, flüssige oder gasförmige Körper gebunden und kann mit anderen Körpern ausgetauscht werden, wobei eine bestimmte Menge an Energie stets von einem wärmeren Körper an einen kälteren übergeht, bis sich nach hinreichender Zeit ein Ausgleich vollzogen hat und beide Körper die gleiche Temperatur aufweisen (vgl. Pohl 2014, S. 63). Wärme ist demnach eine Prozessgröße; die Temperatur hingegen eine Zustandsgröße.

Wärme ist eine Form von Energie, deren Übertragung in der Regel mit der Änderung der Temperatur einhergeht. Allerdings trifft dies nicht auf die Phasenübergänge zu. Hier bleibt die Temperatur so lange konstant (z.B. bei der Schmelztemperatur), bis der gesamte Körper den Phasenübergang (Aggregatzustandsänderung – hier von fest zu flüssig = Schmelzen) vollzogen hat. Dies weist auf das Wesen der Temperatur hin, welches nur im mikroskopischen Bereich erfasst werden kann. Auf Grundlage der Beobachtung, dass die Bewegung der Teilchen eines Körpers wärmeabhängig ist (Brownsche Bewegung), wurde die Temperatur als mittlere kinetische Energie der Teilchen definiert. Einerseits verläuft die Richtung der Wärmeübertragung immer von einem höher zu einem geringer konzentrierten

Energiezustand (Entropiesatz). Daher nimmt der noch nicht geschmolzene Teil des Körpers die zugeführte Wärme auf und nicht der bereits geschmolzene, denn diese Wärmeenergie wird genutzt, um die Teilchen aus ihren Verbänden zu lösen. Erst wenn alle Teilchen frei beweglich sind, führt die weitere Wärmeenergiezufuhr zur Erhöhung ihrer kinetischen Energie bzw. zur Erhöhung der Temperatur des Körpers. Andererseits wird nun verständlich, dass es einen absoluten Nullpunkt geben muss ($-273\text{ °C} = 0\text{ K}$), an dem die Teilchen keine Bewegung mehr vollziehen, d.h. alle kinetische Energie verloren haben.

Bei der Temperaturmessung wäre es allerdings zu kompliziert und umständlich, die mittlere kinetische Energie der Teilchen direkt, d.h. durch Beobachtungsdaten, zu messen. Daher werden gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen der Änderung der physikalischen Größe *Temperatur* und der Änderung einer anderen (physikalischen) Größe – etwa Länge, Volumen, Druck, elektrische Leitfähigkeit – genutzt.

Eine gebräuchliche Systematisierung erfolgt dabei nach der Art des Kontaktes mit dem zu messenden Medium in *berührende* und *berührungslose* Thermometer. Unter die Gruppe der Berührungsthermometer fallen alle Thermometer, die die Temperatur eines Gegenstandes/Stoffes (fest, flüssig, gasförmig) durch den direkten Kontakt ermitteln. Die Gruppe der berührungslosen Thermometer ermittelt die Temperatur eines Gegenstandes/Stoffes hingegen über die von diesem emittierte (abgegebene) Wärmestrahlung. Je nach Anwendung, Messbereich und Genauigkeitsanforderungen werden dabei verschiedene Messverfahren verwendet, von denen im Anschluss nur zwei grundschulrelevante Beispiele genauer erläutert werden.

Flüssigkeits- und Metallausdehnungsthermometer als Vertreter der Vergleichsmessung basieren auf dem Zusammenhang von Temperatur und Volumen eines Körpers. Je nach Zufuhr oder Abgabe von Wärmeenergie ändern sich die Temperatur und das Volumen eines Körpers, vorausgesetzt der Druck (vor allem bei Gasen bedeutsam) bleibt konstant. Der Körper dehnt sich bei Wärmezufuhr im Allgemeinen aus (beachte allerdings die Anomalie des Wassers). Dieser Effekt liegt den genannten Messverfahren zugrunde (vgl. Dietzel 1990, S. 11). Obwohl die Temperaturmessung mit festen und gasförmigen Körpern vollzogen werden kann, findet man häufig Flüssigkeitsausdehnungsthermometer und hier oft die sogenannten *Flüssigkeits-Glasthermometer*. Bei Temperaturänderungen ändert die Thermometerflüssigkeit ihr Volumen und wird dabei als Längenänderung der Flüssigkeitssäule direkt in der Kapillare des Thermometers angezeigt.

Bekanntester Vertreter der Metallausdehnungsthermometer ist das *Bimetal-Thermometer*. Hier werden zwei Stoffe mit unterschiedlicher Wärmeausdehnung (einer dehnt sich mehr aus als der andere) fest verbunden, wodurch aus der Krümmung des Bimetalls eine Aussage über die Temperatur möglich wird (vgl. Bernhard 2014, S. 669).

Eine exakte Bestimmung wird erst durch die Einführung einer Temperaturskala möglich, die dem Messergebnis einen Zahlenwert zuordnet – hier wird dann der beobachtete Wert mit einer genau festgelegten Norm verglichen. In Deutschland ist die Celsius-Skala gebräuchlich (als Fixpunkte werden hier die Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers bei Normaldruck genutzt und das Intervall dazwischen in 100 Teile = Grad geteilt), wenngleich für wissenschaftliche Zwecke die Kelvin-Skala verwendet wird (hier ist der Bezugspunkt der absolute Nullpunkt, die Gradeinteilung ist analog der Celsius-Skala – s.o.).

3 Lernsituation/Ausgangslage

Lernen muss sinnstiftend erfolgen, um erfolgreich verlaufen zu können. Dazu muss den Grundschulkindern (hier geplant ab Klassenstufe 1/2) die subjektive und objektive Bedeutung des Problems des Messens, hier Temperaturmessung, bewusst gemacht werden. Exemplarisch könnte auf das *Drei-Schüsseln-Problem* der Temperaturmessung eingegangen werden, welches einen subjektiv bedeutsamen und unserer Erfahrung nach bewährten Zugang zum Thema ermöglicht (vgl. Giest/Egbert 2016).

Die Lehrkraft fragt die Grundschul Kinder, ob es unter ihnen Lügner gibt oder „geschwindelt“ wird. Üblicherweise verneinen dies die Kinder vehement. Die Lehrkraft kündigt dann an, dass dies nun in einem kleinen Versuch überprüft wird. Dazu bittet sie freiwillige Helfer nach vorn. Zwei Kinder werden ausgewählt, der Lehrkraft beim Versuch zu helfen. Auf dem Lehrertisch stehen drei vorbereitete Schüsseln mit Wasser. Was die Kinder der Klasse nicht wissen: In einer Schüssel befindet sich kaltes, in einer danebenstehenden lauwarms und in der dritten, in der Reihe stehenden Schüssel, warmes Wasser (Badetemperatur). Nun werden die zwei Kinder gebeten, nebeneinander an die Schüsseln heranzutreten und die Hände in je zwei nebeneinanderstehende Schüsseln zu tauchen (sodass sich zwangsläufig je eine Hand eines Kindes in der mittleren Schüssel befindet). Die Lehrkraft fragt dann die Kinder, wo das warme Wasser ist. Natürlich zeigt ein Kind auf die mittlere Schüssel und ein Kind auf jene der beiden äußeren Schüsseln mit Badetemperatur.

Offenbar widersprechen sich die Kinder in ihren Aussagen, sodass wenigstens eines nicht die Wahrheit sagen muss. Die aus dieser Problemstellung entstehende Lernsituation wird genutzt, um im Anschluss daran zu überprüfen, ob wer gelogen hat. Festgestellt wird durch Ausprobieren, dass je nachdem, in welche zwei Schüsseln die Hände getaucht werden, sich das Wasser darin verschieden warm oder kalt anfühlt und nicht gelogen wurde! Um die Temperatur des Wassers objektiv und vergleichbar festzustellen, genügt das Fühlen mit der Hand also nicht.

Schnell sagen die Kinder, dass ein Thermometer erforderlich ist, um die Temperatur in den Schüsseln zu messen. Der nachfolgende Unterricht geht den Fragen nach, wie Thermometer aufgebaut sind und genutzt werden.

4 Aufgaben und Aufträge

Vor- und Grundschul Kinder sind alltäglich bewusst oder unbewusst mit Temperaturmessungen konfrontiert (siehe oben). Werden sie nach der Wirkungsweise von Thermometern befragt, so sagen sie typischerweise jedoch nur, dass die blaue Flüssigkeit die Temperatur anzeigt. Neben der sinnstiftenden Modellierung der Ausgangssituation (siehe *Drei-Schüsseln-Problem*) muss es im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts also auch immer um die Entwicklung grundlegenden naturwissenschaftlich-technischen Verstehens sowie um die dazugehörigen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen gehen.

4.1 Temperatureffekte sichtbar machen

Um das *Drei-Schüsseln-Problem* zu lösen, genügt es, den Temperaturunterschied des Wassers in den drei Schüsseln objektiv zu bestimmen. Da den Kindern Badethermometer durchaus bekannt sind, wird ein entsprechender Vorschlag sofort zur Hand sein. Wir schlagen aber zunächst vor, ein eigenes Thermometer zu bauen (was in der Unterrichtssituation plausibel erscheint, da ein Badethermometer in der Regel nicht zur Hand ist). Mit den Kinder wird zunächst die Aufgabe beraten: „genau anzeigen, ob etwas wärmer oder kälter ist“.

Frage: Woran bzw. womit kann ich erkennen, ob etwas wärmer oder kälter ist?

Je nach Erfahrung der Klasse kann hierzu durchaus ein „Nachdenkgespräch“ geführt werden. Die Kinder werden sich so vieler Beispiele aus dem Alltag bewusst, anhand derer erkannt werden kann, ob etwas wärmer oder „kälter“¹ ist: z.B. ob Eis schmilzt, Butter oder Schokolade weich wird u.a. Dabei kann herausgearbeitet werden, dass wir nach Anzeigern suchen, die unabhängig sind von unserem Wärmegefühl.

Die Lehrkraft kann dann die Kinder mit verschiedenen Demonstrationsversuchen konfrontieren, die solche Indikatoren präsentieren:

- a) das Schmelzen von Eiswürfeln auf dem Tisch und auf einer Kochplatte (warmer Untergrund),
- b) das Überlaufen von gefärbtem Wasser aus einem Becherglas beim Erwärmen auf einer Heizplatte,

1 Anzumerken ist, dass es im physikalischen Sinne „Kälte“ nicht gibt, ein Körper kann nur mehr oder weniger Wärmeenergie besitzen.

- c) das Erwärmen von gefärbtem Wasser und gefärbtem Spiritus in dünnen Messzylindern in einem Wasserbad,
- d) das Erwärmen eines Glaskolbens, der in gefärbtem Wasser steht (Thermoskop)



Abb. 1: Erprobung eines Thermoskops

- e) die Volumenausdehnung eines zuvor faltigen Luftballons bei äußerlicher Wärmezufuhr mit einem Föhn,
- f) Volumendehnung einer Stahlkugel nach dem Erwärmen auf einer Heizplatte, so dass diese nicht mehr durch einen entsprechenden Stahlring passt.

Alternativ dazu könnten die Kinder die Versuche d) und e) auch in Paar- oder Gruppenarbeit selbst ausführen, wobei generell zunächst vermutet werden muss, was zu beobachten sein wird und schließlich geprüft wird, ob sich das Phänomen zur Temperaturmessung eignet.

Exemplarisch lautet eine entsprechende Frage an die Kinder:

Was geschieht mit dem faltigen Luftballon, wenn dieser mit dem Föhn erwärmt wird?

Vermutung:

Wenn der Föhn die Luft im Ballon erwärmt, dehnt sich diese aus und der Ballon wird größer und straff.

Phänomen hinterfragen und erklären:

Die Kinder erkennen, dass bei allen Versuchen die zugeführte Wärme dazu führt, dass sich etwas am Körper verändert, was anzeigt, ob der Körper wärmer oder kälter ist. Gleichzeitig sollte mit Blick auf das Ausgangsproblem bewertet werden, ob sich die jeweilige „Messmethode“ zur Lösung des Problems eignet.

Erkenntnis:

Die Wärmezufuhr führt zu einer Veränderung des Körpers, aus der geschlossen werden kann, dass die Temperatur sich verändert hat. Am besten eignet sich der Versuch mit einer sich ausdehnenden Flüssigkeit. Auch die anschauliche Ähnlichkeit mit einem Flüssigkeitsthermometer spricht dann für die Grundidee für den Bau des Thermometers.

4.2 Ein Thermometer bauen

Arbeitsauftrag: Baut ein Flüssigkeitsthermometer!

Die Schülerinnen und Schüler bauen aus gegebenen Materialien alleine oder in Kleingruppen einfache Flüssigkeits-Thermometermodelle. Zur Orientierung steht ein entsprechendes Muster bereit. Aus Gründen der Sicherheit wird empfohlen, mit gefärbtem Wasser zu arbeiten (und auf Grund der geringen Volumendehnung sehr feine Kapillaren zu verwenden). Als Materialien sind folgende Bestandteile in entsprechender Stückzahl erforderlich:

- ein Erlenmeyerkolben (25ml)
- eine Glasrohr (Kapillare)
- ein passender Gummi-Stopfen mit Loch für die Kapillare
- mit Tinte oder Lebensmittelfarbe gefärbtes Wasser

Alternativ kann auch mit sehr dünnen Trinkhalmen, kleinen Fläschchen und Knete gearbeitet werden.



Abb. 2: Thermometermodelle

Anschließend können Thermoskop und Flüssigkeitsthermometer verglichen werden (Volumenausdehnung bei Temperaturanstieg durch Wärmezufuhr). Nun kann zur Frage übergeleitet werden: Wie kann man damit die Temperatur messen, also feststellen, wie warm ein Körper ist?

4.3 Temperaturen objektiv bestimmen – die Lösung des Drei-Schüsseln-Problems

Aufgabe: Messt die Temperaturen in den drei Schüsseln mit eurem Flüssigkeitsthermometer.

Dazu muss erarbeitet werden, dass am Steigrohr die jeweiligen Flüssigkeitsstände mit einem Foliienstift markiert werden müssen.

Ergebnis: Das Drei-Schüsseln-Problem und die Frage, ob alle Kinder eine objektive Aussage treffen konnten, sind nun eigentlich gelöst (siehe Abb. 3).

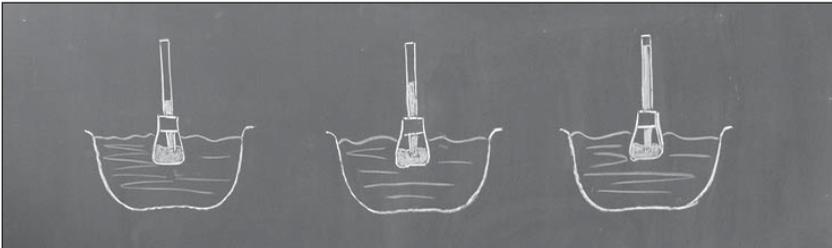


Abb. 3: Lösung des 3-Schüsseln-Problems

Zur Lösung dieses Problems ist es nur erforderlich, die Temperaturunterschiede festzustellen, um daraus schlussfolgern zu können, dass stets das Wasser in der Schüssel mit der im Vergleich zur anderen höheren Temperatur als wärmer empfunden wird. Eine exakte Temperaturmessung ist hierzu nicht erforderlich, in vielen anderen Fällen aber schon. Die Backtemperatur, Badetemperatur, die Temperaturvorgabe für die Raumtemperatur, vor allem das Messen der Körpertemperatur („Fiebermessen“) u.v.a. sind hierfür bekannte Beispiele aus dem Alltag. Unser bisher verwendetes Thermometer ist dafür ungeeignet. Den Kindern sind Thermometer bekannt, daher werden sie sofort feststellen, dass die Skala fehlt, mit der die Temperatur genau abgelesen werden kann (vgl. Abb. 4).

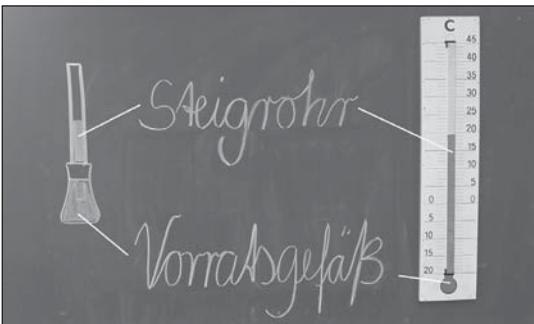


Abb. 4: Vergleich des selbst gebauten Thermometers mit einem Flüssigkeitsthermometer

Wie man zur Skala kommt, ist ihnen allerdings nicht geläufig. Daher ist dies der Inhalt der nächsten Sequenz. Das genaue Betrachten des Thermometers kann zur Vermutung führen, dass die 0 (0°C) ein besonderer Punkt darstellt. Die Kinder erfahren, dass es sich um den Gefrierpunkt des Wassers handelt, der überall auf der Erde nahezu gleich ist. Ggf. kann dieser im Versuch mit den selbst gebauten Thermometern nun festgelegt werden. Die Kinder erfahren, dass der zweite Punkt der Siedepunkt des Wassers ist. (Dieser kann am Musterthermometer im Demonstrationsversuch bestimmt werden, um Gefahrensituationen – siedendes Wasser – zu minimieren. Da die Thermometer alle mit den gleichen Materialien gebaut wurden, kann der im Versuch ermittelte Abstand auf die Thermometer der Kinder übertragen werden.) Da die Strecke zwischen dem unteren und oberen Fixpunkt recht klein ist, teilen wir die Skala nur in 10 Striche auf.

Arbeitsauftrag: Teilt die Strecke zwischen höchstem und niedrigstem Punkt in 10 gleiche Teile ein (Achtung, es müssen insgesamt 11 Striche sein!). Den untersten Punkt nehmen wir als Tiefpunkt mit 0 an, den höchsten Punkt als 100.

Anschließend können Übungsmessungen mit dem Thermometermodell bzw. mit entsprechenden industriell gefertigten Thermometern erfolgen, gleichfalls bietet es sich an, Ableseübungen am Demonstrationsthermometer durchzuführen.

5 Ergänzende Möglichkeiten/vergleichbare Alternativen

Zum hier dargestellten Unterrichtsverlauf bietet sich als Alternative an, auf das historische Problem der Temperaturmessung anhand von *René-Antoine Ferchault de Réaumur* einzugehen. Réaumur (28. Februar 1683 - 17. Oktober 1757) war ein adliger Gelehrter, der sich vor allem mit Themen der Zoologie beschäftigte. Unter anderem interessierte er sich dafür, wie Hühnereier erfolgreich, d.h. bei einer bestimmten konstanten Temperatur im Brutofen auszubrüten sind. Die Lösung war ein Thermometer, bei dem ein Röhrchen mit Alkohol genau anzeigte, wie warm es im Brutofen war.

Ferner können aus technischer Perspektive verschiedene Thermometer (vgl. Abb. 5) betrachtet und getestet werden. Insbesondere Infrarotthermometer (berührungloses Messen) und die Arbeit mit einem Thermoelement sind spannende Alternativen, wenn es darum geht, auch Temperaturen zu messen (unter Aufsicht!), die sich bisher im Bereich zumeist schmerzhafter Erfahrungen bewegten (Bügeleisen, Herdplatte, Kerzenflamme,...), wenngleich die Kinder bei diesen Varianten wohl nicht erkennen können, welches Wirkprinzip der Temperaturmessung sich dahinter verbirgt.



Abb. 5: diverse Thermometer (ganz links: Infrarotthermometer; ganz rechts: Thermoelement)

6 Unterstützte Kompetenzen

Nach der Darstellung des Bildungswertes des Themas, der grundlegenden fachlichen Aspekte und der unterrichtlichen Zugänglichkeit erfolgt nun die Bezugnahme zu den Bildungsstandards. Themenbezogen werden die Kinder in die Lage versetzt, physikalische Eigenschaften von Körpern exemplarisch zu erfassen (messen) und zu beschreiben (hier die *Temperatur*). Speziell der Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013), welcher der Entwicklung nahezu aller Rahmenlehrpläne zugrunde liegt, weist hierzu aus, dass die folgenden Kompetenzen zu fördern sind: Die Schülerinnen und Schüler können:

- einfache Versuche zur Überprüfung von Vermutungen bzw. zur Widerlegung von Vermutungen beraten, planen und durchführen
- Widersprüche und Unstimmigkeiten beim Untersuchen von Naturvorgängen erkennen, verständlich sprachlich darstellen und bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse berücksichtigen
- Untersuchungen sachorientiert (z.B. durch Betrachten, Beobachten, Vergleichen, Benennen, Beschreiben...) durchführen
- Beobachtungen miteinander vergleichen und dabei zunehmend sachbezogene Merkmale (hier die *Temperatur* oder den Aggregatzustand von Wasser) benutzen
- diskursiv verabreden oder selbstständig festlegen, was untersucht werden soll und wie das am besten geschehen kann
- ausgewählte Größen messen und die Messwerte für Vergleiche nutzen

- sinnliche Wahrnehmungen und gemessene Größen geeignet (sprachlich, zeichnerisch bzw. grafisch) fixieren und eindeutig darstellen (insbesondere mit einfachen Tabellen, Skizzen und Diagrammen)
- methodisch gesicherte Größen von subjektiven/individuellen Interpretationen unterscheiden
- einfache Ursache-Wirkungszusammenhänge erkennen und angemessen sprachlich darstellen
- aus diesen Erkenntnissen eigene Verhaltenskonsequenzen für den Alltag ziehen
- geeignete Informationsquellen auswählen und sachgemäß nutzen, um Fragen zu klären (z.B. Bücher, Internet, andere Kinder, Lehrer/innen, andere Erwachsene, Ausdenken eines geeigneten Versuchs)
- Vorstellungen und Vermutungen entwickeln, sprachlich verständlich darstellen und miteinander vergleichen; dabei auswählen, begründen und argumentieren, was besonders überzeugt und warum

7 Hinweise, wie Kompetenzentwicklungen sichtbar und beurteilt werden können

Bereits in den Klassenstufen 1 und 2 sind verschiedene Möglichkeiten zur Überprüfung der Kompetenzentwicklung denkbar. Beispielsweise können die Kinder in Vorträgen begründen, dass durch Berührung über die Haut nur *wärmer* und *kälter* unterschieden werden können, jedoch nicht, wie warm etwas genau ist. Ferner können Gespräche dazu dienen, um festzustellen, ob typische Denk- und Arbeitsweisen eingehalten werden, etwa das Vermuten, Beschreiben und Erklären. Ob die Kinder den Grundaufbau von Flüssigkeitsthermometern verstanden haben, zeigt sich durch den spielerischen Zusammenbau eines eigenen Modells und die Arbeit damit.

Ferner ist auf das Vorhandensein der erforderlichen Kompetenzaspekte zu schließen, wenn die Kinder:

- den Widerspruch zwischen den Temperaturempfindungen (relatives Wärmeempfinden) und der Realität und die Notwendigkeit erkennen, durch Messverfahren die Temperatur genau zu bestimmen
- die Beobachtungsergebnisse zum Zusammenhang von Temperatur- und Volumenveränderung sachbezogen aufeinander beziehen und gemeinsam entsprechende Möglichkeiten der Temperaturmessung ableiten, vorschlagen und verabreden
- die Skala als Skalierung der Messwerte zwischen zwei Fixpunkten und das Messen als Vergleich zwischen beobachteter Volumenausdehnung und der auf der Skala festgelegten Norm verstehen

- die Temperaturmessung sachadäquat vollziehen und die Messwerte vergleichen können

8 Materialien

Giest, H.; Egbert, B. (2016): Das Thermometer als Thema im Sachunterricht. Grundschulunterricht/ Sachunterricht, 4, S. 34-38.

Hoenecke, Ch.; Kuschmann, W.; Reupke, H-J. (1994): Natur und Technik in der Grundschule. Lehrerheft Thermometer. Berlin.

Spreckelsen, K. (2006): Das U-Boot in der Limoflasche. Frankfurt a.M.

9 Bezüge zu anderen Perspektiven

Unter historischen Gesichtspunkten kann auf die Entwicklung unterschiedlicher Temperaturskalen (Celsius, Fahrenheit und Kelvin) eingegangen werden, falls die Kinder einen aktuellen Bezug (Reiseerlebnisse, Kinder mit entsprechenden Erfahrungen) dazu haben. Dabei wird dann verständlich, dass und warum in anderen Ländern, etwa den USA, nicht die Celsius-Skala Verwendung findet. Verschiedene Wissenschaftler (Fahrenheit, Celsius, Strömer oder Réaumur) beschäftigten sich mit der Ermittlung leicht reproduzierbarer Fixpunkte, um vergleichbare Temperaturskalen zu bestimmen.

Perspektiven zur Technik sind ebenfalls allgegenwärtig und wurden bereits in der Einleitung angedeutet. So steuern und regeln Temperaturfühler eine Vielzahl technischer Abläufe, etwa die Klimaanlage im Auto, die Heizung im Haus, Temperaturmessungen sind überdies ein fester Bestandteil der Wetterbeobachtung und Temperatur ist ein zentrales Merkmal von Wetter und Klima. Daher bietet es sich an, dem Thema der Temperaturmessung jenes der Wetterbeobachtung folgen zu lassen.

Literatur

Baehr, H.D.; Stephan, K. (2013): Wärme- und Stoffübertragung. Wiesbaden.

Bernhard, F. (2014): Handbuch der Technischen Temperaturmessung. Wiesbaden.

Dietzel, F. (1990): Technische Wärmelehre. Würzburg.

GDSU (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn.

Giest, H.; Egbert, B. (2016): Das Thermometer als Thema im Sachunterricht. Grundschulunterricht/ Sachunterricht, 4, S. 34-38.

Osterhage, W. (2014): Energie ist nicht erneuerbar. Eine Einführung in Thermodynamik, Elektromagnetismus und Strömungsmechanik. Wiesbaden.

Pohl, M. (2014): Physik für alle. Weinheim.

Stierstadt, K. (2010): Thermodynamik. Von der Mikrophysik zur Makrophysik. Wiesbaden.

Weigand, B.; Köhler, J.; Wolfersdorf, J.v. (2013). Thermodynamik kompakt. Wiesbaden.